

SCIENCE ET VIE

FÉVRIER 1948

N° 365

40 FRANCS



*Papa, maman et moi
avons équipé nos bicyclettes
avec les spécialités en duralumin
J. Lefol*



GARDE-BOUE "LE MARTELÉ"
GARDE-BOUE "LE PAON"
POIGNÉES DE FREIN ET FREIN

MODELES
DEPOSES

CARTER

BREVETÉS
S. G. D. G.

LEFOL CIE VENTE EXCLUSIVE EN GROS
49, R. d'Alsace - COURBEVOIE (Seine)



3 fois plus
adhésive...

ADHÉSINE A REPRIS SA
FABRICATION D'AVANT-GUERRE

Sa formule bien spéciale
à un pouvoir adhésif triple
de la colle blanche ordinaire

et le
FLEXO

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

Sans augmentation
de prix, tous les pots
ADHÉSINE
sont livrés avec un
FLEXO

B^{te} S.G.D.G. *Corrector*



Exigez bien un pot

ADHÉSINE

la triple colle blanche parfumée

CÉLEMONNIER 514

Bénéficier...

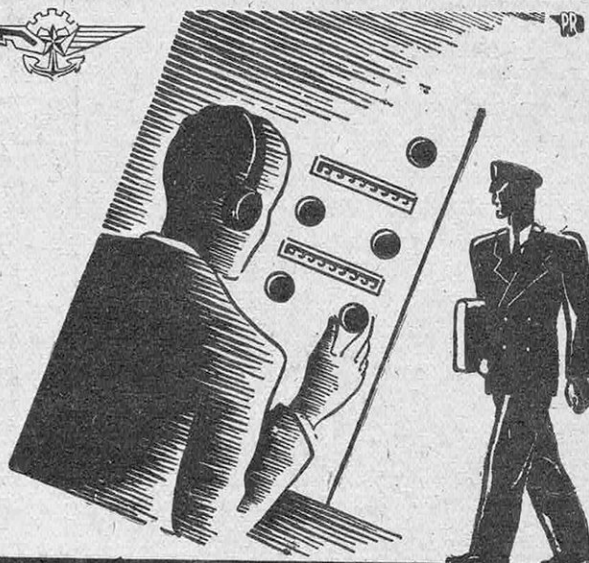
toute votre vie du renom d'une
Grande Ecole Technique

Devenir...

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

En suivant...

les cours de l'



ECOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, RUE DE LA LUNE PARIS

COURS DU JOUR, DU SOIR
OU PAR CORRESPONDANCE

Demander le Guide des Carrières gratuit

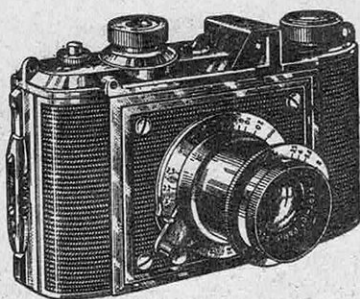


PHOTO
CINÉ
RADIO

PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE, PARIS 9^e

Catalogue T - 10 frs Fco

SPECIAL CAMPING

16, BOULEVARD VOLTAIRE, PARIS

11, COURS LIEUTAUD - MARSEILLE

17, RUE DU MARÉCHAL JOFFRE - RENNES



Tout pour le Ski

SKIS « ATTENHOFER »
FIXATION « KANDAHAR »
CHAUSSURES SKI
PANTALONS FUSEAUX
EN TISSU GABARDINE
ANORACKS
ÉQUIPEMENTS « E. ALLAIS »

Pour le Foot-Ball

CHAUSSURES BALLONS
MAILLOTS - BAS
PROTÈGE-TIBIAS
FILET DE BUTS, etc.

Tout pour tous les Sports

VÊTEMENTS DE CHASSE
WINDJACKS
CANADIENNES
modèle Sport
Imperméables

Si vous pouvez écrire Vous pouvez **DESSINER**

N'avez-vous pas dit souvent : " Si seulement je savais dessiner " ?

Maintes fois, sûrement, si vous aviez été capable de tracer un petit croquis, quelle aide c'eût été pour vous dans votre carrière, votre vie professionnelle, vos relations commerciales ! Soyez-en persuadés : cette faculté, vous pouvez l'acquérir très facilement. Si vous savez écrire, vous pouvez dessiner.

UTILISEZ VOS LOISIRS POUR APPRENDRE...

La méthode A. B. C. de Dessin vous apprend à retrouver, dans tout ce qui vous entoure, les lignes dont vous vous servez quotidiennement en écrivant. Grâce à cette étonnante méthode, vous pourrez, chez vous, apprendre tout seul à dessiner d'après nature. Ce sera pour vous, dès la première leçon, d'un intérêt passionnant. Et, si vous envisagez la vente de vos dessins, ils seront d'un rendement appréciable.



Un de nos élèves a su voir juste et rendre sobrement cette scène de cabaret de port.

NOUVELLE BROCHURE GRATUITE

Demandez la curieuse brochure illustrée (offerte gratuitement) où sont exposés les principes de cette nouvelle méthode (joindre 12 frs pour frais).

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



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

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN (Stu. F. 51)

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

Veuillez m'envoyer, sans engagement, l'album de renseignements sur la méthode A. B. C. (Cijoint 12 francs pour frais).

- COURS POUR ADULTES (Rayez la mention inutile.)
- COURS POUR ENFANTS

NOM

ADRESSE

Pour la Belgique : 18, rue du Méridien, Bruxelles

Ceci intéresse

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE, la plus importante du monde, vous met en mesure, par son prestigieux enseignement par correspondance, de faire chez vous, en toutes résidences, à tout âge, aux moindres frais, des études complètes dans toutes les branches, de vaincre avec une aisance surprenante les difficultés qui vous ont jusqu'à présent arrêté, de conquérir en un temps record le diplôme ou la situation dont vous rêvez.

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

- Br. 44.640 : ENSEIGNEMENT PRIMAIRE :** Classes complètes; préparation au C. E. P., Bourses, Brevets, etc.
- Br. 44.641 : ENSEIGNEMENT SECONDAIRE :** Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Bourses, Examens de passage, Baccalauréats, etc.
- Br. 44.642 : ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR :** Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.
- Br. 44.643 : GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES.**
- Br. 44.644 : POUR DEVENIR FONCTIONNAIRE :** Administrations financières, P. T. T., École nationale d'Administration.
- Br. 44.645 : LES EMPLOIS RÉSERVÉS.**
- Br. 44.646 : CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE,** des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- Br. 44.647 : CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE** et du Génie rural.
- Br. 44.648 : COMMERCE, COMPTABILITÉ, INDUSTRIE HOTELIÈRE, ASSURANCES, BANQUE, BOURSES,** etc. : Certificats d'aptitude professionnelle et Brevets professionnels.
- Br. 44.649 : ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, CALCUL, ÉCRITURE.**
- Br. 44.650 : LANGUES VIVANTES, TOURISME,** Interprète, etc...
- Br. 44.651 : CARRIÈRES de l'AVIATION MILITAIRE** et CIVILE.
- Br. 44.652 : CARRIÈRES de la MARINE de GUERRE.**
- Br. 44.653 : CARRIÈRES de la MARINE MARCHANDE** (Pont, Machines, Commissariat).
- Br. 44.654 : CARRIÈRES des LETTRES** (Secrétariats, Bibliothèque, etc...).
- Br. 44.655 : ÉTUDES MUSICALES :** Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Chant, Professorats.
- Br. 44.656 : ARTS DU DESSIN :** Professorats, Métiers d'art, etc...
- Br. 44.657 : COUTURE, COUPE, MODE, LINGERIE,** etc...
- Br. 44.658 : ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ.**
- Br. 44.659 : CARRIÈRES DU CINÉMA.**

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

ÉCOLE UNIVERSELLE

la plus importante du monde

59, boulevard Exelmans, PARIS
Chemin de Fabron, NICE
11-12, place Jules-Ferry, LYON



Gilbert & Blanzy-Poure

LES CRAYONS MÉCANIQUES "CRITÉRIUM"

Ont été conçus et réalisés pour servir utilement et constamment, sans enrayage.

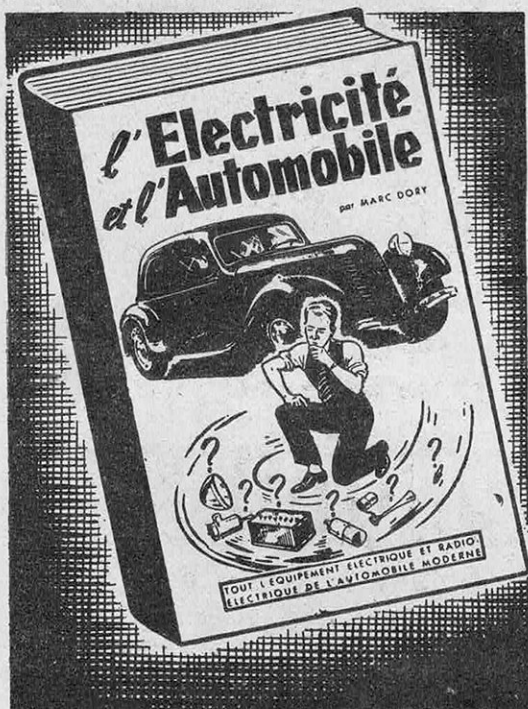
Leur usinage est parfait, leur finition irréprochable.

7 MODÈLES

Pour tous usages et tous types de mines (graphite et couleur)

MINES SPÉCIALES EN ÉTUIS.

AUCUN OUVRAGE N'EXISTAIT
SUR CET IMPORTANT SUJET
cette lacune est maintenant comblée!..



Extrait de la table des matières :

- QUELQUES RAPPELS DE NOTIONS INDISPENSABLES D'ELECTRICITE (courant électrique, conducteurs, isolants, différence de potentiel, résistance, courts circuits, échauffements, champ électrique et champ magnétique).
- PRINCIPALES GRANDEURS ET UNITES ELECTRIQUES (loi d'ohm, intensité, résistance, tension, capacité).
- FORMES ET EFFETS DU COURANT (courant continu, alternatif et redressé, effets chimiques, magnétiques et mécaniques, production du courant).
- LES ACCUMULATEURS (principe, constitution, principaux types, sulfatation, régimes de charge et de décharge, congélation, branchement et entretien, etc., etc.).
- LES DYNAMOS (induit et inducteur, force électromotrice, régulation, branchement et entretien, etc., etc.).
- LES CHARGEURS (sources d'alimentation, différents types de branchement, précautions à prendre et entretien, etc.).
- LES DEMARREURS (branchement, entretien, les démarreurs combinés, etc., etc.).
- L'ALLUMAGE (par batterie et par magnéto, allumage mixte, entretien, etc., etc.).
- L'ECLAIRAGE (branchement, réglage et entretien, etc.).
- AVERTISSEURS ET ESSUIE-GLACE (différents types, branchement et entretien, le dégivreur).
- LES AUTRES ACCESSOIRES NON INDISPENSABLES (jauge à essence, indicateurs divers, transmission électromécanique).
- LE CABLAGE (entretien).
- LES INSTRUMENTS DE CONTROLE.
- ESSAIS DES ORGANES SEPARES ET CONTROLE SANS INSTRUMENT DE MESURE.
- L'EQUIPEMENT RADIOELECTRIQUE.

Un ouvrage format 135x210 mm. de 180 pages, nombreuses illustrations, couverture 2 couleurs. PRIX FRANCO : **265**

Expédition immédiate contre mandat.

SCIENCES et LOISIRS

17, av. de la République, PARIS-XI^e
C. C. P. PARIS 3793-13

CIERPA-BESANCON
A REPRIS SES
FABRICATIONS DE
HAUTE PRECISION

Le dernier cri de la perfection
L'ÉTANCHE A VIS

CADRAN
LUXE
RADIUM



BON DE
GARANTIE
D'UN AN
ECHANGE
ADMIS

20%

Prix du
Modèle
2.32
Net franco.

au dessous des cours sur
les 1.000 premières montres

MOVEMENT HAUTE PRECISION
A ANCRE 15 RUBIS

2.965 F.

ABSOLUMENT HERMETIQUE

Bracelet cuir véritable
envoi contre remboursement
ou mandat joint aux C^{des}

LES DIFFUSIONS

CIERPA

69, RUE ROCHECHOUART.
PARIS - 9^e.

Votre visite sera la bien venue

9 GAMMES
RÉCEPTEUR METROPOLITAIN ET
COLONIAL 9 LAMPES
PUSH PULL

LE POSTE DES 5 CONTINENTS

Dim. 62x38x33 cm

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

DOCUMENTATION ILLUSTRÉE 16 PAGES. — Réf. 222
avec schémas détaillés et réalisation descriptive
par Géo MOUSSERON. Joindre 15 fr. en timbres.
Env. documentation Colon. par avion. Joindre 175 fr.

RADIO - SÉBASTOPOL
100, Bd SÉBASTOPOL, PARIS

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

**AGRICULTEURS !
ARBORICULTEURS !**

*A temps modernes...
Technique moderne*

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

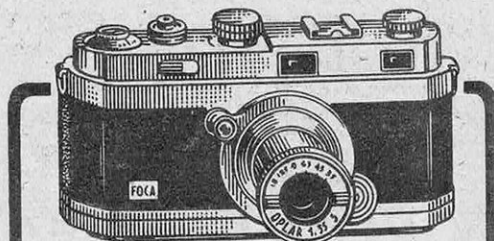
EMPLOYEZ :

L'EXPLOSIF AGRICOLE

ARGENTON-SUR-CREUSE (Indre)

Téléphone 3-57

Renseignements gratuits
au Comptoir d'Explosif du Centre



LE FOCA



**L'APPAREIL PETIT FORMAT
FRANÇAIS - HAUTE PRÉCISION**

EN VENTE AU

PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE - PARIS-9^e

NOTICE SPÉCIALE GRATUITE
CATALOGUE GÉNÉRAL 15 Frs



AVEC VOUS
jusqu'au succès final

RADIO-CINÉMA-AVIATION

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

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

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

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

ÉCOLE GÉNÉRALE PHOTOGRAPHIQUE
(Opérateurs de studios d'art, techniciens de laboratoires, reporters, photographes.)
PRÉPARATION aux Brevets officiels d'opérateurs projectionnistes.

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

CENTRE D'ÉTUDES TECHNIQUES DE PARIS

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





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

**LIBRAIRIE
TECHNIQUE ET
COMMERCIALE**

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

Les Cloisons s'effacent..



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

**avec
INTERVOX**
S.A.R.L.

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

Demander Notice 27.

J'ai fait en **DESSIN**
DES PROGRÈS incroyables

Voilà ce que permet la méthode Marc Saurel à ceux qui consacrent deux ou trois heures par semaine à l'étude du cours par correspondance "LE DESSIN FACILE".

Cette nouvelle méthode, inventée par Marc Saurel, le véritable créateur de l'enseignement par correspondance qu'il pratique depuis trente-cinq ans, utilise pour l'illustration du cours de magnifiques planches photographiques spécialement conçues dans un but éducatif, variant à l'infini les modèles proposés aux élèves. Tout est neuf, attachant dans cet enseignement qui ne ressemble à aucun autre et qui est passionnant de bout en bout.

"LE DESSIN FACILE":
croquis, paysage, portrait, etc.

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

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



Dessin d'élève



**BON
SV 16**

LE DESSIN FACILE
11, RUE KEPPLER, PARIS-16^e

**LE DESSIN INDUSTRIEL
MÉTIER D'AVENIR**

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

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

Demandez la notice-programme SV-17 (Section dessin industriel) au

DESSIN FACILE

11, rue Kepler, Paris (XV^e).
(Joindre 12 francs en timbres.)

SOCIÉTÉ D'HORLOGERIE DU DOUBS
 106, RUE LAFAYETTE - PARIS - Métro : Poissonnière - Gare du Nord



LA JOIE D'OFFRIR...

2513. **Forme sport**, boîtier chromé, fond acier inoxydable. **3.485.»**
 Qualité luxe... **4.485.»**
 Supplément pour verre optique **400.»**

2511. **Boîtier chromé**, fond acier inoxydable. **3.285.»**
 Qualité de luxe. **3.585.»**
 Supplément pour verre optique **400.»**

2520. **Boîtier très plat**, fond acier inoxydable. **1.900.»**
 Qualité de luxe. **2.750.»**

2519. **WATERPROOF STAINLESS.** **2.997.»**
 Qualité de luxe. **3.885.»**

2514. **Boîtier chromé**, fond acier inoxydable **3.485.»**
 Qualité de luxe.... **4.885.»**

2516. **Boîtier chromé**, acier inoxydable, verre optique. **2.950.»**
 Qualité de luxe.... **3.450.»**

la montre de qualité

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

SOYEZ UN *vrai* TECHNICIEN!



MAIS JOIGNEZ LA **PRATIQUE**
A LA **THÉORIE**

en construisant vous-même
grâce à nos cours par corres-
pondance le récepteur complet
qui restera votre propriété.

Demandez aujourd'hui notre
LUXUEUSE BROCHURE CONTRE 10^{frs}

INSTITUT ELECTRO-RADIO
6, RUE DE TÉHÉRAN, PARIS (8^e)

ZENNER

Si Vous aimez le Dessin et la Peinture lisez cette lettre



M. J. LAGREVOL
Dessinateur et Peintre.
Elève de l'École Inter-
nationale, et auteur de
la lettre ci-contre.

UNE TELLE LETTRE
SE PASSE DE COMMEN-
TAIRES. SACHEZ SEU-
LEMENT QUE L'ÉCOLE
INTERNATIONALE
EN REÇOIT CHAQUE
JOUR DE SEMBLA-
BLES.

Saint-Etienne, le 5 Mars 1947
...C'est avec une réelle joie
que je viens vous apprendre
par la présente lettre, que
sur les trois toiles présentées
deux ont été admises, alors que dans l'en-
semble près des deux-tiers des peintures pré-
sentées ont été refusées, ce qui vous donne une
idée de la sévérité du Jury composant cette com-
mission d'admission. Rendant hommage à votre
École dont le bon fonctionnement et l'efficacité
ne peuvent être contestés, je vous prie ...

★ **Renseignez-vous**

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

L'ÉCOLE INTERNATIONALE
11, av. de Grande-Bretagne
Principauté de MONACO

(Service 82)
49 bis, avenue Hoche
PARIS (8^e)



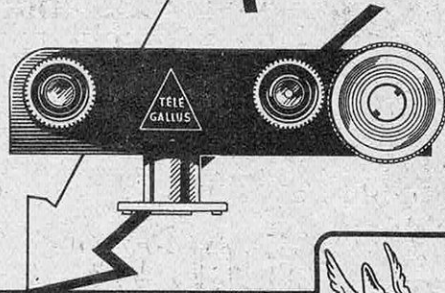
TRÈS VIVANT CROQUIS DE M. R.
JENNAUD EXÉCUTÉ PAR LE PEINTRE

Netteté

DE VOS PHOTOS
PAR L'APPRECIATION
EXACTE DE
LA DISTANCE

*

TÉLÉMÈTRE DE GRANDE PRÉCISION

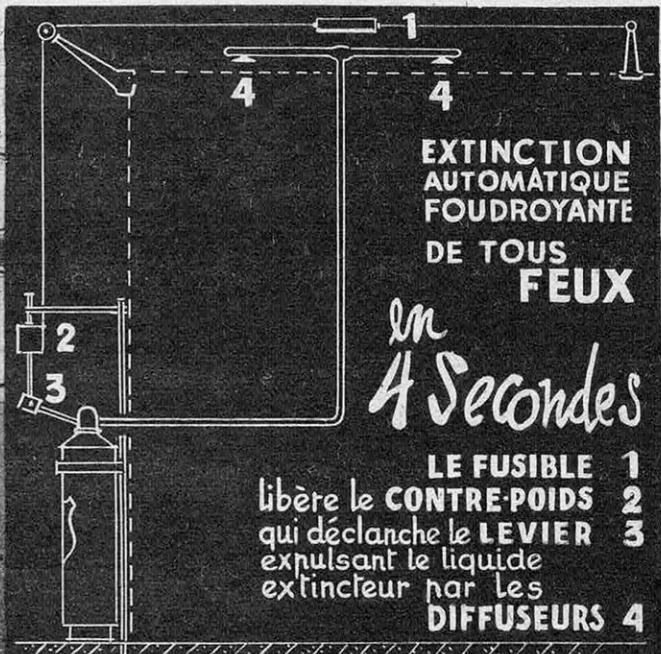


CALLUS



Publi. ®

S'ADAPTE SUR TOUS LES APPAREILS PHOTOS



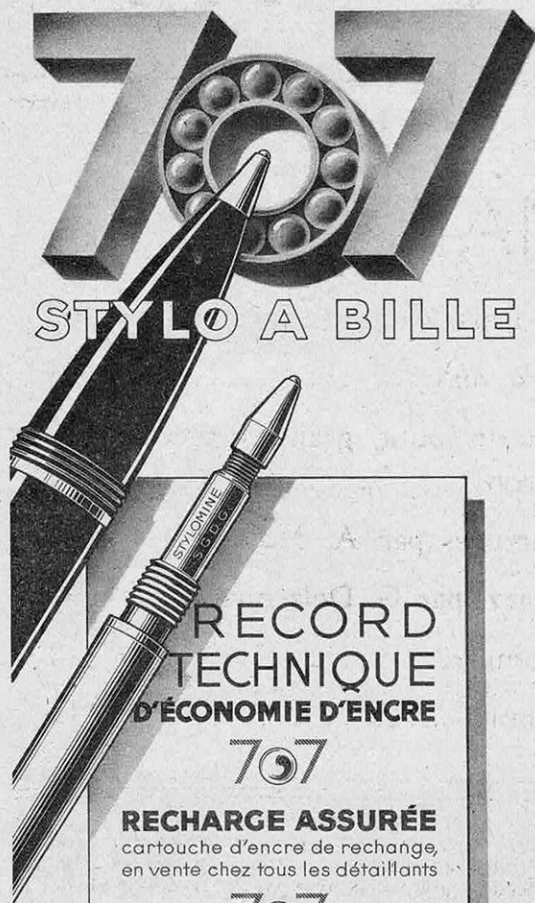
**EXTINCTION
AUTOMATIQUE
FOUDROYANTE
DE TOUS
FEUX**

*en
4 secondes*

LE FUSIBLE 1
libère le **CONTRE-POIDS 2**
qui déclanche le **LEVIER 3**
expulsant le liquide
extincteur par les
DIFFUSEURS 4

LE GROUPE AUTOMATIQUE CICAM GB.47

STÉ E.P.G. BEAUMONT - 116 CHAMPS-ÉLYSÉES - PARIS 8^e - BALZAC 08-52



STYLO A BILLE

RECORD
TECHNIQUE
D'ÉCONOMIE D'ENCRE

707

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

707

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

707

GARANTIE DE LA MARQUE
STYLOMINE

707

STYLOMINE

HONORE L'INDUSTRIE FRANÇAISE

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

152, Avenue de Wagram
PARIS (17^e)

Enseignement par correspondance

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

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

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

MÉCANIQUE ET ÉLECTRICITÉ

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

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

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

BATIMENT Cours de Commis, Métreur et Technicien.

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

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

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

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

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

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

SCIENCE ET VIE

Tome LXXIII - N° 365

Février 1948

SOMMAIRE

- * La navigation aérienne et la radio, par Robert Leprêtre... 63
- * La neutrographie, par M.-E. Nahmias..... 75
- * Du « bathyscaphe » au sous-marin pour grandes profondeurs, par Camille Rougeron..... 81
- * Acoustique, musique et architecture, par A. Moles.... 88
- * Pain blanc, pain noir et pain ersatz, par G. Delarouzée.. 99
- * Le forage thermique, par E. Romilly..... 111
- * A côté de la Science, par V. Rubor..... 116



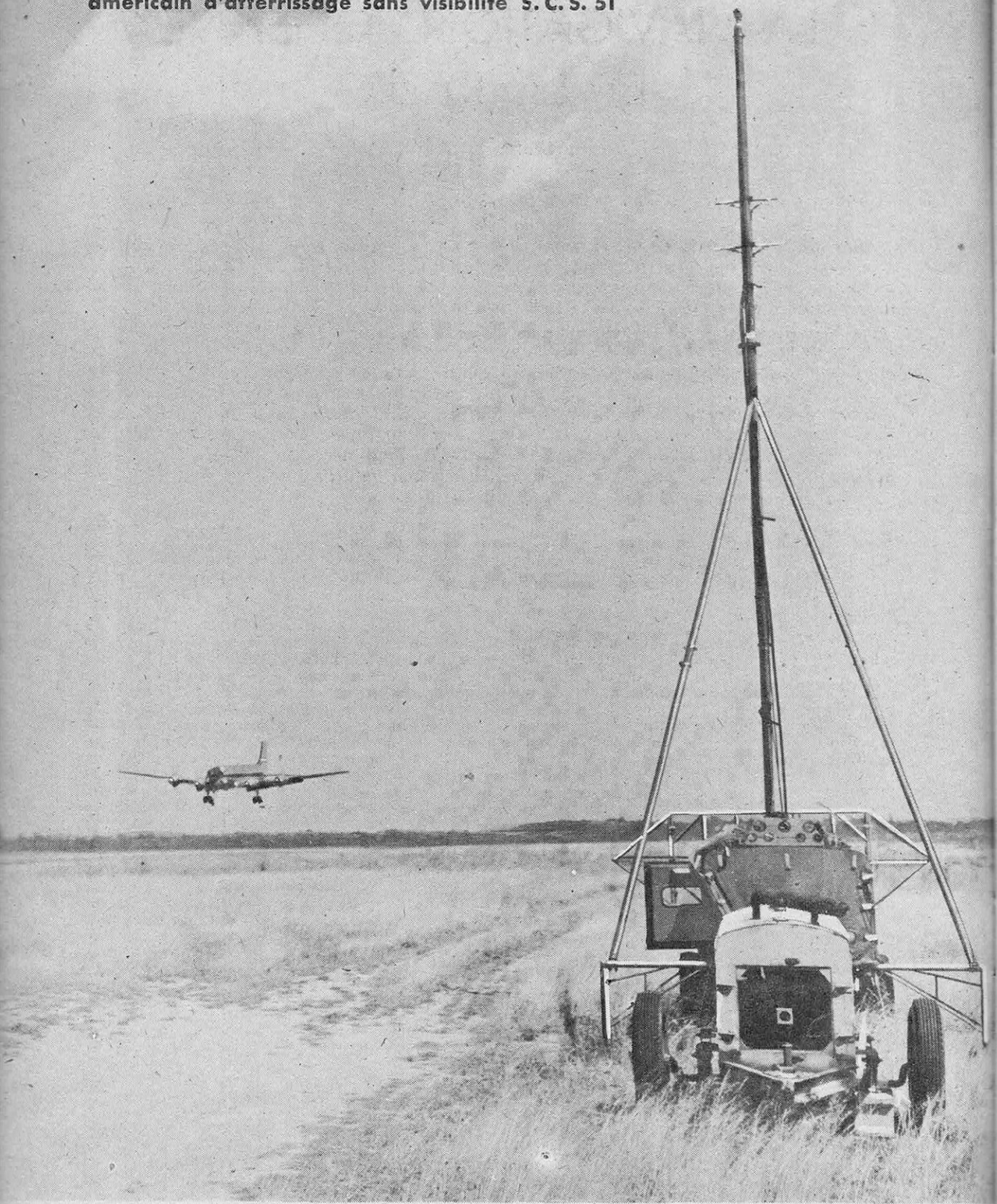
L'acoustique architecturale, bien que sortie depuis peu de temps du stade purement empirique, a accompli d'ores et déjà des progrès considérables grâce à la mise en œuvre des méthodes de recherches les plus modernes. L'équipement sonore des salles d'auditions et de spectacles, de son côté, se perfectionne sans cesse. Sa mise au point rationnelle exige que l'appareillage utilisé soit étudié dans des conditions expérimentales rigoureusement déterminées, permettant l'analyse détaillée de ses caractéristiques acoustiques et mettant ainsi en évidence ses qualités ou ses défauts intrinsèques, abstraction faite de toute intervention du milieu environnant. La réverbération de la salle d'expériences, en particulier, doit être nulle, et c'est ainsi que l'on a été amené à réaliser des chambres *sourdes*, telle que celle que la Bell Telephone a fait construire à Murray Hill (New Jersey) et que représente la couverture de ce numéro. Les parois de cette salle, longue de 10,6 m, large de 8,5 m et haute de 8,5 m, sont recouvertes d'aspérités cloisonnées en fibre de verre; la plate-forme de travail, à mi-hauteur de la chambre, est constituée par un grillage de câbles d'acier spécial de 2 mm de diamètre. (Voir l'article p. 88 de ce numéro.)

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

ABONNEMENTS. — Affranchissement simple : France et Colonies, 400 francs ;
recommandé : 550 francs. — Étranger : 550 francs; recommandé, 750 francs
Seuls, les règlements par chèques postaux (mandats roses ou virements) sont acceptés.
Compte de chèques postaux : PARIS 91-07.

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

L'émetteur du canal de descente du système américain d'atterrissage sans visibilité S. C. S. 51



LA NAVIGATION AÉRIENNE ET LA RADIO

par Robert LEPRÊTRE

Aux méthodes de navigation aérienne par radiogoniométrie, presque exclusivement utilisées avant 1939, se sont ajoutés, pendant la guerre, des procédés étudiés en vue d'applications militaires, et dont l'installation actuelle est loin de satisfaire à tous les besoins de l'aviation civile. Ces systèmes, conçus pour conduire des avions sur leurs objectifs, ne couvrent pas, en effet, la totalité des territoires survolés en temps de paix ; de plus, certains nécessitent des appareils de bord coûteux, fragiles et encombrants et un personnel spécialisé capable de les régler et d'exploiter leurs indications. De nouveaux procédés sont en développement ou en cours d'expérimentation, dont on attend des avantages très appréciables. Mais la diversité de ces procédés et de leurs qualités propres impose un choix qui doit être fait à l'échelle internationale ; il ne faut pas, en effet, que les avions des grandes lignes mondiales soient obligés d'emporter à bord plusieurs équipements. L'accroissement du nombre et de l'importance des accidents aériens a montré qu'il était urgent de prendre une décision afin de réaliser sans plus tarder les liaisons radioélectriques nécessaires à la sécurité de la navigation aérienne à longue et à courte distance, ainsi qu'à l'atterrissage sans visibilité.

LORSQUE l'on parle d'aviation, et principalement d'accidents d'aviation, il n'est pas mauvais de se rappeler qu'il y a seulement une quarantaine d'années que l'homme commença de voler. Pour qui réfléchit au développement de l'aviation, il y a matière à émerveillement plutôt qu'à déception. Mais les responsables de l'aéronautique sont en droit et surtout en devoir de se demander si toutes les parties de cette technique nouvelle se développent harmonieusement au même rythme. Car l'aéronautique comporte deux branches maîtresses : la construction aéronautique, cœur et muscles de l'aviation, et les télécommunications, radiogoniométrie en particulier, véritable système nerveux, d'importance au moins aussi grande que la première.

Il est évident que, sur mer, de par la faible vitesse des navires les plus rapides, on peut encore de nos jours se contenter à la rigueur de la navigation astronomique ou à vue. Il est non moins évident qu'on ne peut abandonner les avions à leur propre sort, sans le concours d'installations fixes au sol. Le nombre des avions en service et aussi leur tonnage s'accroissent sans cesse tandis que les équipements de sécurité, à bord comme au sol, accusent chaque jour davantage leur insuffisance au fur et à mesure que se développe le trafic aérien.

Comment, en particulier, assurer aux aéroports le trafic intense qui est prévu pour les années à venir ? Même aux États-Unis, où le problème préoccupe à l'extrême les techniciens, la cadence actuelle d'atterrissage par mauvaise visibilité est d'ores et déjà trop faible (un avion toutes les cinq minutes environ). L'encombrement qui se fait sentir dès maintenant aux abords des aéroports régnera demain sur toutes les lignes aériennes, et il est hors de doute que les anciennes méthodes de la radiogoniométrie, au sol ou à bord des avions, ont fait leur temps et qu'elles doivent céder le pas à d'autres dont les

possibilités sont infiniment supérieures. L'avion ne peut-être un moyen de transport rationnel sans une doctrine d'utilisation qui accorde la plus grande attention au développement des moyens de liaison de l'avion avec le sol, à ce que l'on a appelé improprement les « aides de la navigation » qui groupent en réalité toute la gamme des procédés radioélectriques indispensables à la navigation aérienne actuelle et future.

Les exigences de la radionavigation

Un système moderne de navigation à grande et moyenne distance doit remplir un certain nombre de conditions.

Il faut évidemment avant tout qu'il mette en œuvre des ondes dont la propagation soit sûre en tout temps sur un parcours plus ou moins long (2 000 à 3 000 km pour la navigation à grande distance).

Mais l'idée fondamentale est que tout le travail de mesure doit incomber à l'équipage de l'avion. Les bases terrestres, déjà surchargées par le contrôle de la navigation dans leurs alentours immédiats, doivent être dégagées du service à grande distance. C'est la méthode la plus favorable quant à la rapidité d'obtention du résultat, quant à la sécurité (une transmission de moins, celle du « point », de la station de relèvement à l'avion) et aussi pour des raisons psychologiques, le personnel navigant préférant en effet se fier à ses propres mesures. Les mesures à bord devront être simples et rapides ; elles devront se réduire à de simples lectures de cadrans ou même être supprimées complètement grâce à des dispositifs traceurs de route. Il est même souhaitable que le système se prête au pilotage automatique.

La précision n'est pas le facteur le plus important pour un système de navigation à grande distance. On conçoit qu'il soit sans conséquence fâcheuse pour un avion civil qui survole l'océan de dévier de quelques dizaines de kilomètres de sa

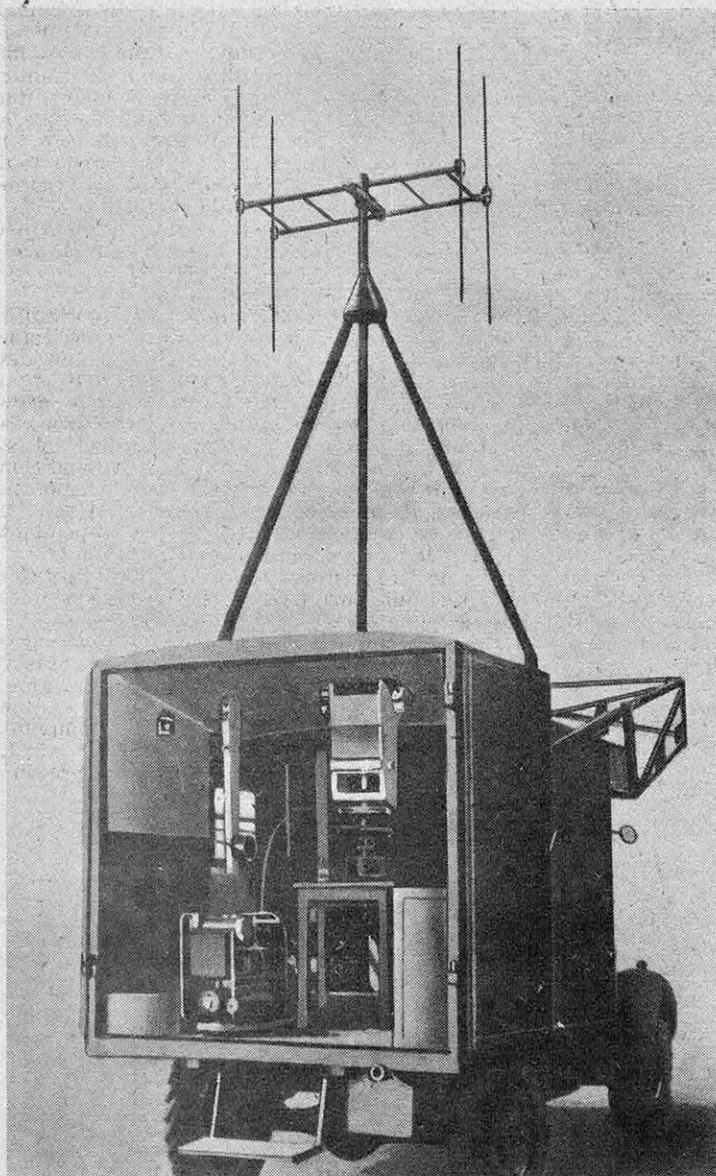


FIG. 1. — UN RADIOGONIOMÈTRE MOBILE A TRÈS HAUTE FRÉQUENCE

route pourvu qu'il la rejoigne avant d'arriver à destination (1). En azimut, la précision devra cependant être au moins égale au degré, ce qui représente une erreur transversale de 2 % de la distance au point de repère (2 km à 100 km, 10 km à 500 km, etc.)

Il est souhaitable que le système soit « omnidirectionnel », c'est-à-dire qu'il donne le point en tous lieux et non seulement dans certains secteurs ou sur certains parcours, et que ce point puisse être fait à l'aide de deux stations au sol seule-

(1) Pour un avion militaire ayant un objectif déterminé, une plus grande précision, même à grande distance, est souhaitable.

ment, afin que soit couvert le maximum de terrain avec le minimum de stations. Bien entendu, celles-ci, dont certaines seront installées dans des régions désertiques ou océaniques, ne devront exiger qu'un entretien minime et un personnel réduit. Le matériel de bord devra être à la fois léger et d'un prix acceptable. On a calculé, en Amérique, que, dans l'exploitation d'une compagnie aérienne régulière, chaque kilogramme de poids mort représente un manque à gagner de près de 2 000 dollars par avion et par an, en supposant que l'avion puisse être intégralement rempli de passagers et de fret, ou de 1 000 dollars pour un plus faible taux d'utilisation. Il sera avantageux pour l'équipage de pouvoir contrôler par radiogoniométrie ordinaire les relèvements obtenus. Des systèmes complémentaires à bord devront donner la distance au-dessus du sol (sonde), et non plus seulement l'altitude, et détecter aux alentours les obstacles possibles, les nuages ionisés favorables au givrage, etc.

Les appareils de radionavigation en service ou à l'étude

Un nombre assez considérable de procédés de radionavigation sont actuellement en exploitation ou à l'étude. Chacun d'eux a ses particularités d'emploi, ses avantages et ses inconvénients qui, dans un prochain avenir, feront décider soit de son rejet définitif, soit de son incorporation dans les systèmes internationaux. Nous ne pouvons songer ici à les décrire tous en détail, et nous nous bornerons à quelques indications générales sur chacun d'eux et à dégager leurs intérêts respectifs.

La radiogoniométrie classique au sol utilise la directivité du diagramme de réception d'un cadre. L'opérateur, au sol,

écoute l'avion émetteur en utilisant comme aérien un cadre orientable qu'il « balance » jusqu'à détermination de la position d'extinction qui est normale à la direction de l'émetteur. Ce procédé ne peut évidemment convenir à un trafic quelque peu intense. L'emploi de hautes fréquences voisines de 6 000 kilocycles permet d'obtenir de grandes portées malgré la puissance réduite de l'émetteur de bord, mais les conditions de propagation des ondes compliquent la réception par suite de l'apparition de zones de silence et d'« effets de nuit », sources d'erreur que l'on s'efforce d'éliminer par des aériens spéciaux. Il existe des radiogoniomètres fonction-

nant sur très haute fréquence (V. H. F. : *Very High Frequency*), une centaine de mégacycles, et servant en principe à l'atterrissage. Ils n'ont que la portée géométrique, mais peuvent cependant relever des avions à plusieurs centaines de kilomètres si leur altitude est suffisante (fig. 1). Ils peuvent ainsi soulager les réseaux en ondes moyennes.

Une amélioration notable des procédés radiogoniométriques consiste dans la transformation des appareils dits « manuels », c'est-à-dire à balancement du cadre à la main, en appareils automatiques à lecture sur oscillographe cathodique, dits automatiques ou à « lecture directe » (fig. 2). Ils permettent non seulement de goniométrer des émissions brèves, mais surtout des émissions en ondes courtes. Les évanouissements de ces ondes risquent en effet de se confondre avec les extinctions goniométriques. De plus, la direction d'arrivée des ondes courtes n'est pas constante avec le temps, elle oscille irrégulièrement autour de la direction vraie de l'émetteur, ce qui rend les relevements manuels pénibles et incertains ; l'emploi de l'« automatique » permet de faire une mesure instantanée ou de prendre une moyenne de relevement oscillant autour de la direction vraie de l'émission. Par contre, pour des émissions faibles et fortement parasitées, l'emploi du manuel par extinction auditive est préférable, car l'oreille et le cerveau de l'opérateur sont plus habiles que l'indicateur automatique.

Enfin, la lecture directe constitue une facilité indéniable dans le travail des opérateurs qui n'ont besoin d'aucun entraînement, et le rendement des radiogoniomètres au sol est ainsi amélioré assez nettement par le procédé de lecture directe, plusieurs relevements étant affichés instantanément et simultanément ou reportés automatiquement à distance sur des écrans répéteurs.

Le système des *radiophares non directionnels* utilise la manœuvre inverse des précédentes : c'est l'opérateur à bord de l'avion qui repère lui-même sa position par rapport à un ou plusieurs émetteurs terrestres ou radiophares. Le problème de navigation ainsi posé serait assez complexe si le navigateur devait calculer sa position exacte par relevement sur plusieurs radiophares ; il est au contraire très simple si, comme très souvent en pratique, il n'utilise qu'un seul radiophare, situé près du terrain d'atterrissage, pour faire du *homing*.

Les radiophares ne peuvent être utilisés en haute fréquence à cause de l'impossibilité de corriger l'effet de nuit à bord des avions. Les radiophares moyenne fréquence (environ 300 kilocycles) ont fait leurs preuves depuis longtemps. Leur portée est de 500 à 600 km au

dessus de la terre et 1 000 km au-dessus de la mer pour une puissance de 2 kW. La servitude d'emploi à bord est assez grande, puisque le système nécessite l'usage d'un radiogoniomètre manuel analogue à ceux utilisés à terre, à moins que l'avion ne soit équipé d'un appareil automatique, le *radiocompas*, qui donne directement sur un cadran le gisement du radiophare ou de tout autre émetteur sur lequel l'appareil a été accordé (station de radiodiffusion par exemple).

Pendant la guerre, les Américains ont utilisé des *radiobalises* de quelque 50 watts, les *locaters*, qui aidaient les avions à repérer les points remarquables où elle étaient installées.

Le principe des *radioalignements* (ou *radio-ranges*, pour employer une expression américaine devenue internationale) est celui, bien connu, des signaux enchevêtrés obtenus par émission par un système d'antennes directives, suivant deux diagrammes s'entre-croisant, de lettres complémentaires de l'alphabet Morse, telles que A et N, ou F et L. Un axe est ainsi défini par l'audition d'un trait continu ; de part et d'autre de l'axe, on entend soit une succession de lettres A (ou F) soit une succession de lettres N (ou L) pendant les cinq dernières secondes de chaque minute.

Sur des fréquences voisines de 300 kilocycles avec une puissance de 1 ou 2 kW, ces systèmes assurent une portée de 500 à 600 km.

Les systèmes de navigation par radioalignements ne nécessitent pas à bord de récepteur spécial et sont applicables au vol automatique. Par contre, ils ne permettent qu'une faible ouverture du faisceau, la navigation ne pouvant se faire que sur des routes déterminées ; ainsi, un avion égaré doit se servir d'un autre procédé

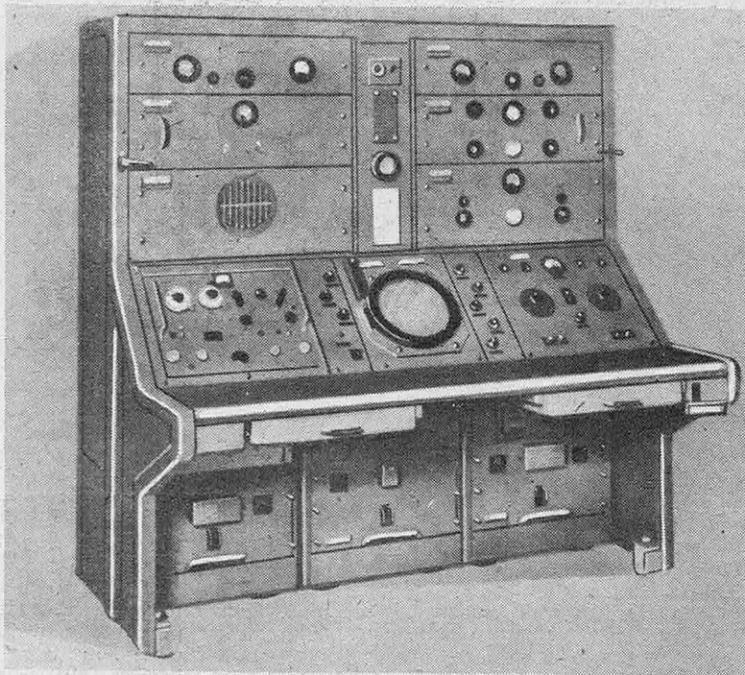


FIG. 2. — UN RADIOGONIOMÈTRE A LECTURE DIRECTE

On remarque, au centre, l'écran fluorescent sur lequel des traces lumineuses matérialisent les relevements des postes écoutés (Standard Telephones).

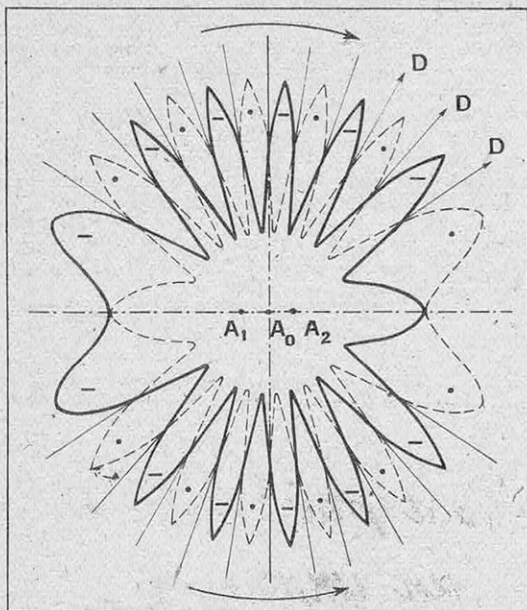


FIG. 3. — DIAGRAMME DE RAYONNEMENT CONSOL

Au début du cycle, les amplitudes de rayonnement dans les diverses directions des deux combinaisons de l'antenne centrale A_0 avec chaque antenne extrême A_1 et A_2 sont représentées par ce diagramme, en trait continu pour la combinaison $A_0 A_1$ qui correspond à une émission de traits, en trait pointillé pour la combinaison $A_0 A_2$ qui correspond à une émission de points. L'opérateur de l'avion situé sur un des axes D, D, \dots , entend donc, au début du cycle, un trait continu, tandis qu'il entendra soit des points, soit des traits s'il se trouve dans les zones délimitées par ces axes. Les déphasages des antennes extrêmes varient de manière que les folioles des deux diagrammes se déplacent vers la droite, avec les axes D, D, \dots , jusqu'à permutation complète des deux diagrammes, obtenue au bout de 30 s. L'opérateur de l'avion, en comptant les traits ou les points entendus avant ou après le passage de l'axe donnant un son continu (60 traits et points en tout) peut donc déduire sa position dans l'un des secteurs délimité par les axes du diagramme initial, l'indétermination sur le secteur étant levée par relevement radiogoniométrique. Pendant les 10 s suivantes, un signal d'appel, destiné à permettre l'identification du poste, est émis par l'antenne centrale, tandis que les diagrammes reprennent leur place primitive pour recommencer le cycle.

pour continuer de naviguer. Un tel radioalignement est souvent utilisé comme procédé d'approche aux aéroports.

Les radiophares directionnels émettent dans les différents azimuts des signaux caractéristiques permettant au pilote, qui les entend au moyen d'un récepteur ordinaire, de connaître son gisement par rapport à l'émetteur. Du procédé allemand *Elektra* qui matérialisait un certain nombre d'axes où le pilote entendait un trait continu avec de part et d'autre des points ou des traits, suivant le principe des émissions enchevêtrées, ont dérivé le procédé allemand *Sonne* (soleil) où l'ensemble de ces axes éprouvait une rotation, d'où la possibilité pour le pilote d'évaluer, par mesure du temps d'audition des points et des traits qu'il entend successivement, la distance angulaire de son gisement à la position de l'axe au début du cycle, et le système anglais

Consol (fig. 3) où la durée du cycle est plus courte (40 s). La portée du *Consol* atteint 1 600 km sur terre et 2 500 km sur mer avec un émetteur de 2 kW. L'équipement de bord est très simple puisque c'est le récepteur ordinaire de radio qui sert à capter l'émission ; de plus, il peut être contrôlé par radiogoniométrie. Mais le système a deux défauts très importants : son utilisation est limitée, compliquée et uniquement auditive, et surtout un tel radiophare n'a qu'une ouverture utile de deux fois 120° par suite de la forme du diagramme.

Le principe des radiophares omnidirectionnels, ou *omniranges*, est fondé sur la comparaison des phases des modulations de deux ondes basse fréquence : l'une, de référence, est émise par un aérien omnidirectionnel ; l'autre est émise par un aérien produisant un champ tournant avec une vitesse de rotation correspondant à la modulation de la première onde. Si le champ tournant est axé sur le nord au moment où la modulation de référence passe par sa phase maximum, l'azimut d'un point quelconque de l'espace par rapport au radiophare est égal à la différence de phase (1) des deux ondes à la réception en ce point.

Ces radiophares sont utilisés en base fréquence pour la navigation à grande distance et en très haute fréquence pour les courtes distances. La précision obtenue jusqu'ici avec ces derniers aux États-Unis, où les études se poursuivent, ne semble pas satisfaisante (5°).

Pour les courtes distances, un omnirange à impulsions du nom de *John Gilpin* a été conçu en Angleterre.

Avec le système *Loran*, nous abordons la classe des systèmes de navigation dits « hyperboliques » parce que mettant en évidence des différences de distances à des groupes de deux émetteurs fixes : l'avion est situé à l'intersection d'arcs d'hyperboles ayant ces émetteurs pour foyers (2).

Il existe trois systèmes *Loran* (*Long Range navigation*) : le *Loran standard*, le *S. S. Loran* et le *Loran B. F.* Le navigateur mesure sur l'écran d'un oscillographe le décalage à la réception de brèves impulsions (quelques microsecondes) émises par une station pilotée et répétées par une ou plusieurs stations éloignées dites « esclaves », parce qu'elles sont commandées par la station pilote ; il en déduit la différence de ses distances à deux de ces stations, c'est-à-dire l'hyperbole sur laquelle il se trouve parmi les faisceaux d'hyperboles ayant ces deux stations pour foyers. La connaissance d'une hyperbole d'un autre faisceau fournit le point par intersection.

Avec le *Loran standard*, les stations sont écartées de 400 à 650 km l'une de l'autre, avec synchronisation des stations esclaves par les stations pilotes par onde directe et indirecte (3). L'écartement des stations fut augmenté et

(1) Deux oscillations de même période sont dites « en phase » si elles passent au même instant par leur amplitude maximum ; si la simultanéité n'est pas réalisée, il existe une *différence de phase*, qui s'exprime comme un angle, en radians, degrés ou grades, car c'est une fraction de la période totale à laquelle, puisqu'il s'agit d'un phénomène cyclique, il convient d'attribuer la valeur de 360° .

(2) Voir « La radionavigation » (*Science et Vie*, n° 349, octobre 1946).

(3) Les ondes indirectes sont celles qui parviennent à un récepteur après avoir subi une réflexion sur les hautes couches ionisées de l'atmosphère. Voir : « Que savons-nous des très hautes couches de l'atmosphère ? » (*Science et Vie*, n° 345, juin 1946.)

atteignent 1 000 à 1 200 milles nautiques (1 850 à 2 200 km), afin de pouvoir opérer au-dessus de l'Europe. A cet écartement, la synchronisation des stations se fait uniquement par onde indirecte, car la portée de l'onde directe, pour une puissance de crête de 100 kW, ne dépasse pas 750 milles. L'appareil correspondant, qui prit le nom de *S. S. Loran (Sky-wave Synchronised Loran)*, et dont la portée de nuit atteint 1 500 milles (2 800 km), ne peut donc fonctionner de jour, où l'onde indirecte est absente. La précision, comparable à celle de la navigation astronomique, dépend de la raideur du front d'attaque des impulsions et, par suite, de la durée des impulsions, c'est-à-dire finalement de la fréquence. Plus la fréquence est basse, plus on est obligé d'utiliser des impulsions longues, donc moins abruptes, et moins le système est précis (1).

Avant la fin de la guerre, un troisième système Loran avait été mis à l'étude. Il s'agit du *Loran Basse Fréquence (L. F. Loran)* utilisant des fréquences de l'ordre de 180 kilocycles et des impulsions de 300 microsecondes. La propagation directe étant seule utilisée, le L. F. Loran a l'avantage de fonctionner de nuit comme de jour. La portée sur mer est deux fois plus grande que celle du Loran standard, sans perte notable en précision.

L'inconvénient majeur des systèmes Loran, et particulièrement du Loran basse fréquence, est d'exiger une bande passante énorme de l'ordre de plusieurs dizaines de kilocycles de part et d'autre de la porteuse. Cet inconvénient est particulièrement grave pour l'Europe où la moyenne et la basse fréquence sont utilisées pour la radiodiffusion. Les autres inconvénients sont la complication des opérations à bord (réglages et lectures sur un oscillographe cathodique) et le fait qu'il existe des zones défavorables de mauvaise intersection des hyperboles (défaut commun à tous les systèmes hyperboliques). Enfin, il n'y a pas de contrôle possible par radiogoniométrie, puisqu'on opère avec des impulsions, et le système n'est pas adaptable facilement au vol automatique (défaut également commun à tous les systèmes hyperboliques).

Le système *Gee*, anglais, n'est autre qu'un système Loran transposé dans le domaine des ondes métriques, avec des stations d'émission beaucoup plus rapprochées (quelques centaines de kilomètres). C'est donc un système de navigation précise à courte et moyenne distances; sa portée augmente avec l'altitude de l'avion par suite de la rotondité de la terre. Les

(1) Il est cependant admis actuellement que les meilleures fréquences au point de vue fonctionnement d'un système de navigation à grande distance sont voisines de 70 kilocycles.

chaînes comportent, à la différence du Loran, quatre stations en étoile (une pilote au centre et trois esclaves), ce qui permet d'avoir dans toutes les directions de bonnes intersections d'hyperboles.

Le *Multitrack* australien, encore au stade expérimental, est aussi un système hyperbolique à impulsions, mais ne comportant que deux stations émettrices, très rapprochées l'une de l'autre (8 à 16 km), de telles sorte que les hyperboles se confondent pratiquement avec leurs asymptotes et que les routes définies sont des droites. L'objet est ainsi de définir seize itinéraires rectilignes numérotés et de permettre au pilote de suivre rigoureusement l'un de ces itinéraires à l'aide d'une aiguille droite-gauche. La portée est de 160 km à 2 500 m d'altitude, avec une puissance de crête de 10 kW et une longueur d'onde de 1,50 m.

Le système anglais *Decca*, déjà décrit en détail (1), est également un système hyperbolique à courte et moyenne distances, mais qui comporte la comparaison, à bord, au moyen de phasemètres et de compteurs, des différences de marche d'ondes entretenues émises synchroniquement par plusieurs stations distantes de quelques centaines de kilomètres (fig. 4).

Le grave inconvénient de ce système était jusqu'à présent de ne pouvoir donner d'indications exactes sans qu'on fût obligé de régler initialement les cadrans pour leur faire indiquer les valeurs correspondant au lieu de mise en fonctionnement, ce qui était impossible pour un avion rentrant dans une zone Decca ou passant d'une chaîne à une autre. Fait encore plus grave: en cours de fonctionnement, le récepteur risquait, par faiblesse de la réception, de « sauter »

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

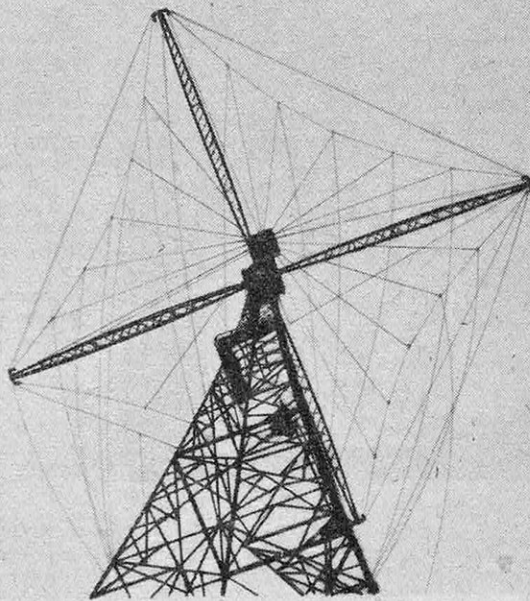


FIG. 4. — UNE ANTENNE D'ÉMETTEUR DECCA

Cette antenne a 100 m de haut. L'installation actuellement existant en Angleterre compte un émetteur pilote à Buntingford (Herts.), et trois émetteurs asservis répartis en étoile autour du premier, à Stoke Holy Cross (Norfolk), East Hoathly (Sussex) et Wormleighton (Warwickshire).

des hyperboles sans qu'on s'en aperçoive. Tout récemment viennent d'avoir lieu en Grande-Bretagne des essais officiels très satisfaisants d'un système d'identification des hyperboles ne demandant que 3 secondes en tout.

Enfin, un dispositif permet actuellement de passer de la réception d'une chaîne à une autre.

La précision de lecture du navigateur Decca est théoriquement de l'ordre du 1/5 000 de la distance, mais, si des essais au point fixe et de longues durées n'ont pas encore été faits pour montrer la stabilité de réseau des hyperboles par rapport au sol, les essais en vol ont montré que les réseaux d'hyperboles subissent une distorsion au-dessus de certaines montagnes; les cartes peuvent être établies en tenant compte de ces irrégularités d'une façon empirique. Une autre cause d'erreur, la plus difficile à éliminer, réside probablement dans la propagation des ondes qui diffère la nuit et le jour et varie même peut-être avec les saisons dans des proportions non négligeables.

En définitive, la précision de l'appareil sur laquelle on peut compter semble être jusqu'à présent de l'ordre du 1/1 000 de la distance la nuit et meilleure le jour, donc encore bien supérieure non seulement aux procédés par observations astronomiques, assujetties d'ailleurs à la visibilité des astres, mais encore aux procédés modernes tels que la radiogoniométrie et même le système Gee.

Le système anglais P. O. P. I. (Post Office Position Indicator) est en gros au Decca ce que le Multitrack australien est au Gee. Dans ce système, en effet, on compare, à la réception, les phases des émissions basse fréquence (100 à

500 kilocycles) de deux balises rapprochées de sorte que les hyperboles peuvent être considérées comme des droites.

Au lieu de faire le « point » par intersection de droites ou d'hyperboles, ce qui exige la présence de plusieurs stations au sol, on peut n'en utiliser qu'une en fixant la position de l'avion par des coordonnées polaires : azimut et distance. Un radiophare fournira la première (l'O. A. C. I. a prévu l'omnirange V. H. F.) et un radar la deuxième, par mesure du temps de parcours aller et retour d'une impulsion émise par un « interrogateur » de bord, reçue au sol et retransmise par un répondeur (sur une autre fréquence pour éliminer les échos parasites). On constitue ainsi un système dit *Spider's Web* (toile d'araignée). Le radar peut, en outre, servir de détecteur d'obstacles ou de nuages dangereux ou servir à l'atterrissage sans visibilité.

Un écueil à éviter est la saturation des répondeurs lorsqu'ils sont interrogés par un grand nombre d'avions. Le matériel américain fonctionnant sur 1 000 mégacycles peut être interrogé par cinquante avions.

D'autres systèmes ont été conçus en Angleterre (Condor) et en France où des études sont en cours.

Nous mentionnons enfin les systèmes « Navaglobe » et « Navar » qui s'intègrent dans le cadre d'un ensemble, encore à l'étude aux États-Unis, englobant toute la gamme d'utilisation de la radionavigation : *Navaglobe* pour la navigation à longue distance ; *Navar* et *Navascreen* pour la navigation et le contrôle du trafic aux abords des aéroports ; *Navaglide* pour l'atterrissage sans visibilité ou automatique sur une piste déterminée.

Le *Navaglobe* est un système de radiophare omnidirectionnel à ondes longues (70 kilocycles); il est fondé sur le principe de la comparaison des amplitudes d'émissions directives. La lecture du gisement se fait sur cadran; la largeur de bande du récepteur étant très étroite (20 cycles environ) et les signaux étant intégrés sur une période de plusieurs secondes, les effets du bruit sont minimes et la sensibilité très grande. La précision est ainsi évaluée au degré, soit à 2 % de la distance, et la portée de sécurité à 1 500 milles sur mer avec un émetteur de 25 kW. Le système *Navaglobe* ne semble présenter *a priori* comme défaut que le manque de précision, défaut de toute façon peu important pour un système de radionavigation à grande distance. Ses principales qualités consistent dans la sécurité de sa propagation grâce à l'utilisation d'ondes de 70 kilocycles (fréquence optimum), dans sa grande portée (1), dans son omnidirectivité et la faible largeur de la bande de fréquence qu'il utilise. De plus, il peut être contrôlé par radiogoniométrie ordinaire (moins précise) au moyen d'un cadre tournant monté sur le même récepteur; il est à lecture directe sur cadran et n'exige pas de carte spéciale comme les procédés hyperboliques; enfin il est applicable au vol automatique.

Actuellement sont à l'étude des *calculateurs de navigation* qui, à partir des éléments fournis par les appareils de radionavigation du bord, donneraient automatiquement et visuellement au pilote, sur le tableau de bord, ses coordonnées polaires, ou encore lui indiqueraient la route à suivre pour se rendre à son point de destination par le moyen d'une aiguille se déplaçant devant un repère; ces appareils seraient également sus-

(1) Soixante-quinze stations au sol permettraient de recouvrir la surface entière de la Terre, à l'exception d'une zone entourant le Pôle Sud.

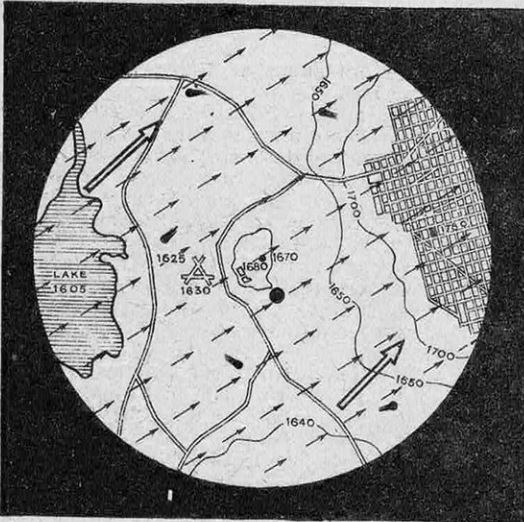


FIG. 5. — LE NAVASCOPE

Sur cet écran d'oscillographe cathodique, situé sur le tableau de bord de l'avion et recouvert d'une carte transparente des abords de l'aérodrome, sont télévisées les indications reçues sur le radar panoramique de l'aérodrome. La tache centrale indique la station de Navar au sol, la tache la plus grosse la position de l'avion, et les autres taches les autres avions volant dans la même tranche d'altitude que lui; le canevas de petites flèches indique la direction propre de l'avion, et les deux grandes flèches, visibles toutes les 4 secondes, indiquent la direction du vent.



FIG. 6. — LA TOUR DE CONTROLE D'INDIANAPOLIS
 Le pupitre de droite sert à contrôler l'atterrissage aux instruments.

ceptibles de commander le pilote automatique.

Or, il semble que la réalisation de tels appareils soit extrêmement difficile pour les systèmes hyperboliques (Loran, Gee, Decca).

Les exigences de la navigation d'approche

Au voisinage des aérodromes, la navigation aérienne soulève des problèmes très particuliers. Il est tout d'abord évident que la précision des relevements doit être d'autant plus grande et que les renseignements doivent être fournis à l'avion avec d'autant plus de rapidité et en d'autant plus grand nombre que l'appareil se trouve plus près de la piste d'atterrissage. Il y a à cela deux raisons primordiales : la nécessité de présenter l'avion à l'atterrissage dans les meilleures conditions, et la plus grande densité de la circulation aérienne autour des aérodromes. C'est, en effet, l'importance du trafic aérien qui pose les problèmes les plus ardues. Pour les résoudre rationnellement, on a été amené à prévoir :

- qu'un contrôle aussi lointain que possible (de plusieurs centaines de kilomètres de rayon) soit effectué par le centre de la zone de contrôle, car il est toujours bon que ce centre soit renseigné sur la présence et les itinéraires des avions, même de ceux qui ne font que transiter la zone. Ce contrôle doit être facile, donc donner, par exemple en une vision panoramique instantanée, la position de tous les avions survolant la zone ; l'identification de chaque avion devra être possible afin que le centre ne soit pas un specta-

teur impuissant et puisse donner des ordres ou des instructions (fig. 6) ;

- que les avions cherchant à pénétrer dans la zone d'approche d'un aérodrome (une cinquantaine de kilomètres de rayon) par une ou plusieurs « portes », en vue d'atterrir sur cet aérodrome, soient avertis par une *signalisation hertzienne automatique* (passage de balises à faisceau vertical commandées à distance, par exemple) s'ils peuvent entrer ou s'ils doivent rester dans la zone d'attente, tout comme des trains attendent qu'un signal leur indique que la voie est libre avant de s'engager dans la zone d'approche d'une gare ;

- qu'une fois admis à pénétrer dans la zone d'approche, ils soient pris en compte par le *contrôle rapproché*, toujours sous forme de vision instantanée panoramique avec indication de l'identité et cette fois, en plus, indication de l'altitude. Des ordres codés (pression sur un bouton au sol, lecture sur un écran à bord) pourront être transmis instantanément aux avions en particulier pour leur prescrire l'atterrissage ;

- que les avions puissent naviguer dans la zone d'approche de façon très précise par leurs instruments de bord d'une façon *autonome*, c'est-à-dire sans que le personnel au sol soit obligé de leur dicter leur route. Cette navigation pourra se faire par télévision de la région, à partir d'un radar au sol, sur un écran du bord, avec indication des avions environnants, des routes et de l'aérodrome ;

- qu'une fois l'ordre d'atterrissage donné l'avion puisse *atterrir aux instruments de bord*



FIG. 7. — ANTENNE TOURNANTE DE RADAR D'AÉROPORT

On voit, sur cette photographie, au-dessus de la plateforme, l'ensemble tournant constitué par un tube guide d'ondes qui dirige les ondes courtes vers le réflecteur, qui les renvoie successivement dans tous les azimuts, réalisant ainsi une surveillance efficace sur toute la surface de la zone d'approche de l'aéroport.

dans le minimum de temps et, si possible, en pilotage automatique.

L'idée maîtresse de cette organisation d'approche sera donc de minuter les arrivées d'avions à l'aérodrome du plus loin qu'on le pourra, aux portes de la zone d'approche d'abord afin que celle-ci ne soit pas surencombrée, à l'atterrissage enfin. Ainsi le personnel de la tour de contrôle pourra-t-il éviter d'être submergé par le flot des avions arrivants, ce qui permettra d'accroître au maximum la cadence des atterrissages et des décollages, c'est à dire en définitive le trafic aérien tout entier.

On voit, à la simple énumération des tâches à remplir, de quelle aide vont être la technique du radar et, en particulier, celle du radar panoramique automatique (fig. 7). Certains de ces appareils, les radars *primaires*, utilisent l'écho proprement dit des impulsions émises sur la carlingue des avions. Plus perfectionnés sont les radars *secondaires* où l'avion porte un « répondeur » sur une fréquence différente de l'émission du sol ; ce répondeur fournit les mêmes éléments, azimut et distance, que l'écho précédent, mais sa réponse se distingue nettement des échos parasites et transmet en même temps au centre de contrôle des renseignements précieux, tels que l'identité et l'altitude de l'avion. Fonctionnent ainsi le *Radar Traffic Control* en Amérique et l'*A. C. R. Mark III* en Angleterre, tous deux radars primaires à supprimeurs d'échos fixes et l'*A. C. R. Mark IV*, radar secondaire.

Il existe actuellement en cours d'étude aux États-Unis de nombreux systèmes dits *complets* parce qu'ils comportent, outre le contrôle au sol proprement dit, les appareils de bord nécessaires pour la radionavigation rapprochée et pour l'anticollision.

Tel est le *Lanac* : radar primaire au sol, balise répondeuse permettant à un interrogateur de bord de calculer sa distance, radar détecteur d'obstacles et d'avions (fig. 8).

Plus complet que le système précédent, mais moins évolué du point de vue réalisation, est le *Teleran* (fig. 9), qui comporte au sol un radar de contrôle et à bord des répondeurs indiquant l'altitude, et des appareils de télévision qui reçoivent les représentations panoramiques de la circulation aérienne par tranches d'altitude, telles qu'on les obtient au sol et auxquelles est superposée une carte de la région.

Enfin, le système de contrôle et de navigation rapprochée le plus perfectionné est le *Navar* qui constitue, avec le *Navaglobe* pour la grande navigation et le *Navaglide* pour l'atterrissage, un système de radionavigation absolument complet.

Le *Navar* est constitué par un radar secondaire. De plus, à bord, le *Navascope* (fig. 5) donne une répétition de l'écran radar au sol, écran où sont représentés les postes de tous les avions se trouvant dans une tranche d'altitude centrée sur celle de l'avion, représenté lui-même par une tache différenciée des autres. Enfin, au sol, toutes les indications des différents radars et répondeurs, ainsi que tous les renseignements parvenant au poste de contrôle par téléphone, radio, télétype, etc., sont rassemblés dans un centre unique et le tout est affiché par projection lumineuse sur écran translucide *Navascreen*, ce qui donne, dans la chambre des contrôleurs, une représentation complète du trafic aérien instantané.

Il resterait, pour être complet, à traiter des systèmes d'atterrissage sans visibilité (fig. 10).

Nous nous bornerons à rappeler pour mémoire (1) les systèmes Lorentz et Bendix (axe d'atterrissage balisé, courbe de descente équichamp) et à mentionner brièvement quelques systèmes récents. Le S. C. S. 51 (Signal Corps Set 51) emploie une double modulation aussi bien dans le plan vertical que pour la descente (voir page 62); la présentation se fait sur le tableau de bord par deux aiguilles croisées et le dispositif peut être branché sur le pilote automatique. L'I. L. S. (*Instrument Landing System*) est un perfectionnement du précédent avec indication des écarts par rapport à l'axe. Le *Microwave*, étudié en Amérique par Sperry et qui termine ses essais, comporte une installation au sol et à bord plus simple que les précédents (fig. 11). Le *Navaglide*, analogue au S. C. S., s'intègre dans le système de navigation totale Navaglobe, Navar, etc., et utilise le même cadran de bord. Le C. S. F., étudié en France, fait appel aux ondes ultracourtes et comporte le guidage en azimut et en hauteur par une tache lumineuse sur l'écran de l'oscilloscope de bord, tache qu'il suffit de centrer pour suivre correctement la trajectoire de descente.

Enfin, tout différent des systèmes précédents, qui laissent au pilote la responsabilité de sa manœuvre, est le G. C. A. (*Ground Control Approach*), procédé de contrôle en vol par radar, dans lequel les opérateurs terrestres suivent les déplacements de l'avion par lecture directe sur oscilloscope cathodique et donnent en téléphonie au pilote les indications nécessaires pour rectifier sa manœuvre (fig. 12). Ce procédé, en faveur auprès des pilotes de guerre, ne semble pas convenir à l'aviation civile pour des motifs psychologiques autant que par le faible « débit » possible sur les aérodromes utilisant ce système.

L'équipement international

Nous venons de voir qu'une multitude d'appareils de principes différents sont soit en exploitation, soit aux essais, soit à l'étude dans les différents pays. Cette situation ne saurait se prolonger indéfiniment. Un choix s'impose sur le plan national et aussi, au moins sur les grandes lignes, sur le plan international.

Un organisme groupant trente-cinq États, l'O. A. C. I. (Organisation de l'Aviation Civile Internationale), a tenté d'élaborer un projet de standardisation des méthodes de navigation, mais, de multiples systèmes étant encore peu expérimentés, elle a dû se tenir sur une prudence expectative.

Pour la grande navigation, on trouve aux États-Unis le

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

Loran, en Europe le Consol (un radiophare en Irlande du Nord, deux en Espagne, un en Norvège). L'O. A. C. I. a recommandé le développement du Loran B. F. dont les chaînes seraient installées en Atlantique Nord en janvier 1949, en Afrique, dans le Sud-Est asiatique, dans le Pacifique et l'Atlantique Sud en janvier 1951. Mais elle a décidé, d'autre part, de favoriser le développement des calculateurs de bord qui, nous l'avons vu, seront beaucoup plus faciles à développer à partir des procédés nouveaux qui concurrenceront fortement et supplanteront sans doute les matériels actuels.

La France possède une implantation de radiogoniomètre haute fréquence et de radiophares omnidirectionnels moyenne fréquence; ces derniers, développant une puissance de l'ordre du kilowatt, ne permettent guère que la navigation à moyenne distance. Ces matériels, s'ils sont d'une utilisation peu rapide et peu pratique, autorisent cependant une navigation sur toute l'étendue du territoire métropolitain et n'imposent pas aux avions des itinéraires dont ils ne puissent pas s'écarter. Dans l'attente des procédés modernes, l'implantation des radiogonio-

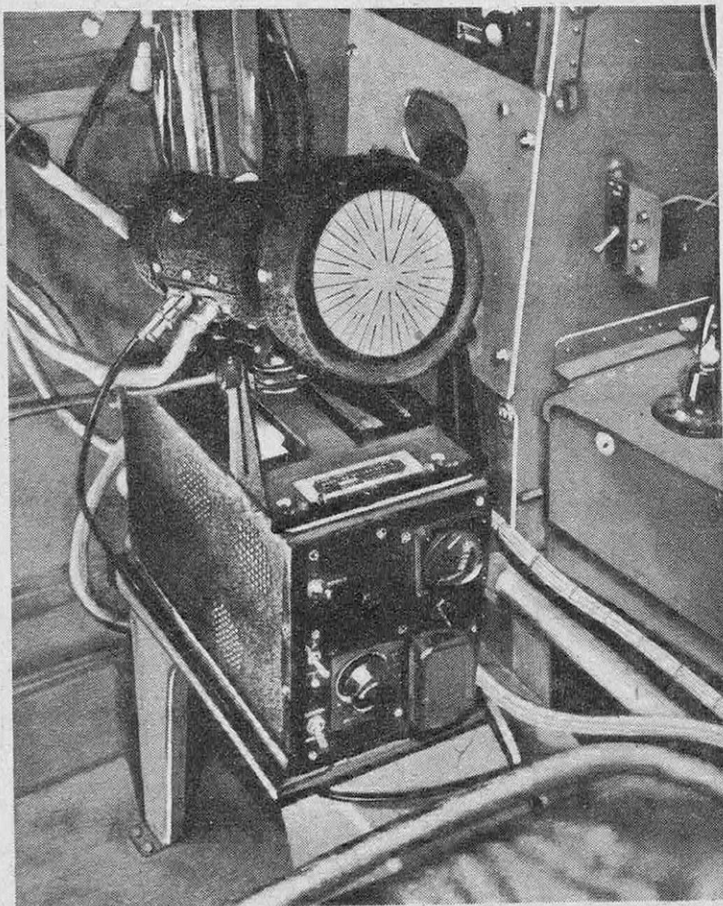


FIG. 8. — UN RADAR DE BORD POUR LA DÉTECTION AVANT

Cet appareil radar, dirigé vers l'avant de l'avion, sert à détecter les obstacles éventuels : montagnes, autres avions et même, parfois, zones de turbulence atmosphérique.

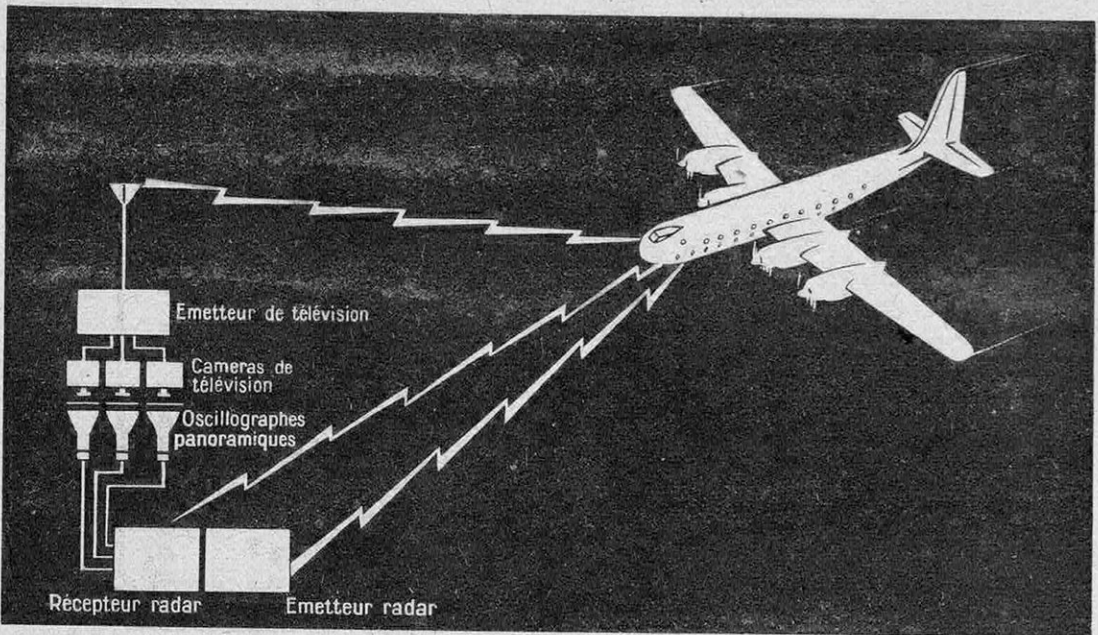


FIG. 9. — LE TÉLÉRAN

Un radar panoramique donne, sur plusieurs écrans oscilloscopiques, la représentation de la circulation aérienne à diverses altitudes. Ces images sont reprises par des cameras de télévision et transmises dans toutes les directions; chaque pilote se règle sur l'émission correspondant à son altitude.

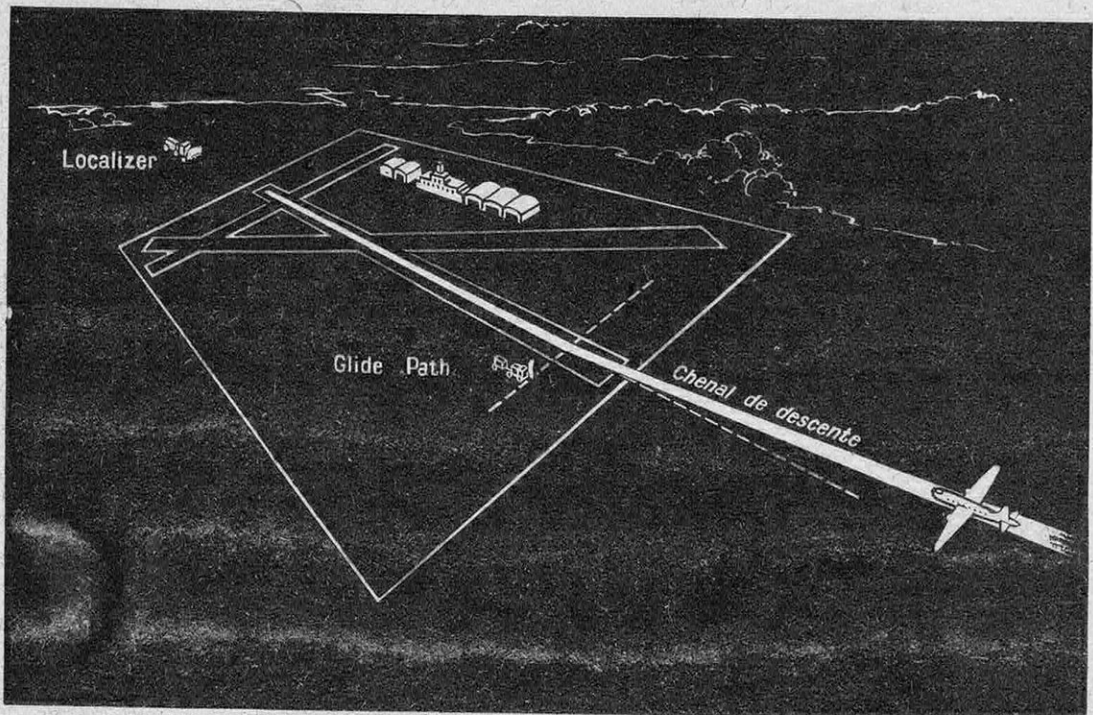


FIG. 10. — L'ATTERRISSAGE SANS VISIBILITÉ

Les systèmes d'A. S. V. comportent en général un « localizer » qui, placé dans l'axe de la piste, matérialise, par des signaux droite-gauche, audibles ou visibles, le plan vertical dans lequel doit voler l'avion, et un émetteur d'altitude, le « glide path », situé près de la piste, qui matérialise de même la courbe idéale de descente.



FIG. 11. — L'ÉMETTEUR DE DESCENTE DU SYSTÈME D'ATERRISSAGE SPERRY A ONDES ULTRACOURTES

mètres haute fréquence sera vraisemblablement développée en France et en Afrique française. Deux stations Consol doivent également être installées à Brest et à Marseille.

Pour la navigation à moyenne et courte distances, à côté des radioalignements sur ondes moyennes qui convenaient aux territoires peu étendus et qui ne seront pas développés, on trouve en Angleterre le Gee (qui ne trouve de protagonistes que dans ce pays) et le Decca, qui, avec la chaîne de Londres, datent de la guerre, et celles d'Écosse et du Danemark, récemment construites, couvrent toute l'Europe du nord-ouest. Les Américains font valoir l'intérêt des systèmes en toile d'araignée, avec leurs radiophares omnidirectionnels, dont la précision, rappelons-le, semble encore insuffisante. L'O. A. C. I. a cependant recommandé l'installation, sur les tronçons de routes internationales, d'omniranges à très haute fréquence. Quant au système Navar, il est encore trop récent pour qu'il ait retenu son attention.

La France possède une implantation de goniomètres à très haute fréquence et moyenne fréquence, auxquels s'ajoutent sept radioalignements MF et cinq radiobalises MF (Locater) instal-

lés sur notre sol par les Américains, ainsi que des chaînes Gee installées par les Anglais dans les régions de Reims, la Loire et le Midi de la France, chaînes de campagne sans portée intéressante. En attendant que les procédés de l'avenir comme le le Decca ou les omniranges soient tout à fait au point, il est probable qu'on décide de conserver et même de développer les radiogoniomètres M. F. et V. H. F. dans la Métropole et d'en doter les territoires coloniaux. Il semble aussi probable qu'on développe l'implantation des radiophares 2kW et 500W aux colonies et des radiobalises M. F. dans la métropole.

Pour le contrôle d'aérodromes, l'O. A. C. I. s'est abstenue de directives précises. Les réalisations les plus avancées de contrôleurs radars d'aéroport semblent être celles réalisées aux U. S. A qui d'ailleurs ont déjà équipé quelques terrains (Gandar, Pittsburg) avec des radars secondaires et les ont utilisés dans leurs expéditions au pôle sud. En Angleterre, l'implantation de l'A. C. R. Mark IV n'est pas prévue avant plusieurs années.

Les systèmes d'atterrissage sans visibilité installés aux États-Unis sont le G. C. A. et le S. C. S.

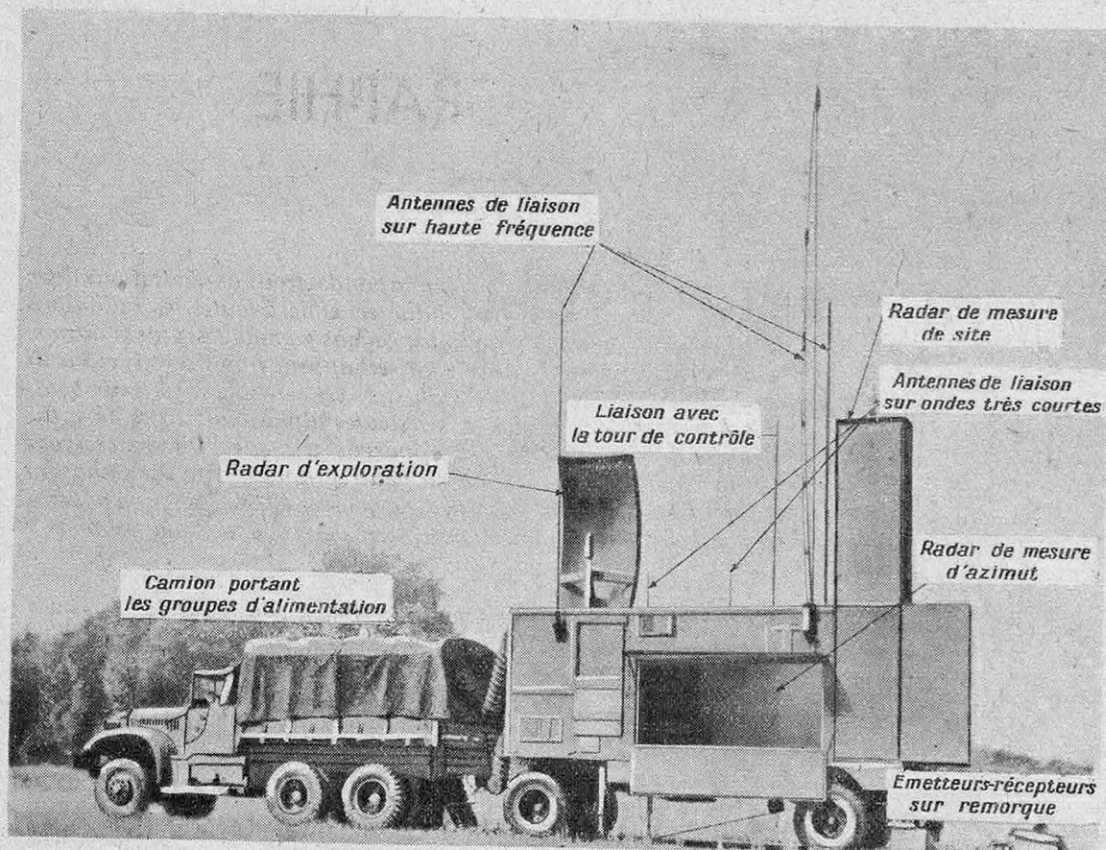


FIG. 12. — STATION MOBILE D'ATTERRISSAGE G. C. A.

51. L'Angleterre possède le B. A. B. S., dont nous n'avons pas parlé parce qu'il ne comporte pas de dispositifs de guidage en altitude. En Europe centrale est encore utilisé surtout le système Lorentz. L'O. A. C. I. recommande les systèmes genre S. C. S. 51, qu'il faut perfectionner quant à la mesure de l'écart à l'axe d'atterrissage. Les systèmes C. S. F. et Microwave Sperry sont trop récents pour avoir pu retenir son attention, le problème devant d'urgence recevoir une solution.

Si l'on excepte les quelques radioalignements et dispositifs installés par les Anglais et les Américains sur son sol (un S. C. S. 51, un G. C. A. à Orly, un B. A. B. S. à Bordeaux, un autre à Istres, et les quelques procédés auxiliaires de l'atterrissage comme l'Eurêka-Rebecca), la France ne possède actuellement que des radiogoniomètres V. H. F. et M. F. utilisés suivant la vieille méthode de « percée » d'un plafond bas ou les méthodes dérivées, les systèmes type Lorentz installés à Toulouse-Francazal et au Bourget ayant été détruits pendant les hostilités.

Se conformant aux indications de l'O. A. C. I., elle a commandé du matériel S. C. S. 51 aux États-Unis. Mentionnons que l'aérodrome d'Orly est doté actuellement d'un radioalignement, d'un radar d'atterrissage G. C. A. et d'un S. C. S. 51, matériels sous contrôle américain et qui seront peut-être cédés à la France.

L'avenir immédiat

L'avion doit être, sur toute la longueur de son parcours, relié au sol par des liens hertziens qui

donnent au pilote une véritable perception visuelle de la route à suivre, en altitude comme en azimut, ainsi que des obstacles qui peuvent s'y rencontrer et des consignes d'accès aux aérodromes, pour lui permettre de conduire son appareil comme on conduit une automobile.

Cette comparaison ne doit pas être poussée trop loin si l'on veut laisser à l'avion le bénéfice de l'espace à trois dimensions, et c'est pourquoi la nouvelle théorie de la « navigation plane » est venue infirmer, même dans les pays très étendus, l'ancienne théorie américaine des radioalignements trop facilement embouteillés.

Sans cette organisation complexe indispensable qui se dessine d'ailleurs et qui doit être faite à l'échelle internationale, on ne peut qu'espérer limiter les catastrophes à coups d'expédients et on ne pourra satisfaire aux exigences du trafic intense qui s'annonce.

Il importe donc de mettre définitivement au point les systèmes les plus avancés en réalisation, sur lesquels les différentes nations du monde se seront mises plus ou moins d'accord, de préférence à des systèmes peut-être plus avantageux, mais beaucoup moins avancés, et enfin de réaliser le plus tôt possible l'infrastructure correspondante.

D'autres systèmes encore plus perfectionnés et la radionavigation entièrement automatique, d'intérêt d'ailleurs plus importante en aviation civile, constitueront peut-être une étape ultérieure.

ROBERT LEPRÊTRE

LA NEUTROGRAPHIE

par M.-E. NAHMIAS

Docteur ès Sciences

Alors que la rétine de notre œil n'est impressionnée que par la bande étroite des radiations dites lumineuses, la plaque photographique peut être rendue sensible à toutes les radiations électromagnétiques, depuis les rayons infrarouges jusqu'aux rayons gamma les plus « durs », ce qui lui permet de révéler un grand nombre de détails qui échappent à notre œil, et même de « voir » à travers les corps opaques. De plus, son émulsion est sensible à certains bombardements de particules ionisantes : protons accélérés, particules alpha, particules bêta, etc. et cette propriété, qui est déjà mise à profit dans des appareils tels que l'ultramicroscope électronique, vient de trouver une nouvelle application en neutrographie, nouvelle technique radiographique qui explore les objets à l'aide de faisceaux de neutrons dont les lois d'absorption par les corps sont très différentes des lois d'absorption des rayons X ou gamma.

EN 1895, le physicien allemand Röntgen découvrit la cause du noircissement des plaques photographiques à proximité d'un tube cathodique : ce sont des radiations invisibles, capables de traverser la matière, d'exciter la fluorescence de certains produits et d'impressionner les plaques sensibles. Röntgen observa les ombres portées sur les écrans fluorescents par des objets plus ou moins transparents à ces radiations. Ce fut la découverte des rayons X, d'où sont nées la radioscopie et la radiographie.

En 1896, Henri Becquerel constata qu'un sel d'uranium est capable d'impressionner une plaque photographique à travers du papier noir. La radioactivité était découverte, et une des innombrables applications de ce phénomène a été la mise au point d'une autre technique radiographique permettant d'explorer des objets opaques aux rayons X à l'aide des rayons gamma du radium, doués d'un pouvoir de pénétration bien supérieur aux rayons X de moins de 2 millions de volts.

Il est également possible d'étudier la répartition de certains corps dans d'autres corps ou même dans les organismes vivants par une *autoradiographie* obtenue avec un élément radioactif. L'autoradiographie consiste à placer l'objet à étudier ou une coupe de cet objet au contact d'une plaque qui se trouve impressionnée d'autant plus fortement que la teneur en produit radioactif est plus élevée. Cette technique est appelée à prendre une importance croissante aussi bien en biologie qu'en métallurgie à mesure que l'on pourra se procurer plus facilement les radioéléments que l'industrie atomique fournit désormais en grande quantité.

Mais la physique nucléaire dispose d'autres rayonnements capables de traverser la matière, et qui ne sont pas constitués par des ondes électromagnétiques, mais par des particules animées de vitesses plus ou moins grandes.

Une de ces particules, dont la découverte a été la plus grosse de conséquences, est le *neutron*, un des constituants intimes des noyaux atomiques, dont la masse est voisine de celle du noyau d'hydrogène et dont la charge électrique est nulle.

Quinze ans après la découverte des neutrons

par Chadwick (1932), nous assistons à la naissance d'une nouvelle technique radiographique, la *neutrographie*, utilisant le grand pouvoir de pénétration de ces particules à travers certains matériaux, et en particulier à travers l'acier, dont elles peuvent traverser des dizaines de centimètres, alors qu'elles sont au contraire très fortement absorbées par des corps très transparents aux rayons X ou gamma : l'eau par exemple. Il est encore trop tôt pour prévoir toutes les possibilités qu'offrira en radiographie cette technique nouvelle imaginée par les deux physiciens allemands Kallmann et Peter.

La neutrographie a déjà trouvé certaines applications, et celles-ci ne feront sans doute que se développer à mesure qu'il sera plus facile d'obtenir des sources de neutrons et à mesure que se poseront des problèmes de radiographie que les lois d'absorption particulières aux neutrons permettront de résoudre, alors que les autres méthodes auront échoué.

La pénétration comparée des rayons X ou gamma et des neutrons dans la matière

La pénétration des rayons X ou des rayons gamma dans un objet est fonction des poids atomiques des éléments chimiques contenus dans cet objet et de la fréquence de la radiation utilisée. Cette absorption croît régulièrement avec la masse atomique des éléments, c'est-à-dire de l'hydrogène de masse 1 au curium de masse 240.

Quand la fréquence des radiations augmente, l'absorption a tendance à décroître : on dit que les radiations sont de plus en plus pénétrantes ou « dures ». (1) Mais la variation n'est pas régu-

(1) A partir de 1 million de volts, le phénomène de matérialisation des radiations en paires électroniques intervient et compense la décroissance des autres effets d'absorption, de telle sorte que le coefficient d'absorption est constant entre 1,5 et 2,5 MV. Au delà de 3 MV le phénomène de création de paires l'emporte de plus en plus à mesure que la fréquence des radiations augmente et le coefficient d'absorption croît à nouveau. Pour des énergies supérieures à 6 MV, un autre phénomène s'ajoute au précédent : celui de l'effet photonucléaire qui fait intervenir le noyau dans l'absorption des radiations.

lière et les valeurs du coefficient d'absorption présentent, en fonction de la fréquence, d'importantes irrégularités dues à l'excitation quantique des électrons des différentes couches de l'atome.

L'absorption des neutrons est encore plus compliquée. Elle s'effectue non plus par des électrons, satellites de ce système solaire en réduction que constitue l'atome, mais par le noyau de l'atome qui en constitue le « Soleil », et, la physique du noyau étant encore dans l'enfance, nous ne pouvons que constater, sans prétendre les expliquer, les phénomènes d'absorption des neutrons dans la matière. Si nous pouvons, par exemple, expliquer par la mécanique classique certains phénomènes de dégradation de l'énergie des neutrons par chocs élas-

tiques avec les noyaux de toutes masses, nous sommes dans l'ignorance des causes qui font que le noyau de tel isotope du gadolinium, ou du samarium, capture cent et mille fois plus de neutrons que le noyau d'un autre isotope du même élément. De plus, l'étude des coefficients moyens d'absorption des neutrons en fonction de leur énergie ne permet de dégager aucune régularité ou irrégularité systématique. Si l'on compare, pour un certain nombre de corps, les valeurs des coefficients d'absorption des neutrons et des rayons X, on constate que ces coefficients d'absorption peuvent prendre, pour un même corps, des valeurs tout à fait différentes sans qu'on puisse dégager de loi générale. On trouve, par exemple, que la pénétration (qui est inversement proportionnelle au coefficient d'absorption) des

rayons X dans le plomb ou le fer est plus faible que celle des neutrons. L'inverse a lieu pour l'eau, le bore ou le gadolinium. On observe que les substances hydrogénées comme l'eau, le bois, le pétrole, les tissus humains — à l'exception du squelette — absorbent (1) plus les neutrons que les rayons X. Une neutrographie du corps humain montrerait, à l'inverse d'une radiographie, les chairs en blanc (peu de neutrons transmis) et les os en une teinte plus foncée.

Les sources de neutrons

Pour obtenir sur une plaque sensible une ombre portée de netteté suffisante, la première condition sera de disposer d'une source de neutrons quasi ponctuelle

(1) Dans l'absorption des neutrons par les corps hydrogénés, deux phénomènes se superposent, dont l'importance relative est fonction de nombreux facteurs : épaisseur traversée, énergie des neutrons incidents, etc. Il y a freinage des neutrons par choc élastique, freinage qui est maximum quand les deux particules qui se rencontrent ont des masses égales, comme c'est le cas pour le neutron et le proton. La particule perd alors rapidement la totalité de son énergie cinétique. Il se produit également une perte de neutrons par la réaction nucléaire :

${}^1_1\text{H} + {}^1_0\text{n} = {}^2_1\text{H}$, les atomes d'hydrogène étant transformés en atomes de deutérium (ou hydrogène lourd). Au contraire, avec le deutérium, seul le premier phénomène (freinage par choc élastique) se produit, et c'est cette propriété qui fait employer l'eau lourde comme modérateur des piles atomiques.

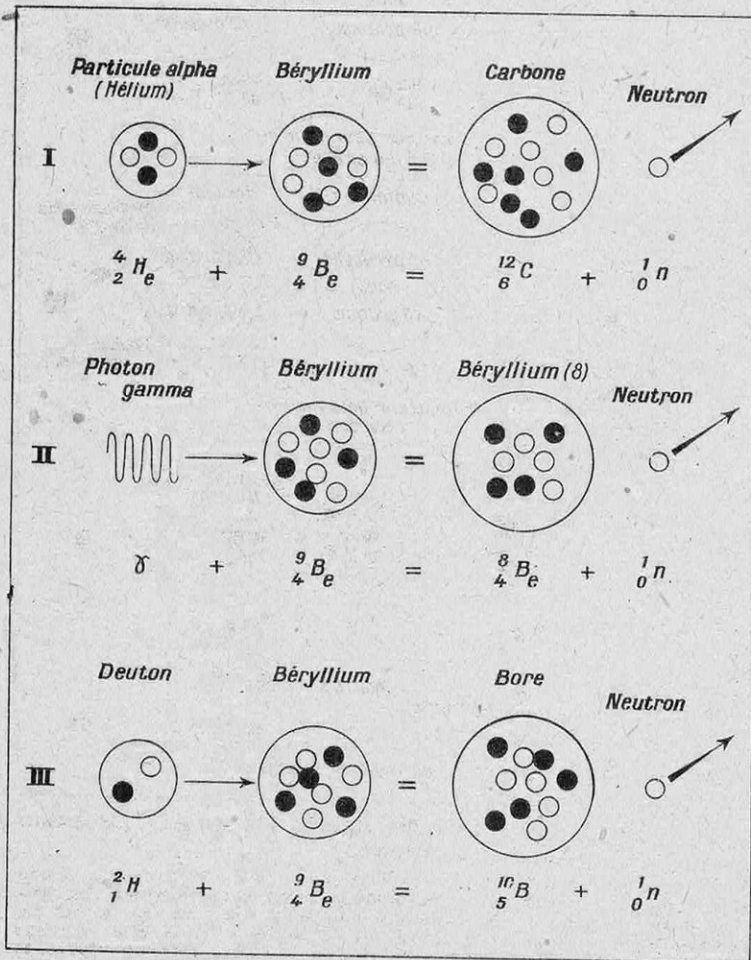


FIG. I. — LES RÉACTIONS NUCLÉAIRES PRODUISANT LES NEUTRONS UTILISÉS EN NEUTROGRAPHIE

La réaction I se produit quand on mélange un radioélément naturel (radium ou radon) avec du béryllium. Ce sont les particules alpha émises par cet élément qui agissent sur le béryllium. Au contraire, si on veut conserver pur l'élément radioactif, on entourera l'ampoule qui le contient d'une couche de béryllium, et ce sont les rayons gamma du radium qui provoqueront l'émission des neutrons (réaction II). La réaction a par contre l'inconvénient de produire environ dix mille fois moins de neutrons que la première. Enfin, la réaction III est provoquée par des noyaux de deutérium (deutons), accélérés par un cyclotron, par exemple.

ou de se placer à grande distance d'une source large.

La source large pourrait être fournie par une pile atomique, qui donnerait un faisceau de neutrons beaucoup plus intense que toutes les autres sources actuellement connues.

Pour obtenir, au contraire, une source ponctuelle, on peut utiliser certaines réactions nucléaires (fig. 1) provoquées soit par des radiations électromagnétiques de grande énergie (rayons gamma), soit par des particules alpha émises spontanément par les radioéléments naturels ou artificiels, soit enfin par des particules électrisées auxquelles on communique une grande vitesse au moyen de divers appareils accélérateurs de particules : cyclotrons, appareils à haute tension, etc. L'abondance de plus en plus grande des éléments radioactifs artificiels, sous-produits de l'industrie atomique, facilitera la réalisation de ces sources de neutrons, notamment avec des radioéléments synthétiques émetteurs gamma ou avec le polonium synthétique qui est un émetteur alpha.

Les réactions nucléaires produisent le plus souvent des neutrons rapides doués d'une grande énergie. Si l'on veut obtenir des faisceaux de neutrons lents, on interpose une épaisseur convenable de substance freinante entre la source et l'objet à neutrographier.

Comment on « révèle » les images neutroniques

Les neutrons, particules électriquement neutres, manifestent une indifférence pratiquement absolue à l'égard des électrons périphériques des atomes qu'ils bombardent. Aussi un faisceau de neutrons n'impressionne-t-il pas les plaques photographiques, parce que les phénomènes photochimiques qui provoquent la formation des images photographiques sont des excitations de molécules (passage des électrons périphériques des atomes d'un niveau d'énergie à un autre), ou des ionisations (arrachement des électrons à leur trajectoire).

Pour faire apparaître une image neutronique

sur la plaque photographique, on doit recourir à divers artifices :

1° on place au contact de la couche photographique une couche dite de réaction intermédiaire. Les neutrons agissent sur les produits

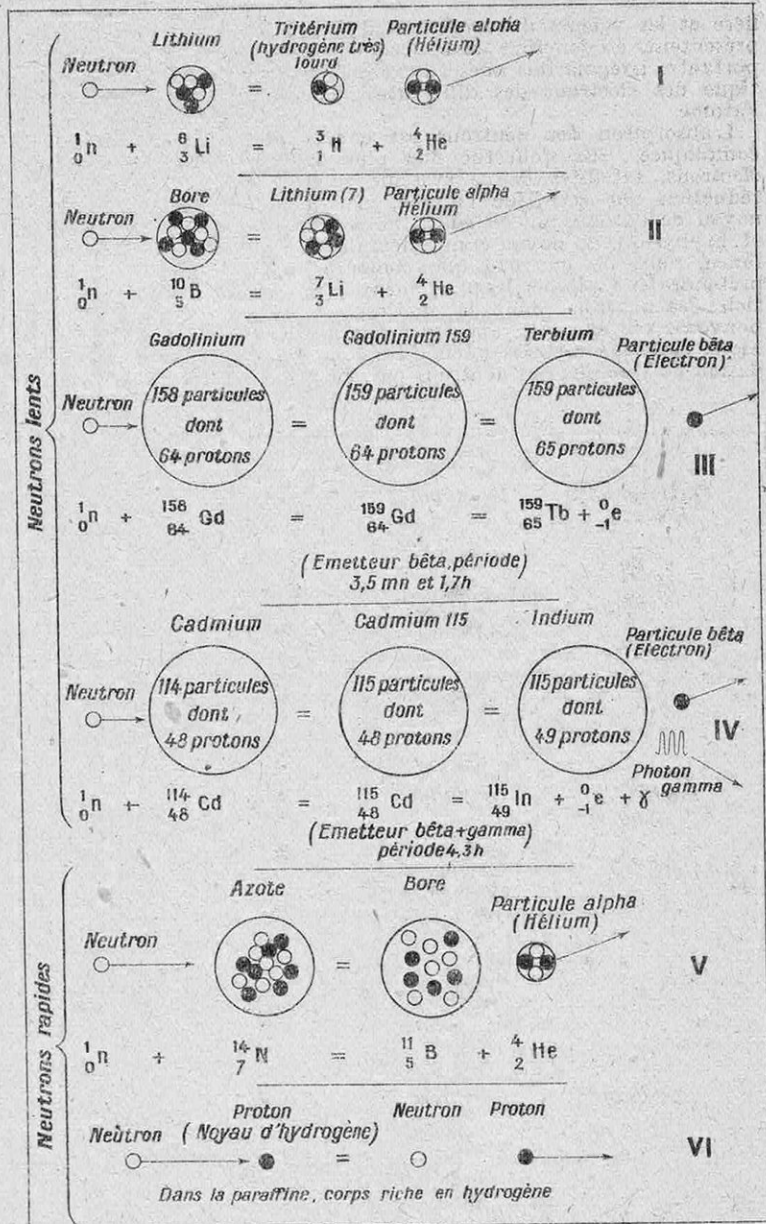


FIG. 2. — LES RÉACTIONS NUCLÉAIRES SERVANT A « RÉVÉLER » LES IMAGES NEUTRONIQUES

Le faisceau des neutrons, qui ne peut impressionner directement la plaque photographique, est employé pour déclencher une réaction intermédiaire, productrice de particules ou de radiations ionisantes. Ces particules seront des hélium ou particules alpha (réactions I, II, V), ou des particules bêta (réactions III et IV), ou des rayons gamma (réaction IV). Enfin, dans la paraffine, ce n'est pas à proprement parler une réaction nucléaire que l'on utilise : les neutrons, rencontrant les noyaux des atomes d'hydrogène, leur communiquent leur énergie cinétique, et ces noyaux (protons) ainsi accélérés provoquent sur leur trajectoire des ionisations capables d'impressionner la plaque photographique.

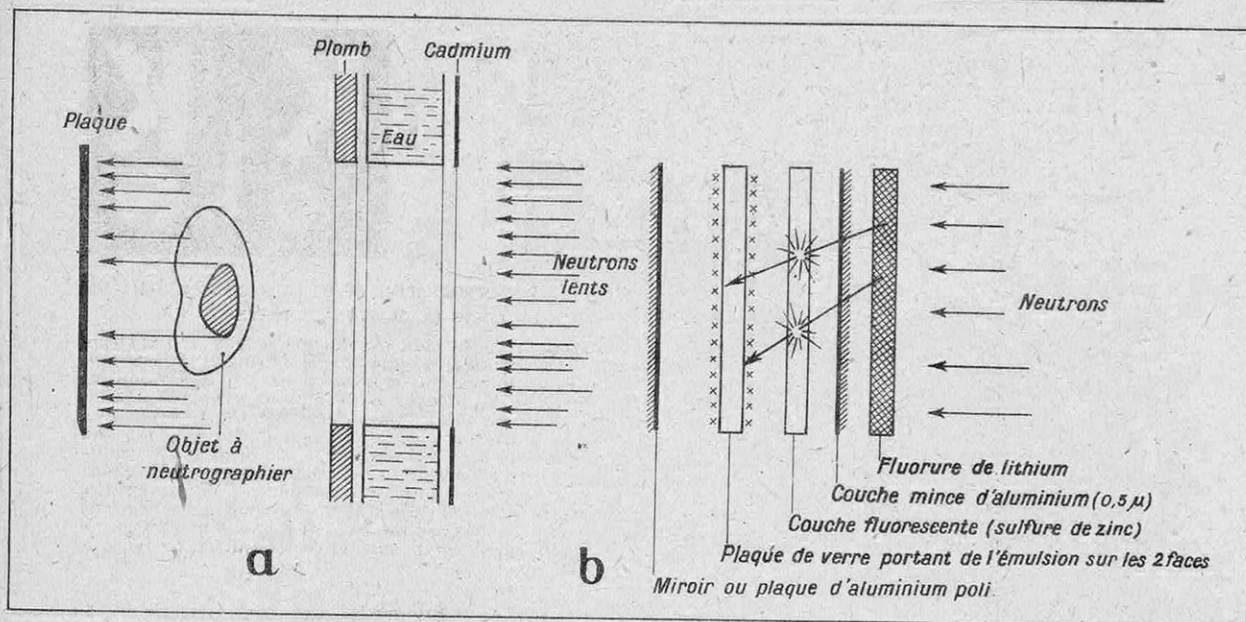


FIG. 3. — LA NEUTROGRAPHIE D'UN OBJET A L'AIDE D'UN FAISCEAU DE NEUTRONS LENTS

En a, schéma d'un appareil de neutrographie. En b, les diverses plaques et écrans servant à enregistrer l'image neutronique, que l'on a écartés les uns des autres pour la clarté des dessins. La couche de fluorure de lithium émet des hélium sous l'action des neutrons; ces hélium impressionnent la plaque à la fois directement et par la lumière qu'ils produisent sur un écran fluorescent, lumière qui est réfléchiée par deux feuilles d'aluminium polies. Avec des neutrons rapides, le dispositif serait le même, mais la couche de fluorure de lithium devrait être remplacée par une couche de paraffine.

que renferme cette couche et provoquent des réactions nucléaires qui s'accompagnent d'une émission de particules ionisantes capables d'impressionner la couche sensible;

2° les produits de réaction intermédiaire sont directement incorporés à la couche sensible. Mentionnons d'ailleurs que les atomes d'argent contenus dans l'émulsion sont sensibles à l'action des neutrons qu'ils captent pour former du radioargent émetteur bêta. Mais il faudrait disposer d'une source de neutrons extrêmement intense pour que l'effet photographique de cette réaction nucléaire soit observable sans autre artifice.

Les réactions intermédiaires employées pour révéler les images neutroniques sont différentes selon que les images sont obtenues à l'aide de neutrons lents ou à l'aide de neutrons rapides (fig. 2).

Les neutrons ralentis par chocs successifs avec des noyaux d'hydrogène, par exemple, et ne possédant plus que des énergies de l'ordre de quelques dixièmes d'électronvolt (soit 10^{-13} erg) réagissent avec

les noyaux de lithium et de bore et donnent naissance à des particules d'hélium analogues aux rayons alpha des corps radioactifs. Ces hélium, projetés avec des énergies cinétiques considérables (quelques millions d'électronvolts), peuvent impressionner les sels d'argent. Chaque hélium émis produit quelques grains noircis sur son passage dans l'émulsion (une dizaine environ). Pour intensifier l'effet photographique, on interpose entre la couche réagissante (sel

de lithium ou de bore) et la plaque une pellicule fluorescente transparente (fig. 3). L'hélium qui arrive sur cette pellicule y provoquera un « éclair » localisé à son point d'impact, et cette scintillation activera à son tour les sels d'argent de la plaque photographique. Supposons que l'énergie cinétique moyenne des hélium soit de 1 million d'électronvolts, capable donc de provoquer l'émission de près de 100 000 photons (dont l'énergie est de quelques électronsvolts) dans chaque scintillation. Comme il faut en moyenne 100 photons pour noircir un grain d'émulsion, on noircira

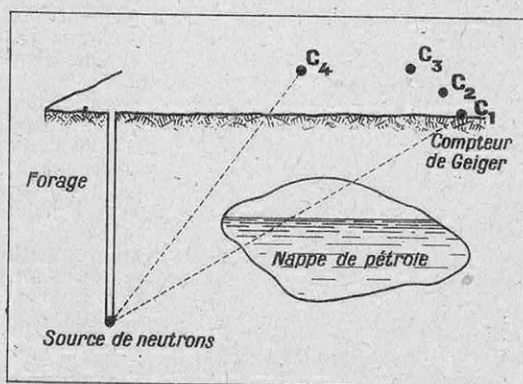


FIG. 4. — L'EXPLORATION D'UNE NAPPE DE PÉTROLE A L'AIDE DES NEUTRONS.

Une source de neutrons (mélange de radium et de béryllium) est introduite dans un forage extérieur à la nappe pétrolifère. En déplaçant un compteur de Geiger à la surface du sol, on peut ainsi délimiter une sorte d'ombre portée de la nappe sur le sol.

près de 1 000 grains par éclair. Cette méthode de renforcement présente par conséquent un grand intérêt. On augmente encore le rendement photonique en plaçant une mince feuille d'aluminium de 0,5 micron d'épaisseur entre l'écran fluorescent et l'émetteur de particules (fluorure de lithium). Cette couche n'absorbe pas les hélions émis par le fluorure de lithium et elle réfléchit vers la plaque sensible les scintillations qui se produisent sur la deuxième face de la couche fluorescente. Un miroir placé au delà de la plaque photographique réfléchira également vers celle-ci les photons qui n'auraient pas été interceptés par l'émulsion.

La limitation du faisceau de neutrons se fait avec du cadmium et de l'eau. Les rayons gamma émis lors de la capture des neutrons par l'hydrogène de l'eau sont absorbés par une feuille de plomb. On évite ainsi de voiler les plaques avec ces radiations.

Au lieu d'employer des substances qui émettent des particules lourdes chargées (hélions), on peut recourir à une couche intermédiaire émettant des particules bêta.

Ainsi le gadolinium, par exemple, capture un neutron lent et devient radioactif bêta (fig. 2). Malheureusement, les écrans renforceurs ne sont pas assez sensibles aux parti-



FIG. 5. — COMPARAISON DE LA NEUTROGRAPHIE ET DE LA RADIOGRAPHIE D'UN CERTAIN NOMBRE DE CORPS (KALLMANN ET PETER)

En a, les images neutroniques; en b, la radiographie aux rayons X. Les objets soumis à l'examen étaient les suivants: 1, une plaque de cadmium de 1 mm d'épaisseur (opaque à la fois aux neutrons et aux rayons X); 2, un anneau de paraffine de 1,5 cm de hauteur, opaque aux neutrons, transparent aux rayons X; 3, une plaque de plomb de 1 mm d'épaisseur transparente aux neutrons, opaque aux rayons X; 4, une plaque de 1 mm de bord opaque aux neutrons, transparente aux rayons X; 5, un écrou de 1 cm de hauteur, transparent aux neutrons, opaque aux rayons X; 6, une vis enfoncée dans la paraffine; les neutrons font apparaître la paraffine tandis que les rayons X font apparaître la vis; enfin en 7, une pièce de 2 marks en argent moins opaque aux neutrons qu'aux rayons X. Pour révéler l'image neutronique, on a utilisé une couche de réaction intermédiaire au fluorure de lithium suivant le dispositif de la figure 3.

cules bêta. En attendant des perfectionnements dans ce domaine, on notera que l'intérêt de cette méthode réside dans le fait que la couche réagissante, au gadolinium ou à l'indium, émet des particules bêta non seulement pendant l'irradiation aux neutrons, mais aussi après l'arrêt de l'irradiation, car leurs périodes radioactives sont assez longues. Il y a donc formation d'une image « latente » radioactive de l'objet neutrographié. En effet, les neutrons induisent dans la couche réagissante au gadolinium une image de la répartition de l'intensité du faisceau de neutrons à la sortie de l'objet interposé. Cette image est composée de noyaux radioactifs en nombre proportionnel à celui des neutrons reçus en chaque point de l'image.

On opère de la façon suivante: l'objet est neutrographié sur la couche réagissante pendant x minutes (x est environ quatre fois la valeur de la période radioactive du radioélément formé dans la couche réagissante). On éloigne la source de neutrons et l'on met, en chambre noire, une plaque photographique sur chaque face de la couche réagissante. On laisse aux particules bêta le temps (comparable à x) d'agir, jusqu'à la désactivation pratiquement complète du radioélément, sur l'émulsion, et l'on développe ensuite les deux clichés. Si l'image photographique n'est pas assez visible, après ces opérations on répète plusieurs fois la même expérience avec la couche réagissante avant de développer la plaque.

Enfin, on peut utiliser aussi les rayons gamma émis par le cadmium pendant l'irradiation aux neutrons (fig. 2). On interpose à cet effet une feuille mince de cadmium entre l'objet et la plaque.

Avec les neutrons rapides, on remplace la couche de fluorure de lithium par une mince pellicule de paraffine. On utilise dans ce cas les protons projetés hors de la paraffine par les neutrons rapides (fig. 2). L'effet est analogue à celui que donnent les réactions décrites pour les neutrons lents, car les protons produisent moins d'ions par centimètre que les hélions, mais ils ont des parcours plus longs.

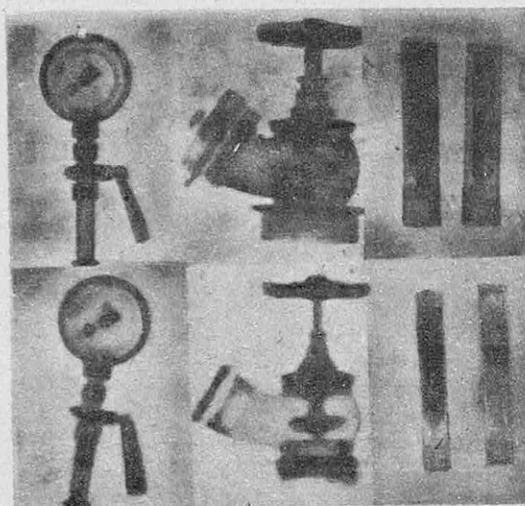


FIG. 6. — DIVERS OBJETS NEUTROGRAPHIÉS ET RADIOGRAPHIÉS PAR KALLMANN ET PETER.

En haut les radiographies, en bas les neutrographies. De gauche à droite, un manomètre, une vanne d'incendie et deux ampoules de verre dont l'une (celle de gauche) contient de l'eau ordinaire, et l'autre de l'eau lourde. Pour réaliser les neutrographies, on a utilisé une couche de réaction intermédiaire au cadmium.

Les applications de la neutrographie

Il est encore trop tôt pour prétendre délimiter le domaine des applications possibles de la neutrographie. Contentons-nous d'en décrire deux applications.

Si l'on veut mettre en évidence les défauts (craquelures, fentes, etc.) d'une pièce métallique très épaisse, on la neutrographie après avoir fait pénétrer dans les fentes un corps riche en hydrogène : eau, essence ou pétrole. Le métal est relativement transparent aux neutrons alors que l'eau ou le pétrole sont opaques, et les défauts apparaissent ainsi en blanc sur la plaque.

Si l'on veut apprécier les dimensions d'une nappe de pétrole, on pourra utiliser son opacité aux neutrons en introduisant dans des trous de forage convenablement disposés des sources de neutrons constituées par un mélange de radium ou de radon et de poudre de béryllium, et en mesurant en différents points du terrain les intensités neutroniques reçues (fig. 4).

La courbe relevée donnera des indications sur l'épaisseur des nappes de pétrole ou d'eau, sans les distinguer puisque les nappes d'eau

sont, elles aussi, opaques aux neutrons. Mais, dans la recherche du pétrole, c'est la somme des indications d'un grand nombre de méthodes qui permet d'obtenir une connaissance précise du sous-sol.

Une autre application des neutrons aux études géologiques pour la prospection du pétrole consiste à introduire dans le forat de sondage une source de neutrons (béryllium + radioélément émetteur alpha) et à étudier à l'aide d'un compteur de Geiger et Muller la radioactivité induite des roches dans lesquelles s'effectue le forage, après avoir masqué la source de neutrons par un écran au plomb et cadmium (arrêtant les neutrons et les rayons gamma). Les périodes des radioéléments artificiels formés dans la roche donnent des indications précieuses.

Enfin, les figures 5 et 6, qui permettent de comparer la neutrographie et la radiographie d'un certain nombre d'objets, montrent que, dans de nombreux cas, la neutrographie pourra fournir des renseignements complémentaires de ceux de la radiographie et améliorer ainsi nos méthodes d'exploration de la matière.

M.-E. NAHMIAS

Si les insectes sont généralement dédaignés en tant qu'aliments, seul un préjugé ancien, mais tenace, en est cause. Les Grecs anciens, qui, d'ailleurs, méprisaient les barbares mangeurs de sauterelles, considéraient bien la cigale comme une friandise. La valeur alimentaire des insectes est loin d'être négligeable. Selon MM. Harant et Brygoo qui en ont fait une étude approfondie (1), leur consommation peut apporter à l'homme des protides et des lipides parfaitement assimilables. La chair de criquet frais contiendrait ainsi 20 % de matières azotées, 2,5 % de matières grasses et 1,5 % de matières minérales, ce qui correspond presque exactement à la composition de la viande de bœuf. L'insecte alimentaire par excellence est le *termite*, qui est considéré comme un aliment de choix par les indigènes de toutes les régions où il vit. La reine, qui est énorme, est particulièrement appréciée. Les Hindous font une farine de termites qui est utilisée en pâtisserie. Au Congo, les termites sont réservés aux chefs des tribus, et la propriété des termitières est parfois l'enjeu de véritables guerres. Les termites se consomment soit vivants, soit pilés et mélangés à de la purée de bananes, soit encore frits à l'huile de palme. Fumés, ils se conservent très bien. On peut encore en extraire une huile de très bonne qualité. La consommation de la *sauterelle* remonte à la plus haute antiquité. Elle était autorisée par le Talmud et de nombreux ermites se nourrissaient de miel sauvage et de criquets. Aujourd'hui encore, de nombreuses peuplades d'Afrique et du Proche-Orient, dont certaines sont loin d'être « sauvages », mangent ces insectes — par un juste retour des choses — quand ils détruisent les récoltes. Ils se mangent le plus souvent frits à l'huile de palme. Les Touareg en font une farine qui s'échange contre du froment. Dans toute l'Afrique, le commerce des sauterelles a une importance économique considérable, bien qu'il soit évidemment difficile de le chiffrer. La consommation des autres insectes est moins répandue. Nombreux sont, toutefois, les sauvages qui mangent des *poux*. Les *puces* sont une friandise pour certains Esquimaux. Au Tonkin et à Ceylan, on mange des omelettes aux *abeilles*. Les *fournis à miel* sont fort appréciées en Amérique centrale ; les chrysalides de *vers à soie*, en Chine. Un examen objectif de la comestibilité des insectes montre donc que le mépris où ils sont tenus est parfaitement injustifié. S'il était possible de surmonter certains préjugés, on pourrait certainement en tirer un parti précieux en période de disette.

(1) Revue médicale de France et Presse Médicale.

DU « BATHYSCAPHE » AU SOUS-MARIN POUR GRANDES PROFONDEURS

par Camille ROUGERON

La remarquable résistance à la bombe atomique dont a fait preuve le sous-marin pour des distances du point d'explosion auxquelles les navires de surface subissaient des dommages irréparables, est sans doute un des enseignements les plus importants des expériences de Bikini et promet un avenir brillant à ce type de bâtiment qui n'avait jusqu'ici été considéré que comme l'arme des marines pauvres. Le sous-marin, qui a très peu évolué depuis la première guerre mondiale, est capable de grands progrès à condition que l'on n'hésite pas à s'écarter des formules traditionnelles. En particulier, l'emploi des alliages légers les plus récents peut décupler au moins la résistance de sa coque et lui donner l'accès aux très grandes profondeurs, où le « bathyscaphe » du professeur Piccard doit prochainement s'aventurer, et d'où les corsaires de l'avenir, reposant sur le fond de l'Océan et échappant à toute détection, pourront porter à l'ennemi de surface des coups mortels.

Le sous-marin et ses variétés possibles

PENDANT quarante ans, aucun type de navire n'a été réalisé suivant des principes plus immuables que le sous-marin. La propulsion en surface par diesel, en plongée par batterie et moteurs électriques aura traversé deux guerres sans qu'aucune des nombreuses suggestions de moteurs uniques (1) ait été acceptée. Les tonnages extrêmes, qui pouvaient donner d'aussi bons résultats dans la voie du grand bâtiment que du petit, n'ont été acceptés que tardivement, sous la seule forme du « sous-marin de poche ». Les alliages légers à haute résistance, découverts pour les besoins de l'aviation et dont l'emploi transformerait complètement le problème de la plongée à grande profondeur, n'ont pas davantage réussi à s'étendre à la navigation sous-marine qu'à celle de surface. Si les performances, et surtout l'endurance, se sont améliorées, elles le doivent uniquement aux progrès réalisés dans d'autres domaines, tels que ceux du diesel et de la soudure, et au recours à des tonnages plus élevés. Encore doit-on noter la résistance obstinée de la plupart des marines à des solutions qui ont fait leurs preuves ailleurs, par exemple à l'introduction des diesels du type « automotrice », qui font des centaines de milliers de kilomètres sans révision, et presque sans arrêt, dans le remorquage de certains trains lourds américains.

L'élément le plus immuable du sous-marin est certainement le programme. On rencontre des navires de surface lents ou rapides, avec ou sans

(1) Le moteur unique serait un engin capable de propulser le sous-marin aussi bien en surface qu'en plongée, alors que le sous-marin classique utilise deux modes de propulsion distincts selon qu'il se déplace sur l'eau ou sous l'eau. Le moteur « unique » quant à son principe pourrait d'ailleurs être multiple, la propulsion étant, par exemple, assurée par plusieurs turbines.

protection, légèrement ou puissamment armés ; on en crée au besoin qui se prêtent spécialement à l'amélioration d'une de ces caractéristiques, comme la vedette à moteur pour la vitesse. Rien de semblable pour le sous-marin, où l'on continue à reproduire servilement le programme établi par la marine allemande à la suite de son expérience de 1914-1915 qui avait montré l'intérêt d'un rayon d'action plus élevé pour les opérations lointaines, et d'une profondeur de plongée légèrement augmentée.

La variété des types de bâtiments possibles serait pourtant encore accrue pour le sous-marin en raison de l'existence de deux facteurs de puissance spéciaux à ce type de navire, la vitesse et le rayon d'action en plongée, qui coûtent l'un et l'autre très cher. Le moteur électrique de plongée est lent, donc lourd ; avec les meilleures batteries d'accumulateurs, le rayon d'action en plongée est près de cent fois plus onéreux que le rayon d'action en surface.

Il est vrai qu'on ne peut pas tableur sur la disparition du facteur protection, qui prend sur le sous-marin une forme spéciale, celle de la profondeur de plongée. Le bâtiment dont la coque épaisse supporte 300 m d'eau a d'abord l'avantage d'échapper en profondeur par sa manœuvre aux grenades dont on l'arrose. Mais il a surtout la capacité de résistance, à moindre profondeur, à cette surpression qu'est l'onde explosive de la grenade, qui détruisait beaucoup plus facilement le sous-marin plongeant à 30 m dont on se contentait en 1914.

Ainsi le nombre considérable des facteurs de puissance : armement, protection ou profondeur de plongée, vitesses de surface et de plongée, rayons d'action en surface et en plongée, apporte un élément de variété dont ne dispose pas le navire de surface. De plus, le nombre de ces facteurs que l'on peut sacrifier et le poids élevé que cette opération rend disponible permettent de pousser l'un d'eux à l'extrême en donnant au

bâtiment correspondant des caractéristiques tout à fait anormales qu'on ne concevrait même pas sur un bâtiment de surface.

Pour rester dans le domaine de la protection, le sous-marin qui plongerait assez profondément pour pouvoir se poser sur les fonds de quelques milliers de mètres de sa zone de chasse éviterait beaucoup mieux la détection et le grenadage qu'en fuyant ou manœuvrant ; il pourrait se limiter à un rayon d'action et une vitesse en plongée très modestes. L'adaptation de la torpille au lancement dans cette position ne présente pas de difficultés insurmontables ; la croisière pourrait alors être remplacée par l'affût au voisinage d'un grand port, ce qui réduirait considérablement les exigences en rayon d'action de surface. La vitesse en surface n'est pas davantage utile, et le moteur correspondant pourrait même être supprimé entièrement si l'on confiait à un grand sous-marin le soin de placer ses engins, comme un pêcheur de langoustes immergé et relève ses casiers. Le *bathyscaphe* du professeur Piccard, simplement équipé pour venir prendre l'air de nuit en surface, et armé de quelques torpilles autoguidées, serait un engin beaucoup plus dangereux pour le cargo ou la corvette, et beaucoup plus sûr pour son équipage que les plus récents des sous-marins classiques.

Au reste, les progrès de la chasse au sous-marin ne l'obligeront-ils pas à s'engager dans cette voie ? Qu'on ait conservé jusqu'en 1941, sans le moindre changement, la grenade sous-marine, cette espèce de baril cylindrique chargé en explosif, qu'on ne s'était même pas donné la peine de stabiliser ou de profiler, et avec lequel on espérait atteindre, à la vitesse de 2 m/s, un bâtiment deux fois plus rapide manœuvrant à 200 m de profondeur, est un sujet d'étonnement et prouve un égal respect des formules traditionnelles dans la lutte anti-sous-marine et dans la guerre sous-marine. Les armes autopropulsées, radio-guidées ou autoguidées ne sont pas plus l'apanage de l'avion que de la D. C. A. Leur transposition dans la guerre sous-marine doit fournir des sujets d'études qui réserveront des croisières pleines d'imprévu à ceux qui devront naviguer aussi bien en plongée qu'en surface. On rencontre des insectes aquatiques qui, pour échapper à leurs ennemis variés, se cachent

pendant la journée sous les pierres ou dans la vase, montent faire chaque nuit leur provision d'oxygène en surface, et s'offrent même alors le luxe de voyages aériens sur longs parcours. Les progrès de la technique aéronautique permettront peut-être un jour à l'homme de copier ces animaux. Mais, dès maintenant, la technique sous-marine lui donne le moyen de s'inspirer de leur prudence.

Le tonnage et la profondeur de plongée

Il est bien évident que la résistance à des pressions croissantes réclame des parois de plus en plus épaisses. Faut-il en conclure que la profondeur de plongée possible est une question de tonnage, comme tendrait à le faire croire la comparaison des divers engins qui, du scaphandrier autonome au bathyscaphe de Piccard, ont été construits pour battre ce record ?

Toutes les performances du sous-marin, vitesse et rayon d'action en surface, vitesse et rayon d'action en plongée, comme l'armement qu'il peut porter, s'améliorent avec son déplacement. Seule, la profondeur de plongée fait exception,

tout au moins dans la formule habituelle où l'on ne fait pas appel à la flottabilité positive de réservoirs pleins de liquides plus légers que l'eau pour soutenir une coque épaisse. La profondeur de plongée ne peut augmenter que par transfert à la charpente d'une partie du poids consacré aux autres organes, sacrifice qui se traduit par un abaissement des autres performances.

Les formules classiques de la résistance des corps creux aux pressions extérieures ou intérieures, appelées pour le cylindre et pour la sphère dans les légendes des figures 3 et 4, montrent que des charpentes semblables, dont le poids, mesuré par celui du liquide qu'elles déplacent, représente donc la même fraction du poids total, résistent à une même pression. Ce résultat est d'ailleurs évident, sans calcul, pour une enveloppe de forme quelconque. Si l'on double toutes les dimensions linéaires, y compris celles des tôleries résistantes, on multiplie par quatre à la fois les surfaces sur lesquelles s'exercent les pressions et les sections de métal dont les contraintes équilibrent les forces extérieures appliquées ; la même pression produit la même contrainte en des points homologues.

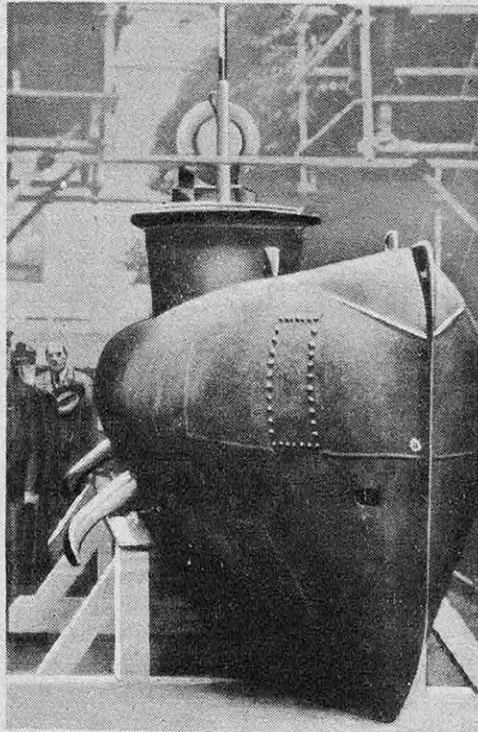


FIG. 1. — UN SOUS-MARIN DE POCHE ALLEMAND DU TYPE « SEEHUND »

Ce sous-marin de 16 t monté par deux hommes était destiné à opérer à proximité des bases anglaises de la mer du Nord et de la Manche. Long de 11,9 m, haut de 2,4 m (y compris un kiosque de 0,6 m), il était actionné par un moteur diesel de surface et par un moteur électrique en plongée. Voici les performances de ce type de sous-marin, l'un des mieux réussis des sous-marins de poche allemand : vitesse 8 nœuds en surface, 4 à 5 nœuds en plongée. Rayon d'action : 50 km environ en surface. Autonomie en plongée soixante à soixante-dix heures, profondeur maximum de plongée 50 m.

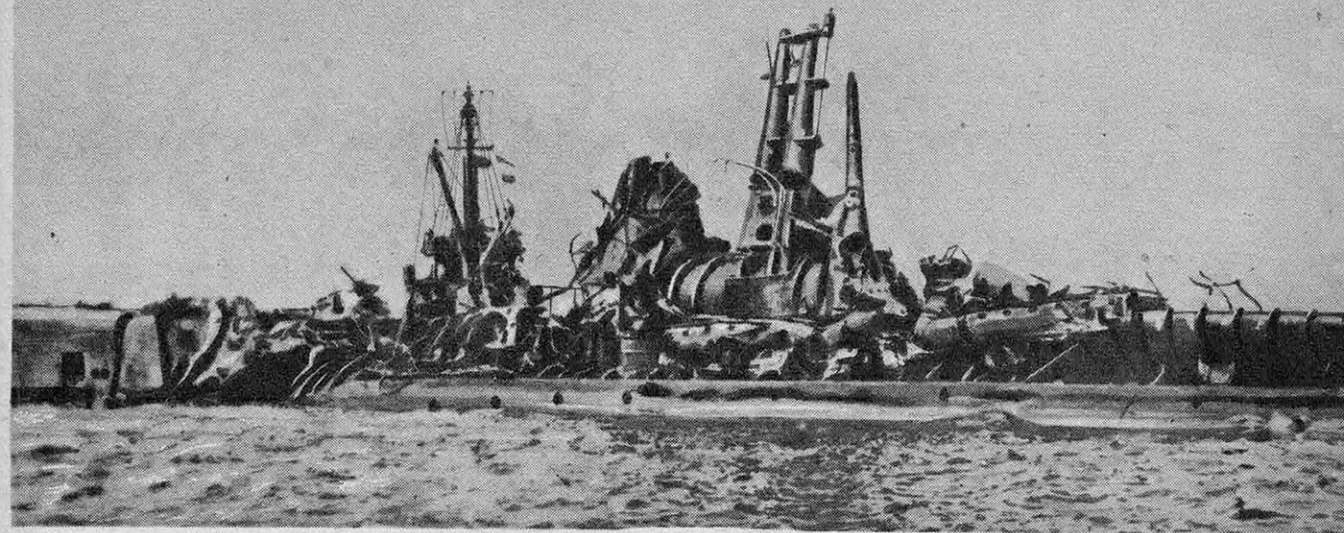


FIG. 2. — LE SOUS-MARIN « SKATE » PHOTOGRAPHIÉ DANS L'ATOLL DE BIKINI QUELQUES INSTANTS AVANT QU'IL COULAT PAR 60 M DE FOND

Les superstructures du Skate furent complètement détruites par l'explosion extrêmement proche de la première bombe de Bikini, mais la coque résistante soutint le choc et le Skate put être ramené à sa base après renflouement. En plongée, les water-ballasts auraient seulement transmis à la coque les pressions qui les ont défoncés et les avaries du Skate auraient été beaucoup plus réduites.

L'accroissement de tonnage, ressource habituelle du militaire et du technicien dans l'embaras, se trouve donc en défaut dans le cas présent ; il est aussi difficile de faire plonger à 1 000 m un sous-marin de 1 500 t qu'un sous-marin de poche.

La conclusion est différente dans une formule telle que celle du bathyscaphe. Ce n'est pas que le raisonnement par similitude qui vient d'être présenté ne soit plus valable. Mais la comparaison n'a plus à être faite entre des sous-marins semblables, dont la densité moyenne est, pour tous, celle de l'eau de mer dès qu'elle l'est pour l'un d'entre eux, mais bien entre des coques résistantes de volume intérieur donné, d'épaisseur croissante et de densité moyenne pouvant dépasser largement celle de l'eau de mer, que l'on soutient par des volumes de plus en plus grands de liquide à faible densité. Le tonnage global augmente sous l'effet de cette double addition de corps lourds et légers dont les flottabilités se compensent.

Si l'on se limite aux profondeurs de plongée déjà très grandes que l'on peut atteindre dans la formule classique des water-ballasts associés à une coque résistante dont le déplacement équilibre le poids global, elles peuvent être obtenues en tout tonnage. Au-delà, le recours aux flotteurs à liquide exigera des tonnages croissants, qui resteront d'ailleurs assez modérés pour toutes les profondeurs vraiment utiles.

La profondeur de plongée et la protection contre la bombe atomique

A Bikini, la résistance du sous-marin, aussi bien en surface qu'en plongée, a été justement remarquée. Lors de la première explosion, aérienne, le sous-marin *Skate*, plus voisin de la bombe que certains grands navires de surface coulés, eut seulement ses superstructures et ses ballasts ravagés, et put appareiller avec son équipage huit jours plus tard. C'est assurément cette qualité qui explique le renouveau d'intérêt

dont jouit actuellement ce type de navire dans la marine américaine.

La bombe atomique exerce sur une charpente de navire des effets très différents de la torpille ou de la grosse bombe à explosif ordinaire éclatant au contact de la carène ou à son voisinage immédiat.

Les pressions développées dans ce dernier cas sont très localisées ; la brèche dans la charpente voisine est inévitable ; seuls résistent les éléments éloignés de plusieurs mètres tels que les grandes cloisons transversales et la cloison blindée longitudinale pare-torpilles. Le sous-marin n'a aucune protection de ce genre et ne peut d'ailleurs supporter, comme le navire de surface, l'envahissement d'une tranche de sa coque épaisse ; il est très désavantagé et résiste beaucoup moins bien à l'explosion très voisine d'une grenade que le bâtiment de surface même non protégé, le torpilleur ou le cargo par exemple.

Le problème de la protection contre la bombe atomique ne se pose évidemment pas de cette manière ; à courte distance, tout bâtiment, de surface ou sous-marin, protégé ou non, est fondu ou pulvérisé. Tout ce que l'on peut espérer, c'est résister à l'explosion à quelques centaines de mètres, dans des conditions où la pression sur la charpente est sensiblement uniforme. Le sous-marin à coque épaisse cylindrique retrouve alors toute sa supériorité sur le navire de surface avec ses cloisons pare-torpilles, ses ponts et son bordé de carène composés d'éléments de grande surface presque plans. La pression de la bombe atomique est de même nature que la pression hydrostatique à grande profondeur. Telle est l'explication de la remarquable résistance du sous-marin observée à Bikini.

Puisque la protection du sous-marin est représentée par sa profondeur de plongée, que cette protection vise à l'éloigner des armes dirigées contre lui ou, comme c'est le cas pour la bombe atomique, à augmenter la résistance de la charpente à la surpression presque uniforme qu'elle produit, cette protection est liée au ton-

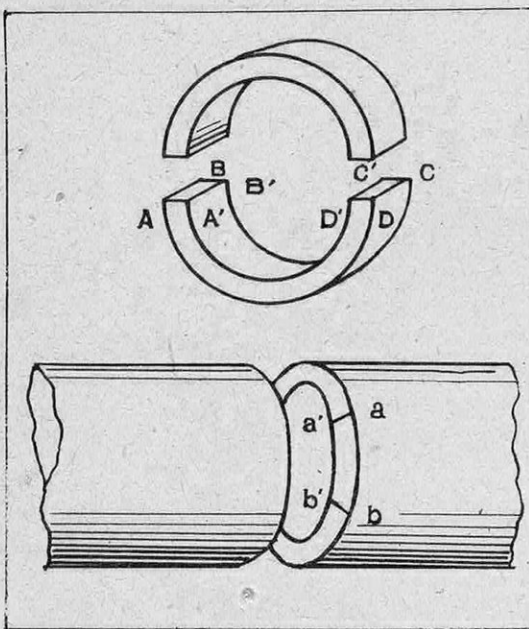


FIG. 3. — LA RÉSISTANCE A LA PRESSION D'UNE PAROI CYLINDRIQUE SUPPOSÉE DE LONGUEUR INFINIE

Les contraintes subies par la paroi sont de même valeur et de signes contraires suivant que la pression est intérieure ou extérieure au cylindre. Les contraintes dans des sections passant par l'axe du cylindre (D'DCC', par exemple) sont doubles de celles qu'on observe suivant des sections droites b'baa'), ce qui explique qu'un réservoir cylindrique soumis à une surpression éclate suivant une génératrice (éclatement que l'on retarde en le frettant à l'aide d'un simple fil d'acier enroulé autour du cylindre). Cette contrainte maximum est proportionnelle à la pression, au diamètre du cylindre et inversement proportionnelle à l'épaisseur de la paroi. Si on augmente dans la même proportion le diamètre du cylindre et son épaisseur, on n'améliore donc pas sa résistance à la pression. Un sous-marin de forme cylindrique n'améliorerait pas sa profondeur de plongée en multipliant toutes ses dimensions par le même nombre.

nage par les lois qui régissent la profondeur de plongée et qui ont été examinées dans le paragraphe précédent. Elles sont entièrement différentes de celles qui expliquent la course au tonnage du navire de surface.

Sur des navires semblables, la protection contre le projectile perforant varie comme le rapport des dimensions linéaires, c'est-à-dire comme la racine cubique des tonnages. En doublant le poids et le volume d'un cuirassé, on majore de 26 % les épaisseurs de ceinture ou de ponts, sans que l'on ait à modifier le pourcentage du poids total affecté à la protection.

Au contraire, lorsqu'on se propose de résister à la surpression à peu près uniforme que la bombe atomique exerce aux distances où l'on peut espérer lui résister, il ne sert à rien d'accroître le tonnage. En passant d'un navire à un autre semblable et de dimensions plus grandes, toutes les sections de blindage ou de charpentes sont bien augmentées, mais dans le même rapport que les surfaces sur lesquelles s'exerce la pression qu'elles doivent supporter. En doublant le poids et le volume d'un cylindre, on majore son épaisseur de 26 %, mais son diamètre également ;

il ne peut pas supporter une pression plus forte. Ainsi, le petit sous-marin comme le grand présentent sur le cuirassé la même supériorité de résistance contre la bombe atomique, qui tient à la fois à leur forme et au rapport élevé des épaisseurs de tôle de leur coque résistante aux dimensions transversales.

Comme dans le cas de la profondeur de plongée, cette conclusion souffre une exception lorsqu'on a recours à la coque épaisse de flottabilité négative, soutenue par des réservoirs pleins de liquide léger, à flottabilité positive.

La résistance propre des ballasts, dans la solution classique, ou des réservoirs à liquide léger peut-elle infirmer la conclusion ? Il faut distinguer suivant que le sous-marin est en surface ou en plongée.

En surface, avec ballasts vides, partiellement émergés, on doit s'attendre aux graves avaries qui ont été signalées sur ceux du sous-marin *Skate* lors de l'explosion aérienne de Bikini. Les ballasts sont construits en tôles minces comme des superstructures et suivent le sort de celle-ci. Comme ils n'ont jamais à supporter une pression élevée, on leur donne d'ailleurs des formes calculées pour le minimum de résistance hydrodynamique, très éloignées du cylindre de révolution réservé à la coque résistante qu'ils entourent.

En plongée au contraire, avec ballasts pleins, la tôle de ceux-ci, si mince soit-elle, se borne à transmettre la pression extérieure à l'eau qu'ils contiennent et, par cet intermédiaire, à la coque résistante. Ils ne risquent donc pas d'avaries.

La même conclusion s'applique aux réservoirs pleins de liquide à faible densité, qu'ils soient accolés à la coque résistante comme des ballasts, ou qu'elle leur soit suspendue comme dans le bathyscaphe.

Acier ou alliages légers ?

Depuis l'époque lointaine — c'était au siècle

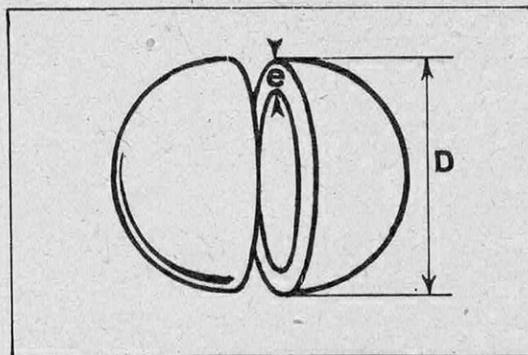


FIG. 4. — RÉSISTANCE D'UNE SPHÈRE A LA PRESSION

La contrainte suivant une section diamétrale quelconque de la sphère est deux fois plus faible que celle qui tend à ouvrir le cylindre de même diamètre et de même épaisseur, suivant ses génératrices. Mais, si l'on rapporte le poids de métal nécessaire au volume de l'enveloppe, comme on doit le faire, on trouve que l'économie de poids en passant du cylindre de grande longueur à la sphère, n'est que de 25 p. 100. Il faut, en outre, tenir compte des considérations de fabrication et d'habitabilité, qui font donner le plus souvent la préférence aux enveloppes cylindriques. Dans les cas où les nécessités d'allègement sont impérieuses (réservoirs sphériques de gaz sous pression des V-1 et V-2, bathyscaphe...), on adopte au contraire la forme sphérique.

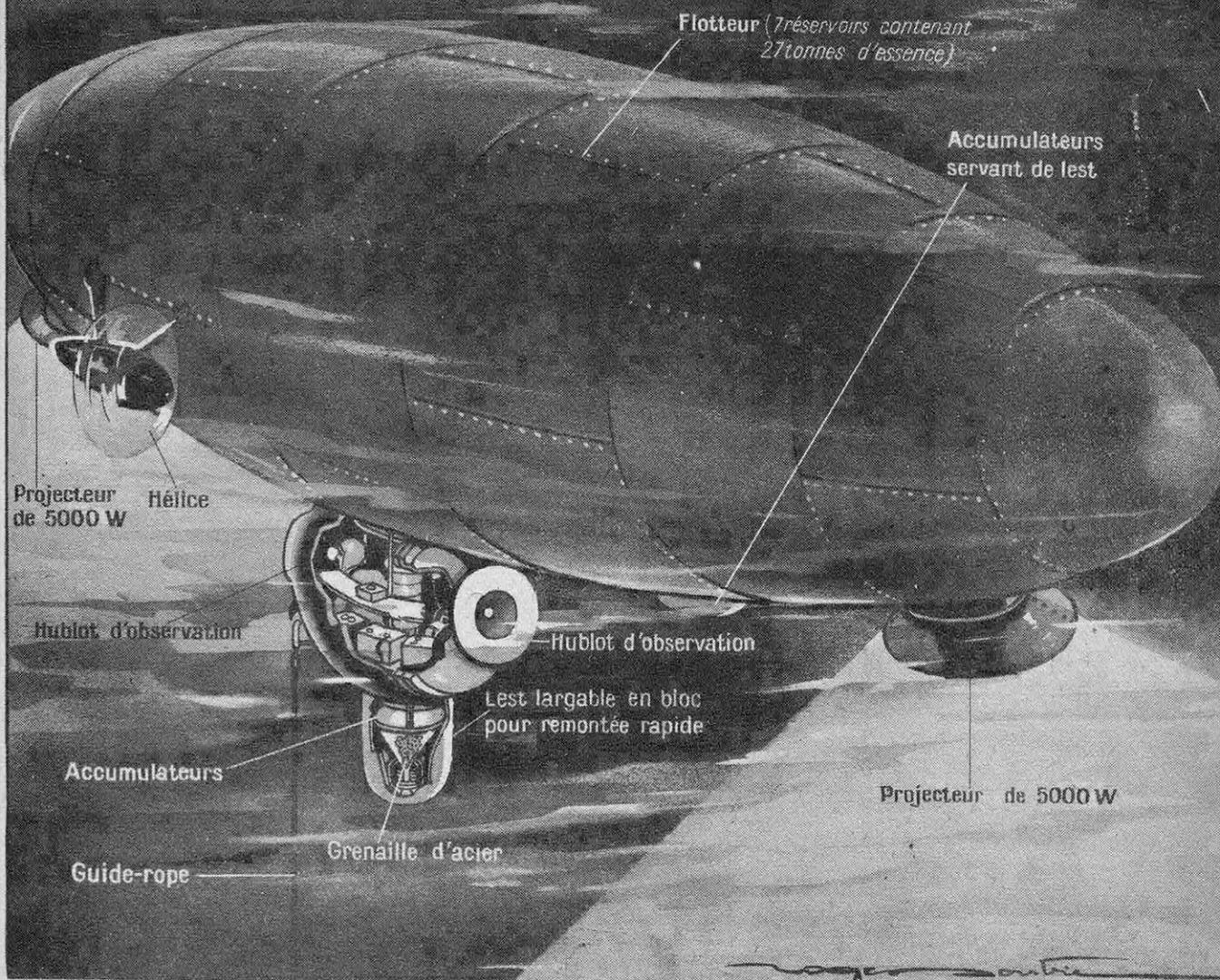


FIG. 5. — LE BATHYSCAPHE DU PROFESSEUR PICCARD

L'engin se compose d'une enveloppe résistante sphérique de 2 m de diamètre intérieur, et de 9 cm d'épaisseur, en acier spécial moulé, à l'intérieur de laquelle se tiendront les deux observateurs. Son poids, de 10 t, est supérieur à celui du volume d'eau de mer déplacé. Aussi est-il soutenu par des réservoirs, en tôle mince d'alliage léger, contenant 27 t d'essence légère.

dernier — où la marine française accepta de construire un petit bâtiment en un aluminium impur qui fut mangé par l'eau de mer en quelques années, toutes les marines ont été assez réticentes devant les propositions d'emploi des charpentes en métaux ou alliages autres que l'acier. La situation a cependant évolué d'une manière qui obligera à revenir sur cette condamnation. Aussi bien, tant pour les propriétés mécaniques que pour l'inoxidabilité, les derniers alliages légers l'emportent aujourd'hui nettement sur les aciers.

Les alliages légers de la classe du duralumin (17 ST américain) donnent depuis longtemps une résistance à la rupture de 40 kg/mm² (duralumin FR ou 24 ST américain), comparable à celle des aciers doux. Mais on peut leur reprocher leur corrosion rapide, spécialement dans l'eau de mer, et surtout aux alternances d'humidité et de sécheresse.

Cette difficulté a été résolue depuis plus de vingt ans par le *vedal* (alclad américain) qui est

un duralumin plaqué d'aluminium à degré élevé de pureté, obtenu par laminage d'une plaque épaisse d'alliage entre deux plaques minces d'aluminium. Certains traitements de surface du duralumin donnaient d'ailleurs des résultats presque aussi satisfaisants.

De nouvelles solutions ont été présentées récemment avec les *alumags* qui sont des alliages avec addition de magnésium, et surtout avec le *zical* (75 ST américain), où la teneur en magnésium est réduite à 2 à 3 %, le principal élément d'addition étant le zinc (6 à 8 %). Les caractéristiques mécaniques de ces nouveaux alliages (fig. 7), dont la résistance à la rupture dépasse 60 kg/mm² sur les éléments laminés ou filés, sont très supérieures à celles du duralumin ; la résistance à la corrosion de l'alumag dépasse celle des aciers non inoxydables. Celle du zical, comparable à celle du duralumin, doit être demandée au placage ou à la protection anodique. Le 75 ST est couramment employé depuis quelque temps dans la construction aéronautique américaine,

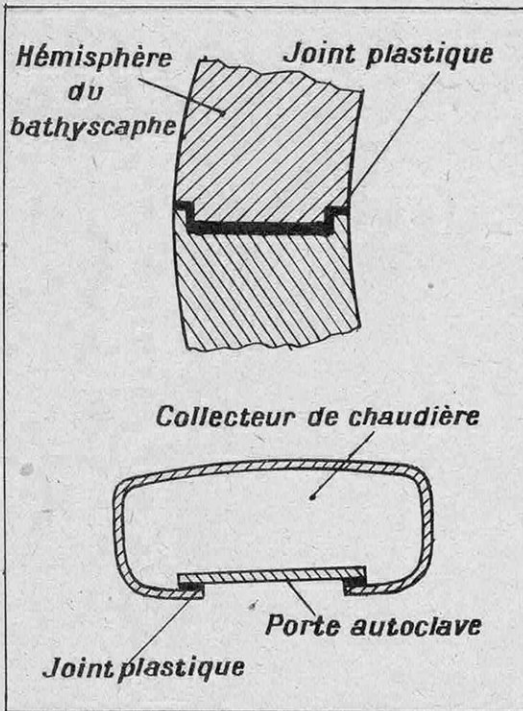


FIG. 6. — L'AUTO-OBTURATION DES JOINTS

Les différents éléments du bathyscaphe soumis à la compression, les deux hémisphères notamment et les hublots, ne sont pas assemblés par joints résistants. L'étanchéité est obtenue par l'écrasement d'un joint plastique qui est appliqué sur les faces usinées des deux hémisphères par la pression extérieure multipliée dans le rapport de la surface d'un grand cercle à la surface du joint. L'eau n'a pas tendance à s'introduire par le joint; elle est, au contraire, chassée par cet excès de pression. Le même principe a de nombreuses applications: portes de visite d'autoclaves, de chaudières ou de réservoirs à air comprimé, obturateurs de culasse des armes à feu tirant sans douille. Il remonte au moins aux « hémisphères de Magdebourg », que le vide fait à l'intérieur appliquait l'un contre l'autre et dont le bathyscaphe est la transposition sous-marine.

notamment dans les dernières versions de série des Boeing « Superforteresses » et sur tous les prototypes récents. Il s'impose d'une manière absolue, croyons-nous, pour le sous-marin à grande profondeur de plongée.

Pourquoi le bathyscaphe de Piccard est-il néanmoins construit en acier, et même en acier moulé ?

C'est uniquement une question de prix de revient d'un unique exemplaire, qui se présenterait très différemment pour une fabrication de sous-marins de faible tonnage en grande série. Les caractéristiques mécaniques de l'acier forgé sont assez nettement supérieures à celles de l'acier moulé ; la différence est plus accentuée encore pour les alliages légers, surtout si on les compare aux aciers spéciaux. Mais le forgeage sous ses différentes

formes réclame un outillage d'un prix prohibitif pour une construction à un seul exemplaire ; la solution de l'acier moulé, avec addition abondante des métaux destinés à relever les caractéristiques mécaniques, est encore la plus économique.

Il faut cependant signaler une infériorité des alliages légers sur les aciers quant au module d'élasticité, c'est-à-dire quant à l'allongement sous une tension donnée. Cet allongement est sensiblement trois fois plus grand pour les alliages légers, où il est voisin de celui de l'aluminium, que pour les aciers, où il est voisin de celui du fer. La résistance au flambement des charpentes soumises à une pression extérieure sera donc plus faible pour les alliages légers que pour les aciers ; la différence se traduit plus par une complication de la construction en alliage léger, qu'il pourra être nécessaire de compléter par des raidisseurs dont se passerait la construction en acier, que par un alourdissement. Au surplus, cette nécessité dépend de la profondeur de plongée recherchée ; c'est ainsi que les couples serrés, indispensables sur les sous-marins ordinaires, ont pu être supprimés sur le bathyscaphe.

Le tableau de la figure 8 indique les épaisseurs exigées pour les parois d'une sphère et d'un cylindre creux de grande longueur, l'un et l'autre de 1 m de diamètre intérieur, ainsi que la fraction du déplacement total qu'il est nécessaire d'y consacrer, pour différentes profondeurs. On voit que la flottabilité est assurée jusqu'à 6 500 m pour le cylindre, jusqu'à 9 500 m pour la sphère, donc pratiquement jusque vers 8 000 m pour les formes cylindriques à extrémités hémisphériques employées sur les sous-marins. C'est seulement au delà que le recours aux liquides légers devient nécessaire ; le bathyscaphe aurait pu être construit en 8 t seulement au lieu de 40 t, sans la complication des réservoirs de flottabilité, si on avait pu le fabriquer en zircal.

Les applications du sous-marin pour grandes profondeurs

Dans la couche de faible épaisseur, voisine de la surface, où peuvent naviguer les sous-marins actuels, la supériorité appartient sans aucun doute au chasseur. Il peut repérer son adversaire, suivre ses manœuvres de débordement, le grenader, appeler un remplaçant lorsque sa provision de

CARACTÉRISTIQUES	DURALUMIN 17 ST	DURALUMIN FR 24 ST	ZICAL 75 ST
Charge de rupture.....	40 kg.mm ²	45 kg.mm ²	60 kg.mm ²
Limite élastique	26 —	32 —	55 —
Allongement	16 %	14 %	6 %

FIG. 7. — CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES ALLIAGES LÉGERS

On notera l'élévation considérable de la charge de rupture et surtout de la limite élastique sur les plus récents de ces alliages. La limite élastique en compression est plus élevée encore et peut atteindre plus de 60 kg/mm². Le faible allongement n'a pas d'inconvénient grave pour une charpente travaillant en compression, sans efforts alternés. Le « zircal » (dénomination de la Compagnie Générale du Duralumin) a la composition chimique suivante: zinc 7 à 8,5 p. 100, magnésium 2 à 3 p. 100, cuivre 1 à 2 p. 100, chrome 0,1 à 0,4 p. 100, le reste étant de l'aluminium. Il est livré sous la désignation T-60 par les Tréfleries et Laminiers du Havre, « Hiduminium » RR 88 par High Duty Alloys, Ltd., en Grande-Bretagne. Il peut remplacer pratiquement à section égale les plus résistants des aciers non spéciaux employés dans les charpentes.

grenades est épuisée, ou même l'attendre à la montée inévitable en surface et l'attaquer au canon. Les armes nouvelles à l'étude en tous pays améliorent la position du navire de surface par rapport au sous-marin comme elles le font pour celle de la D. C. A. terrestre par rapport à l'avion. Dès qu'on renonce, aussi bien dans l'eau que dans l'air, au projectile inerte à faible vitesse pour adopter le projectile autopropulsé, téléguidé par ondes, ou même autoguidé, la situation de l'avion ou du sous-marin repérés deviennent intenable.

Mais le sous-marin bénéficie de deux avantages qui ne sont pas à la disposition de l'avion : la possibilité de gagner le fond, où il peut échapper à la détection, surtout si son tonnage reste modéré, et la vulnérabilité du navire de surface dont les moyens de protection n'ont rien de comparable avec ceux d'un poste de D. C. A. enterré lançant ses engins d'un puits blindé.

L'avantage du fond ne lui est pleinement acquis que s'il consent à rester à l'affût lorsque des navires de surface pénètrent dans la zone où leurs moyens de détection pourraient le situer. Barrer le détroit de Gibraltar ou bloquer un port atlantique, ce ne sera plus maintenir au large de ces ports une croisière presque aussi dangereuse aujourd'hui pour un sous-marin qu'elle l'était naguère pour un navire de surface exposé à un adversaire entreprenant, comme le montrèrent les dernières tentatives faites en 1914 par la marine britannique devant les ports allemands. Ce sera y placer une ligne de bâtiments posés sur le fond, qui pourront d'ailleurs être très espacés si on leur donne des armes convenables. Ils s'y rendront par leurs propres moyens, ou y seront conduits par un transporteur naval ou aérien. La montée en surface sera limitée à la nuit ; on devra même y renoncer lors de l'approche de navires à une distance où la détection deviendrait possible.

Les armes convenables pour une telle mission ne ressemblent en rien à la plupart des torpilles employées jusqu'ici, avec leurs moteurs alternatifs ou à turbines qui ne supportent pas une contrepression importante à l'échappement. La propulsion électrique convient au contraire parfaitement. Une propulsion encore plus simple, qui n'a aucun équivalent en D. C. A., consiste à donner à l'engin une flottabilité positive qu'une voilure sous-marine transformerait partiellement en une poussée horizontale ; ce serait la transposition, sous l'eau, du planeur dans l'air. Le dispositif exige une surface de voilure insignifiante, compte tenu de la différence de densité entre l'eau et l'air ; on peut en attendre une vitesse suffisante pour la poursuite d'un cargo en convoi.

Le problème de la flottabilité de ces armes se pose, de toute façon, avec plus ou moins d'acuité ; les réservoirs sous pression en alliages légers

PROFONDEUR DE PLONGÉE	ENVELOPPE CYLINDRIQUE			ENVELOPPE SPHÉRIQUE		
	Épaisseur pour D-1m	Poids de l'enveloppe en % du déplacement		Épaisseur pour D-1m	Poids de l'enveloppe en % du déplacement	
		Acier	Zircal		Acier	Zircal
(m)	(mm)	(%)	(%)	(mm)	(%)	(%)
500	6,5	20	7	3,2	16	6
1 000	13,3	39	14	6,8	32	11
2 000	27,6	78	28	14	61	22
4 000	62	162	58	29	125	45
6 000	101	235	84	46	176	63
8 000	151	313	112	65	235	84
10 000	215	396	142	88	306	109

FIG. 8. — ÉPAISSEURS D'ENVELOPPES PERMETTANT LA PLONGÉE A GRANDE PROFONDEUR, SUIVANT LA FORME DE LA COQUE ET LE MÉTAL EMPLOYÉ DANS SA CONSTRUCTION

Le tableau donne, pour différentes profondeurs de plongée et deux formes de coque résistante, cylindre (de grande longueur pour qu'on puisse négliger l'influence des formes d'extrémité) et sphère, l'épaisseur, rapportée à un diamètre d'un mètre, et la proportion du déplacement affectée à la coque résistante suivant qu'elle est construite en acier ou en zircal. La contrainte admise est de 40 kg/mm² pour l'un et pour l'autre ; les calculs sont faits d'après les formules de Lamé, considérées généralement comme plutôt pessimistes. On voit que l'enveloppe de forme cylindrique en zircal peut plonger jusque vers 7 000 m, et l'enveloppe de forme sphérique vers 9 500 m, sans être soutenue par un liquide à faible densité. On pourrait pratiquement réaliser des sous-marins plongeant vers 6 000 m (enveloppe cylindrique courte à extrémités sphériques) avec les water-ballasts habituels, un moteur de surface donnant 6 à 8 nœuds et un très grand rayon d'action, un moteur électrique de plongée utilisable pour de très faibles déplacements, sans dépasser les tonnages de 10 t en biplace.

alternativement comprimés et tendus, les liquides légers, qui pourront servir les uns et les autres d'explosifs, et bien d'autres solutions encore, seront mis à profit.

Quel que soit le mode de propulsion, il y a intérêt à diminuer le parcours de l'arme et à augmenter la zone d'action du sous-marin. Ces exigences apparemment contradictoires conduiront à immerger un chapelet d'armes, également utilisées comme détecteurs, reliées au sous-marin par fil, dispositif qui serait la transposition à la guerre sous-marine offensive, des chapelets de mines dormantes utilisées défensivement pour le barrage des passes, mais en y ajoutant l'autopropulsion et l'autoguidage. Quelques bâtiments suffiront dans ces conditions à l'établissement de barrages étendus.

Avec de telles armes, surtout si elles sont placées à distance, le sous-marin devient un adversaire d'approche difficile, qui ne se bornera plus à encaisser passivement les explosions de grenades jusqu'à l'instant à peu près inévitable où l'une d'elles en aura raison. Les torpilles électriques autoguidées monteront à l'assaut des cargos comme des cuirassés, des vedettes comme des corvettes, orchestrées par un adversaire indétectable. L'avion lui-même qui survolerait la zone dangereuse n'est pas à l'abri de la menace et l'engin-fusée expédié du fond en surface est parfaitement capable de la poursuivre ensuite par autopropulsion dans les airs.

C. ROUGERON

ACOUSTIQUE, MUSIQUE ET ARCHITECTURE

par A. MOLES

Chargé de recherches au C. N. R. S.

L'acoustique a accompli de grands progrès depuis que l'invention de la lampe triode et de l'oscillographe cathodique ont permis de mesurer et d'analyser les phénomènes sonores. L'acoustique architecturale, de création récente, a fourni en particulier, à l'occasion de la multiplication des salles de cinéma, des indications de plus en plus précises sur les formes à adopter dans leur architecture et a mis en évidence l'importance de l'équilibre qui devait exister entre réverbération et absorption du son en fonction de l'usage de la salle. Aussi l'empirisme de naguère fait-il de plus en plus place à une construction suivant des principes scientifiques dont les salles récentes, telles que le Palais de Chaillot ou la salle Pleyel à Paris, ont pu démontrer l'excellence.

Il existait, à la fin du siècle dernier, une science morte : l'acoustique. L'étude des vibrations de l'air et des systèmes matériels avait conduit à un corps de doctrine achevé, à des théories complètes, et l'ensemble de l'acoustique théorique était condensé dans quelques ouvrages monumentaux tels que le traité de lord Rayleigh sur la théorie du son et l'ouvrage de Helmholtz sur la théorie physiologique de la musique.

Vingt ans plus tard, une découverte technique en apparence sans aucun rapport avec les vibrations des milieux matériels, celle de la lampe à trois électrodes, allait renover complètement cette science, lui donner à la fois moyens d'étude et problèmes à élucider, et l'amener à faire en moins de quinze ans plus de progrès qu'elle n'en avait accompli jusque-là en trois siècles.

Il est en physique peu d'exemples aussi typiques de bouleversement provoqué par une découverte technique. Avec la lampe à trois électrodes était née la possibilité de réaliser des amplificateurs permettant d'amplifier des millions de fois des phénomènes autrefois imperceptibles, et l'oscillographe cathodique, complément indispensable de l'amplificateur, allait bientôt se révéler l'instrument essentiel de l'acousticien, remplaçant désormais l'oreille, appareil de mesure fantaisiste et personnel, par le témoignage indiscutable d'un enregistrement.

En retour, la naissance de la radiodiffusion, du cinéma sonore, et de l'amplification de la voix et de la musique, posait une multitude de problèmes jusqu'ici insoupçonnés, que les industriels demandèrent aux physiciens de résoudre au

plus vite. L'acoustique sortit alors du domaine académique où elle s'était complue jusque-là et donna naissance à une grande industrie.

C'est une branche particulière de cette nouvelle science : l'acoustique architecturale, que nous allons parcourir ici, mais il est utile d'examiner auparavant quelques notions classiques de l'acoustique.

Une onde sonore est émise par un corps matériel mis en vibration, tel qu'un diapason ou une cloche, et se propage dans l'espace à partir de son point d'ébranlement. Les musiciens caractérisent la sensation qu'elle donne sur l'oreille de l'auditeur par la hauteur, l'intensité et le timbre (fig. 1). On sait que la hauteur n'est autre que la fréquence de ce phénomène périodique. L'intensité est une grandeur qui se relie directement à l'amplitude des variations de pression de l'air au voisinage de l'auditeur, autour d'une valeur moyenne qui est la pression atmosphérique. Enfin le timbre est lié à la forme de ces variations périodiques qui reproduit elle-même la forme des vibrations de la source. C'est ainsi que la note *do*, (1) émise par un piano, un violon, une flûte ou un hautbois peut avoir des formes totalement différentes (fig. 2) bien que sa hauteur,

la fréquence, soit la même dans chaque cas. C'est à ce timbre que nous reconnaissons la nature des instruments, et une grande part de la composition musicale consiste à assigner à chacun d'eux un rôle expressif (orchestration).

Le mathématicien

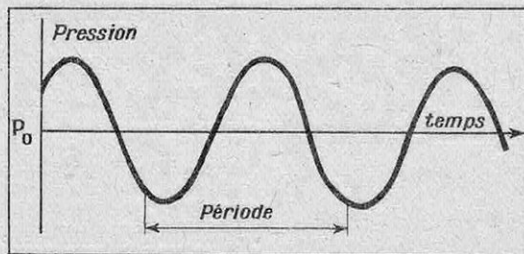


FIG. 1. — LA SINUSOÏDE, ONDE SONORE FONDAMENTALE

Ce sont les variations de pression en chaque point de l'espace qui, affectant la forme indiquée autour de la pression atmosphérique P_0 , provoquent une sensation sonore de hauteur et d'intensité données.

(1) L'échelle musicale se compose d'une suite de gammes couvrant chacune une octave. On distingue la même note dans deux octaves différentes par leur indice.

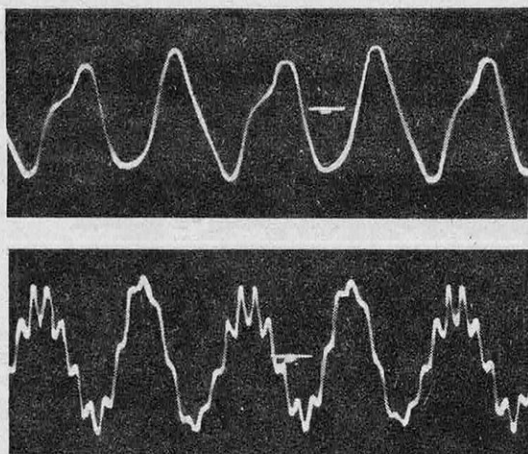


FIG. 2. — LA MÊME NOTE DO₃ ÉMISE PAR DEUX INSTRUMENTS DIFFÉRENTS

La fréquence est la même (261 vibrations par seconde), mais la forme de l'onde qui caractérise le timbre est différente. C'est à ce timbre qu'on reconnaîtra les instruments.

français Fourier a montré que cette forme, si compliquée soit-elle, est le résultat de l'addition d'un certain nombre de vibrations, les harmoniques, aussi idéalement simples que la courbe sinusoïdale de la figure 1, mais dont les fréquences sont 2, 3, 4..., fois plus grandes que la fréquence « fondamentale » de l'onde résultante (fig. 3).

Les vibrations des cordes ou de la colonne d'air de l'instrument se transmettent à l'air environnant, donnant lieu à des « ondes » sphériques de compression et de dilatation alternées de l'air, ondes qui se dilatent comme des bulles de savon concentriques à la source, à la

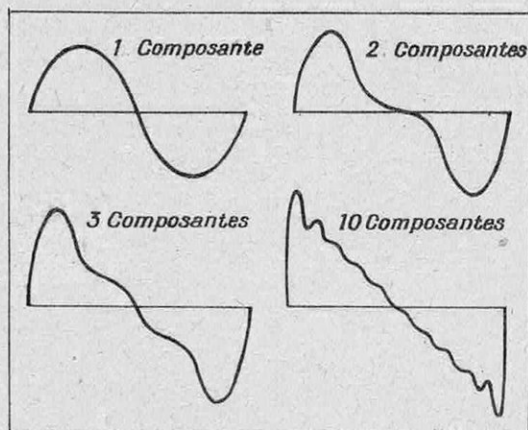


FIG. 3. — LA COMPOSITION DES HARMONIQUES

On peut, en additionnant un nombre suffisant de phénomènes sinusoïdaux d'amplitudes convenablement choisies et de fréquences multiples d'une même fondamentale (harmoniques), reproduire n'importe quelle forme d'onde, si compliquée soit-elle, par exemple une forme en dents de scie, comme le montre la figure ci-dessus.

vitesse de 340 m/s, jusqu'à atteindre notre oreille. Ce sont les variations de pression sur le tympan au passage de cette onde qui provoquent la sensation auditive.

L'acoustique physiologique

Au moment où nous faisons intervenir l'oreille, le problème change de plan et se complique, car les propriétés de celle-ci vont se superposer à la simplicité relative des phénomènes physiques et les brouiller ou les modifier.

C'est l'un des motifs pour lesquels certaines branches de l'acoustique n'ont fait aucun progrès jusqu'à l'époque où l'on put s'affranchir des mesures subjectives. Mais le but même des applications de l'acoustique technique étant toujours en dernier ressort l'audition, et l'oreille restant, en tout cas, l'instrument ultime de la chaîne des appareils, il se révéla rapidement nécessaire d'étudier de façon précise et objective les propriétés de celle-ci.

On savait d'expérience évidente que l'oreille présentait un minimum de sensibilité ; ce seuil d'audibilité au-dessous duquel l'oreille ne perçoit plus le son est extrêmement faible ; l'oreille est un organe extraordinairement sensible puisqu'elle perçoit, pour une note placée au milieu du piano, des variations de moins du milliardième de la pression atmosphérique.

Mais ce seuil d'audibilité varie beaucoup avec la fréquence. Pour une note grave à 100 pér./s, par exemple, l'oreille est déjà cent fois moins sensible qu'elle ne l'était à 1 000 pér./s.

On peut tracer la courbe donnant les variations de la sensibilité de l'oreille en fonction de la fréquence en plaçant des sujets dans un silence absolu et en leur faisant écouter des sons de fréquence variable et d'amplitude connue. On obtient alors la courbe de la figure 4 qui a été tracée par les physiiciens Fletcher et Munson. La sensibilité maximum de l'oreille se place aux environs de 3 500 pér./s (la₂ du piano) et décroît rapidement pour des notes plus aiguës. Les vibrations acoustiques de fréquences trop aiguës ne sont donc pas perçues par l'oreille humaine ; c'est le domaine des ultrasons.

Pratiquement, la limite d'audibilité varie beaucoup avec les individus ; elle décroît aussi avec l'âge, et de 18 000 pér./s qu'elle atteint pour le jeune enfant, elle baisse quelquefois à moins de 9 000 pér./s pour les vieillards, qui ne perçoivent pas les sons aigus (fig. 5).

Intensité sonore et sensation

La nécessité de rapporter l'acoustique physiologique à ce que nous percevons a conduit les physiiciens à créer une échelle des grandeurs acoustiques fonction de la sensation. Il semble *a priori* que la puissance sonore doit se mesurer avec les unités de puissance bien connues, telles que le watt dont les applications courantes de l'électricité nous ont appris la valeur. L'échelle serait alors très étendue : de quelques millièmes de watt pour les seuils d'audibilité aux fréquences normales, à quelques centaines de watts dans certaines installations sonores. On peut penser au premier abord que les sensations que nous éprouvons devraient varier suivant la même échelle et que, si un violon nous donne une certaine sensation, dix violons nous donneront une sensation dix fois plus grande. Il n'en est rien, et l'étude précise de la sensation a permis aux physiologistes de condenser des remarques analogues dans une loi, la loi de Fechner, expri-

mée par la courbe de la figure 6 qui précise que la sensation varie à peu près comme le logarithme de l'excitation. Cette loi, célèbre en psychologie expérimentale, a un sens profond et très général ; on la trouve dans tous les domaines des sensations et elle traduit essentiellement l'adaptation de l'homme à son milieu.

Or, ce qui intéresse le plus souvent l'acousticien, c'est moins la puissance absolue, comme l'électricien qui a besoin de savoir combien il faut de kilowatts-heures pour obtenir un travail donné, que l'intensité de la sensation produite sur l'auditeur, qui lui servira à contrôler ses efforts pour améliorer une salle, par exemple.

Aussi a-t-il été conduit à créer une unité de mesure qui soit approximativement proportionnelle à la sensation : c'est ce qu'on appelle le *décibel acoustique*, qui est relié par la loi de Fechner à la puissance de l'onde sonore (1). Moins qu'une unité proprement dite, c'est plutôt une échelle de repérage de la sensation sonore, et l'on a construit des appareils analogues à l'oreille humaine, les audiomètres, qui

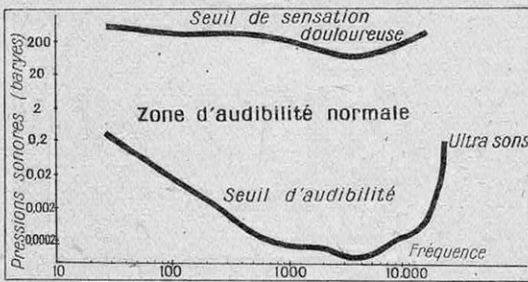


FIG. 4. — LES LIMITES DE L'AUDIBILITÉ POUR L'OREILLE NORMALE (FLETCHER ET MUNSON)

mesurent directement la sensation sonore produite sur l'auditeur. La figure 6 indique quelques-uns des chiffres obtenus pour des bruits ou des sons fréquemment rencontrés.

Le seuil d'audibilité de l'oreille normale pour une note du milieu de la gamme, correspond par définition à zéro décibel.

Quand le niveau sonore atteint 120 décibels environ, l'auditeur éprouve une sensation douloureuse qui peut à la longue s'accompagner d'un affaiblissement de l'appareil auditif. Ce niveau est appelé *seuil de douleur*, et, comme le seuil d'audibilité, il varie avec la fréquence du son perçu. C'est ainsi qu'une note à 3 000 pér./s par exemple, est beaucoup moins bien tolérée qu'une note à 200 pér./s. Aussi est-on conduit à tracer, par analogie avec la courbe du seuil d'audibilité, une courbe de sensation douloureuse ayant l'aspect indiqué (fig. 4), et c'est entre ces deux limites que doivent être normalement compris les sons. L'expérience a d'ailleurs montré que le seuil douloureux était aussi largement fonction de la forme du son perçu. C'est ainsi que les ondes en « dents de scie » représentées (fig. 3) sont très mal supportées par l'oreille ; ces sons très riches en harmoniques

(1) Le nombre de décibels exprimant le niveau d'une onde sonore de puissance W est égal à $10 \log W/W_0$, W_0 étant la puissance correspondant au seuil d'audibilité pour la fréquence de 1 000 pér./s.

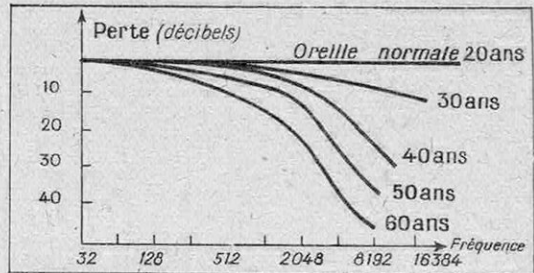


FIG. 5. — LA DÉCROISSANCE DE L'AUDITION AVEC L'ÂGE PAR RAPPORT A L'AUDITION D'UNE OREILLE NORMALE DE 20 ANS

« fatiguent » beaucoup l'oreille et les centres nerveux, constatation à mettre en parallèle avec l'observation banale de l'effet désagréable produit par la craie grinçant sur le tableau. On a pu arriver à provoquer chez certains animaux, tels que le rat, des crises nerveuses de type épileptique, par simple audition prolongée d'un son très complexe, tel que celui d'un trousseau de clés qu'on agite.

Sensation et construction des instruments de musique

Les lois fondamentales de la sensation auditive ne sont guère connues que depuis une vingtaine d'années, à la suite des travaux effectués dans les laboratoires américains et de la diffusion des applications de l'électroacoustique.

Appliquées à des problèmes posés depuis longtemps, tels que la construction des instruments de musique, elles ont déjà permis d'expliquer certains faits constatés empiriquement par les luthiers et les facteurs de pianos.

Depuis que le violon est connu, beaucoup de luthiers se sont ingéniés à fabriquer des violons plus puissants, plus sonores, pour jouer devant de vastes assemblées. Dans bien des salles de concert, il paraîtrait désirable de doubler la sensation sonore que l'instrument du soliste donne aux derniers rangs des auditeurs. La loi de Fechner nous montre alors qu'il faut pour

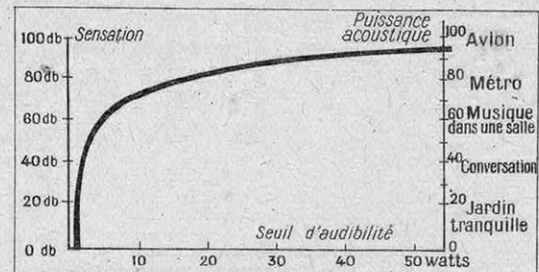


FIG. 6. — LA LOI DE FECHNER ET LE DÉCIBEL

Cette courbe est construite en portant en abscisse la puissance de la source sonore, exprimée en watts, et en ordonnée l'intensité de la sensation, exprimée en décibels. Elle traduit la loi de Fechner suivant laquelle la sensation est proportionnelle au logarithme de l'excitation. On a indiqué en outre le niveau sonore de quelques bruits familiers.

cela multiplier la puissance acoustique fournie par l'instrument par un nombre voisin de 10, ce qui ne paraît pas facile.

Or le son est émis par des cordes qui, en vibrant, compriment l'air autour d'elles, et il semble que, pour arriver au résultat cherché, il faille essayer de réaliser un violon dix fois plus grand. Mais on sait bien, d'après les lois classiques des cordes vibrantes, qu'en procédant ainsi on abaisserait la hauteur de la note produite et que, pour obtenir la même note, il faudrait alors faire subir au métal de la corde une tension mécanique cent fois plus grande ou réduire sa masse au centième de sa valeur. Une corde de violon ou de piano est déjà normalement soumise à des efforts considérables, voisins de la limite de rupture. Un violon dix fois plus puissant qu'un autre paraît donc irréalisable.

Les vieux maîtres s'en étaient déjà rendu compte devant l'échec de leurs recherches, portant sur la qualité des bois et des vernis, du secret d'un violon plus puissant et plus sonore. Depuis, l'expérimentation précise a montré que l'amélioration ainsi apportée était insignifiante et que la qualité tant vantée des Stradivarius et des Amati n'avait aucun rapport avec leur sonorité (1). Ainsi, tel qu'il est pré-

(1) Voir : *Science et Vie*, « Le secret de Stradivarius », n° 307, mars 1943.

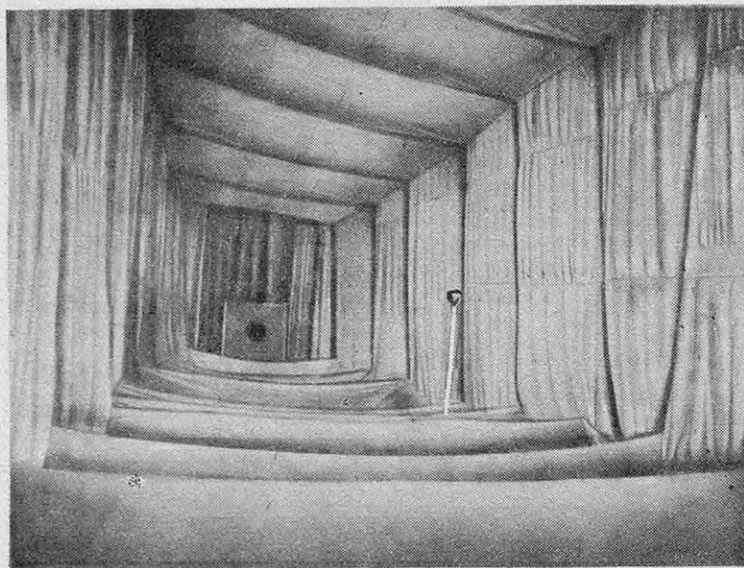


FIG. 7. — UNE CHAMBRE « SOURDE »

Si les parois d'une salle sont conçues de manière à absorber complètement les ondes sonores qui les atteignent, celles-ci se propagent dans la salle exactement comme elles le feraient à l'air libre. Un tel résultat peut être obtenu en recouvrant les parois par des tentures, comme sur la photographie ci-dessus, ou par une épaisseur suffisante d'un matériau poreux (toutes fibres végétales ou animales comprimées telles que varechs ou copeaux ignifugés, ou fibre de verre) dans les interstices duquel les mouvements vibratoires de l'air sont amortis par frottement contre les fibres, surtout si ces dernières participent à ces vibrations avec leur propre inertie et leurs propres frottements. Mais seuls les sons de fréquence élevée sont ainsi absorbés ; les ondes sonores dont la longueur est importante par rapport à la texture des fibres continuent à se réfléchir sur la surface extérieure. Aussi est-il nécessaire, lorsqu'on veut absorber également ces sons graves, de recouvrir les murs d'aspérités ayant un relief tel que la profondeur des cavités ainsi formées soit légèrement supérieure à la longueur d'onde des sons les plus graves à amortir (quelques centimètres), sans que leur forme leur permette cependant de servir de résonateur à aucune des ondes reçues (fig. 8).

senté ici, le problème de la réalisation d'instruments de musique plus puissants est insoluble, et ce n'est que récemment, par l'artifice qui consiste à placer un très petit microphone sur la table vibrante de l'instrument, qu'on a pu, grâce aux progrès remarquables de l'amplification électronique, obtenir l'équivalent d'instruments de musique d'une puissance théoriquement indéfinie (1). Ce dispositif est d'ailleurs encore peu connu et en défaveur auprès des musiciens en raison des déformations du son (distorsions) qui se produisent trop fréquemment dans les amplificateurs mal construits.

L'acoustique des salles

Nous avons jusqu'ici implicitement supposé que, pour écouter tel ou tel instrument de musique, nous étions placés dans un espace illimité où le son pouvait se propager librement et atteignait directement notre oreille. En réalité, il est très loin d'en être ainsi : dans la plupart des cas, nous sommes au contraire enfermés avec le musicien dans une salle plus ou moins close. Les ondes sonores qui parviennent directement de l'instrument à notre oreille représentent une fraction à peu près négligeable par rapport à celles qui ne nous parviennent qu'après s'être réfléchies souvent des dizaines de fois sur les parois de la salle, et il apparaît

alors que celle-ci doit jouer un rôle prépondérant dans notre audition, car chaque réflexion modifie l'amplitude et le décalage du son dans le temps ainsi que la proportion d'harmoniques présents ; la salle doit donc être considérée comme un véritable résonateur faisant partie de l'instrument de musique, ce qui pose des problèmes très complexes : autant de salles, autant d'instruments différents.

Le problème de l'acoustique des salles est de découvrir les lois générales applicables à ces résonateurs très particuliers.

Les salles sourdes

L'idée première qui vient à l'esprit est de rechercher si l'on ne serait pas possible d'éliminer le rôle de la salle, en réalisant des enceintes présentant les propriétés d'un espace indéfini dans lesquelles il n'y aurait aucune réflexion du son sur les parois. On entendrait alors le son de l'instrument tel qu'il est émis.

De telles salles ont été réalisées : ce sont les salles sans écho ou sourdes (il serait plus exact de dire muettes, puisque elles ne « répondent » pas aux sons qui y sont émis). Les fi-

(1) Voir *Science et Vie*, n° 207, septembre 1934, page 196.

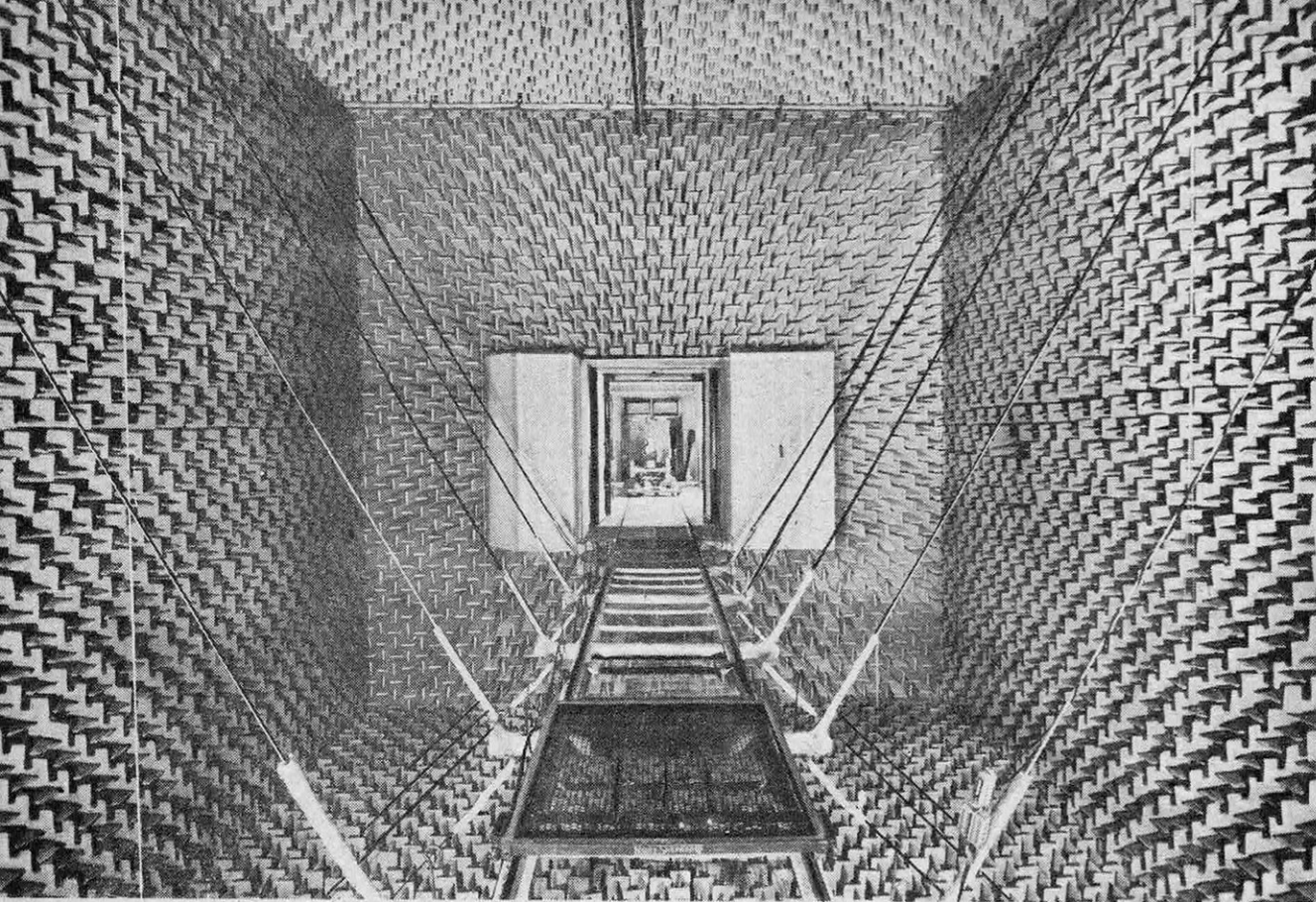


FIG. 8. — LA CHAMBRE SOURDE DE L'UNIVERSITÉ DE HARVARD

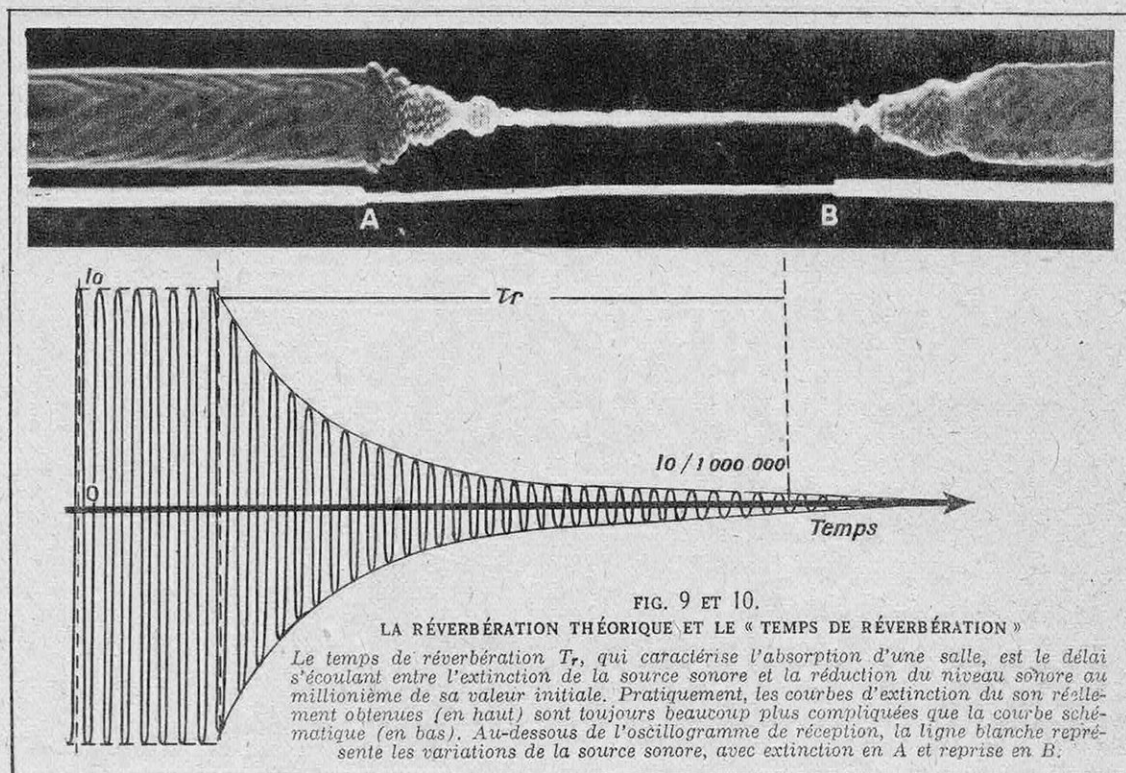
Cette chambre, construite pendant la guerre, mesure 11,6 m de largeur, 11,6 m de hauteur et 15 m de longueur. Elle comporte 20 000 aspérités en forme de coins, ayant chacune 135 cm de longueur et 50 cm² de surface de base, réalisées en fibre de verre comprimée. Le coefficient d'absorption dépasse 99,9 % pour les fréquences comprises entre 60 périodes par seconde et les plus hautes fréquences supersoniques. Les mesures s'effectuent sur une passerelle suspendue à 5 m au-dessus du sol.

gures 7 et 8 en montrent quelques types, ainsi que la couverture du présent numéro : des obstacles et des aspérités placés contre les parois brisent les ondes sonores qui tombent sur elles et les absorbent dans des cavités d'où elles ne ressortent plus. La propagation du son se fait alors, comme à l'air libre, sous la forme d'ondes sphériques centrées sur la source et qui s'évanouissent au voisinage des parois ; en conséquence, l'intensité du son y décroît comme l'inverse du carré de la distance, puisqu'une même énergie sonore s'y répartit sur des sphères d'aire croissant comme le carré de leur diamètre. Quand on arrête brusquement le fonctionnement de la source sonore dans ces salles, le son disparaît instantanément à l'oreille de l'observateur dès que le dernier train d'ondes est passé devant son oreille ; l'onde qui vient de passer ne reviendra jamais puisqu'elle sera absorbée par les parois. On dit alors que la *réverbération* du son est nulle. Ces conditions sont les plus simples qu'on puisse imaginer en acoustique, et c'est pourquoi de telles salles ont été utilisées pour les mesures de laboratoires dans lesquelles, précisément, on veut connaître l'ampleur du son émis par l'instrument ou par le haut-parleur étudié, alors que ces mesures seraient impossibles dans une salle ordinaire où le son serait perturbé, réfléchi et arbitrairement renforcé par les murs.

L'emploi de telles salles a cependant vite révélé que, si, du point de vue physique, elles représentaient quelque chose de bien défini, elles étaient loin de constituer un idéal esthétique. D'une part, en effet, l'exécution d'une œuvre dans une salle sourde serait impossible pour un grand nombre d'auditeurs, puisqu'on serait conduit à déployer, pour être entendu des auditeurs les plus éloignés, une puissance sonore assourdissante pour les plus proches. D'autre part, quand on fait jouer un violon, un piano ou un orchestre dans une salle sourde, l'impression subie est très décevante.

Ainsi, non seulement la salle d'exécution sert de résonateur à l'instrument, mais encore il faut la considérer comme un complément indispensable pour l'esthétique, ce qui vient compliquer grandement le problème, car on est conduit à se demander ce qu'est une bonne audition, puisque ce n'est pas la reproduction fidèle du son émis.

Cherchant alors à se rapprocher des conditions de la pratique dans une salle fermée ordinaire, tout en les systématisant un peu, les acousticiens ont été amenés, à la suite du physicien Sabine, à considérer l'extrême inverse, que l'on appelle la *chambre parfaitement réverbérante*, dont les parois (dalles d'acier ou plaques de marbre, par exemple) réfléchissent complètement le son au lieu de l'absorber.



L'énergie sonore présente dans une telle salle devrait donc y subsister indéfiniment et, si l'on y faisait fonctionner une source de façon continue, le volume de la salle devrait se remplir peu à peu d'un son dont la « densité » devrait croître au delà de toute limite. De même, un son émis brusquement s'y répercuterait sans arrêt, de murs en murs, et il n'y aurait aucune raison pour qu'il s'éteigne. Pratiquement, ce cas théorique est par trop schématisé, le son est toujours un peu absorbé tant par les parois où il diminue d'amplitude à chaque réflexion, que par l'air qui, subissant des compressions et des dilatations alternées, s'échauffe lentement aux dépens de l'énergie sonore.

Le niveau sonore dans la salle tendra vers un état d'équilibre pour lequel, à chaque instant, l'énergie perdue sera exactement égale à l'apport de la source. Lorsqu'on arrête celle-ci, le son décroît lentement, d'autant plus lentement que l'absorption est plus faible et ne disparaît complètement qu'au bout d'un temps théoriquement infini (fig. 9 et 10). C'est bien ce qu'on constate expérimentalement, et Sabine a appelé « temps de réverbération » d'une salle, le délai au bout duquel le son était réduit au millionième de sa valeur, devenant ainsi pratiquement imperceptible à l'oreille (ce qui correspond à une diminution de 60 décibels). Cette caractéristique apparut bientôt comme très importante, et Sabine constata que, dans de petites salles présentant sensiblement le même temps de réverbération, les sons et la musique « rendaient » à peu près de la même façon, présentaient une sonorité analogue quelle que soit la forme de la salle.

Il est évident, puisque l'énergie n'est que très

progressivement dissipée dans une salle sonore, qu'on arrivera, avec une puissance bien plus faible que dans une salle sourde, à y obtenir un niveau appréciable, et l'on voit l'intérêt d'accroître le temps de réverbération en diminuant l'absorption des parois. Mais on constate bien vite que l'on ne peut aller bien loin dans cette voie : la parole est constituée d'une suite de syllabes qui se succèdent au

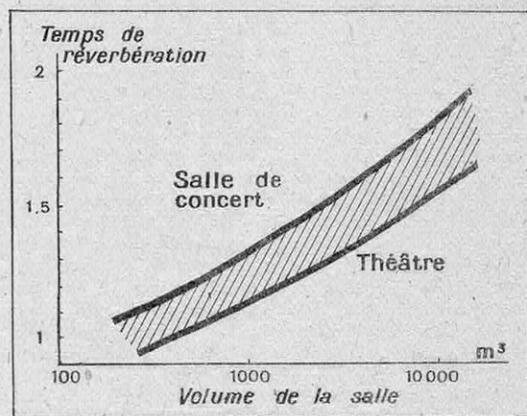


FIG. 11. — LE TEMPS DE RÉVERBÉRATION OPTIMUM EN FONCTION DU VOLUME DE LA SALLE

Ce temps caractérise la résonance optimum de la salle. On voit qu'il varie suivant le type de sons qui doivent y être émis. La musique symphonique requiert généralement une réverbération plus grande que le chant.

rythme de quelques dixièmes de secondes. Dans une salle à parois trop réfléchissantes, une syllabe n'a pas fini de s'établir qu'une autre est déjà apparue qui va se superposer à la première : les syllabes successives se mélangent alors et l'auditeur ne perçoit plus qu'un bruit confus. L'intelligibilité de la parole diminue donc quand la réverbération croît (fig. 11) et un compromis sera nécessaire. C'est de la justesse du compromis réalisé en fonction d'une application donnée que dépendra la qualité acoustique d'une salle. Dans une salle de conférences, par exemple, l'intelligibilité passe au premier chef et conduit à absorber le plus possible le son, quitte à ajouter des amplificateurs. Dans une salle de concerts, au contraire, la réverbération doit être un peu plus grande pour que la musique y donne son plein éclat, tout en conservant cependant la netteté indispensable.

Un cas extrême : la salle de cinéma

C'est un des cas les plus simples, au moins quant au but à poursuivre. Le problème à résoudre consiste simplement à faire entendre fidèlement dans son intégralité le son enregistré, la salle ne devant y jouer aucun rôle, puisque l'effet sonore désiré, impression de navire en mer ou d'orgues de cathédrale, se trouve déjà incorporé dans le signal inscrit sur la pellicule. Le temps de réverbération sera alors aussi petit que possible et la salle aussi amortie qu'il sera nécessaire pour avoir une bonne audition en tous points (1). On ne conserve une certaine réverbération que pour pouvoir diminuer un peu la puissance de l'installation d'amplificateurs, tout en conservant les 70 décibels nécessaires à une audition confortable.

Les grandes salles de concert et de théâtre

C'est un problème tout différent, beaucoup plus délicat, et dont la solution échoit principalement à l'architecte. Il est en effet pratiquement impossible d'améliorer une grande salle déjà construite ; tout au plus peut-on y accroître l'intelligibilité au détriment du relief sonore en y diminuant systématiquement la réverbération.

Ce sera donc l'architecte qui, dans son projet, devra se faire acousticien et déterminer

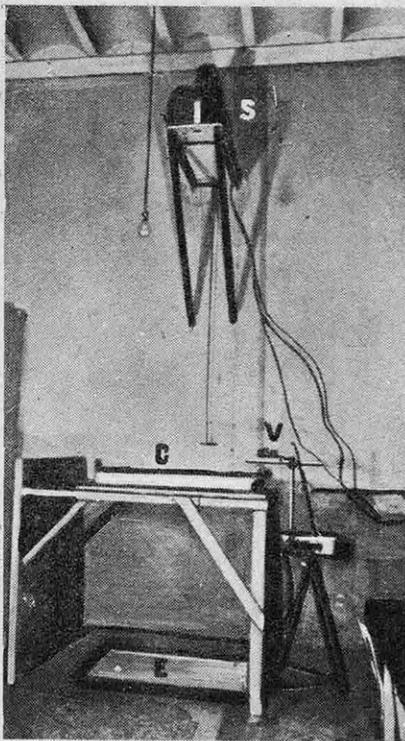


FIG. 12. — UNE CUVE A RIDES

Un vibreur V produit à la surface de la cuve à fond transparent C, contenant la maquette, des rides dont l'image est projetée sur l'écran E par la source lumineuse S interrompue au rythme du vibreur. On immobilise ainsi par stroboscopie l'image de ces rides qui correspondent aux ondes sonores,

a priori la forme de la salle (1). Pratiquement, il se trouve, presque au même titre que le chef d'orchestre, le traducteur de la pensée du compositeur dont il exécutera les œuvres.

Ainsi Bach a conçu bon nombre de ses oratorios pour être joués dans la Thomaskirche de Leipzig, dont le temps de réverbération est voisin de 2,5 s, ce qui est considérable ; c'est donc cette valeur qui convient le mieux à l'exécution de ses œuvres et qu'on devrait respecter dans une salle où l'on jouerait sa musique. De même pour la musique de Mozart, écrite pour l'exécution dans le palais du prince archevêque de Salzbourg, et pour celle de Wagner, qui a fait construire le théâtre de Bayreuth pour y faire exécuter ses œuvres.

Manifestement cependant, le problème est insoluble sous cette forme et tout ce qu'on pourrait demander aux compositeurs modernes, c'est d'indiquer en tête de leur partition le temps de réverbération optimum, afin de guider les organisateurs de concert dans le choix de la salle, lorsque ce choix est libre.

Si cet exemple peut être présenté comme un cas limite, il faut bien reconnaître que trop rares sont les architectes qui ont abordé ce problème avec

l'attention qui lui était due.

Le problème se trouve encore compliqué du fait qu'une salle sert souvent à la fois au théâtre parlé et à la musique symphonique, et qu'en conséquence il faut y conserver une bonne intelligibilité tout en gardant un temps de réverbération assez grand, croissant avec le volume. C'est là encore dans le compromis trouvé que se discernera le bonheur des conceptions de l'architecte.

Une fois choisi le temps de réverbération qui détermine l'absorption des parois de la salle, il reste à répartir le son dans celle-ci, et c'est ce qui va déterminer sa forme.

Une première condition est relative à l'orchestre lui-même ; elle paraît si évidemment remplie qu'on la néglige généralement : il faut que les musiciens entendent leurs collègues. Si dans la plupart des cas il en est bien ainsi, c'est que les orchestres ne dépassent pas quelques centaines de musiciens répartis autour du chef d'orchestre dans un cercle ne dépassant pas

(1) Voir : « Le cinéma moderne exige des salles scientifiquement équipées » (*Science et Vie*, n° 228, juin 1936).

(1) Voir : « L'acoustique dans les théâtres est-elle encore du domaine de l'empirisme ? » (*Science et Vie*, n° 151, janvier 1930), et « Peut-on réaliser scientifiquement une bonne acoustique dans des salles de spectacle » (*Science et Vie*, n° 204, juin 1943).

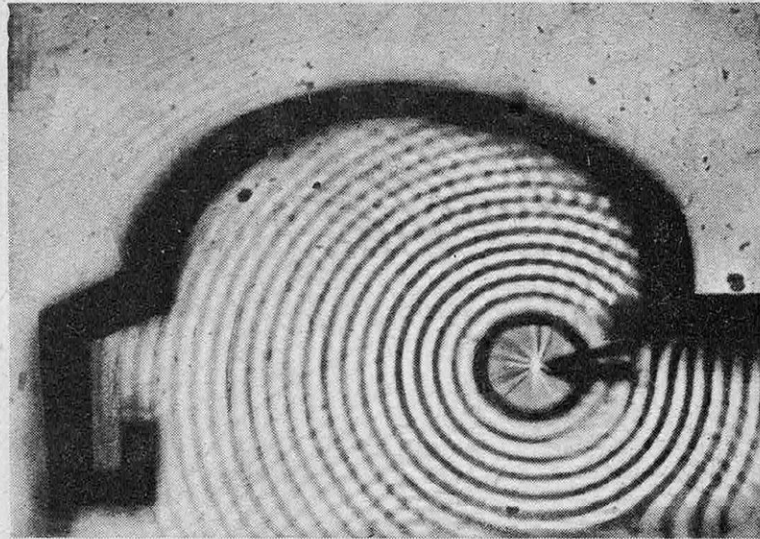
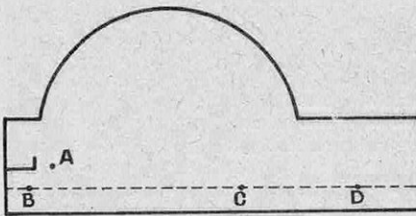
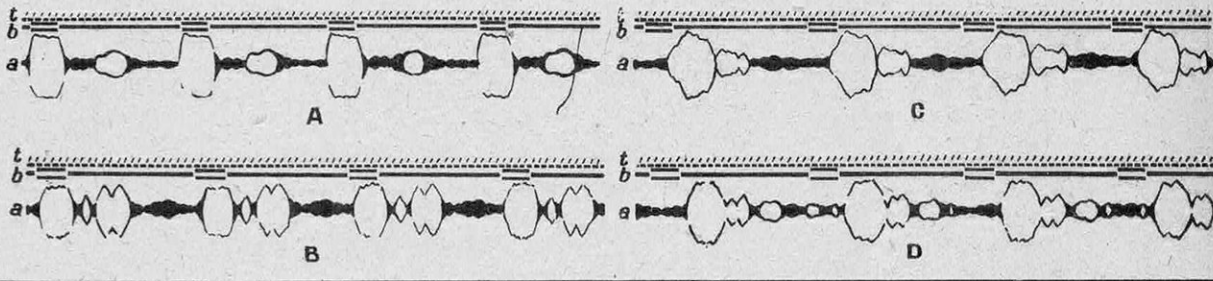


FIG. 13. — INTERFÉRENCES ET INTELLIGIBILITÉ

On voit sur les oscillogrammes du bas combien la forme des sons peut être modifiée suivant la position de l'auditeur dans une mauvaise salle dont la courbe est donnée ci-dessus. L'étude de la maquette en cuve à rides explique les motifs de cette mauvaise transmission du son. On voit qu'aux points A, B et C se produisent des interférences dues à la superposition des ondes d'aller et de retour. Au-dessus de chaque oscillogramme a, enregistré par un microphone, se trouvent l'oscillogramme b de la source sonore et une courbe chronométrique t.



quelque 30 m de diamètre. Si l'on cherche à réunir des orchestres beaucoup plus grands, comme on l'a fait dans certains pays, on constate des phénomènes curieux résultant de ce que l'oreille d'un musicien extrême perçoit alors avec plus de un dixième de seconde de décalage le son émis par le groupe de ses collègues diamétralement opposé. Or deux sons séparés de plus de un dixième de seconde sont nettement distincts, et l'on conçoit qu'il puisse en résulter dans l'exécution des morceaux certains flottements qui limitent la grandeur maximum des orchestres modernes.

Cette objection paraît *a priori* insoluble, mais les progrès de la radioélectricité nous permettent d'ores et déjà de concevoir la marche simultanée, synchronisée, de plusieurs orchestres placés en divers lieux géographiques : Paris, Londres, Berlin.

Généralement les problèmes précédents ne se posent guère, et c'est la deuxième condition, la plus sévère, qui détermine la forme de la salle : il faut que chaque auditeur entende de façon uniforme le son émis sur la scène, c'est-à-dire que les ondes sonores qui lui parviennent directement ou après réflexion sur les différentes parois de la salle ne soient pas séparées par un délai supérieur à un dixième de seconde.

Si les auditeurs sont répartis dans les trois dimensions, l'existence des balcons et gradins vient compliquer la question en obligeant l'acousticien à assurer une diffusion uniforme

des ondes sonores sur toutes ces surfaces qu'on peut considérer comme à peu près absorbantes ; il est d'ailleurs à remarquer qu'une salle pleine absorbe toujours plus qu'une salle vide, ce qui y améliore l'intelligibilité.

En admettant qu'on ait su éviter les graves défauts que sont la formation d'échos, c'est-à-dire de répétitions nettes des sons brefs par suite de réflexions sur certaines parois de la salle, ainsi que celle de *résonances* inopportunes pour certaines fréquences, l'obstacle principal auquel on se heurte alors est constitué par les *zones d'interférences* créées en certains points de l'assistance : quand une onde sonore tombe sur une surface réfléchissante tel qu'un mur recouvert de plâtre, elle se réfléchit et repart dans une direction qui peut quelquefois la superposer avec l'onde incidente ; en certains points dépendant de la longueur d'onde, les surpressions incidentes se superposent aux dépressions réfléchies et, pour certaines fréquences, le son s'en trouvera annulé, tandis qu'en d'autres points il se trouvera renforcé. Ce phénomène d'interférences, qui peut perturber complètement l'audition, est à redouter si l'on est conduit, pour conserver à la salle une certaine réverbération, à avoir des parois qui ne sont pas complètement absorbantes. D'autre part, la réverbération peut ne pas être égale pour des notes de fréquences différentes, et il en résulte une *distorsion* capable de changer les rapports d'intensité des différents instruments,

et le timbre même de chaque instrument par modification de la proportion des harmoniques. La disposition des panneaux absorbants et réfléchissants qui doivent assurer à la salle le temps de réverbération optimum et la diffusion la plus uniforme possible des ondes sonores sans interférences, apparaît alors comme un problème très délicat dont dépendra le succès de la sonorisation de la salle.

Les méthodes dont on dispose pour la résoudre sont extrêmement pauvres, et ce n'est que récemment que l'on a pu se faire une idée nette du problème.

Parmi ces méthodes, l'une des plus élégantes, sinon des plus précises, est celle qui consiste à réaliser une coupe en modèle réduit de la maquette de la salle à réaliser et à la placer à la surface d'un bassin rempli d'eau ou de mercure. Au point correspondant à la future source sonore, un diapason muni d'une pointe communie à la surface du bassin des vibrations qui se propagent à la manière des ondes sonores et viennent se réfléchir sur les parois de la maquette, donnant ainsi une image de ce que serait l'état du champ sonore dans la salle construite (fig. 12 et 13). Des grillages remplaçant certaines parois de la maquette et laissant partiellement passer ou se réfléchir les vibrations jouent le rôle des absorbants que l'on pourra placer dans la salle.

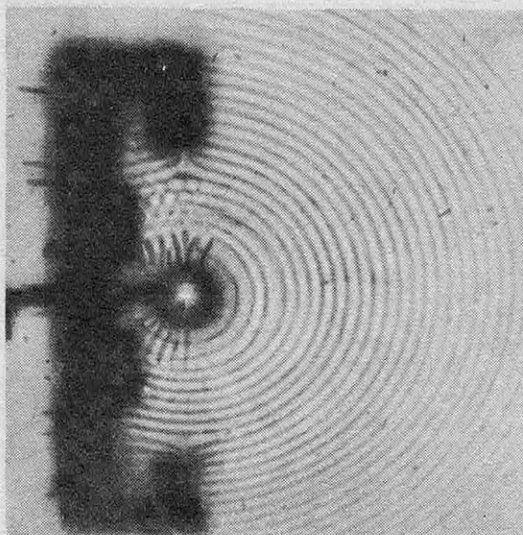


FIG. 14. — LE THÉÂTRE ANTIQUE D'ORANGE

On voit sur l'oscillogramme les ondes sonores se propager à partir de la scène en ondes concentriques aux gradins. La répartition du son sur ceux-ci doit être rigoureusement uniforme, et c'est bien ce qu'on constate expérimentalement.

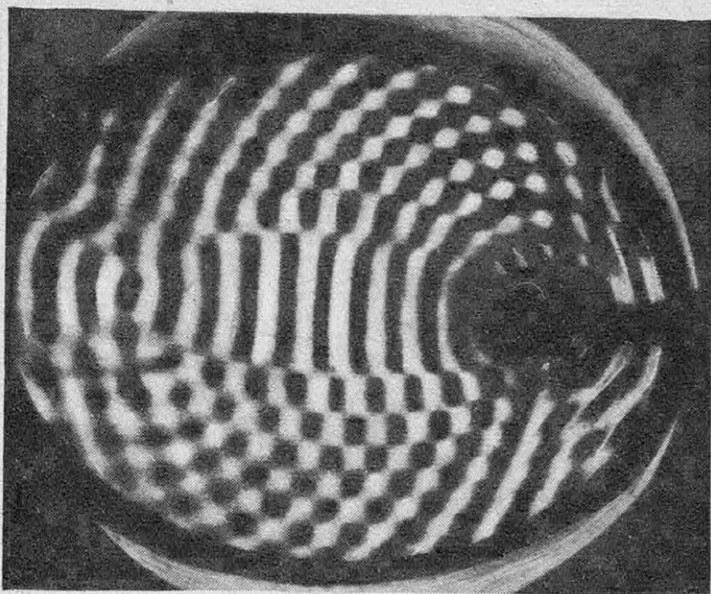


FIG. 15. — LE THÉÂTRE ELLIPTIQUE

L'oscillogramme montre qu'une forte concentration du son se produit au deuxième foyer de l'ellipse, concentration que l'architecte évitait en revêtant les parois d'absorbants acoustiques.

Si, pratiquement, cette méthode est très imparfaite et prête à de nombreuses critiques, elle a pourtant permis aux acousticiens d'étudier les différents théâtres existants et de les ramener à quelques types très caractéristiques procédant de principes tout à fait différents.

Le théâtre romain

Le théâtre romain, dont de remarquables exemples sont parvenus jusqu'à nous, est la première solution satisfaisante de l'acoustique architecturale. Il est né d'une évolution entièrement empirique étendue sur plusieurs siècles.

Nous ne savons exactement à quelle époque remonte l'idée géniale qui devait donner sa forme définitive au théâtre antique : le mur de scène qui coupait le cercle par un diamètre et servait de réflecteur au son, mais on peut sans trop d'in vraisemblance, d'après les dates approximatives de construction des théâtres qui sont parvenus jusqu'à nous, la placer vers le VI^e siècle avant J.-C. Il semble bien qu'à l'origine de cette idée se trouvaient des préoccupations acoustiques.

Les architectes déterminèrent, par une longue suite d'expériences, la proportion optimum du mur de scène vis-à-vis de la hauteur des gradins. Au temps où Vitruve écrivait son traité d'architecture (I^{er} siècle av. J.-C.), un corps de doctrine était constitué, qui trouvait son application dans certains de ces splendides théâtres du Sud de la France, dont celui d'Orange est le mieux conservé.

L'étude en cuve à rides d'une maquette d'un tel théâtre éclaire assez bien les motifs de sa perfection (fig. 14). On y constate que les ondes sonores émises sur le bord de la scène se réfléchissent sur le mur de scène et se propagent alors en faisceaux concentriques dont les contours abordent de front les gradins. Tout

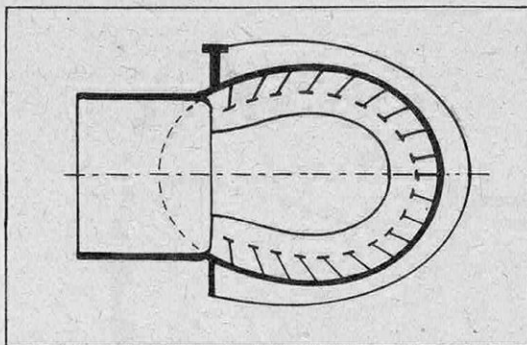


FIG. 16. — LA SCALA DE MILAN

La Scala est conçue sur le plan général du théâtre italien, voisin de l'ellipse (fig. 15). Ce plan très schématisé montre la forme en fer à cheval qui résulte de la troncature de l'ellipse par la scène. Les loges du fond jouent le rôle d'absorbants pour l'ensemble de la salle, évitant ainsi réflexions et interférences, et servent en même temps de résonateurs pour leurs occupants. Les ornements en stuc qui se trouvent sur les parois et les plafonds, les lustres, les velours, tous les accessoires concourent à réaliser cet équilibre entre absorption et réverbération qui caractérise une des meilleures salles d'Europe.

point de la périphérie des gradins recevra donc la même énergie sonore au même instant : l'audition est parfaitement uniforme. La structure des gradins suffit presque à diffuser l'onde reçue, de façon à éviter toute réflexion ultérieure, surtout quand ils sont couverts par le public. Mais le théâtre antique présentait deux inconvénients inhérents à sa structure tronconique. Une grande partie de l'énergie sonore produite sur la scène était dissipée dans l'espace et n'atteignait pas les spectateurs, ce qui obligeait l'acteur à un effort vocal considérable pour lequel il s'aidait de masques de théâtre, servant de véritables porte-voix. De plus ces théâtres ouverts étaient soumis aux intempéries.

Le théâtre italien

C'est en cherchant à obvier à ces inconvénients que les architectes de la Renaissance créèrent le théâtre italien. Ce fut l'aboutissement de la recherche d'un compromis, qui débuta en plaçant purement et simplement les gradins de l'amphithéâtre romain à l'intérieur d'une salle (Parme). Les résultats d'une telle superposition, comme on pouvait le prévoir, furent médiocres, la conception d'ensemble qui faisait le succès du théâtre antique se trouvant ainsi méconnue.

Peu à peu on évolua vers le théâtre elliptique ou en fer à cheval, la scène, placée à l'une des extrémités, prenant de plus en plus d'importance avec le développement de la machinerie et des décors (fig. 15). Dans un tel théâtre, le son devait être diffusé par les parois, et les progrès résultèrent d'une recherche empirique de la meilleure structure de celles-ci. Bien que le rôle des absorbants acoustiques fût inconnu à l'époque, ceux-ci se trouvèrent cependant constitués par la structure cellulaire réalisée par les très nombreuses loges qui tapissent entièrement les parois. L'exemple le plus typique en est la Scala de Milan, construite par Piermarini en 1778 (fig. 16) et actuellement en restauration.

Ce type de salle, parfaitement empirique, a eu cependant une belle carrière ; il a inspiré le théâtre anglais élisabéthain, le théâtre français, et aujourd'hui encore de nombreuses salles peuvent se ramener au plan semi-elliptique, en fer à cheval, tendant quelquefois vers le cercle tel que notre Opéra (Ch. Garnier, 1862-1874), ou notre théâtre des Champs-Élysées (A. et G. Perret, 1913) presque complètement cylindrique.

Le théâtre moderne

Il y a peu de temps que les progrès de l'acoustique ont été suffisants pour conduire à l'idée d'une salle de théâtre ou de concert construite rationnellement en vue d'une audition aussi parfaite que possible, et que les architectes se sont écartés de la conception classique du théâtre

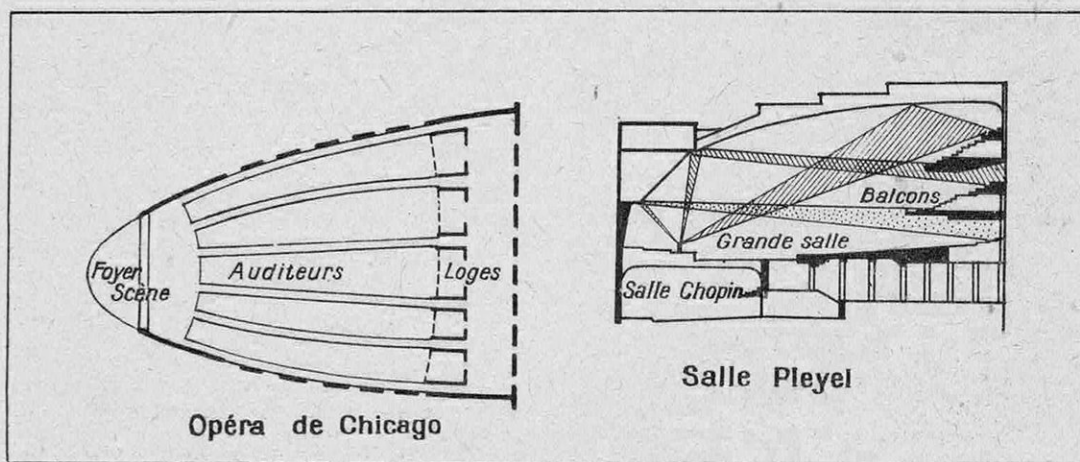


FIG. 17 ET 18. — LA SALLE PARABOLIQUE : OPÉRA DE CHICAGO (A GAUCHE) ET SALLE PLEYEL (A DROITE)

Ses parois latérales servent de miroir pour renvoyer le son émis sur la scène vers la salle. C'est sur ce principe qu'est réalisé l'Opéra de Chicago. La salle Pleyel à Paris a pour coupe presque exactement une demi-parabole, la source étant au foyer ; le fond de la salle est recouvert d'absorbants.

elliptique qui représentait un compromis pas toujours heureux entre réverbération et intelligibilité.

Avec l'avènement du cinéma sonore, la construction de nombreuses salles a permis d'expérimenter des formes nouvelles dans un cas particulièrement favorable où il était toujours possible de corriger des erreurs éventuelles en accroissant l'absorption.

L'idée générale des plus intéressantes de ces tentatives a été d'obtenir une diffusion du son de la scène vers la salle par des ondes planes, mode idéal pour assurer une parfaite uniformité dans la répartition sonore, supprimant ainsi toutes possibilités d'interférences.

Deux dispositions se sont révélées particulièrement satisfaisantes. La *salle parabolique* utilise les propriétés des miroirs sonores : quand une onde est émise au foyer de celle-ci, placé sur la scène, elle est réfléchi par les parois et donne lieu à une onde plane qui se propage normalement vers l'assemblée et doit être ensuite absorbée par le mur du fond, ce qu'on obtient en le recouvrant d'absorbants tels que la soie de verre agglomérée. C'est sur ce principe qu'ont été construites deux salles célèbres : l'Opéra de Chicago, déjà ancien (fig. 17), et la salle Pleyel à Paris (1) (fig. 18).

Dans certaines salles récentes, imitant l'exemple du cinéma, on a cherché à parvenir au même résultat en adoptant une forme dérivant du *pavillon évasé* — dit *exponentiel* — que l'on place devant certains haut-parleurs. Cette disposition, dans laquelle les parois peuvent être partiellement recouvertes d'absorbants sans modifier le mode de propagation, convient bien aux salles nécessitant une grande intelligibilité, tels que les théâtres de comédie parlée (fig. 19).

Dans le cas des studios d'enregistrement ou de radiodiffusion, la nécessité de pouvoir recueillir des sons de natures différentes, a conduit à adopter des salles totalement amorties, mais équipées d'un dispositif électroacoustique (chambre de réverbération) permettant d'introduire une réverbération artificielle dosée à volonté (2).

Ce n'est guère que depuis l'avènement du cinéma sonore que le grand public s'est clairement rendu compte de la nécessité d'une bonne acoustique et s'est mis à la réclamer impérieusement, stimulant ainsi les progrès des techniciens et le développement de l'électroacoustique.

Le problème est posé actuellement au physicien de satisfaire les désirs des auditeurs et de modifier la forme des salles en conséquence, mais il est assez paradoxal de remarquer qu'il n'en fut pas toujours ainsi. A l'époque où l'Europe

(1) A défaut de cette forme, on peut améliorer des salles anciennes grâce à des « conques orthophoniques » placées derrière et au-dessus de l'orchestre pour réfléchir les sons vers le fond de la salle.

(2) Voir : « L'acoustique électrique confère aux studios d'enregistrement les qualités exigées d'une salle de concert parfaite » (*Science et Vie*, n° 235, janvier 1937).

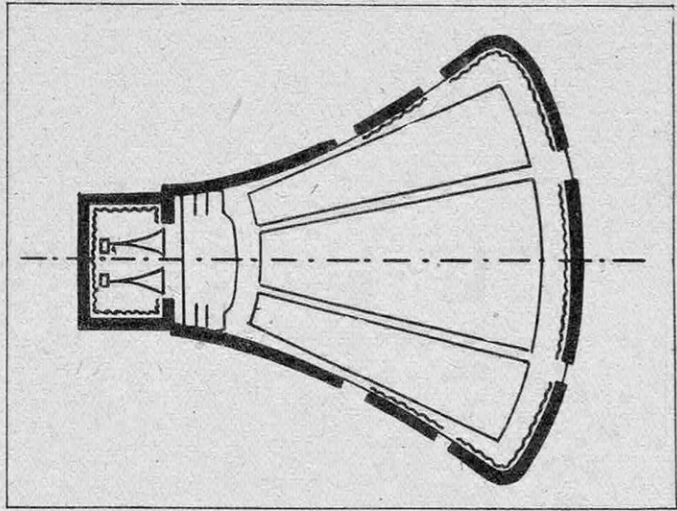


FIG. 19. — SALLE EXPONENTIELLE POUR CINÉMA ET THÉÂTRE PARLÉ

Dans ces grandes salles le temps de réverbération ne dépasse pas normalement 0,4 à 0,5 s. On y arrive en revêtant les parois de matériaux poreux disposés en vastes panneaux placés spécialement dans les angles où se produisent souvent des interférences. La salle de dégagement qui fait suite à la scène sert à placer les grands haut-parleurs à pavillon pour la reproduction sonore, ou à continuer la scène par un absorbant pour la parole. Le fond de la salle est aussi recouvert d'absorbants.

se couvrait de cathédrales, immenses nefs de pierre dont la majesté s'accordait d'une réverbération considérable, compliquée d'échos, les architectes n'avaient que peu d'idées sur les problèmes acoustiques. L'intelligibilité de la parole dans beaucoup des plus beaux de ces édifices nécessita, pour tourner la difficulté, la naissance d'un nouveau mode d'expression adapté à la solennité du lieu et s'accordant avec les possibilités musicales de l'orgue contemporain.

C'est l'origine du ton emphatique souvent adopté par les prédicateurs, et c'est aussi celle du plain-chant, composé de notes de grande durée largement espacées en un rythme lent, chacune ayant le temps de s'éteindre avant l'apparition de la suivante ; les accords utilisés dans la musique sacrée sont des accords simples tels que la quinte et la tierce qui permettent la superposition de deux notes successives, sans battements désagréables.

C'est seulement vers la fin de la Renaissance que la musique sacrée commença à sortir des églises et qu'elle changea de caractère pour donner naissance à la musique de chapelle, déjà plus complexe, et dont certains caractères exigent une réverbération moins grande des salles.

Il est peu d'exemples aussi typiques de l'influence que peut prendre l'état d'une technique sur l'expression artistique. S'il est improbable que l'acoustique architecturale — science désormais édifiée — puisse amener une modification de la musique classique, il n'est pas impossible que le physicien, répondant au vœu de Stokowski réclamant pour le chef d'orchestre la possibilité de modifier à sa guise le timbre de ses instruments, donne son essor, grâce aux progrès de la musique électronique, à une nouvelle forme de l'art musical. A. MOLES

PAIN BLANC, PAIN NOIR ET PAIN ERSATZ

par G. DELAROUZÉE

Expert-Chimiste

Le pain tient en temps normal une place si importante dans la ration alimentaire des Français qu'ils le considèrent comme l'aliment par excellence, et, avant la guerre, la meunerie et la boulangerie avaient atteint dans notre pays une perfection remarquable, fruit d'un empirisme millénaire amélioré par les travaux des hygiénistes et la mise au point d'un outillage moderne. Pourtant, malgré sa valeur énergétique très élevée, le pain n'est pas un aliment complet et sa consommation exclusive provoquerait des carences en certains acides aminés, en vitamines et en éléments minéraux indispensables à l'entretien de notre organisme. L'addition à la farine blanche de la totalité de l'enveloppe du grain de blé, séduisante au premier abord comme moyen d'enrichir le pain, surtout en période de disette, donne un produit moins digestible, incomplètement assimilé. L'addition de farine d'autres céréales, de légumineuses ou de fécule de pommes de terre, devrait être étudiée scientifiquement pour déterminer lesquels de ces « ersatz » peuvent être utilisés directement par l'organisme humain, et lesquels doivent au contraire être réservés à l'alimentation animale, afin que l'alimentation des humains en tire indirectement un plus grand profit.

Les débuts de la meunerie

La meunerie est probablement la plus ancienne industrie agricole humaine. Les céréales récoltées à l'époque préhistorique étaient transformées en farine par écrasement entre des pierres plates et des molettes, encore en usage au xx^e siècle dans certains groupes humains de l'Afrique. Les moulins mécaniques ne datent guère que du premier siècle avant J.-C., et ce n'est que depuis les dernières années du xix^e siècle que le moulin moderne à cylindres est connu.

La farine a été définie au Congrès de Genève, en 1908, et à Paris, en 1909, comme « le produit de la mouture de l'amande du grain de froment nettoyé et industriellement pur ». La réalisation de cette mouture pose le problème suivant : l'amande farineuse étant entourée d'une enveloppe corticale qui lui est fortement adhérente (fig. 1), il s'agit de moudre cette amande sans pulvériser ou en ménageant le plus possible l'enveloppe. Disons tout de suite que la réalisation intégrale de cette opération n'a jamais été effectuée, car les machines les mieux conçues n'ont pu séparer complètement l'amande du péricarpe. Pour approcher autant que possible de ce résultat, la meunerie utilise la différence de friabilité de l'enveloppe et de l'amande farineuse, lorsque le grain est soumis à un effort d'écrasement et de râpage.

Dans la mouture par meules qui a été pratiquée depuis l'époque romaine jusqu'à nos jours, on procède de la façon suivante : les deux meules sont superposées dans des plans horizontaux. L'une d'elles, la dormante ou gisante, à la partie inférieure, est fixe ; l'autre, la courante, au-dessus de la première, est mobile autour d'un axe vertical. Les surfaces travaillantes en regard sont

entaillées de rainures tangentées à un petit cercle dont le diamètre est voisin de celui de l'« ceillard », ouverture centrale par où le blé est introduit. Ces rainures ou « rayons » sont de moins en moins profondes du centre à la périphérie ; le blé, admis au centre, est lancé par la force centrifuge vers la circonférence extérieure et guidé par les rayons. Au cours de son trajet, il subit une action de laminage combinée avec un effort de cisaillement par les bords tranchants des rayons, et enfin, à la périphérie, entaillée de stries plus fines, les « rhabillures », un râpage de l'enveloppe dilacérée. Il sort de la meule un mélange de fragments ténus d'amande, les uns blancs provenant du centre, les autres bis, provenant de la partie adhérente à l'enveloppe et entraînant des débris de cette enveloppe, et enfin des sons plus ou moins divisés.

Une séparation est faite par des blutoirs garnis de tamis de soie et dont les mailles sont plus ou moins serrées. On obtient ainsi de la farine, un mélange de farine bise et de débris de son, et du son.

La meunerie moderne

L'époque moderne a vu la mise au point de la mouture par cylindres. Celle-ci utilise toujours la différence de friabilité de l'enveloppe et de l'amande, mais d'une façon plus méthodique et plus souple.

Une meunerie moderne est essentiellement constituée :

— d'une installation de nettoyage destinée à n'admettre au broyage que du blé privé de ses impuretés diverses, de ses graines étrangères (avoine, seigle, ail, etc.), de ses poussières végétales ou minérales, généralement riches en bactéries et en microorganismes ;

— d'un moulin proprement dit, comportant

les appareils de broyage, de convertissage, les bluteries, les dispositifs de séparation des produits blancs et des produits bis, etc. ;

— enfin, de la chambre à farine qui collecte l'ensemble des produits de la mouture que l'on veut faire entrer dans la farine commerciale.

Le nettoyage du grain

Le blé qui arrive au moulin par wagons ou par bateaux est souillé de déchets divers et nombreux, ferraille, tissus, débris de bois, déjections de rongeurs, etc., accompagnés de graines adventives : avoine, orge, seigle, légumineuses. Une série d'appareils très variés est chargée de séparer ces impuretés. Les débris de ferraille sont retenus au passage de la nappe de blé par un dispositif magnétique constitué par des pôles d'électroaimants assemblés de façon à former un plan incliné sur lequel coule le flot de blé, et qui arrête les débris de fer au passage.

Un tarare aspirateur assure le criblage grossier des débris volumineux et collecte les graines beaucoup plus grosses que le blé (maïs, par exemple) par une succession de passages sur des plans inclinés perforés d'ouvertures calibrées.

A ce moment, le grain comporte : le blé, les autres céréales, les légumineuses de calibre voisin, mais de forme différente. Pour extraire le blé de cet ensemble, le classement par calibre est inefficace, car les dimensions transversales sont à peu près les mêmes, et c'est d'après la dimension longitudinale que s'effectuera la séparation.

Les séparateurs de graines rondes sont fondés sur l'artifice suivant :

Un tambour tournant, légèrement incliné sur son axe, présente une surface intérieure garnie d'alvéoles repoussées dans le métal ; ces alvéoles sont de diamètre tel que les graines rondes peuvent s'y loger dans tous les sens, tandis que le blé, l'orge, le seigle, l'avoine, dont la longueur est supérieure, ne peuvent y entrer.

La masse à trier est admise à la partie la plus haute du cylindre et est entraînée par la rotation et la pente d'un mouvement hélicoïdal vers le point bas.

Au cours de ce trajet, les graines rondes se logent dans les alvéoles et sont portées vers la génératrice supérieure du cylindre. Au moment où la rangée d'alvéoles dépasse un peu le quart de la course circulaire, vers le haut, les grains logés dans des alvéoles s'en échappent et sont collectés par une lame fixe qui les rassemble dans une

goulotte centrale pour être évacués à l'extérieur.

Pendant ce temps, le blé et les autres graines longues ont suivi la génératrice inférieure et sont également évacués.

Pour séparer les graines plus longues que le blé, l'appareil employé ne se différencie du précédent que par le diamètre des alvéoles qui n'admet que le logement du blé. C'est le blé qui est collecté par la raclette, et les graines plus longues suivent la génératrice du cylindre (1).

Les graines sphériques, de diamètre tel qu'elles se comportent comme le blé dans les trieurs, légumineuses diverses (vesces, gesses), ne peuvent être éliminées par les appareils que nous venons de décrire.

On utilise pour les séparer du blé leur sphéricité. Le mélange de blé et de graines sphériques est amené en haut d'un « toboggan », c'est le terme professionnel. La piste du toboggan est hélicoïdale et s'élargit vers le bas. La couche mince et régulière du grain s'écoule sur la surface lisse, mais les graines sphériques, à la faveur de leur sphéricité et de la force centrifuge, s'écartent progressivement du blé en roulant et se présentent, en bas de la pente, à l'extérieur de la spirale.

L'ail, de même dimension et de même forme que le blé, est plus difficile à séparer ; on utilise son absence de dureté : le mélange ail-blé est passé entre deux cylindres de caoutchouc dont l'un est garni de pointes. Les pointes piquent les graines d'ail et ne pénètrent pas le blé. Les graines d'ail entraînées sur le cylindre à pointes sont détachées par une brosse.

A ce stade du nettoyage, le blé est débarrassé de la plupart des graines étrangères généralement récoltées en même temps que lui, des débris végétaux et métalliques. Il ne contient plus que des pierres de mêmes dimensions que lui, qui seront séparées après l'opération de l'épointage et du broissage.

L'épointage a pour but de détacher l'épicarpe cellulosique et les poils terminaux, collecteurs de poussières, de mycélium, de spores, etc.

L'épointeuse est constituée essentiellement par un tambour légèrement conique muni de palettes hélicoïdales tournant à l'intérieur et à faible distance d'un carter à surface abrasive sur

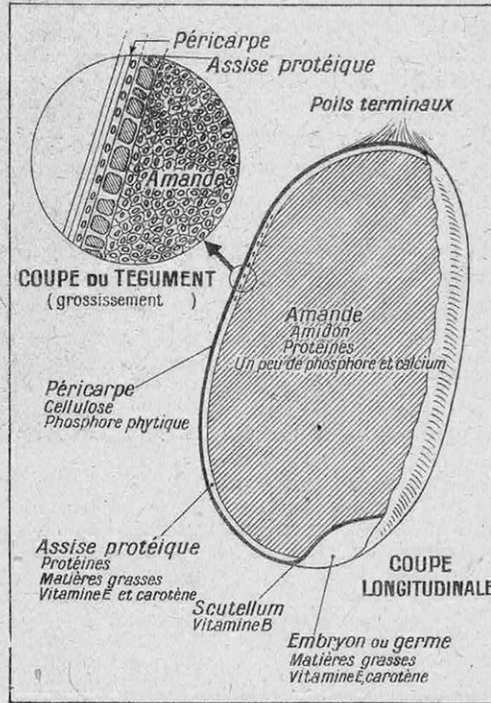


FIG. 1. — LA STRUCTURE D'UN GRAIN DE BLÉ ET L'APPORT ALIMENTAIRE DE SES PRINCIPAUX CONSTITUANTS

(1) Il existe des machines de plus faibles dimensions et à rendement supérieur, fondées, comme ses précédentes, sur l'admission ou le refus du blé par des alvéoles. Dans celles-ci, des disques alvéolés tournent à grande vitesse dans la masse des grains à trier. Toutefois, ce système augmente un peu la proportion de blé cassé.

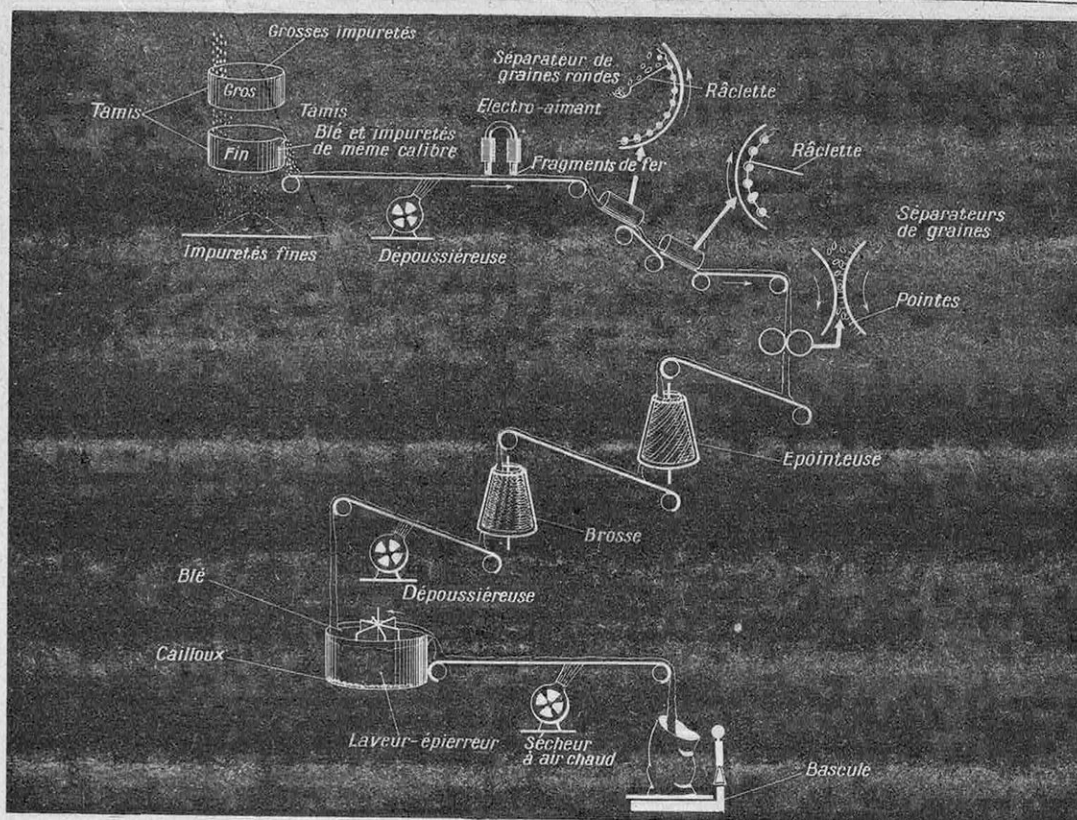


FIG. 2. — LES DIVERSES OPÉRATIONS DE NETTOYAGE DES GRAINS DE BLÉ DANS UNE MEUNERIE MODERNE

laquelle les palettes du tambour projettent les grains. La distance entre le tambour et le carter se règle par la pénétration plus ou moins grande du cône mâle dans le cône femelle.

Le grain ainsi râpé est ensuite brosse dans une machine semblable où la surface rugueuse est remplacée par une brosse.

Après ces deux traitements, le blé passe dans des tarares aspirateurs qui, à l'aide d'un courant d'air, le débarrassent des débris de poils et d'épicarpe.

C'est à ce moment que l'épierrage se place. Il existe plusieurs types d'épierreurs. Leur principe est le suivant : la nappe de blé arrive à la surface d'un courant d'eau de vitesse suffisante pour entraîner le blé avec lui, tout en permettant aux pierres de gagner le fond du cuvier où elles sont collectées de temps en temps. C'est la même méthode qu'emploient les ménagères pour épierre les lentilles dans une bassine d'eau.

Aussitôt après, le blé est énergiquement essoré

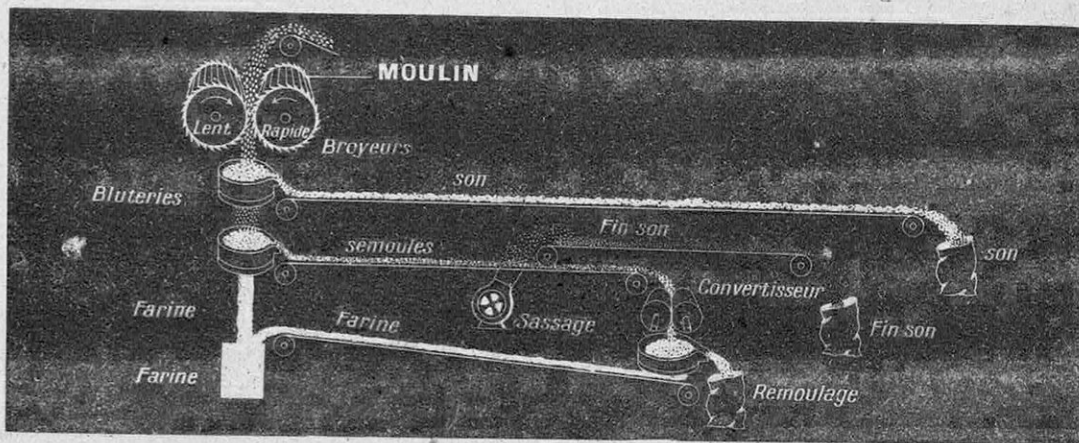


FIG. 3. — LES PHASES SUCCESSIVES DE LA MOUTURE DU BLÉ DANS UNE MEUNERIE MODERNE

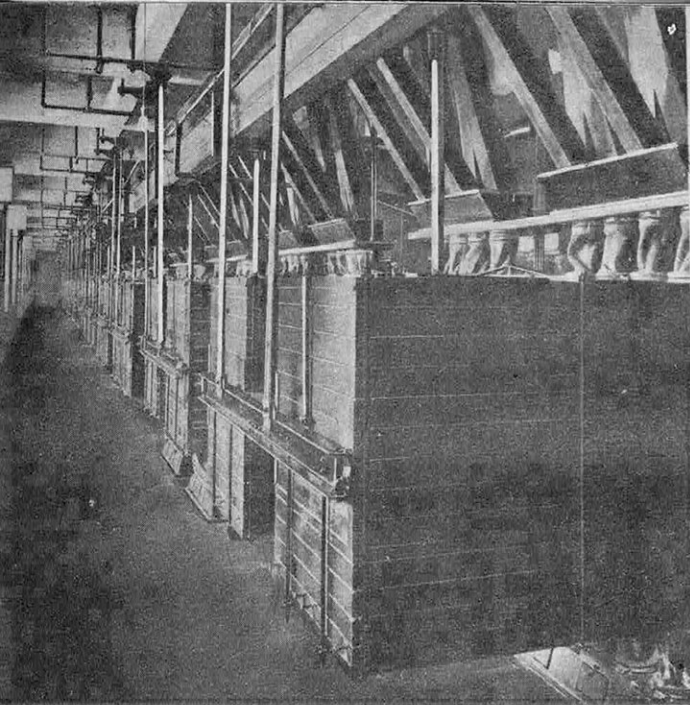


FIG. 4. — LA SALLE DES « PLANSICHTERS » OU BLUTERIES PLANES AUX GRANDS MOULINS DE PARIS

Les plansichters séparent selon leur grosseur les divers produits de la mouture du blé par passage au travers de tamis plus ou moins fins. On remarquera l'étanchéité parfaite de ces installations où à aucun stade de sa fabrication la farine n'est en contact avec les mains des opérateurs et où elle ne risque pas d'être souillée par des poussières.

par des tambours à palettes hélicoïdales qui le remontent en le projetant avec force sur les parois perforées d'un cylindre.

Après tous ces traitements, le blé propre, séché aux colonnes sèches à l'air chaud, s'il est trop humide, ou conditionné après mouillage dans des appareils appelés conditionneurs, où il descend en cascade sur des éléments de radiateurs chauffés à l'eau chaude vers 45°, dans le cas où il est sec, est envoyé dans des boisseaux ou silos de repos.

Le conditionnement a pour but de donner à l'enveloppe corticale du grain le maximum de souplesse et d'élasticité tout en conservant la friabilité de l'amande. Il est évident que, si l'amande et l'enveloppe sont également cassantes, les opérations de mouture réduiront en poudre, non seulement l'amande, mais encore les sons, et que la poudre obtenue n'aura qu'un rapport lointain avec la farine telle que nous l'avons définie. Un mouillage ménagé, ainsi que le conditionnement à chaud ou à froid, ont pour effet d'assouplir les téguments de l'enveloppe des grains, sans augmenter sensiblement l'humidité de l'amande ou au moins sans diminuer sa friabilité.

La mouture du blé : le broyage du grain

Le blé nettoyé et conditionné entre au moulin et est distribué en nappe réglée entre les cylindres du premier broyeur. Ces cylindres, en fonte aciée, sont incisés de cannelures tranchantes (fig. 3) non pas parallèles aux génératrices des cylindres, mais inclinés de 15° environ sur ces génératrices. Le parallélisme des cylindres est réglé, ainsi que leur écartement, selon le calibre moyen du blé à moudre. Le grain de blé engagé dans l'intervalle des cylindres, lesquels

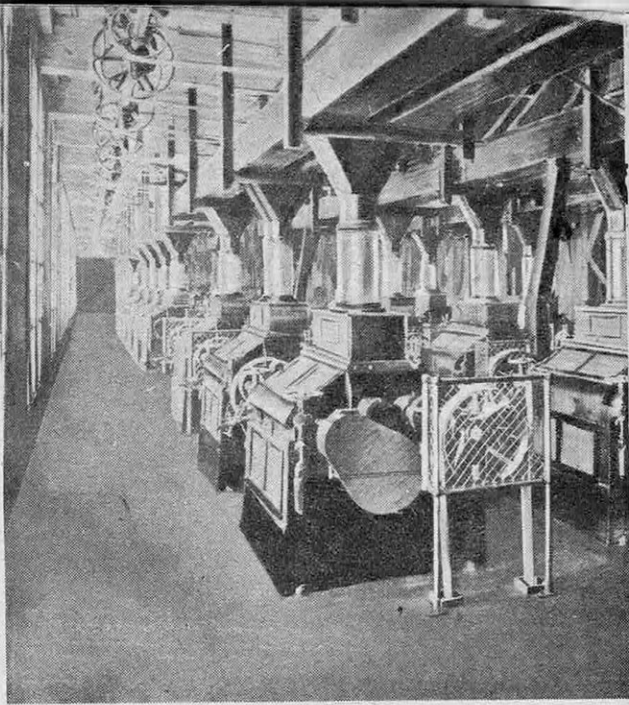


FIG. 5. — LA SALLE DES CONVERTISSEURS DES GRANDS MOULINS DE PARIS

Dans les convertisseurs, les semoules sont écrasées entre des cylindres lisses et transformées en farine.

tourment à des vitesses différentes, l'un effectuant sa rotation deux ou trois fois plus vite que l'autre, est coincé entre les cannelures opposées. Dans l'instant très bref de son passage, considérons le cylindre lent comme immobile par rapport au cylindre rapide : le grain immobilisé par la cannelure lente reçoit le coup de cisaille de la cannelure rapide, qui l'ouvre suivant sa ligne de résistance minimum, c'est-à-dire le long du sillon du grain. Le passage de ces fragments au point de rapprochement des génératrices des cylindres achève la rupture. Ce passage a pour résultat la production de gros fragments qui ne laissent échapper qu'une très petite quantité de farine.

Le tout est bluté sur un jeu de tamis métalliques de large ouverture, et de tamis de soie plus serrés. La faible proportion de farine obtenue provenant de la rupture du grain et du frottement des fragments sur les tamis est immédiatement dirigée sur la chambre à farine.

Les fragments sont traités par un deuxième broyeur semblable au premier, mais dont les cannelures plus fines et l'écartement plus réduit sont en rapport avec leur grosseur.

Un troisième, un quatrième, souvent un cinquième, quelquefois un sixième broyeur poursuivent le même travail.

La farine, toujours retirée après chaque broyage, représente un quart environ de la farine extractible ; les trois autres quarts se trouvent encore à l'état de gruaux ou semoules, qui ne sont autres que les fragments, de grosseurs diverses, de l'amande, fournis par l'ensemble du broyage.

Ces semoules sont alors classées par ordre de calibre, au moyen de tamis (fig. 4) et, dans chaque calibre, en semoules blanches, provenant de l'amande farineuse, et en semoules « vêtues » ou « habillées », ainsi nommées parce qu'elles sont adhérentes à des particules de l'enveloppe, considérée comme vêtement de

l'amande. La séparation des blanches et des vêtues se fait en utilisant leur différence de densité par l'opération du sassage. Le sassage procède par secousses longitudinales sur des tamis traversés par un courant d'air. Le courant d'air est réglé de façon à soulever les produits les moins denses sans soulever les plus denses. C'est le rôle des convertisseurs (fig. 5) de réduire ces semoules en farine.

Les convertisseurs sont analogues aux broyeurs, mais ne comportent pas de cannelures ; ce sont des cylindres lisses et rapprochés en fonction de la pression à exercer sur les semoules traitées. Les deux cylindres d'un convertisseur sont animés de vitesses différentes.

Les semoules engagées entre eux subissent une pression et une friction. Les semoules blanches sont réduites en plaquettes de farine comprimée, facilement divisible sur les bluteries. Les semoules vêtues sont désagrégées par la pression et le frottement, et la bluterie sépare la farine et les débris d'amande encore adhérents à leurs débris d'enveloppe. On dispose ainsi après chaque passage d'un mélange de semoules blanches et de semoules vêtues qu'on sépare par le sasseur, et le « claquage » des semoules se poursuit jusqu'au terme fixé par l'introduction dans la farine de particules de son de plus en plus nombreuses.

Outre la farine, on obtient les « refus » de bluterie, résultant des séparations par grosseur, et les produits résultant des aspirations ménagées sur chaque appareil : farines basses, remoulages fins, gros, recoupettes fines, sons fins et gros sons.

Cette suite d'opérations est d'une grande souplesse et permet d'extraire la farine à un taux

quelconque, en ne séparant que les « passages » que l'on veut éliminer.

La boulangerie : préparation de la pâte

La transformation de la farine en pain est un exemple d'empirisme, mais d'un empirisme éprouvé par des siècles et même des millénaires.

Le pain de pâte fermentée date vraisemblablement de quatre mille ans, sinon davantage (chez les Hébreux et les Égyptiens). Les Romains ne le connaissaient que depuis le 1^{er} siècle avant J.-C.

La méthode de travail pratiquée jusqu'à la fin du XIX^e siècle a peu varié dans ses grandes lignes.

Le boulanger part d'un levain-chef, pâte fermentée d'une opération précédente, qu'il délaye dans l'eau du pétrin, pour l'incorporer à la farine.

Cette pâte ainsi obtenue est abandonnée à la fermentation. C'est le « levain de première » que l'on laisse fermenter pendant huit heures. Ce levain est pétri avec de l'eau et de la farine pour constituer, après une nouvelle fermentation, le « levain de seconde », lequel, après fermentation, sert, par addition de farine, d'eau et de sel, à préparer le levain « de tout point ».

C'est ce levain « de tout point » qui doit commencer en ferments la pâte de la journée. Ce travail est encore pratiqué, avec des variantes et surtout des simplifications, dans certaines régions de France, notamment en rafraîchissant les levains et la pâte avec de la levure pressée du commerce.

Depuis l'introduction en France de la levure de grains en 1867, remplacée vers 1920 par la levure de mélasse, la plupart des boulangers

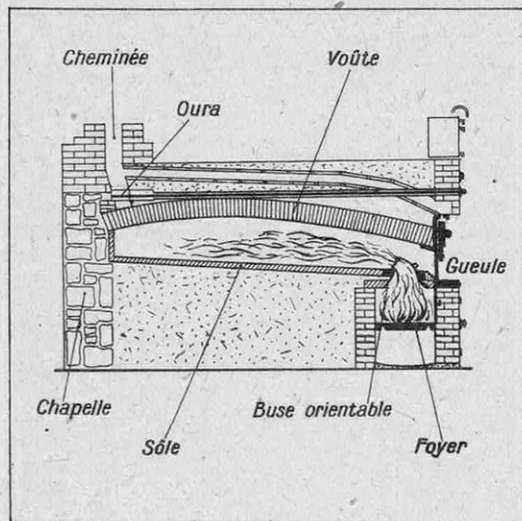


FIG. 6. — COUPE D'UN FOUR A GUEULARD OU BUSE ORIENTABLE

Le four est chauffé, avant la cuisson de la journée, par un feu de bois, de copeaux ou de charbon dont les flammes, orientées dans toutes les directions par la buse, viennent lécher les parois. Le tirage est réglé pendant la chauffe par des « ouras », registres fermant plus ou moins l'orifice de la cheminée. Quand le four est chaud, la buse est relevée et remplacée par un pot de fonte rempli d'eau qui contribue à produire la buée, les ouras étant alors fermés.

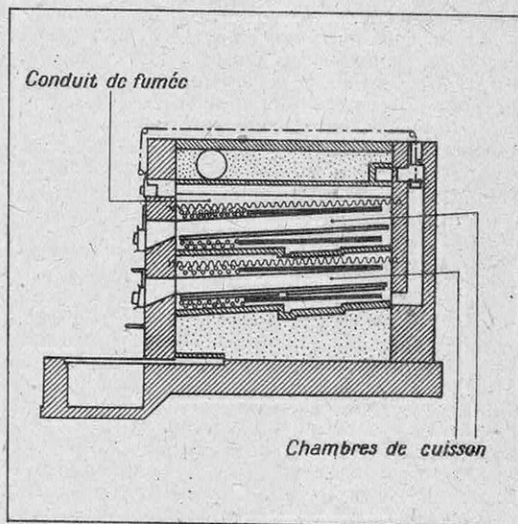


FIG. 7. — COUPE LONGITUDINALE D'UN FOUR CHAUFFÉ A LA VAPEUR

La chaleur du foyer est transportée aux chambres de cuisson par des jeux d'orgue de tubes capillaires hermétiques contenant de la vapeur d'eau à température très élevée (400° C). Il est possible de chauffer plusieurs chambres avec le même foyer, d'adapter les fours à divers modes de chauffage du foyer (charbon, mazout, gaz) et de réaliser des fours industriels à fonctionnement continu. Certains appareils permettent d'accélérer la combustion du mazout.

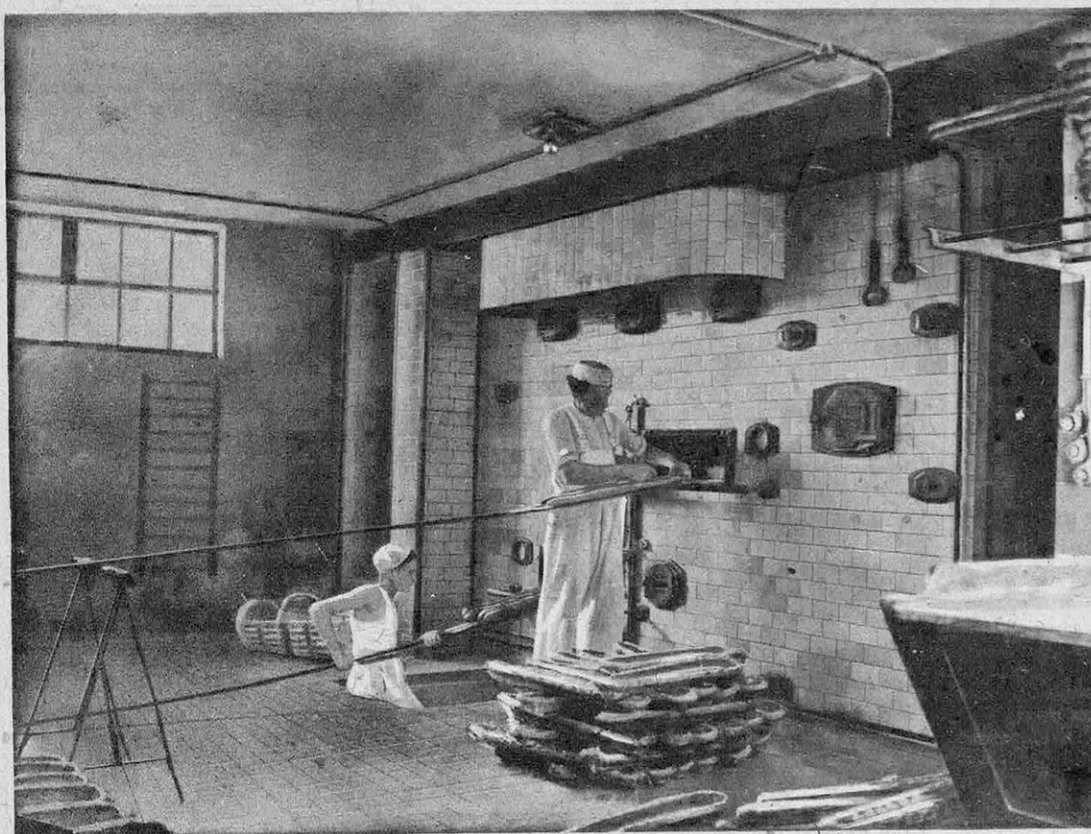


FIG. 8. — UN FOUR A VAPEUR ISAMBERT A DEUX ÉTAGES

Tandis que le « brigadier » donne des coups de lame aux pâtons avant d'enfourner à l'étage supérieur, un autre ouvrier défourne à la gueule du four inférieur.

ont abandonné le travail « sur levain de pâte » pour faire le « travail direct sur levure ».

Le fait que la levure pressée en pain de 500 g cultivée dans des usines appropriées, épurée des bactéries et ferments nuisibles à la fermentation alcoolique, est prête à agir immédiatement sur les éléments de la pâte à pain, dispense le boulanger de cette culture qui s'effectuait plus ou moins bien et avec des risques d'infection au sein des levains successifs.

La panification moderne consiste essentiellement à pétrir un mélange d'eau, de farine, de levure (0,5 à 1 % de la farine) et de sel (1,5 à 2 % de la farine).

Le pétrissage à bras a été remplacé à peu près partout par le pétrissage mécanique, après bien des résistances de la part des ouvriers boulangers, de certains consommateurs et de leurs médecins.

En travail direct, une pâte comporte, pour 100 g de farine, 55 à 65 g d'eau à une température telle que la pâte finie soit en équilibre avec l'atmosphère du fournil — ou de la chambre de fermentation quand elle existe — 0,5 à 1 g de levure pressée, et 1,7 g de sel (en moyenne).

Le pétrissage fini, on transvase la pâte dans une cuve en bois, où on laisse la fermentation s'effectuer.

Au bout d'un temps variable, l'ouvrier procède à la « rupture » de la pâte. Cette rupture

a pour but de chasser l'excès de gaz carbonique dégagé par la fermentation. Après cette opération, qui consiste à comprimer la pâte après l'avoir repliée, on la laisse repartir pour la deuxième fermentation. Au moment déterminé, au jugement du boulanger, par l'état physique de la pâte, sa consistance, son élasticité, sa fermeté, etc., la pâte est découpée en pâtons, pesés au poids convenant à la sorte de pain que l'on veut fabriquer. C'est l'opération du « découpage » suivie du façonnage ou « tourne ».

La tourne est, dans le travail de la pâte, l'opération la plus délicate. Chaque pâton, replié, roulé et très légèrement comprimé de façon à lui donner sa forme et sa longueur finales, est placé, soit dans les replis d'un tissu (mise en couches), soit dans des corbeilles spéciales entoilées appelées « bannetons » ou « pannetons ».

Une dernière phase de fermentation a lieu : c'est la « pousse » en bannetons, qui dure de quarante à soixante-quinze minutes selon les circonstances particulières de proportion de levure, de température, etc.

La cuisson

Les pâtons sont prêts à la cuisson, qui s'effectue soit dans les fours anciens où le bois est brûlé sur la sole, soit dans des fours où le combustible, bois, copeaux ou charbon est brûlé dans un foyer, les flammes s'échappant dans le four par

un gueulard ou buse orientable (fig. 6), soit dans des fours à gaz, à mazout, dans lesquels la flamme est projetée par des brûleurs dans tous les « quartiers » du four, soit enfin dans des fours à vapeur (fig. 7 et 8) constitués par des jeux d'orgue de tubes capillaires hermétiques et contenant de l'eau, noyés dans la sole du four d'une part et disposés contre la voûte, d'autre part.

L'extrémité libre de ces tubes est plongée dans un foyer latéral où l'on brûle du coke ou du charbon, le liquide vaporisé dans les tubes à très haute pression transmet la température de 300 à 400° dans l'ensemble du four.

Avant d'introduire les pâtons, on sature de vapeur d'eau l'atmosphère du four. Dans les anciens fours, on opérait par évaporation d'une gamelle d'eau placée dans un coin de la cavité, complétée par le balayage de la sole au moyen d'une serpillière emmanchée d'un bâton et trempée dans l'eau (ce balayage avait aussi pour but de nettoyer la sole des débris de braise); dans les fours plus modernes, la « buée » est obtenue par la vaporisation d'eau envoyée par un gicleur sur une plaque de fer ou de fonte installée dans le four. De tous ces systèmes, seul le four à vapeur est continu et ne nécessite pas de réchauffage après chaque fournée.

Avant d'introduire les pâtons dans le four, au moyen des pelles en bois de frêne, le « brigadier » donne les coups de lame qui provoqueront, par éclatement de la pâte, au four, les grignes, les croix, les quadrillages divers des pains longs, des « saucissons », des boules, des « pains polka », etc.

Bien entendu, chaque région, géographiquement et ethniquement délimitée, apporte des modifications au travail tel qu'il vient d'être décrit, mais la marche générale du travail direct est toujours : pétrissage et ensemencement de la pâte par la levure, fermentation ou pointage, reprise de la pâte après une compression ménagée, fermentation, découpage et tourne, pousse en bannetons, cuisson.

Les boulangeries industrielles

Il existe quelques boulangeries conçues sur le plan industriel. Dans ce cas, il est essentiel de contrôler les circonstances qui déterminent les temps de fermentation, car le travail industriel est minuté et les opérations doivent se suivre sans interruption.

Voici un schéma de fabrication industrielle (boulangerie de l'Assistance publique de Paris) : Une batterie de pétrins de grande capacité à

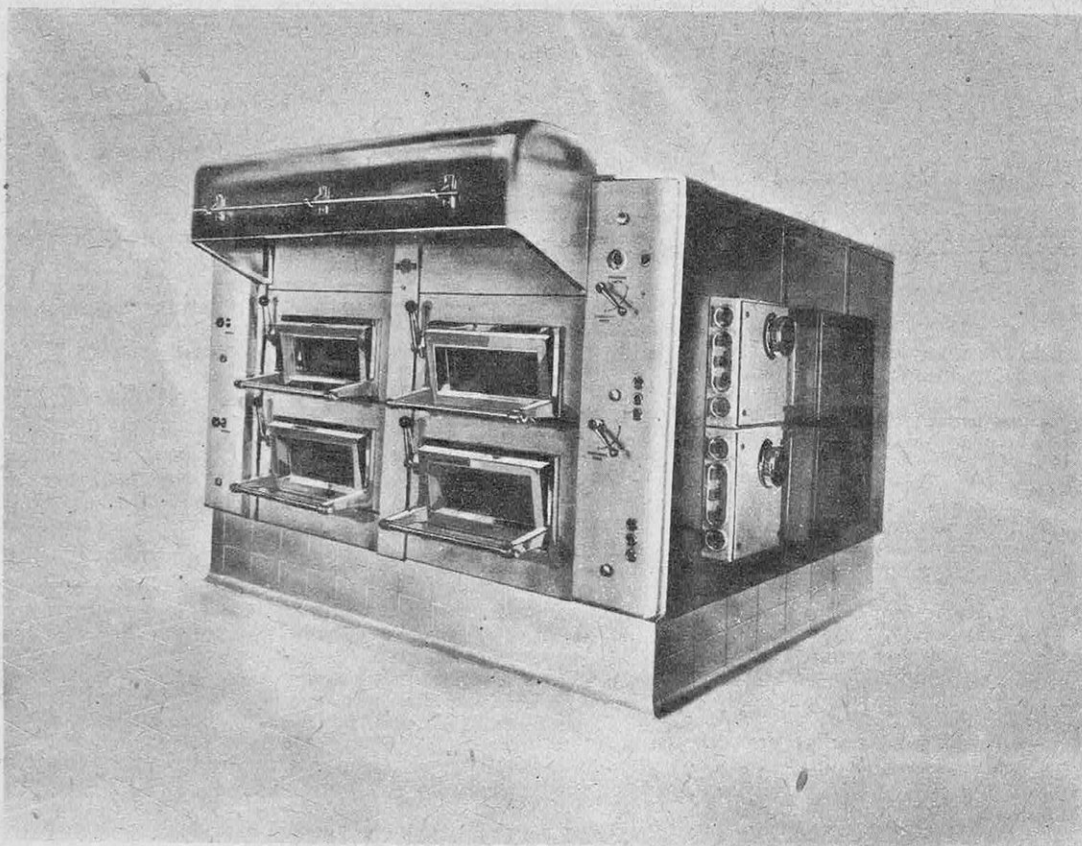


FIG. 9. — UN FOUR MODERNE DE BOULANGERIE A CHAUFFAGE ÉLECTRIQUE DIRECT (THOMSON-HOUSTON)

Dans ce four, la chaleur nécessaire à la cuisson, au lieu d'être accumulée dans une masse réfractaire, est fournie au fur et à mesure des besoins par des résistances électriques. Dans ce four, pratiquement dépourvu d'inertie thermique, la cuisson s'effectue en trois temps : dilatation rapide de la masse pâteuse par expansion des gaz qu'elle contient; cuisson à cœur de la mie; fixation définitive du volume maximum par coagulation des protéines de la croûte et caramélisation des glucides de la surface.

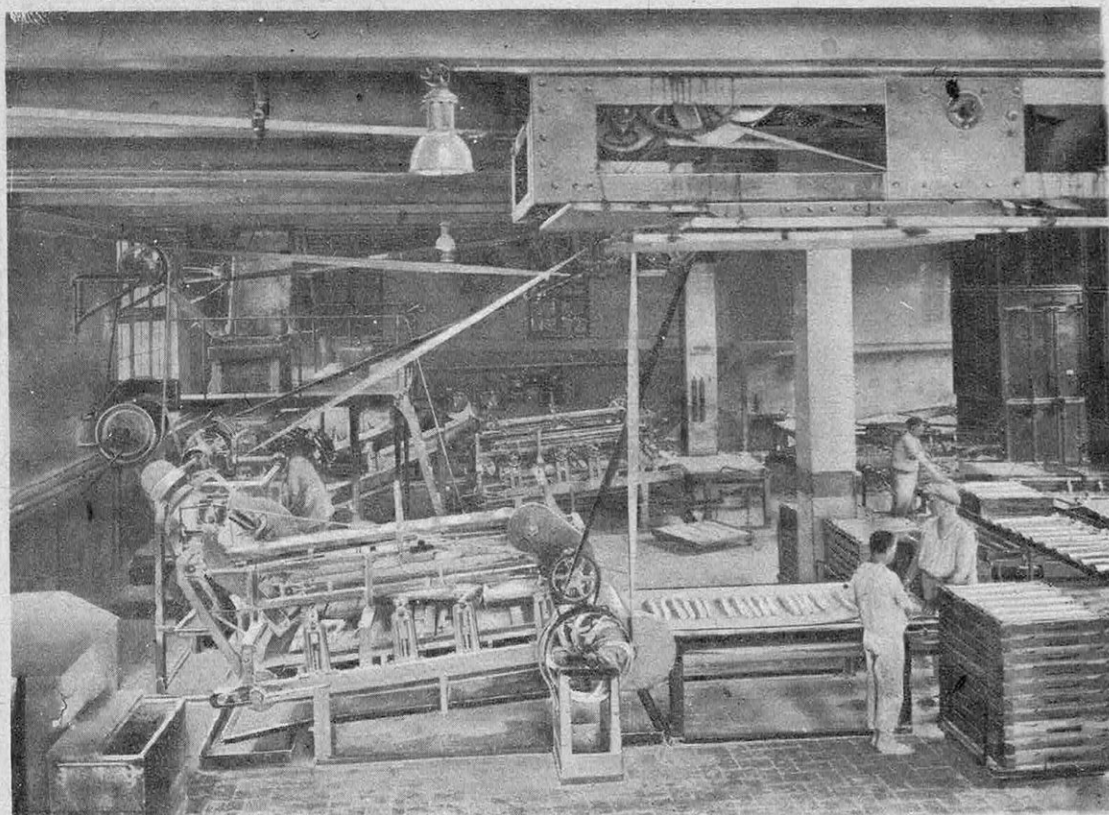


FIG. 10. — LE FAÇONNAGE MÉCANIQUE DE LA PÂTE À LA BOULANGERIE DE L'ASSISTANCE PUBLIQUE

cuves mobiles, montées sur chariots, est alimentée par une trémie à farine, à pesage automatique, une arrivée d'eau chaude à température réglée, un délayage de levure et une solution salée, préparés d'avance.

Après le pétrissage, la cuve est détachée du bâti et son chariot attelé à une chaîne sans fin, effectuant un tour dans un temps fixé d'après la température ambiante et les facteurs non mesurables qu'apprécie le chef-boulangier.

Au bout de ce temps, la cuve se présente à un point de la chaîne où elle est détachée et basculée dans une trémie à glissière. Un appareil de découpage et une machine à tourner allongent les pâtons à la forme et à la dimension requises (fig. 10). Ces pâtons sont disposés, toujours automatiquement, dans des bannetons, portés par des plateaux rectangulaires.

Ces plateaux prennent place sur les supports d'une chaîne verticale disposée dans une construction fermée, constituant une chambre de fermentation, et dont la température est réglée. La vitesse de la chaîne détermine la durée de la « pousse », selon les circonstances.

Au bas de la partie descendante de la chaîne, les plateaux, roulant sur des galets, sont présentés à la bouche du four ; un levier permet de basculer les pâtons sur la sole mobile qui les introduit dans un four-tunnel, après que les « brigadiers » ont donné les « coups de lame », seule opération manuelle, irréalisable mécaniquement.

La durée de la cuisson détermine la vitesse de la sole, constituée par des éléments métalliques articulés, recouverts de carreaux de terre réfractaire.

Il est évident qu'ici seul un chauffage continu (vapeur, électricité) peut convenir.

La cuisson terminée, la sole déverse les pains à la sortie du tunnel (fig. 11) sur un plan incliné garni de rouleaux ; ils sont recueillis dans des chariots et disposés sur des grilles mobiles pour le refroidissement dans la panneterie.

Pain blanc ou pain complet ?

Depuis quelques années, on a extrait du blé un produit n'ayant de commun avec la farine que le nom. Nous avons connu successivement la farine à 82 %, à 85, 90, 98 % pour revenir à 95 %, redescendre à 92 % et revenir enfin depuis quelques mois à 80 et 85 %, puis à Paris, en 1947, à 90 à 95 %.

Ces variations, qui ne s'inspiraient pas toujours de considérations d'hygiène alimentaire (le ballast que constitue le son a le mérite essentiel pour le ravitaillement d'ajouter un poids à la ration), ont ranimé la controverse séculaire entre les partisans du pain blanc et ceux du pain bis ou complet. On peut regretter que les thèses aient été parfois soutenues en France avec plus de passion que de compétence et qu'on n'ait pas profité, comme on l'a fait dans d'autres pays, de l'occasion qu'offraient ces multiples expériences pour étudier les effets sur l'organisme humain

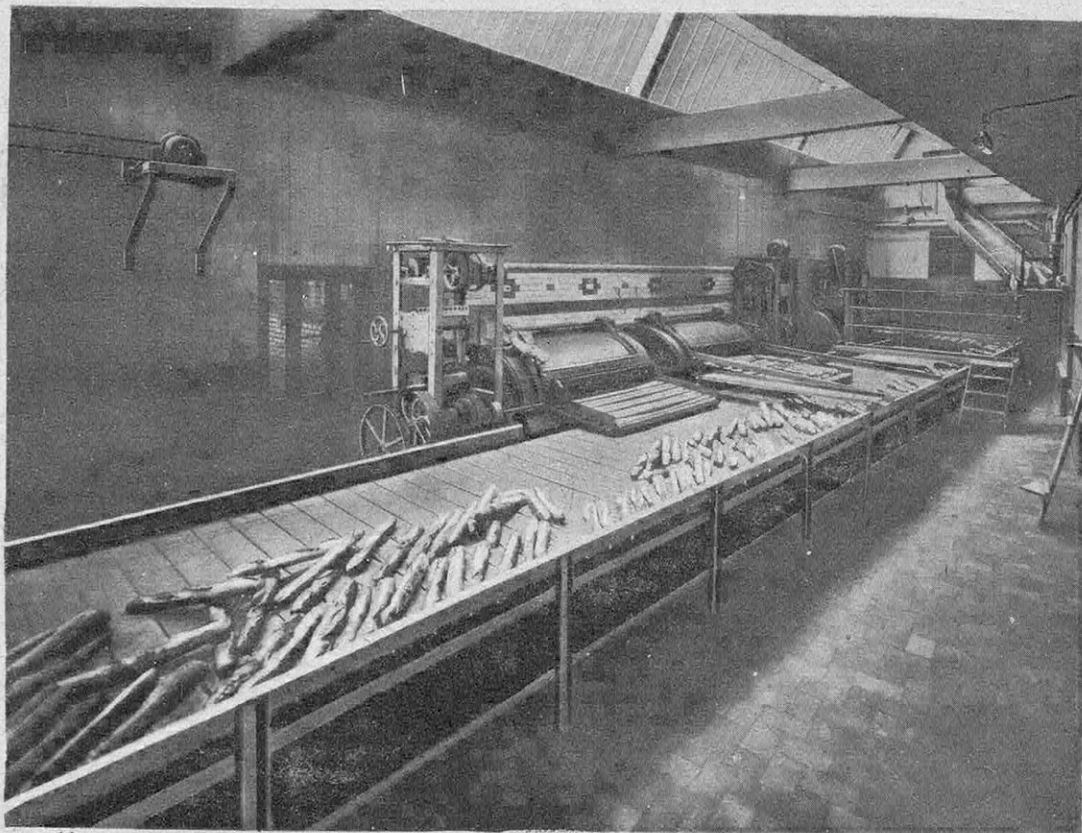


FIG. 11. — LES PAINS SONT DÉFOURNÉS AUTOMATIQUEMENT DU FOUR-TUNNEL OU LA CUISSON S'EFFECTUE DE FAÇON CONTINUE (BOULANGERIE DE L'ASSISTANCE PUBLIQUE)

des différentes sortes de pain produites avec des farines plus ou moins purifiées.

Essayons de voir clair, objectivement, en nous fondant sur les connaissances chimiques et biologiques acquises depuis Parmentier et plus particulièrement sur les recherches effectuées en Angleterre pendant la guerre.

Tout d'abord, demandons-nous si le grain de blé est un aliment complet. Chimiquement, il se compose, *grosso modo*, de 15 % d'eau, 10 % de protéines, 72 % de matières amylacées ou sucrées, 1,5 à 2 % de matières grasses, 2 % de cellulose, 1,5 à 2 % de matières minérales. Les matières minérales comportent une forte proportion de potassium et de phosphore, du magnésium, du calcium, du sodium et des « oligoéléments », manganèse, fer, cuivre, présents à des doses extrêmement faibles et dont l'action encore mal connue est vraisemblablement catalytique.

Le calcium est en proportion minime, et le rapport calcium-phosphore est faible (0,25 environ).

Le grain contient des vitamines du groupe B, qui jouent un rôle important dans le métabolisme des glucides (amidon, sucres) et dans l'équilibre général des fonctions physiologiques, et des vitamines E antistérilitiques, pratiquement pas de vitamines C et D, mais une faible quantité de provitamines A (carotène) transformables en vitamines A dans l'organisme.

Si l'on définit l'aliment complet par le fait qu'il suffit à assurer la vie, c'est-à-dire à reconstituer les tissus usés, à fournir les éléments d'entretien, et à en permettre l'assimilation, on est obligé de constater que le blé est déficient en graisses, en calcium, qu'il est privé de vitamines A, C et D. De plus, l'azote s'y présente sous une forme qui ne comporte pas certains acides aminés indispensables à l'économie humaine.

Il est évident, en conséquence, que le pain de blé entier et, *a fortiori*, le pain blanc ne sont pas des aliments complets. Il ne faut donc considérer le pain que comme un aliment de base qui doit être complété par des sources de protéines plus satisfaisantes comme la viande, le lait et des dérivés qui apportent au surplus les graisses et les vitamines A et D, et par des végétaux abondants en vitamines C.

Le pain bis, abondant en débris de péricarpe, se trouve enrichi en azote et en huile pour une très faible part, enfin en matières minérales. Parmi ces matières minérales, on trouve de la potasse, du manganèse, du fer, du phosphore et de nombreux oligoéléments. Le pain complet renferme également une plus forte teneur en vitamines du groupe B, et en vitamine liposoluble E antistérilitique, que recèle principalement le germe de blé.

Par contre, la présence d'un excès de cellulose et de divers produits indigestibles dans la farine

TAUX d'extraction	FARINE	PAIN	ISSUES	LAIT	PORC	BŒUF	BEURRE	GRAISSE de porc
%	kg	kg	kg	l	kg	kg	kg	kg
100	100	139						
85	85	114	15	10,7	2,300	1,200	0,375	0,550
82	82	109	18	13,6	2,900	1,500	0,475	0,700
80	80	105	20	15,0	3,400	1,800	0,525	0,850
75	75	95	25	21,5	4,500	2,300	0,752	1,150

FIG. 12. — PRODUITS ALIMENTAIRES OBTENUS A PARTIR DE 100 KG DE BLÉ SUIVANT LE TAUX D'EXTRACTION DE LA FARINE PRODUITE

ne va pas sans inconvénients : la farine insuffisamment purifiée donne un pain compact, de faible porosité, à forte rétention d'eau, dans lequel la cellulose indigestible nuit à l'assimilation complète de la ration en provoquant son évacuation anticipée par stimulation du péristaltisme intestinal. De plus, pour certains composés minéraux tels que le phosphore, le gain que révèle un dosage de l'élément étudié est purement apparent et, dans la réalité, se traduit au contraire par un déficit, en raison de la nature des combinaisons où il se trouve engagé, et dans lesquelles il peut devenir inassimilable par l'organisme humain.

C'est ainsi que, si la farine bise ou complète présente une teneur élevée en phosphore, ce phosphore est sous la forme phytique. Les radicaux phosphoriques de l'acide phytique (hexaphosphorique) se combinent avec le calcium, le magnésium, le fer et forment avec ces métaux des combinaisons insolubles. Ces éléments se trouvent donc perdus pour la réfection de l'organisme, ce qui provoque les cas de rachitisme observés après ingestion continue de farines à taux d'extraction élevé.

Dans le pain de farine blanche, le taux de calcium est trois ou quatre fois plus faible que celui du phosphore. Le rapport est égal à 0,25 ou à 0,30 ; il est assez faible, mais il ne comporte pas d'acide phytique et le calcium est entièrement assimilable.

Au contraire, dans le pain bis ou complet, la teneur en calcium est plus élevée, mais la plus grande partie du phosphore (70 à 75 %) est sous forme phytique. Il en résulte un rapport calcium-phosphore phytique de valeur faible et, par la suite, le pain devient rachitigène.

Dans le blé, le remède est à côté du mal, car un ferment soluble, la phytase, décompose dans certaines conditions biologiques l'acide phytique. Mais, la durée de la fermentation, étant d'autant plus réduite que la farine est plus riche en son (1), une partie seulement de l'acide phytique est détruite, et une faible proportion de calcium, de magnésium et de fer, est insolubilisée par la phytine intacte. La destruction de l'acide phytique par la fermentation étant insuffisante, on a cherché une autre solution consistant à ajouter du calcium à la farine, en quantité suffisante pour neutraliser l'acide phytique. Parmi les sels de calcium, le choix s'est porté sur le carbonate de calcium, la craie, purifiée bien entendu, qui ne perturbe pas la marche normale de la fer-

(1) Avec une farine riche en son on doit abrégier la fermentation de la pâte pour éviter des fermentations nuisibles à la qualité du pain.

mentation. L'addition de calcium nécessaire est de l'ordre de 0,1 à 0,2 %, soit moins de 2 g de carbonate par kilogramme de pain.

Les recherches britanniques ont également porté sur la teneur en vitamine B, dans les différentes parties du grain de blé. En Angleterre, dès 1942, le Dr Hinton a réussi à localiser la vitamine B dans le tégument qui sépare l'embryon ou germe de l'amande farineuse, et qu'on appelle le *scutellum* (fig. 1) (*scutellum* signifie étymologiquement « bouclier » et s'applique au tégument qui protège le germe). Ce *scutellum*, qui ne représente que 1 % du grain de blé, retient la moitié de la vitamine B₁ du blé. Le problème à résoudre consiste à incorporer le *scutellum* dans la farine, sans pour cela l'enrichir exagérément en cellulose.

Pour obtenir ce résultat, les meuniers britanniques bouleversent la théorie de la progressivité de la réduction du grain, à partir du premier broyeur. Le serrage des cylindres des premiers passages est beaucoup plus accentué, ce qui a pour effet la pulvérisation, en même temps que celle du *scutellum*, d'une partie de l'assise protéique et, par suite, à équivalence de rendement final, donne une farine un peu moins blanche.

Mais cette farine un peu moins blanche que la farine que nous consommons avant guerre est cependant presque aussi abondante en vitamines que les farines que nous avons connues depuis 1940. On arrive ainsi à 80 % de la vitamine B₁ totale du blé.

Nous avons vu que la presque totalité de la vitamine E est contenue dans le germe du grain. Dans le grain de blé, le germe représente environ 1,5 %, soit 1 500 g par quintal. Au cours des opérations de mouture, telles que nous les avons décrites, il se trouve laminé, râpé, en même temps que les téguments de l'enveloppe constituant le son. Jamais ces débris n'ont été incorporés, en mouture normale, dans la farine blanche, malgré les affirmations de ceux qui, mal informés, prétendent que la farine « d'autrefois » en contenait. Elle n'en contenait, comme celle d'aujourd'hui, que dans la mesure où elle était bise, c'est-à-dire chargée en débris de son.

Depuis les progrès de la science alimentaire, on s'est avisé de la valeur particulière du germe et on s'est efforcé de le séparer à l'état pur, ce que certaines minoteries bien équipées parviennent à faire dans une proportion d'ailleurs assez minime (0,1 % du blé environ, soit 7 % du germe).

L'utilisation rationnelle du blé

Les biochimistes préconisent actuellement un

pain fait d'une farine comprenant : la totalité de l'amande farineuse, le *scutellum* où se trouve localisée la presque totalité de la vitamine B, et, autant que la technique meunière le permet, l'assise protéique, qu'il est impossible de séparer rigoureusement de l'enveloppe. La limite du taux d'extraction rationnel, c'est-à-dire la proportion de farine extraite de 100 kg de blé est donc déterminée par le moment où le gain de substances utiles (amande et assise protéique) est compensé par une trop forte introduction de débris celluloseux du péricarpe. On admet que la farine « pure » définie plus haut, correspond à 80 % d'extraction par les méthodes actuelles.

Si l'on considère la farine comme un aliment destiné à être complété, le point de vue est un peu différent. Le tableau ci-contre (fig. 12) montre ce que l'on peut obtenir, au choix, avec 100 kg de blé.

L'utilisation des issues pour l'alimentation du bétail peut produire simultanément lait et viande. Il est bien évident que, dans l'ensemble, le bilan se solde par une perte de substance provenant de la combustion organique de l'être vivant qu'est l'animal, perte pour l'économie humaine, mais qui retourne au cycle du carbone et de l'azote sous forme d'engrais naturels.

Du point de vue pratique, tout se résume à ceci :

En supposant que chaque homme dispose de 1 kg de blé par jour, quel est le régime à choisir parmi les suivants en vue d'assurer son alimentation dans les meilleures conditions :

- 1° 1 390 g de pain noir ;
- 2° 1 050 g de pain bis, 75 g de lait et 17 g de porc ; ou
- 3° 950 g de pain blanc, 100 g de lait et 23 g de porc ?

Il est admis que l'équilibre d'une alimentation rationnelle est obtenu par une variété d'aliments aussi grande que possible. Il semble, dans ces conditions, que le retour des issues au bétail assure cette variété, surtout si l'on ajoute aux éléments ci-dessus les aliments végétaux produits par l'utilisation de l'engrais animal à la culture des légumes.

Cette façon de concevoir le problème ne nous semble pas être une « vue de l'esprit », car nous ne connaissons pas d'exemple d'une population uniquement nourrie de pain et ayant subsisté, alors que la nourriture du peuple de France, pendant des siècles, a été constituée par la

soupe composée de pain et de légumes, d'un peu de lard et de produits laitiers.

Les succédanés de la farine de froment

En période de pénurie, on a cherché à utiliser d'autres céréales, ou d'autres farines, pour remédier à l'insuffisance des approvisionnements en froment.

Déjà en 1915, des expériences officielles d'addition de succédanés avaient eu lieu, organisées sous les auspices du ministre de l'Agriculture de l'époque, dans le but de déterminer la proportion possible de succédanés à ajouter à la farine panifiable. A cette époque, l'expression « farine panifiable » avait encore le sens de farine susceptible de produire un pain digne de ce nom, c'est-à-dire le produit obtenu par la cuisson d'une pâte fermentée, ayant acquis par cette fermentation une porosité, fixée par la coagulation des protéines par la chaleur, et telle que la surface offerte par le pain à l'action des liquides de la digestion soit considérablement augmentée par rapport à celle que présente la farine crue.

Depuis plusieurs années, cette notion semble avoir été perdue de vue : on a incorporé à la farine des céréales diverses; des légumineuses, et on parle aujourd'hui de tourteaux d'arachides.

Parmi les céréales secondaires, on trouve le seigle et l'orge, qui sont des graminées, comme le froment, et qui, en gros, ont une composition chimique assez voisine de celle du blé. Leur addition, dans les limites maxima indiquées par les

rapporteurs de la Commission d'expériences précitées, c'est-à-dire 10 %, n'a pas une influence très marquée sur la panification, ni sur la qualité du pain, surtout en ce qui concerne le seigle. Une addition plus massive de 20, 30 ou 40 %, a pour effet de réduire considérablement la légèreté et la porosité du pain.

Mais on ne s'est pas tenu à ces succédanés, quelquefois aussi rares que le blé lui-même ; on a eu recours à la farine de tourteaux de soja, laquelle résulte de la mouture des matières pulpeuses de la graine de soja, après l'extraction de ses 20 ou 25 % d'huile et, dans certaines régions, à la mouture grossière de la farine de maïs. Pour le maïs, la proportion d'addition était de 20, 40 et même 60 %.

Le soja (1) est une légumineuse, d'origine asiatique, riche en huile, en protéines, en matières minérales, no-

(1) Voir : « La plante aux cent usages : le soja » (Science et Vie, n° 276, juin 1940).

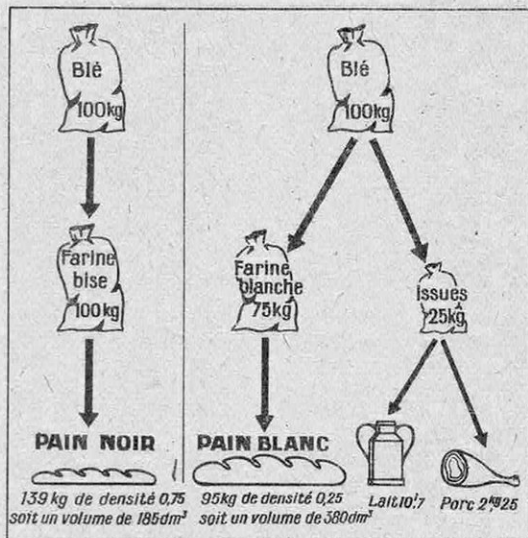


FIG. 13. — BILAN COMPARÉ DE L'UTILISATION DE 100 KG DE BLÉ SUIVANT QU'ON FABRIQUE DU PAIN NOIR OU DU PAIN BLANC

A gauche, la fabrication du pain noir, qui, contrairement à l'appellation de « complet » qu'on lui donne parfois, n'est pas un aliment complet, capable de fournir à l'organisme tous les principes qui lui sont nécessaires. Les 139 kg de pain se présentent sous un petit volume et sont incomplètement utilisés par le tube digestif à cause de l'excès de cellulose qui nuit à leur bonne digestibilité. Si, à droite, on laisse aux animaux le soin de digérer les issues, ils fournissent des éléments capables de constituer avec le pain une alimentation mieux équilibrée, et le pain lui-même, plus léger et plus agréable, est mieux assimilé.

tamment en calcium et en phosphore, et en vitamines diverses. Son addition à la farine constitue, du point de vue de la valeur alimentaire brute, un enrichissement; malheureusement, en proportion élevée, elle a l'inconvénient de tous les succédanés, et à un degré supérieur au seigle, par exemple, de nuire à la bonne marche de la fermentation panair et à la légèreté du pain, en lui apportant, au surplus, une saveur amère, peu appréciée.

Quant au maïs, non seulement, à dose élevée, il présente au maximum les inconvénients de tous les succédanés, mais, en dehors de sa masse, il n'apporte aucun élément, organique ou minéral, ou biologique, qui améliore le mélange; au contraire, son déséquilibre accentué en matières minérales concourt à aggraver celui de la farine de froment, et sa déficience en éléments biochimiques, en vitamines, réduit encore la valeur de la farine à ce point de vue.

Des expériences effectuées à l'École française de Meunerie ont montré que, jusqu'à 15 %, l'addition de maïs permettait d'obtenir un pain sinon bien développé, du moins d'une porosité acceptable en période de disette; au-dessus de ce taux, et surtout à plus de 50 %, l'examen des poubelles des grandes villes a mesuré la faveur dans laquelle était tenu le pain ainsi fabriqué.

Enfin, on a beaucoup parlé, depuis quelques mois, du pain à la pomme de terre; des expériences techniques ont été faites et les résultats, du point de vue de la qualité du pain, ont été encourageants; le pain à la pomme de terre a un aspect et une saveur agréables et une légèreté satisfaisante.

Dans quelles conditions peut-on faire du pain « à la pomme de terre » ?

On a essayé plusieurs méthodes; l'addition de féculé, l'addition de purée cuite et l'addition de pulpe râpée.

L'addition de féculé suppose une extraction préalable de ce produit, extraction qui constitue une véritable industrie, munie d'un outillage assez complexe, de râpes mécaniques, de tamis, de tables de décantation, tout un appareillage qui consomme de l'énergie mécanique et de l'énergie thermique (pour le séchage); on extrait

environ 20 % de féculé de la pomme de terre.

L'addition de purée cuite suppose une cuisson, un pressage et un refroidissement, et ne peut s'effectuer que dans la boulangerie, où le temps, l'espace et le matériel manquent le plus souvent; la préparation de cette purée à l'extérieur semble impraticable, à cause de la possibilité de fermentation de la pomme de terre avant son emploi.

L'addition de pulpe râpée, qui donne techniquement les meilleurs résultats, se heurte aux mêmes inconvénients; une pulpe préparée à l'extérieur dans des râperies devrait être employée dans le plus bref délai, faute de quoi des altérations se produiraient dans la masse de la pulpe; il semble difficile d'organiser un service de préparation et de distribution assez rapide pour éviter ces écueils.

Même en admettant qu'il soit possible de résoudre ces problèmes de distribution, une question domine: celle du prix de revient du pain.

En effet, 100 kg de tubercules propres ne renferment que 25 à 30 % de matières sèches, il faut donc multiplier par 3 ou 4 le prix du quintal de pommes de terre pour avoir celui du quintal de substance sèche utile; il convient d'ajouter à ce prix le montant des frais de râpage et de distribution. Il est donc probable, dans ces conditions, que le prix de vente du pain devrait être majoré. L'argument économique prend encore plus de valeur dans le cas de l'emploi de la féculé. Cet ensemble de difficultés techniques et économiques n'est pas de nature à permettre l'adoption du pain à la pomme de terre.

Pour conclure, les années de disette que nous avons connues depuis la guerre ont amené une régression de la qualité du pain, qui, à la longue, pourrait n'être pas sans danger pour la santé des Français. Il serait souhaitable que la question du blé et du pain soit reprise, non pas exclusivement du point de vue des producteurs de blé, de farine ou de pain, mais du point de vue de l'hygiéniste, soucieux de tirer le meilleur parti des ressources alimentaires réduites dont nous disposons.

G. DELAROUZÉE

Les physiciens de l'Université de Michigan ont entrepris la réalisation d'un *synchrotron* géant, d'un type spécial, dans lequel des électrons pourront être accélérés sous 300 millions de volts. Rappelons que la technique du *synchrotron* (1) s'inspire à la fois de celles du *cyclotron* et du *bêtatron*. Comme le *cyclotron*, il comporte une chambre vide d'air placée entre les pièces polaires d'un électroaimant, mais, au lieu de deux électrodes semi-circulaires qui communiquent aux particules des impulsions accélératrices lorsque ces particules passent de l'une à l'autre, il en comporte quatre d'un quart de cercle, connectées deux à deux. Alors que, dans les *synchrotrons* construits jusqu'ici, à quadrants juxtaposés, la trajectoire des électrons est pratiquement circulaire, dans celui de l'Université de Michigan elle consiste en deux demi-cercles où régnerait un champ magnétique, réunis par des sections droites sans champ magnétique. Sa forme ovale lui a valu le nom de *racetrack*. Les électrons effectuèrent ainsi, en 1/80^e de seconde, 425 000 tours, parcourant 3 700 km environ et atteignant une vitesse voisine de celle de la lumière, 297 000 km/s. L'énergie ainsi communiquée aux électrons est du même ordre que celle attribuée à la composante mésotonique des rayons cosmiques.

(1) Voir: « Les nouveaux engins accélérateurs de particules », *Science et Vie*, n° 346, juillet 1946.

LE FORAGE THERMIQUE

par E. ROMILLY

La combustion vive du fer dans l'oxygène est à la base du découpage au chalumeau, encore appelé oxycoupage. Elle a donné lieu, dernièrement, à une nouvelle application, celle du forage thermique des roches et du béton. Cette application est d'autant plus importante en ce moment que la destruction du mur de l'Atlantique exige qu'un grand nombre de fourneaux de mine soient creusés dans des épaisseurs parfois très importantes de béton armé dont les procédés mécaniques de forage (marteau pneumatique, trépan) ne pourraient venir à bout facilement.

Si on dirige la flamme d'un chalumeau oxyacétylénique à l'intérieur d'un tube d'acier doux jusqu'à ce que l'extrémité du tube par où sort la flamme soit portée au rouge, et si, alors, on coupe l'arrivée de l'acétylène, le fer brûle à cette extrémité et la surface intérieure du tube se couvre d'une couche d'oxyde de fer (1). Cette combustion vive du fer dans l'oxygène cesse bientôt, car, si la quantité de

chaleur dégagée est très grande, on ne brûle dans ces conditions qu'une petite quantité de fer et la chaleur se dissipe assez vite par rayonnement et conductibilité.

Il en est tout autrement si le tube est rempli de fils de fer : ils brûlent aussi et, si la vitesse et la pression du courant d'oxygène sont suffisantes, il se forme à la sortie du tube un jet de fines gouttelettes incandescentes d'oxyde de fer fondu.

Si, maintenant, on appuie l'extrémité chaude du tube contre une roche silicatée, les gouttelettes violemment projetées pénètrent dans les pores

(1) Oxyde des battitures et des croûtes de laminage, Fe_3O_4 .

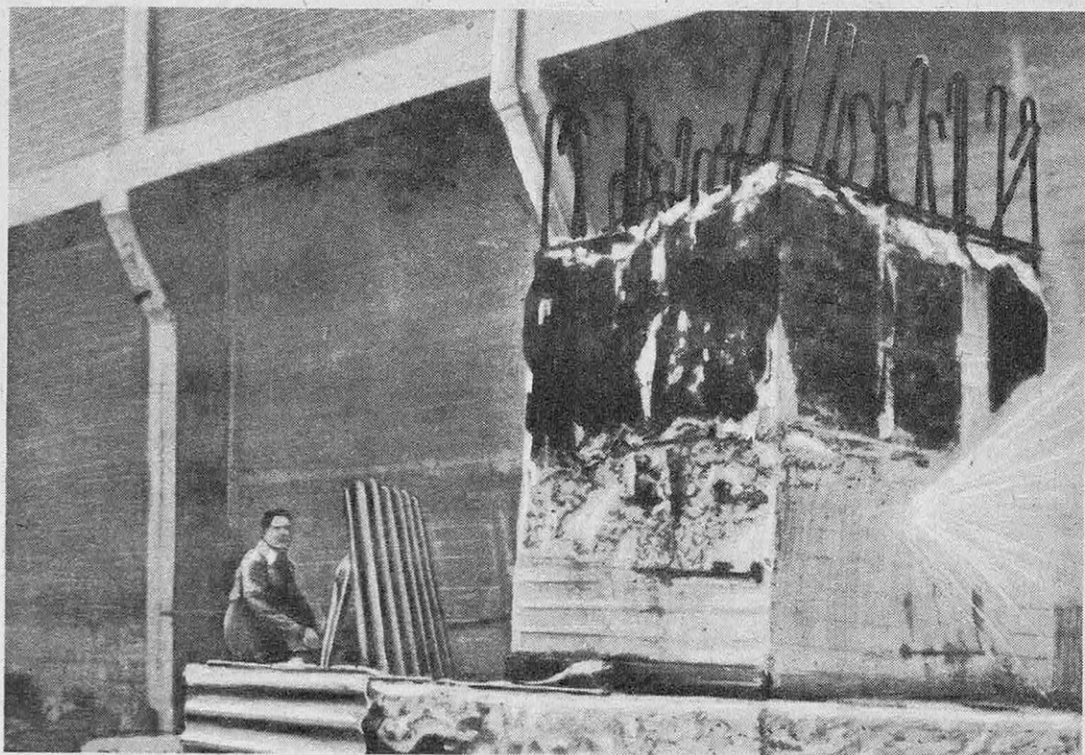


FIG. 1. — FORAGE HORIZONTAL D'UN BLOC DE BÉTON ARMÉ (L'AIR LIQUIDE)

Le tube de forage, tenu par l'ouvrier, vient juste de déboucher du bloc du côté opposé à l'entrée. La percée du trou, de 40 mm de diamètre, dans ce bloc épais de 1,55 m, a demandé trente minutes, dont quinze de travail effectif, le reste du temps ayant été employé à l'échange des tubes et à leur allumage, et a consommé 8 500 l d'oxygène et quatre tubes de 3/8 de pouce (9,5 mm) longs de 10 pieds, soit 17 kg de métal, y compris le bourrage de fil de fer.

ou les fissures de la roche et forment avec ses silicates alcalino-terreux (1) un polysilicate très fusible et plus ou moins fluide ; c'est un véritable « laitier ». Le tube d'acier pénètre alors dans la roche à mesure que son extrémité et les fils de fer brûlent, et il y fore un trou. En même temps, le tube diminue de longueur et le polysilicate fondu est refoulé dans l'espace annulaire compris entre le trou foré et le tube.

Tel est le principe du forage thermique. Il est analogue à celui du débouchage du trou de coulée des fours métallurgiques qu'on a fermé avec un tampon d'argile et sur lequel on appuie une barre dont l'extrémité a été chauffée au rouge. L'application du procédé a été mise au point par la Société L'Air Liquide, non pas tant pour forer les roches et les pierres naturelles que pour forer des trous dans les maçonneries de béton ou de brique. En effet, ces matériaux s'y prêtent très bien, car ils renferment les éléments nécessaires à la formation du polysilicate fusible.

Les polysilicates et la sidérurgie

Cette fusibilité des polysilicates était utilisée à l'âge du fer et récemment encore par les derniers primitifs, ainsi que dans la méthode catalane, premier stade de l'industrialisation de la sidérurgie. On obtenait ainsi directement du fer doux sous la forme d'une « loupe » de 80 à 90 kg, où les grains de fer étaient enrobés de scorie (le polysilicate fusible), et il suffisait de « cingler » la loupe au « martinet » pour expulser la scorie et obtenir un fer très doux, forgeable et soudable à lui-même. Il servait aussi, le cas échéant, à fabriquer des outils coupants qui étaient aciérés par cémentation. On voit encore d'anciens martinets de cette sorte aux Cabanes (Ariège), dans une usine qui est restée spécialisée dans la taillanderie.

La méthode catalane n'était applicable qu'à des minerais purs et très riches en fer ; son

(1) Les sels des métaux alcalino-terreux, le calcium surtout, entrent pour une proportion importante dans la composition des roches.

inconvenient, qui disparaît quand on passe par l'intermédiaire de la fonte obtenue dans le haut-fourneau, est la perte d'une fraction importante du fer contenu dans le minerai, qui passe dans la scorie. On retrouve cette scorie, en tas comme les terrils des charbonnages, dans les « ferrières » qui sont toujours situées au voisinage d'anciennes forges catalanes. Le mot ferrière se rencontre seul ou associé à d'autres mots dans le nom d'une soixantaine de localités en France (Ferrière, en Corse), ce qui témoigne de l'habileté et du nombre des Gaulois qui, à l'âge du fer en Europe, s'étaient adonnés à la métallurgie ; à l'époque proto-historique, ils étaient considérés comme les premiers sidérurgistes du monde connu alors. L'Escorial, près de Madrid, tient son nom d'une immense ferrière (*escorial*, amas de scories, de *escoria*, scorie) près de laquelle il a été construit.

La scorie des ferrières est souvent assez riche en fer pour qu'on puisse la récupérer en la passant au haut-fourneau. On l'a fait quelquefois en France quand l'importance, la proximité des ferrières et la pureté de leurs scories le justifiaient.

En prévision de la guerre qu'ils préparaient, les Allemands, dès l'avènement du national-socialisme, ont recherché les moyens d'éviter l'importation du minerai de fer riche de la Suède et de notre « minette » lorraine, les seuls qui fussent traités avec profit dans la Ruhr. On étudia donc le moyen de traiter les minerais très siliceux et pauvres en fer qui sont très abondants en Alsace ; mais ils étaient compliqués et très onéreux. Seul le procédé étudié par Krupp eut quelque succès. Inspiré de la méthode catalane, il sera sûrement abandonné, s'il ne l'est déjà, quand les relations commerciales de l'Allemagne avec l'étranger auront repris le cours normal qu'elles avaient avant 1934.

Le travail dans les mines

On voit immédiatement les avantages que présente le forage thermique sur les procédés mécaniques lorsqu'il s'agit de trous de mines, notamment pour les travaux au rocher, à ciel



FIG. 2. — UN FORTIN BÉTONNÉ DU « MUR DE L'ATLANTIQUE »

Ce fortin, situé au Havre, sur le quai de Southampton, donne une idée de l'importance des ouvrages construits par les Allemands. Certains de ces ouvrages, initialement épais de 3 m, ont été renforcés jusqu'à atteindre près de 6 m d'épaisseur.

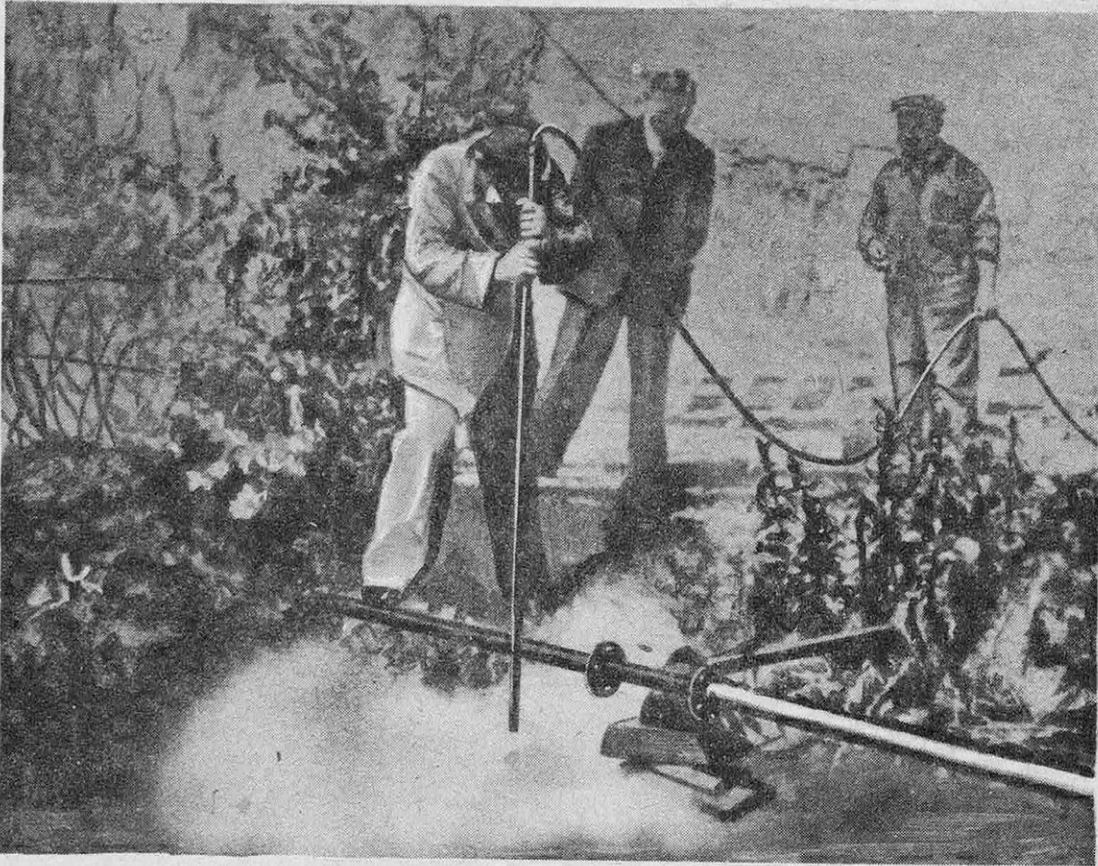


FIG. 3. — FORAGE VERTICAL SOUS L'EAU D'UN BLOC DE BÉTON (L'AIR LIQUIDE)

ouvert, en tunnel ou en galerie. En effet, les perforatrices pneumatiques — ce sont les plus employées — sont des machines lourdes et encombrantes qui doivent être amenées sur le front d'attaque, puis en être éloignées pour le tirage des mines ; leur fonctionnement exige une double canalisation, l'une d'air comprimé, moteur, et une autre d'eau, celle-ci pour abattre les poussières et ainsi prévenir la silicose chez les ouvriers, ce qui, d'ailleurs, ni les dispense pas toujours de porter un masque respiratoire. Enfin, il faut réaffûter fréquemment les fleurets ou les remplacer en cours de travail s'ils se sont brisés ; d'où une perte de temps et la nécessité d'un atelier de forgeage et de réaffûtage dans les installations du jour.

Si on recourt au forage thermique, le matériel à déplacer se réduit au chalumeau, à un porte-tube léger, à des bouteilles d'oxygène comprimé et à un manodétendeur, le tout peu encombrant et très maniable. Cependant l'expérience a enseigné que trois bouteilles d'oxygène sont nécessaires, car la détente rapide d'une grande quantité d'oxygène, indispensable pour assurer un débit suffisant, s'accompagne d'un refroidissement intense qui peut provoquer le givrage du détendeur et des robinets, d'où un arrêt du fonctionnement ; pour l'éviter, on dispose les trois bouteilles côte à côte sur un support et on puise dans chacune d'elles à tour de rôle.

Il va de soi que des roches qui, comme la craie, le marbre et certaines roches calcaires, ne renferment ni silicates ni silice, ne se prêtent pas au forage thermique et que, au contraire, celles qui renferment des silicates et un petit excès de silice sont celles qui s'y prêtent le mieux. C'est très fréquemment le cas. Les roches formées uniquement de silice ne s'y prêtent pas du tout, car la silice est très réfractaire. Cependant, on peut réussir à percer les premières en introduisant dans le tube un sable siliceux fin : il est projeté en même temps que les gouttelettes d'oxyde de fer et sa silice contribue à la formation de polysilicate fusible.

Le forage du béton

Le béton se prête admirablement au forage thermique malgré les agrégats gros et durs qu'il renferme et sur lesquels le fleuret des perforatrices s'émousse ou se brise. Les armatures, dans le cas du béton armé, ne gênent pas non plus : elles brûlent comme dans l'oxycoupage ; elles contribuent même à la formation d'un laitier plus fusible (fig. 1).

Récemment à Brentford (Angleterre), on a entrepris le forage des poutres d'un radier et d'un grand plancher en place dans lesquels, pour les renforcer, on voulait loger des poutres en béton à armature précontrainte. Leur accès était extrêmement difficile et on manquait du recul

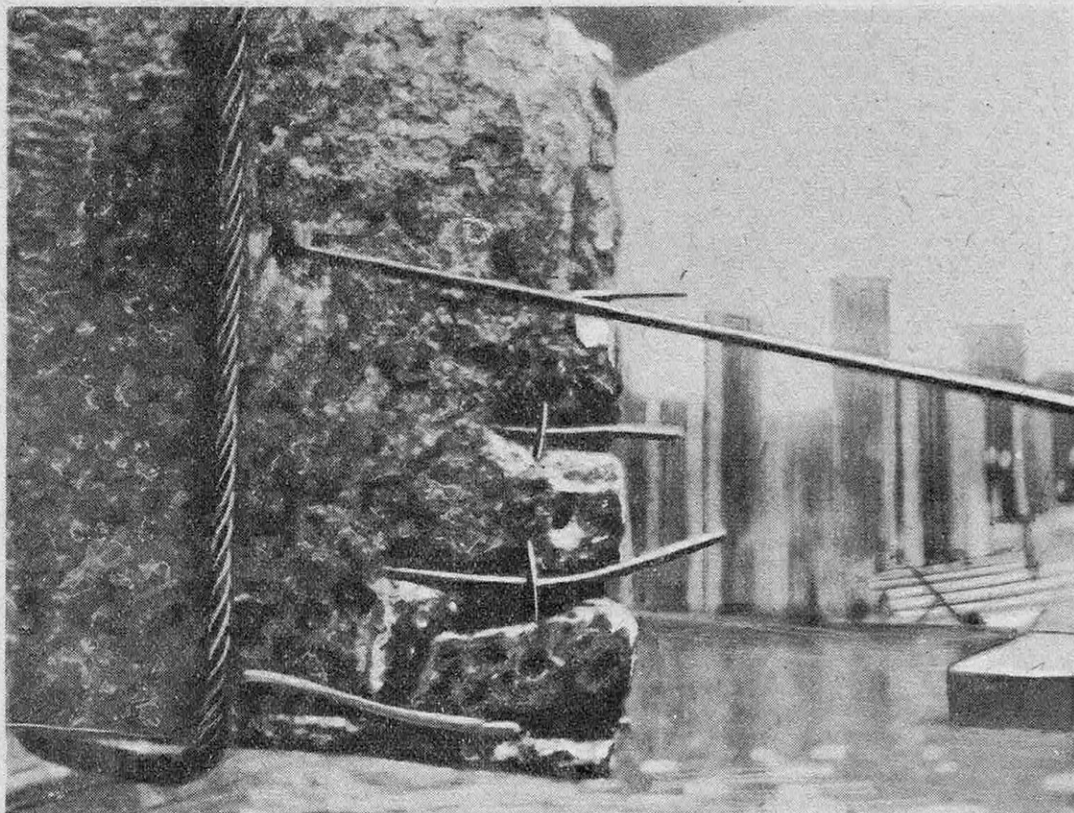


FIG. 4. — CE BLOC, REMONTÉ A LA GRUE, A ÉTÉ FORÉ HORIZONTALEMENT SOUS L'EAU A 3 M DE PROFONDEUR PAR UN SCAPHANDRIER (L'AIR LIQUIDE)

Le trou, de 32 mm de diamètre et dans lequel le tube de forage a été laissé, montrant ainsi son orifice, a été foré en dix minutes dans une épaisseur de 60 cm. La consommation a été de 6 000 l d'oxygène et 8,4 kg d'acier.

nécessaire pour pouvoir utiliser une perforatrice pneumatique ; or, il fallait percer de part en part, dans un cas, 1,80 m de béton armé et, dans l'autre, 3 m. Le forage thermique a parfaitement résolu le problème.

Par ce procédé, on pourra démolir facilement et à peu de frais certains ouvrages en béton armé du mur de l'Atlantique construit par les Allemands (fig. 2). On l'a déjà fait avec succès en Belgique, au Havre et à Saint-Nazaire pour des abris dont le toit et les murs avaient plus d'un mètre d'épaisseur. A Saint-Nazaire, dans un cas, tout autre procédé de destruction eût été impossible, car il y avait, toute proche, une torpille non éclatée.

Comment on procède pour effectuer un forage thermique

Pour forer un trou profond, ce qui oblige à consommer plusieurs tubes, on les visse bout à bout l'un sur l'autre quand celui qui est en avant arrive à la fin de sa longueur.

Dans les débuts, pour prémunir contre les brûlures par les gouttelettes de laitier qui giclent entre le tube et le béton l'ouvrier chargé de diriger le tube en combustion, on lui faisait revêtir une combinaison en tissu d'amiante. Depuis, on a reconnu qu'il était plus simple de placer un

écran mince en tôle d'acier ondulée à 50 cm du forage ; il suffit alors que l'ouvrier porte des gants d'amiante. La combinaison n'est nécessaire que s'il s'agit de trous borgnes très profonds et qui ne peuvent être forés de bas en haut, car il faut alors donner à l'oxygène une plus forte pression pour que le laitier soit refoulé hors du trou.

L'emploi du porte-tube assure le parallélisme quand on doit forer des trous parallèles, par exemple pour découper des blocs comme à Brentford.

Le forage thermique est beaucoup plus rapide et coûte moins cher que le forage mécanique. La dureté du matériau à forer importe peu. Dans le béton, on peut compter sur une vitesse de perforation de 15 cm/mn. On emploie des tubes à gaz du commerce de 12/17 mm, 15/21 mm ou 21/27 mm, exceptionnellement de 26/33 mm, d'une longueur comprise entre 0,90 et 3 m. Les fils de fer qu'on y bourre, de préférence en hélice allongée en laissant un vide dans l'axe du tube pour le libre passage de l'oxygène, ont un diamètre de 2 à 4 mm ; leur diamètre doit être choisi de façon qu'ils brûlent à la même vitesse que le tube.

Pour forer un trou de un mètre de profondeur et de 50 mm de diamètre, ce qui dure 11 mn, on consomme 7 m de tubes et 7500 l d'oxygène.

La pression de l'oxygène à l'entrée du tube doit être d'au moins 5 kg/cm², mais elle doit pouvoir être doublée dans le cas des trous borgnes profonds. Seule la moitié de l'oxygène consommé sert au forage proprement dit, l'autre moitié sert à évacuer le laitier par l'effet de sa pression.

La généralisation du procédé

Le même procédé peut servir à forer sous l'eau : un aide allume le tube et le passe à un scaphandrier qui effectue le travail. On peut aussi allumer sous l'eau en disposant, à la tête du tube, un détonateur que le scaphandrier frappe contre le matériau à forer. Le forage thermique sous l'eau a été employé avec succès pour démolir des

ouvrages de la base navale de Kiel en Allemagne, pour démolir une dalle en béton de 240 cm² de la nouvelle écluse du port de Dunkerque, pour réparer le canal Albert et les écluses d'Oolen en Belgique.

Depuis 1946, le procédé est en usage dans plusieurs carrières pour forer des trous de mines : carrières de marbre à Dieuport et de grès à Martinrive en Belgique, de grès associé à des schistes en Grande-Bretagne. On s'en est servi aussi en vue de renforcer, au moyen d'injection de ciment, les piles du viaduc de Shepton-Mallet en Angleterre et celles du viaduc de Rémory en Belgique.

E. ROMILLY

SCIENCE ET VIE

*publiera prochainement
un important*
NUMÉRO HORS SÉRIE

La Radio

- La Radio dans la vie moderne
- Des ondes longues aux ondes ultracourtes
- Tubes à vide
- Télécommunications
- Postes mobiles
- Radiodiffusion
- Télévision
- Radar
- Téléguidage
- Chauffage électronique
- Thérapeutique par ondes courtes

Plus de 190 pages

Retenez aujourd'hui ce numéro à tirage limité, qui vous sera adressé franco dès sa parution contre la somme de 120 francs (100 francs si vous êtes abonné). Indiquez le numéro de votre abonnement sur le talon du chèque postal. C. C. P. : 1258-63 Paris.

A CÔTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

LE BINAGE ASSIS

Les plantes sarclées en ligne donnent le maximum de produits alimentaires à l'hectare. Si toutes les plantes ne sont pas cultivées ainsi, c'est à cause des nombreuses « façons » à effectuer à la main pour planter ou éclaircir, biner (1) et récolter. En effet, on passe facilement une houe attelée dans des interlignes, mais non dans les intervalles entre plantes sur la ligne.

Pour les binages de la vigne, on possède, depuis un tiers de siècle, des bineuses attelées dites « interceps », dont la lame s'efface au passage de la souche grâce à un bras de butée qui lui est superposé un peu en avant, la lame étant ramené ensuite dans l'intervalle par un ressort. Il existe aussi des « interceps » dont l'effacement par rotation de la pièce travaillante est commandé par un des deux mancherons que tient le laboureur. Ce dispositif vient d'être appliqué en Angleterre sur des

(1) Le binage est la seconde « façon » donnée à la terre.

houes à deux ou trois intervalles (fig. 1).

L'attelage étant conduit par un charretier (c'est souvent un tracteur), les opérateurs consacrent leur attention aux plantes. Ils sont assis, ce qui rapproche leur œil du sol et libère leurs pieds comme leurs mains. Au passage au-dessus d'une plante, ils écartent les socs de chaque côté au moyen d'une pédale et les ramènent ensuite dans l'intervalle au moyen des mancherons. Il faut noter que les opérateurs sont à cheval sur la rangée et non sur l'intervalle, ce qui leur permet de voir les plantes par-dessus et de chaque côté à la fois.

Ce dispositif ne paraît pas convenir aux cultures trop rapprochées, comme la betterave à sucre.

LA VITAMINE E, LES ÉLÉPHANTS ET LES GRAISSES

Les principes actifs de la vitamine de reproduction E sont trois isomères (1) parfaitement définis, les toco-

phérols alpha, bêta et gamma. Leur extraction et leur synthèse sont assez faciles, et la matière première ne manque pas, car les trois tocophérols sont abondants, surtout dans l'huile du germe des céréales, les salades vertes, les graines oléagineuses, la banane, les agrumes, les graisses animales, le foie et les reins. Leur nom (du grec *tokos*, naissance, et *phéro*, je porte), vient de ce que leur absence, ou leur insuffisance, dans la ration alimentaire, provoque la stérilité.

Or, il y a seulement une dizaine d'années, la reproduction en captivité de certaines bêtes sauvages était considérée comme presque impossible, sans qu'on sût d'ailleurs exactement pour quelles raisons. Il n'y en a qu'une, l'absence ou l'insuffisance de vitamine E dans leur ration alimentaire.

Les tocophérols d'origine animale ayant toujours figuré plus ou moins dans la ration des carnivores, dans les ménageries, les zoos et les fermes d'animaux à fourrure, leur stérilité n'était pas absolue, notamment chez le lion et le renard. Mais il n'en était pas de même pour les herbivores.

Le problème était d'importance en ce qui concerne l'éléphant, qui est en voie d'extinction. C'est, comme on sait, une bête sauvage apprivoisée, mais non domestiquée. L'éléphanton ne peut être mis au travail qu'à seize ou dix-huit ans; l'adulte doit être traité au plus tard à soixante-cinq ans parce qu'au delà il est cacochyme et paresseux; l'apprivoisement dure plusieurs années et, dans l'année qui suit leur capture, 35 à 40 p. 100 des éléphants meurent de la nostalgie des grands espaces libres.

Quoique l'éléphanton tette pendant cinq ou six ans, il est donc avantageux qu'il naisse

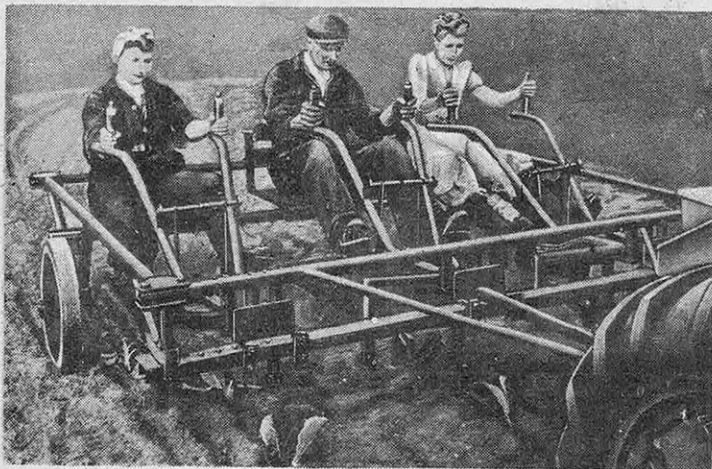


FIG. 1. — LA HOUE « INTERPLANTE » « RAPID-O » (WILD)

(1) On appelle ainsi des corps de même formule chimique brute, mais différant entre eux par les positions respectives de certains radicaux.

en captivité, car sa mère est son meilleur dresseur et le moins coûteux. Ces naissances sont maintenant plus fréquentes qu'autrefois ; on enregistre même assez souvent des jumeaux dans les parcs d'éléphants apprivoisés, et cela grâce à une alimentation rationnelle, plus riche en vitamine E. Au Congo, dans leur ferme d'élevage de Buta, les Belges, en procédant ainsi, auraient réussi à domestiquer vraiment l'éléphant d'Afrique, plus sauvage, plus vigoureux, mais aussi beaucoup moins intelligent que celui d'Asie.

Mais voici une autre application, beaucoup plus importante de la vitamine E. L'altération des matières grasses est un phénomène très général et qu'on retrouve dans les produits pétroliers (huiles de graissage ou pour transformateurs) et même les caoutchoucs. Son mécanisme est le même quoique d'une intensité différente : c'est une oxydation progressive par l'air. On sait maintenant qu'il s'agit d'une autocatalyse : il se forme, d'abord très lentement et seulement au bout de quelques jours, des peroxydes organiques qui sont des catalyseurs d'oxydation ; en s'accumulant peu à peu dans la matière grasse, ils accroissent de plus en plus sa vitesse d'oxydation ; celle-ci se traduit par le rancissement quand la matière grasse est d'origine organique.

En 1937, on a reconnu que, si les huiles végétales se conservent mieux que les graisses animales, c'est parce qu'elles renferment naturellement et en quantité appréciable des tocophérols. La vitamine de croissance A que renferment naturellement, et en plus ou moins grande quantité, toutes les matières grasses n'ayant subi aucun traitement, est très facilement oxydable. Or, la source principale, et la plus abondante, de vitamine A est l'huile de foie de poisson. C'est aussi, et de beaucoup, la plus altérable des matières grasses animales, et l'on a songé, pour sa conservation, à y ajouter de la vitamine E.

Comme l'a montré récemment M. L.-O. Boxton, de la National Oil Products Co., de Harrison (New-Jersey, U. S. A.), qui a opéré sur les huiles de foie de requin et de flétan, les plus altérables de toutes, c'est le tocophérol gamma qui est le plus actif ; le tocophérol bêta

l'est un peu moins ; l'isomère alpha est presque sans action. Ajoutés à la dose de 0,10 p. 100 les deux tocophérols actifs augmentent considérablement la stabilité de la vitamine A ; la lécithine végétale (celle du soja, par exemple), ajoutée à raison de 1 p. 100, l'exalte. Seule, elle est sans action. Aucune différence n'a été observée entre les tocophérols naturels ou synthétiques. Leur action est donc spécifique. On arrive ainsi à conserver dans les huiles étudiées jusqu'à 75 p. 100 de leur vitamine A après un mois d'exposition à l'air à la température de 35 degrés.

POUDREUSES ÉLECTRIQUES

LES poudreuses électriques ne doivent pas être confondues avec les poudreuses électrostatiques. Ces dernières utilisent des charges électriques pour précipiter les poudres sur les végétaux et les y faire adhérer, mais elles sont mues à la main ou par un moteur animé ou thermique. Au contraire, les poudreuses électriques sont des poudreuses ordinaires, mais mues électriquement. Elles présentent le grand intérêt de réduire considérablement la fatigue du travailleur et de lui laisser une entière liberté de manœuvre, d'où une amélioration du poufrage, accrue encore par la

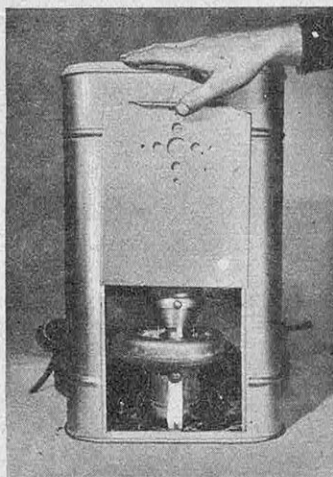


FIG. 3. — POUDREUSE ÉLECTRIQUE OUVERTE MONTRANT LE MOTEUR ET LA TURBINE SOUFFLANTE

puissance et la régularité du soufflage.

La principale difficulté réside dans le poids de l'équipement. Elle a été résolue par l'emploi, comme source d'énergie, d'accumulateurs légers au cadmium-nickel, pratiquement inusables et dont la recharge s'effectue sans surveillance sur un chargeur-redresseur du type courant, par l'adoption des alliages légers dans la construction de l'appareil, et d'un moteur électrique de dimensions réduites. Ce dernier développe 1/50 de cheval et tourne



FIG. 2. — POUDREUSE ÉLECTRIQUE EN MARCHÉ, ÉQUIPÉE D'UNE LANCE POUR LE TRAITEMENT DES ARBRES FRUITIERS

à 3 200 tours/mn en entraînant une turbine souffleuse. Le réservoir à poudre, d'une capacité de 10,6 l, subit des vibrations verticales assurant la descente de la poudre, dont le débit est réglé par des plaques perforées calibrées, interchangeables. La projection est puissante, fine et régulière. La durée de fonctionnement est de six heures.

L'ASSEMBLAGE DES MÉTAUX PAR RÉSINES ADHÉSIVES

Les techniques de la soudure et du rivetage, si perfectionnées soient-elles, ne peuvent être utilisées dans tous les cas pour l'assemblage de pièces métalliques. En construction aéronautique par exemple, on ne peut riveter des feuilles d'alliages légers sans donner lieu à des tensions internes, à des aspérités nuisibles au point de vue aérodynamique et difficilement éliminables, et à un alourdissement notable de la carlingue. La soudure permet certes d'éviter en partie ces inconvénients, mais elle est délicate à pratiquer et sujette à des risques divers, principalement dus à la distorsion du métal par la chaleur.

Il s'avérerait donc nécessaire de mettre au point une technique nouvelle d'assemblage des surfaces métalliques, qui donne un contact total et continu. De longues et minutieuses recherches, effectuées pendant la guerre en Grande-Bretagne et aux États-Unis, permettent aujourd'hui d'atteindre ce résultat grâce à l'emploi des *résines adhésives*.

Parmi les produits résineux qui peuvent être utilisés comme adhésifs pour métaux, les uns appartiennent au type phénol-formaldéhyde, d'autres sont à base de caoutchouc naturel ou synthétique (les premiers étant les plus durables). Avant l'application de la résine, les surfaces métalliques doivent être soigneusement nettoyées et débarrassées de toute matière grasse. Des surfaces légèrement rugueuses donnent une meilleure adhérence que des surfaces parfaitement lisses. La résine s'utilise à chaud et sous pression sous forme de poudre

et de liquide mélangés. On enduit les surfaces à assembler de liquide, puis on y répand de la poudre et on laisse le solvant s'évaporer pendant une durée variable de quelques minutes à vingt-quatre heures, selon la nature de la résine et la dimension des pièces. Celles-ci sont finalement assemblées par compression entre des plaques chauffées à la vapeur : la résine devient plastique et adhère aux surfaces métalliques de façon solide et durable.

Les résines adhésives s'emploient surtout en construction aéronautique, où elles sont en passe de détrôner le rivetage et la soudure par points. Mais leur emploi est également indiqué dans de nombreux cas où l'assemblage de feuilles métalliques pose des problèmes délicats.

LA LUMIÈRE DU SYNCHROTRON

TOUTE particule électrisée en mouvement constitue un émetteur d'ondes électromagnétiques ; des électrons rapides soumis à de fortes accélérations normales à leur vitesse doivent donc émettre de la lumière. Celle-ci a été mise en évidence pour la première fois avec le synchrotron de la General Electric Co. à Schenectady (États-Unis). Dans cet engin d'accélération, les électrons parcourent une orbite de 30 cm de rayon environ et atteignent une énergie de l'ordre de 70 millions d'électronvolts. Un observateur se plaçant face à l'anneau d'accélération aperçoit en plein jour la lumière émise sous la

forme d'un point brillant blanc, le cône lumineux étant tangent à l'orbite des électrons. Cette lumière est polarisée (son vecteur électrique est parallèle au plan de l'orbite électronique) ; elle disparaît si l'observateur intercale une plaque de polaroïd convenablement orientée. Du fait de cette émission électromagnétique, les électrons perdent de leur énergie et cette perte croissant rapidement avec la vitesse des électrons, il faudra sans doute prendre des précautions spéciales si on veut atteindre des énergies supérieures à 300 millions d'électronvolts.

LE BOIS LE PLUS LÉGER DU MONDE

Tous les constructeurs de modèles réduits d'avions font usage de balsa, le bois le plus léger du monde, qui mérite bien ce titre puisqu'il est deux fois plus léger que le liège. C'est de plus un excellent isolant, puisque 92 % de son volume se trouvent occupés par de l'air inclus dans des cellules étanches. Sa flottabilité est pratiquement indéfinie, car l'eau, eau de mer comprise, ne l'attaque pas. Le balsa a trouvé de larges applications, non seulement dans la fabrication des modèles réduits, mais dans l'isolement de chambres froides, de cabines d'avions ou de navires, dans la fabrication d'appareils de sauvetage, de skis nautiques, etc. Le balsa provient de l'arbre du même nom qui croît en Amérique du Sud dans une vaste zone allant des frontières du Mexique aux confins de la

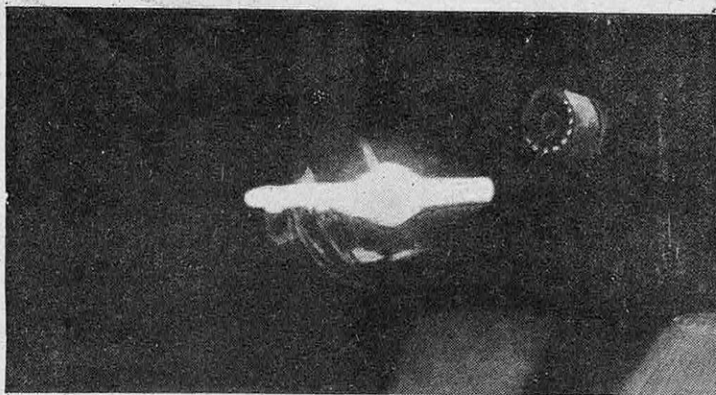


FIG. 4. — COMMENT APPARAÎT LA LUMIÈRE DU SYNCHROTRON

Bolivie. Sa croissance est très rapide. En six mois, le plant issu de la graine atteint 1,6 m et mesure 5 cm de diamètre. A 6 ou 7 ans, le tronc mesure 20 à 30 m de hauteur et 50 cm de diamètre et est bon pour l'abattage. Le bois est blanc-châtre, doux et soyeux au toucher, tendre et facile à rayer par l'ongle. Sa densité à sec est de 0,125 seulement. Sa conductibilité électrique est très faible. Il est mécaniquement peu résistant au choc, mais par contre relativement résistant, vu son poids, à la compression axiale.

NÉOPRÈNE ET TÉLÉPHONES « A SOUS »

LES postes d'appel téléphoniques fonctionnant par insertion d'un jeton sont extrêmement nombreux aux États-Unis, où ils sont utilisés très fréquemment par le public. Le jeton est, en l'occurrence, un « nickel », c'est-à-dire une pièce de 5 cents. On évalue à 5 000 en moyenne le nombre de ces pièces qui sont glissées en un an dans chaque appareil d'appel du réseau du Bell System. Or chacune de ces pièces laisse une trace imperceptible dans le conduit qui la guide, et ce dernier s'use rapidement. C'est pourquoi les Laboratoires Bell ont mis au point un revêtement à base de caoutchouc synthétique néoprène dont ces conduits sont garnis aux points particulièrement vulnérables, ceux où ils changent de direction. Bien que ce revêtement n'ait qu'entre 1 et 3 dixièmes de millimètre d'épaisseur, il est suffisant pour dissiper l'énergie du jeton dans sa chute et éviter l'usure anormale de l'appareil. Aux essais, on n'a pu mettre en évidence de détérioration du revêtement après insertion dans un conduit ainsi protégé de plus d'un million de « nickels ».

TABLE A DESSIN CYLINDRIQUE

LES dessins industriels présentent souvent des dimensions assez considérables pour nécessiter l'emploi de grandes planches bligeant le dessinateur à

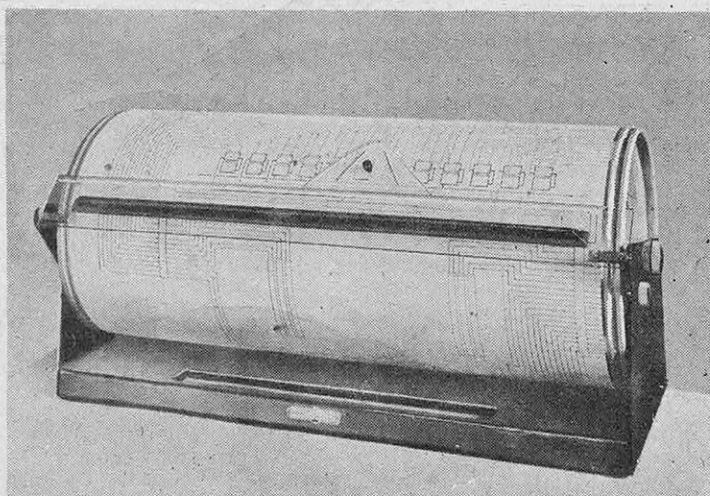


FIG. 5. — LA TABLE A DESSIN CYLINDRIQUE

des positions inconfortables. C'est pour obvier à cet inconvénient qu'a été mise au point en Angleterre la table à dessiner cylindrique représentée par la photographie de la figure 5.

Elle est plus particulièrement destinée à faciliter l'exécution de schémas de connexions électriques et de diagrammes où dominent les lignes droites, horizontales et verticales, mais peut être utilisée à d'autres travaux à cause du choix judicieux du diamètre du cylindre porte-papier qui constitue l'organe essentiel de l'instrument.

Il fallait, en effet, d'une part limiter au maximum l'encombrement de l'appareil, d'autre part lui donner une taille compatible avec les dimensions courantes des dessins et telle que la courbure de la surface cylindrique n'entraînât pas des distorsions sensibles pour le tracé d'une circonférence, par exemple, au moyen du compas. Le diamètre choisi est de 38 cm, ce qui correspond à une circonférence de 120 cm environ. Dans ces conditions, un cercle de 7,5 cm de diamètre peut être tracé au compas sans déformation apparente.

Comme on le voit sur la figure, le cylindre, fermé à ses deux extrémités, repose sur deux supports verticaux sur lesquels il peut tourner librement. Une des extrémités du cylindre porte une graduation qui facilite les mesures.

Une règle transparente, parallèle aux génératrices du

cylindre, repose dans deux encoches ménagées dans les supports verticaux, de sorte qu'elle peut être enlevée aisément. Enfin, une petite équerre à 45°, transparente, épousant la courbure de la surface cylindrique, complète l'instrument. Cette équerre porte également deux fentes inclinées à 60°.

La manière d'opérer est évidente. Les traits horizontaux sont tracés le long de la règle à l'emplacement déterminé par la graduation latérale; quant aux lignes perpendiculaires à ces dernières, elles s'obtiennent en maintenant la pointe du crayon dans une petite encoche ménagée au sommet de l'équerre, et en faisant tourner le cylindre au moyen du bouton moleté prévu à cet effet.

Ainsi, le dessinateur n'a pas à se déplacer pour atteindre toutes les parties de son travail, c'est ce dernier qui est amené à portée de sa main.

LE NOYAU DE L'ATOME, GOUTTE LIQUIDE OU CRISTAL ?

POUR expliquer les phénomènes de radioactivité et de « fission » (éclatement des atomes en plusieurs fragments de poids moyens) les théoriciens de la physique, à la suite de Bohr et Wheeler, avaient assimilé le noyau de

l'atome à une goutte liquide. Récemment, Winans, de l'Université de Wisconsin, a suggéré l'idée d'un noyau cristallisé, ayant ses protons à la surface. L'entrée d'une particule dans ce noyau aurait pour effet de le cliver suivant un plan. On n'aurait plus alors un phénomène d'évaporation, mais une rupture par clivage.

Ce nouveau modèle prête le

flanc à la critique (Davisson et Watson) du fait que les fragments issus de la fission de l'uranium par les neutrons possèdent le même rapport de la charge à la masse, ce qui s'explique par le modèle de la goutte et non par celui du cristal. Cependant, les fragments issus d'un clivage sont susceptibles de se réorganiser très rapidement et de présenter

ainsi à l'expérimentateur un rapport de la charge à la masse différent de celui existant au moment même de la fission. D'autre part, l'inégalité de masse des divers fragments de fission semble plus en accord avec la théorie du clivage qu'avec celle de la goutte liquide. Il appartiendra à l'expérience de départager les théoriciens.

V. RUBOR.

N. D. L. R. — Dans l'article « Du poli au superfini » paru dans notre n° 362, nous avons mentionné, parmi les abrasifs actuellement utilisés : l'alundur et le *crystolon*. Nous signalons à nos lecteurs que ces termes sont les marques de fabrique de la Compagnie des Meules Norton pour leur abrasif alumineux et pour leur carbure de silicium.

Reliez votre Collection

de SCIENCE ET VIE



Pour répondre au désir de nos lecteurs, nous mettons en vente à nos bureaux des reliures mobiles ("ACLÉ", brevetées en France et à l'Étranger) pour SIX exemplaires de "SCIENCE ET VIE" aux conditions suivantes :

Prix de la reliure pour SIX exemplaires avec pages de garde cartonnées et titre au dos. 200 frs

Clés de montage (utilisables indéfiniment), la paire. 15 frs

Frais de port recommandé pour deux reliures (une année) et emballage. 55 frs

●

Le montant de la commande doit être versé au C. C. postal 1258-63 Paris

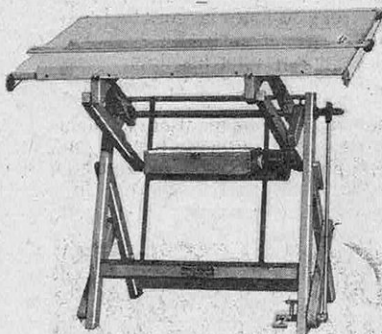
NUMÉROS DISPONIBLES

1945 : 337, 338, 339.	à 20	» l'exemplaire.
1946 : 340, 341, 343, 344, 345, 346, 347, 348.	à 20	» —
349, 350, 351.	à 30	» —
1947 : 352, 353, 354, 355, 356.	à 28	50 —
357, 358, 359, 360, 361, 362, 363, 364.	à 30	» —
Numéro hors série : « Aviation 1946 ».	à 120	» —

Adresser le montant de toutes les commandes au **C. C. Postal 9107 Paris.**

**LA TABLE A DESSINER
PLIANTE UNIC-STUDIO**

Elle possède tous les avantages des tables à dessiner mécaniques.



Équilibrée en toutes positions par un contrepoids approprié, la planche se déplace en hauteur et en inclinaison avec une douceur de fonctionnement incomparable. Une légère pression sur le dispositif de commande au pied immobilise la planche d'une façon absolue à la position désirée.

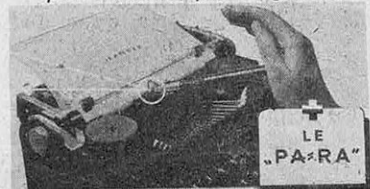
Prix de la table « UNIC-STUDIO » complète avec bâti pliant hêtre verni, planche encadrée trois épaisseurs, format 120 x 80, règle auto-parallèle, coffret pour accessoires, dispositif de commande au pied :

10.600 francs.

Véritable meuble d'appartement, la table « UNIC-STUDIO » se replie intégralement en quelques secondes.

**L'EFFACEUR AUTOMATIQUE
PARA, COMPLÈMENT INDISPENSABLE DE CHAQUE
MACHINE À ÉCRIRE**

Avec le PARA, plus de cache, plus de gomme.



Mettez la pointe du PARA sur la lettre à effacer et poussez. La lettre a disparu, pourquoi ? Parce qu'en poussant le manche de l'appareil vous imprimez un mouvement de rotation à la gomme cylindrique formant la pointe et qu'ainsi vous effacez rapidement et proprement la faute de frappe.

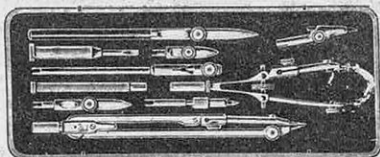
Avantages. — Le PARA efface d'une façon absolument automatique, sans abîmer le papier, avec précision et sans déplacer le chariot, permettant de corriger la faute sans laisser aucune trace.

Par l'économie importante de temps et de fournitures, le PARA est donc amorti en moins d'un an. Chef-d'œuvre de la mécanique suisse de précision, le PARA est vendu en boîte avec deux gommages cylindriques de rechange. Prix francs : 475 francs.

Société PARA, 87, rue Notre-Dame-des-Champs, Paris (6^e). C. C. P. Paris 5860-73.

**UN COMPAS
N'EST PAS UN JOUET**

Votre travail dépend de sa précision. Seule une maison spécialisée vous assure choix et qualité.



H. DUPUIS, anciennement Ch. Darras. Maison fondée en 1799. 129, faubourg Saint-Martin, Paris (X^e). Tél. Nord 25-28 (métro gare Est). Envoi franco cat. S. V. à la demande.

APPRENEZ A VENDRE

De tous les métiers, la vente est le plus rémunérateur. Mais, pour arriver rapidement à une belle situation, il ne suffit pas de s'improviser « homme d'affaires ». Vous pouvez apprendre à vendre grâce au nouveau Cours Pratique de Vente par correspondance qui fera de vous un vendeur de grande classe en consacrant quelques heures par semaine pendant dix mois à cette passionnante étude. Demandez le programme M 49 au COURS PRATIQUE DE VENTE, 222, boulevard Pereire, Paris (XVII^e). Joindre 20 francs.



vous permet de bénéficier d'une expérience de deux cents ans dans la production des graines potagères et des graines de fleurs.

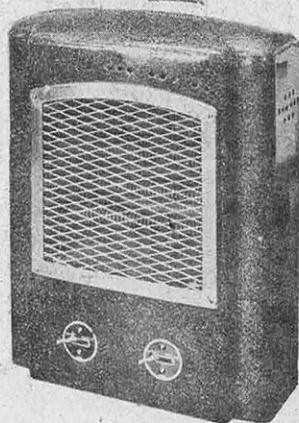
Écrivez-nous aujourd'hui même pour recevoir gratuitement et franco notre catalogue général de 80 pages, illustré de nombreuses photos et présenté avec une couverture de 4 pages en huit couleurs.

Ne commandez pas vos semences avant de l'avoir consulté, car il vous offre d'innombrables possibilités d'embellir votre jardin et d'augmenter vos récoltes.

VILMORIN-ANDRIEUX, Service 62, 4, quai de la Mégisserie, Paris (1^{er}).

**LA « BUCHE DE NOËL »
BRULERA DANS VOTRE HOME**

Lorsqu'il fait froid son offensive d'hiver, n'est-il rien de plus confortable qu'une cheminée où brille un bon feu et où se consume la fameuse « BUCHE DE NOËL ».

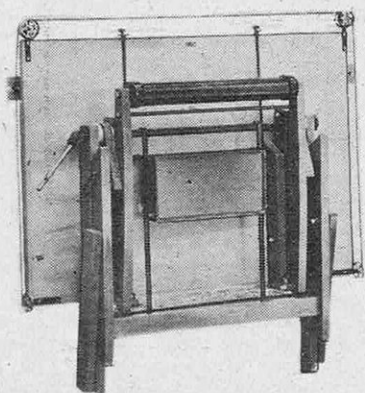


**LA CHEMINÉE LUMINEUSE
HERLA**

vous apporte cette joie visuelle de la « flamme qui réchauffe », et en plus le rendement calorifique du radiateur électrique moderne.

Description. — Elle se compose d'un bâti en tôle vernie au four, de couleur feuille morte, s'harmonisant avec tous les intérieurs. La source de chaleur est assurée par quatre résistances, montées sur stéatite et diffusée par un miroir parabolique. Réglage : 2 allures. Puissance : 2 000 ou 3 000 watts. Prix : 5 300 fr. pour 2 000 watts et 5 500 fr. pour 3 000 watts. Port et emballage en sus.

Établissements HERLA, 87, rue Notre-Dame-des-Champs PARIS. C. C. P. Paris 2182-91.



Exposition et vente :

LES TABLES A DESSINER UNIC, 108, boulevard Richard-Lenoir, Paris (XI^e). Tél. : Roq. 68-47 (lignes groupées),

Déféz-vous des imitations.

VUES MODERNES SUR LA PHOTO D'AMATEUR AUX SPORTS D'HIVER

Ne partez pas sans une provision de films grain fin (Panatomic ou Minuto 27 ou Panchromosa Gevaert). N'oubliez pas un filtre jaune-vert pour avoir un rendu correct des couleurs, ou orangé ou rouge, si vous voulez des effets plus poussés comme dans les extérieurs de films de cinéma.

Sur la neige, moins qu'ailleurs, ne suivez pas la règle classique : soleil dans le dos, vous n'obtiendriez que des vues plates avec des blancs uniformes et monotones. Dépassez les limites des possibilités, mettez votre appareil face au soleil en faisant en sorte qu'une petite ombre empêche le soleil de frapper directement votre objectif (la tête de votre ami, par exemple). Utilisez de grandes vitesses d'obturation 1/200^e ou 1/500^e. Au grand soleil, dans le milieu de la journée, vous pourrez diaphragmer à F: 9 ou F: 11. Le parasoleil est nécessaire plus que partout ailleurs, car même si vous n'êtes pas à contre-jour, la neige renvoie vers votre objectif des rayons nuisibles.

Nous avons des filtres colorés de très bonne qualité et des parasoleils à peu près dans tous les diamètres. Pour transporter sans souci le long de la courroie le parasoleil, il faut un Fixosac SOMMOR (112 fr.).

Si vous développez vous-même vos films, n'arrêtez pas trop tôt le développement, car vous perdriez les belles valeurs dans la neige. Si vous ne développez pas vos films, gardez-les pour les confier à une bonne maison. Nous avons une grande habitude de ce genre de travail.

SAC « TOUJOURS PRÊT » 6 × 9

Il existe, maintenant, un sac « toujours prêt » pour appareil 6 × 9, spécialement fait pour le KINAX et autres appareils du même genre et permet d'utiliser l'appareil sans avoir à le sortir du sac (1 300 fr.).

L'agrandissement

Vous doublerez les joies de votre séjour, dans la neige, si, au retour, vous consacrez quelques loisirs à faire vous-même vos agrandissements.

Nous venons de faire éditer un petit livre : « LES JOIES DE L'AGRANDISSEMENT », qui vous montrera combien il est facile de réaliser ce travail passionnant. Voici, d'abord, le sommaire de ce livre (140 fr.) :

Un brin de théorie ; — L'agrandisseur ; — Quelques précisions sur les agrandisseurs automatiques ; — Le choix de l'agrandisseur ; — Vous pouvez construire vous-même votre agrandisseur ; — Les accessoires ; — La conduite du travail ; — L'interprétation personnelle de l'agrandissement ; — Repique et retouche.

La Maison SOMMOR a récemment sorti deux petites tireuses amplificatrices qui permettent l'agrandis-

sement jusqu'au 13 × 18. L'un de ces appareils utilise comme optique l'appareil ELJY (4 520 fr.). L'autre utilise tous les objectifs 50 mm (4 950 fr.).

Des marges simplifiées utilisées avec ces tireuses permettent d'obtenir des images bien nettes et bien margées (6 × 9) 200 fr. (9 × 14), 220 fr. (13 × 18), 280 fr.).

Le posemètre COLLUX (4 200 fr.) vous donne une sûreté absolue dans la fixation du temps de pose.

Pour faire une mise au point absolument précise, le vérificateur DODIN est parfait (2 000 fr.).

Pour connaître la qualité de votre objectif, le cliché d'essai VITONET est indispensable (60 fr.).

Utilisez des produits de qualité et très pratiques :

— Révélateur KINOLOR liquide concentré, noirs profonds. La dose pour 800 cc. : 65 fr.

— Le fixage rapide SURFIX, la dose pour 1 l. : 45 fr., qui permet le fixage en quatre minutes.

Les vrais amateurs de 24 × 36 doivent connaître les procédés de tirage positif. Demandez notices A et B (20 fr. pièce), sur le tirage positif et la projection fixe.

Demandez la notice sur le procédé général THOMSON pour la lecture et le classement des Microfilms, c'est une réalisation magnifique. 17.450.

Nouveautés

Photo-Guides Prisma, trois nouveaux titres (82 fr. pièce) : Avec une seule lampe ; Avec une autre lampe ; Le Portrait.

Nous insistons à nouveau sur la nouvelle édition du livre de L.-P. CLERC : « LA TECHNIQUE PHOTOGRAPHIQUE ». C'est un véritable monument. Deux volumes : 1 286 fr.

Manuel ROLLEIFLEX ROLLEICARD toute la technique du format carré : 385 fr.

La Maison GRENIER s'est agrandie. Nous venons d'ouvrir, au premier étage, une nouvelle salle de Vente et d'Exposition qui doit satisfaire la curiosité et le sens artistique des clients les plus difficiles.

Vous y verrez une suite d'agrandissements GEVALUX 30 × 40, obtenus à partir de 24 × 36, qui ont été réalisés par un de nos clients : M. DELALANDE, art et technique poussés au plus haut degré.

L'appareil FOCA II bis qui fait plus que jamais honneur à la fabrication française. Si vous achetez cet appareil chez nous vous partirez avec un enthousiasme que, seule, l'ambiance Grenier peut donner. Et vous reviendrez souvent, car l'équipe Grenier restera à votre disposition pour tous les conseils et renseignements dont vous aurez besoin. Vous recevrez aussi le bulletin d'information « PETIT FORMAT » que la Maison Grenier

édite pour rester en contact avec les clients et les documenter (le 3^e numéro vient de sortir, 30 fr. remboursables), vous y trouverez : le développement des négatifs, la projection fixe, les nouveautés, le cinéma.

Le problème de la mise au point

Posé horizontalement sur n'importe quel appareil et tenu avec un doigt ou mieux avec la pince standard à ressort, l'Optonet (télémetre posemètre) fait de votre appareil un instrument de précision. Simplement en avançant ou en reculant jusqu'à obtenir la coïncidence des images, vous obtiendrez une mise au point parfaite.

La photo de près. — Grâce aux lentilles Prommor et à l'Optonet qui donne les distances à partir de 0,30 m, les portraits, la photo des petits objets et des documents deviennent faciles.

Pour le Foca, les Leica et Contax, des systèmes Prismor (lentilles et correcteurs de télémetre) vous donneront un automatisme total.

Disponible. — Optonet : 1 906 fr. Lentilles Prommor : 354 à 615 fr. Pince standard : 390 fr. Passe-vues 24 × 36 : 697 fr. Bobineuse : 758 fr. Magasin 10 m : 168 fr. Prismor Foca : 3 980 fr. Prismor Leica : 1 896 à 3 980 fr. Prismor Contax : 5 568 fr. Film 35 mm, par 5 ou 10 m : 49 fr. le mètre. Cartouches 36 vues : 132 fr. Filtres Dyma ou Flou O. P. L. 36 mm : 415 fr. Filtres polarisants : 600 à 850 fr. Cuves pour développement automatique Superinox (universelle) : 820 fr. Souplinox (spéciale, 24 × 36) : 845 fr. Eljynox : 550 fr. Écran ciné en valise automatique 75 × 100 cm : 6 425 fr. ; 100 × 130 cm : 7 380 fr. Projecteur Ercsam 8 mm ou 9,5 mm : 21 000 fr. Châssis-tireur 24 × 36 : 735 fr. Film positif 35 mm par 5 ou 10 m, le mètre : 17 fr. Papier brillant bromure dur, normal ou doux, C. P. : 300 fr. ; 13 × 18 : 553 fr. ; 18 × 24 : 1 025 fr. Carton chamois, demi brillant, dur, normal ou doux, C. P. : 336 fr. ; 13 × 18 : 627 fr. ; 18 × 24 : 1 156 fr. Réflecteur CAL : 1 150 fr. Crabe : 572 fr. Rallonge pour crabe : 306 fr. Contacteur-dévolteur pour flood : 600 fr. Lampe photoflood : 130 fr. Filtres colorés : 250 à 450 fr.

Et tous accessoires, pied, rotule, déclencheurs, etc. — Demandez le prospectus *Accessoires divers* contre 9 fr en timbres ou coupons-réponses.

Conditions de vente. — Prix indiqués sous réserve de hausse. Expédition contre remboursement. Pour les colonies, paiement par virement postal préalable. Emballage et port facturés au plus juste prix. Franco pour commande supérieure à 10 000 fr. (Métropole).

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

L'ÉCLATRON

Lampe-éclair électronique française.

Dans le domaine de la photographie les lampes à incandescence appartiennent à une technique périmée, car elles consomment beaucoup, émettent trop de chaleur et ont une vie brève (2 h une lampe survoltée, 1 cliché pour une lampe éclair-magnésium).



MODÈLE REPORTAGE, 3 kg. 500
26 x 18 x 9 cm. Réflecteur, 18 cm.

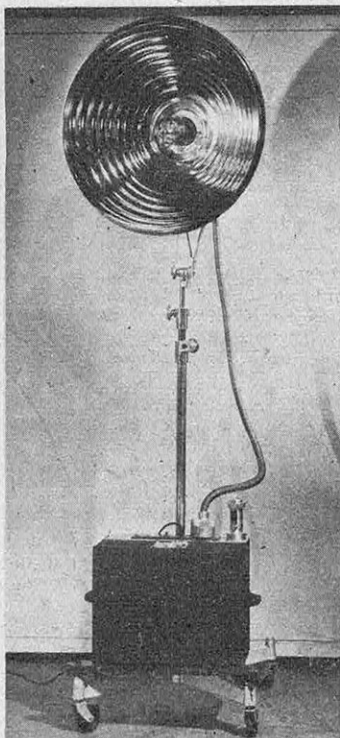
Principe de l'Éclatron. — Basé sur la décharge extrêmement violente d'un condensateur électrique dans un tube de verre rempli d'un mélange approprié de gaz rares. L'éclair dure de 1/50.000 à 1/10.000 de seconde et la lampe fournit un minimum de 25 000 éclairs sans usure apparente.

Résultats. — Plus de photos bougées. Netteté accrue. Pas de chaleur. Pas de lumière constante et intense. Pas d'éblouissements. Synchronisme infailible. Possibilité de travail pendant les pannes et coupures du secteur. Possibilités illimitées pour la photo en couleurs.

Nos réalisations : deux modèles dénommés REPORTAGE et STUDIO. L'ÉCLATRON - REPORTAGE est aisément portable. Composé d'un petit générateur et d'une torche isolante moderne, se montant sur tous les appareils. La batterie accu 4 V permet de faire 150 clichés. On la recharge ensuite. Son éclair au 1/50000 permet de travailler à F : 11 sur une distance de 4 m avec une émulsion panchromatique rapide. Un petit synchronisateur de la grosseur d'un crayon est adapté par nos soins sur tous les appareils courants.

L'ÉCLATRON-STUDIO

Est constitué par un générateur massif et par une lampe prévue pour être montée dans les *Ambiances* et dans les *Spots*. Il peut être déclenché à la main, par synchronisation, et, dernier cri de la technique moderne, à distance par cellule photo-électrique ; ce qui libère le studio des câbles fragiles et encombrants.



L'ÉCLATRON-STUDIO

A cellule photo-électrique de commande. Poids avec accumulateur, 25 kgs.

Détails. — Cellule orientable, insensible aux lumières du jour ou projecteurs. Consommation : 22 watts. Fonctionne sur secteur alternatif, 110 ou 220 volts ou sur accu 6 volts 36 A. H. ou batterie auto (avec vibreur dans un boîtier séparé). Une lampe au néon s'allume quand l'appareil est prêt à fonctionner. Temps de recharge entre chaque éclair : 12 sec. Réflecteur de grand diamètre, en aluminium traité de très haut rendement, ne ternissant pas, insensible aux vapeurs et acides. À foyer réglable, permettant de varier à volonté l'angle d'éclairage, avec contrôle par lampe pilote.

Le réflecteur se pose sur tout pied photo ou projecteur photo par un écrou au pas Congrès.

Dispositif de sécurité très étudié.

L'ÉCLATRON-STUDIO (suite)

Est recommandé pour tous les studios de photographie. Idéal pour la photo industrielle, pour saisir l'expression de sujets en plein mouvement (des enfants surtout), pour la photo scientifique (microphotographie, animaux, rétine de l'œil, études du mouvement, études aéro ou hydro-dynamiques) pour la photométrie (variations $\pm 1\%$ au maximum), pour la photo en couleurs, la photo publicitaire.

Pour tous renseignements techniques et commerciaux, s'adresser à Société ÉCLATRON, 44 bis, rue Pasquier, PARIS (8^e) Métro : St-Lazare.

LOCAPLIM

64, rue Turbigo, à Paris (Arch. 71-09), loue tous films PATHÉ-BABY 9,5 mm muets ou parlants pour patronages, écoles, familles.

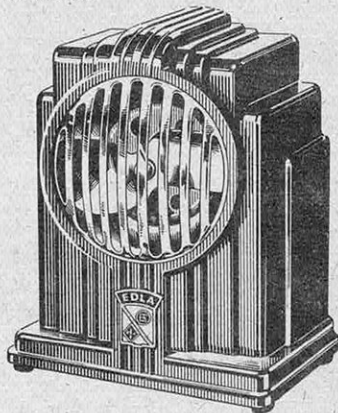
Vente suivant disponibilité de CAMERAS, PROJECTEURS, JOUETS SCIENTIFIQUES.

Notice SV sur demande contre 6 francs en timbres poste.

L'ASSAINISSEMENT DU HOME DES BUREAUX, DES ATELIERS

Grâce à un nouvel appareil électrique d'atomisation et de surévaporation, vous réaliserez :

- 1^o L'assainissement permanent de l'air que vous respirez ;
- 2^o La désodorisation et la neutralisation de toute émanation organique ;
- 3^o L'imprégnation bactéricide de l'atmosphère, assurant aux malades et à ceux qui les soignent une sécurité inestimable.



Le **Junior Edla**, de conception moderne, élégamment présenté, assure silencieusement et pour un prix minime la surévaporation rationnelle de tous les liquides ayant fait leur preuve en hygiène et pharmacopée. Se branche sur une simple prise de courant. Consommation négligeable.

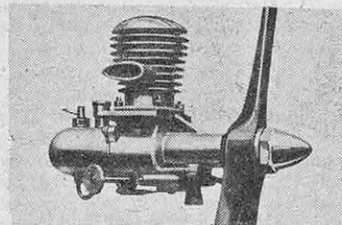
Prix : 2 950 fr.

Renseignements sur demande.

Gros. P.-C. BERNE, agent général de la Société EDLA, 6, rue Saint-Florentin, Paris (9^e). Opéra 23-32. C. P. Paris 1428-66.

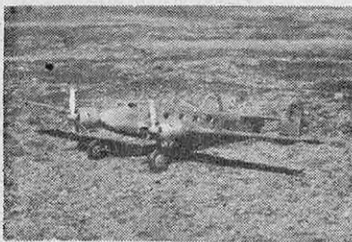
**MICROMOTEUR 5 CM³
A AUTO-ALLUMAGE BONNIER**

Beaucoup de micromoteurs ont vu le jour ces dernières années ; mais le BONNIER, l'un des premiers nés, mérite qu'on s'y attarde un peu.



Avec ses ailettes et son cône d'hélice, il rappelle le vrai moteur d'avion. En ordre de marche, il pèse 280 gr. A 4 200 tours mn, régime normal d'utilisation, il développe une puissance de 0,22 ch ; à cylindrée égale, il est donc de beaucoup le plus puissant, et c'est ce qui explique les succès remportés.

Le 31 août, à Genève, un avion de 50 cm d'envergure, équipé d'un BONNIER, a volé à 117 km/h (vol circulaire contrôlé).



Maquette volante équipée de 2 micromoteurs BONNIER qui a fait d'excellents essais à Issy-les-Moulineaux.

C'est un moteur à deux temps, à compression fixe ; le carter et le cylindre sont faits d'aluminium coulé en coquille ; la chemise est d'acier spécial cyanuré ; le vilebrequin, d'acier spécial traité, a été pris dans la masse. Le carburant utilisé est un mélange :
Ether sulfurique 75 %
Essence 5 —
Huile de graissage 20 —

L'ajustage se fait au millième : en effet, l'allumage est dû à l'élévation de température provoquée par la compression des gaz (rapport volumétrique 16) ; et, comme le piston est sans segments, il est indispensable que l'ensemble chemise-piston soit parfaitement étanche. Aussi, ce petit moteur réjouit-il les amateurs de belle mécanique.

Prix : 2 600 francs.

Notice détaillée franco contre 6 francs en timbres.
Société BONNIER, 35, rue Marengo, Courbevoise (Seine). C.P. Paris 3760-94.

**LE MICROSCOPE ET SES APPLICATIONS
à la portée de tous**

Instruire en amusant, merveilleuse formule pédagogique qui fait le succès prodigieux de MICRO-LABOR.

La BOÎTE CI-DESSOUS renferme un puissant MAGICIEN, auquel vous devrez des étonnements, des découvertes, des joies incroyables et toujours nouvelles. PETITS et GRANDS, il vous guidera au travers d'un monde que vous ne soupçonner même pas. Ce magicien, LE MICROSCOPE, entr'ouvrira pour vous la porte de l'Invisible.

Sa baguette magique, ce sont les ACCESSOIRES choisis qui l'entourent — dont les possibilités sont pratiquement illimitées — car il vous sera toujours possible de compléter votre matériel dans l'avenir au fur et à mesure de vos désirs.

Grâce au MICRO-LABOR, vous pourrez regarder vivre et s'agiter la faune immense et combien étrange d'un UNIVERS inconnu :

ANIMAUX TRANSLUCIDES, dont vous verrez battre le cœur, se contracter l'estomac, s'effectuer la digestion, que sais-je encore ? Vous verrez l'agitation frénétique des INFIMENTS PETITS, vous assisterez à leurs luttes, aux drames sans merci de cette JUNGLE INVISIBLE.

Vous pénétrerez la VIE CACHÉE de la plante, sa structure interne, l'ART sans défaut de son architecture.

Vous vous étonnerez et vous admirerez sans vous lasser, les merveilleux

dessins, les féériques bijoux que sont les DIATOMÉES et les RADIO-LAIRES, et combien d'autres merveilles encore !

DESCRIPTION DE LA BOITE MICRO-LABOR I bis.

Très beau coffret bois acajou, sans instruments dangereux, ni produits toxiques, permettant le montage d'un très grand nombre de préparations microscopiques, temporaires ou durables.

En tout 70 articles et accessoires (lampe à alcool, pinces, aiguille lancée, 20 préparations toutes faites, 14 tubes de coupes et de matériaux que l'usager peut fixer, colorer et monter lui-même en préparations, etc.). Sept réactifs.

Fournie avec ou

sans microscope inclinant à crémaillère. Trois grossissements x 90 à 135.

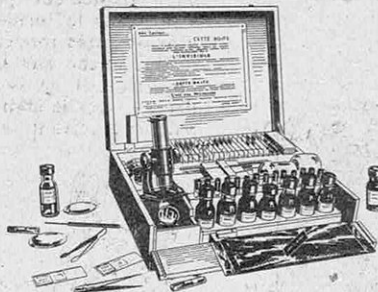
Accompagnée d'instructions précises, et de CONSEILS sûrs, fruits de longues années d'expérience.

Prix sans microscope, à partir de 4125 fr. ; avec microscope, 6270 fr. Franco 5% en sus.

S'adresser à toutes les bonnes maisons opticiens ou jouets scientifiques. Beau catalogue illustré contre 40 frs. remboursés à la commande.

M. TOURNOIS, « MICRO-LABOR » 5, rue BRUNEL, PARIS (17^e). C. P. 701-54-PARIS.

N. B. — MICRO-LABOR a sa place à l'école, et dans tous les cours. MM. les professeurs intéressés sont priés de nous écrire.



BOITE MICRO-LABOR I bis

A LA SOURCE DES INVENTIONS

La plus ancienne et la plus importante maison de

MODÈLES RÉDUITS

56 bis, boulevard de Strasbourg, Paris (10^e) (près la gare de l'Est)

— Actuellement le plus grand choix — vous trouverez TOUS les accessoires de chemin de fer qui vous manquent.

LES BOITES MICRO-LABOR

COFFRET 0 bis	3 225 »
— 1 bis	4 125 »
— 2 B	11 325 »
— 3 A	14 400 »

BOITES de PRÉPARATIONS, depuis 375 »

MÔTEURS A EXPLOSION

Micron, 10 cc, à air	3 200 »
Réa, 10 cc, à air	2 500 »
Réa, 5 cc, à air	2 450 »
Réa, 5 cc, à eau	2 650 »

MOTEURS A AUTO-ALLUMAGE

Bonnier, 5 cc.....	2 600 »
Micron, 5 cc.....	2 750 »
Delmo, 5 cc, super.....	2 800 »
Bi-cylindre, en ligne (2 moteurs 3,5 cc) = 7 cc....	5 000 »

LES NOUVELLES BOITES DE CONSTRUCTION « NAVIG »

Yacht « LE SPHINX », paquebot.....	1 740 »
Le « STRASBOURG », cuirassé	1 650 »
Chasseur sous-marins	975 »
La VEDETTE	585 »

TOUS LES PLANS GUILLEMARD

Catalogue général de tous les plans et modèles et fournitures pour avions, bateaux, chemins de fer, contre 25 fr. en timbres-poste ou mandat.

Chèque postal Paris 731-76.

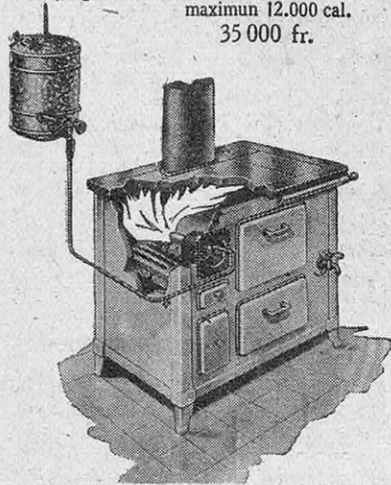
CHAUFFAGE ASSURÉ
cet hiver avec votre cuisinière.

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

FEUFOLLET
Brevet n° 768-224.

Consommation horaire moyenne : 1/2 litre.

Type Chaudières Chauffage Central. Prix du brûleur installé : 8 000 fr. maximum 12.000 cal. 35 000 fr.



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

Notices contre timbres.

TOUS LES BATEAUX
MODÈLES RÉDUITS

Jusqu'à ce jour, seuls quelques amateurs expérimentés, dotés d'un outillage perfectionné, pouvaient prétendre mener à bien la construction d'une maquette de bateaux.



Maquette modèle réduit du contre torpilleur « Le Terrible »

Désormais avec les boîtes « NAVIG » construire devient un jeu.

La création de deux blocs, l'un arrière, l'autre avant (système breveté), permet l'assemblage facile des baguettes et une réalisation parfaite du type choisi.

Toutes les pièces sont numérotées. La résistance des bateaux ainsi construits est bien supérieure.

Catalogue de tous nos modèles contre 12 francs en timbres-poste.

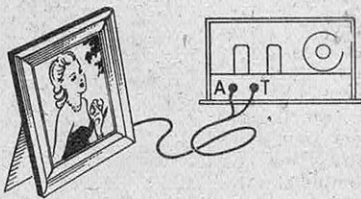
Vente en gros : NAVIG, 9, rue Morand, Paris (XI^e).



UNE NOUVEAUTÉ
BOULEVERSAUTE
L'ANTIPARASITE M. J.

Les amateurs de radio, et ils sont nombreux, sont en général déçus de ne pouvoir entendre les grandes ondes sur leur récepteur. L'écoute de celles-ci, et en particulier de Radio-Luxembourg, étant rendue impossible par les parasites industriels qui sévissent dans les grandes villes.

Pour la première fois il existe un système antiparasite réellement efficace (rendement 95 %) qui se présente sous la forme d'un cadre avec gravure ; très moderne et très élégant, il se branche aux bornes A et T du récepteur et se règle au moyen de deux vis sur la station que l'on désire entendre suivant le petit croquis ci-dessous.



Pour ne vous donner aucune déception, nous attirons votre attention sur le fait qu'il ne s'agit d'éliminer les parasites que dans les grandes ondes (là où il est vrai qu'ils sont de loin les plus intenses). En outre, on doit orienter le cadran dans la direction approximative du poste émetteur.

Les Établissements RADIO M. J. ont décidé, aux fins de vulgarisation, de lancer leur antiparasite à un prix le mettant à la portée de toutes les bourses. Prix de lancement : 1 200 fr.

RADIO M. J., Service SV, 19, rue Claude-Bernard, Paris (8^e), et 6, rue Beaugrenelle, Paris (15^e). C. C. Paris 1532-67.

P. S. — Si vous habitez Paris, demandez une démonstration, vous serez agréablement surpris.

AVIS IMPORTANT
AUX MÉCANICIENS-AUTO



Pour connaître à fond toute l'automobile (tourisme, P. L., tracteurs, mécanique, électricité, réparations, organisation du garage), utilisez les services E. T. N. de documentation automobile et de perfectionnement professionnel.

En quelques mois, chez vous, sans déranger vos occupations, ils feront de vous un spécialiste hautement qualifié et « à la page ».

Vous qui voulez faire mieux et gagner davantage, demandez la notice illustrée gratuite G 6 à l'E. T. N. « l'Ecole Spéciale d'Automobile », 137, rue du Ranelagh, Paris (XVI^e). A Bruxelles, 20, rue Charles-Martel. A Neuchâtel, Gorges 8.

AUTOMOBILISTES !



Une révolution ! la Buse ATOMique dans votre carburateur. Elle donnera plus de puissance et de durée à votre moteur, avec 15° de moins de température et vous

dépenserez un quart de moins d'essence, tout en ayant une voiture rapide, sans vibrations ni chaleur. Envoyez dès aujourd'hui le type exact de votre carburateur et 3.500 fr. Vous recevrez la Buse ATOMique, avec notice de montage en trente minutes, voitures et camions.

LAGIER, 145, boul. Raspail, Paris. DAN. 53-27. (Représentants acceptés)

CHOISISSEZ VOTRE MONTRE

de Besançon parmi les 20 modèles photographiques du catalogue **DIFOR** envoyé franco, contre 3 timbres.

Vente directe. Garantie absolue d'un an. « **DIFFUSION HORLOGÈRE** » 14, rue des Granges, Besançon.

UNE DOCUMENTATION
DE TOUT PREMIER ORDRE

Sur simple demande, accompagnée de la somme de 15 francs en timbres, vous recevrez le catalogue général n° 12 de SCIENCES ET LOISIRS, la librairie technique la plus importante de toute la France. Ce catalogue de 80 pages (format 135 x 210) contient les sommaires de plus de 1 000 ouvrages sélectionnés parmi les meilleurs (technique, vulgarisation scientifique, utilité pratique).



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

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

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

Librairie SCIENCES ET LOISIRS, 17, avenue de la République, PARIS (XI^e) (métro République).

SI
LE DESSIN TECHNIQUE
L'AUTOMOBILE
LA MÉCANIQUE
L'ÉLECTRICITÉ
CENTRALE DE MÉCANIQUE

(Cours par correspondance)
8, avenue Léon-Heuzey, Paris (XVI^e),
son instructive notice-programme intitulée



adressée gracieusement sur demande.
ATTENTION : L'École offre gratuitement à tous ses élèves une boîte de compas et un matériel de dessinateur.



UN REVENANT : LE FAMEUX FLACON ENCRIER STEPHENS'
à niveau constant,

rempli d'une ENCRE A STYLO DE LUXE, unique sur le marché.

L'encre de guerre n'est plus maintenant qu'un mauvais souvenir et nos stylos vont pouvoir marcher à sou-
hait.

Pauvres stylos, eux aussi ont été bien mal nourris avec des encres faites uniquement d'eau et de colorants peu solubles.

UN LIT EN UNE SEULE
PIÈCE ARTICULÉE

Les Établissements PEYRON, spécialistes du matériel de camping, ont fait breveter un modèle de lit pliant qui a valu à son créateur la médaille de Vermeil à la dernière Foire de Paris.

Ce lit, vendu sous la marque « GEP » (déposée), n'est pas seulement destiné au camping. Il peut avoir sa place, comme lit de secours, dans tous les intérieurs.

Fait intéressant : de nombreux hôpitaux, cliniques, sanas ont déjà passé d'importantes commandes.

Le lit « Gep », en une seule pièce articulée, est fabriqué en tube d'acier spécial très léger (il ne pèse que 8 kg). Il s'ouvre et se replie en une seconde.

La toile, en fort coton écriu lavable, est renforcée latéralement, avec possibilité de réglage de tension par laçage en dessous, ce qui confère au lit « Gep » une très grande souplesse.

Documentation, avec reproductions photographiques, adressée sur demande : Établissements PEYRON, 4, rue des Mariniers, Paris (XIV^e).

FORGEZ VOTRE AUTORITÉ

par Ch. LE VERRIER

Ancien élève de l'École Normale Supérieure, Agrégé de l'Université.

L'autorité peut s'acquérir. Elle peut aussi se développer ; condition capitale de toute réussite dans la profession, les affaires publiques, la famille, en amour... Voici enfin une méthode. Volume in-8° carré, 235 francs franco.

À Pâques 1948 paraîtra un autre ouvrage de fond sur l'autorité, L'AUTORITÉ EN MARCHÉ, par Paul MASSON-OURSSEL, professeur à la Sorbonne. Cette étude d'envergure vous présentera les conditions de l'autorité dans les circonstances actuelles et futures, si différentes de celles du passé — autorité qu'on écouterait et qui s'imposerait : ÉDITIONS DE L'INSTITUT PELLMAN, Section VI, 176, boulevard Haussmann, Paris — des éditions de classe, toujours passionnantes, toujours pratiques.



LONG CRÉDIT

Grands Supers à partir de 560 francs par mois. Au comptant à partir de 6 990 francs. Qualité « Label », garantie deux ans. Expédié franco en France et aux Colonies. Tous risques couverts. Catalogue gratuit sans engagement.

TÉLÉSON-RADIO

Service S. V., 33, av. Friedland, Paris.

UNE GRANDE DÉCOUVERTE :
LA RADIESTHÉSIE PHYSIQUE
(Microphysique)

De récentes découvertes techniques excluant tout occultisme ou psychisme

ont permis de mettre au point un COURS PRATIQUE DE RADIESTHÉSIE MODERNE, objective, par procédés physiques à la portée de tous, sans don spécial, 30 leçons, 150 exercices judicieux, 100 applications vous initieront en un mois pour vos besoins professionnels. Conseils gratuits durant un an. Brillants succès garantis, déjà acquis par milliers d'élèves enthousiastes. Brochure explicative importante, avec attestations de résultats étonnants de prospecteurs, commerçants, ingénieurs, scientifiques, médecins, physiciens. ÉCOLE INTERNATIONALE DE RADIESTHÉSIE par correspondance, 37-26, rue Rossini, Nice.

De récentes découvertes techniques

excluant tout occultisme ou psychisme ont permis de mettre au point un COURS PRATIQUE DE RADIESTHÉSIE MODERNE, objective, par procédés physiques à la portée de tous, sans don spécial, 30 leçons, 150 exercices judicieux, 100 applications vous initieront en un mois pour vos besoins professionnels. Conseils gratuits durant un an. Brillants succès garantis, déjà acquis par milliers d'élèves enthousiastes. Brochure explicative importante, avec attestations de résultats étonnants de prospecteurs, commerçants, ingénieurs, scientifiques, médecins, physiciens. ÉCOLE INTERNATIONALE DE RADIESTHÉSIE par correspondance, 37-26, rue Rossini, Nice.

« La première encyclopédie radiesthésique par ses qualités fondamentales. »

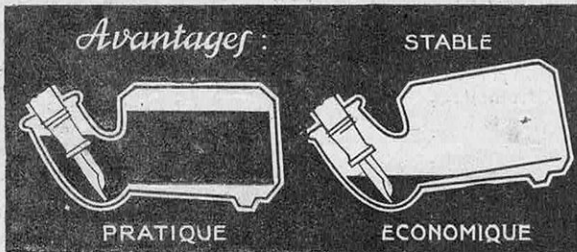
Cdt d'Aviation H. CHRÉTIEN.

« Ces exercices judicieusement choisis seront accueillis avec sympathie par tous. »

D^r ALBERT LEPRINCE.

« Vous rendez grand service à un grand nombre de personnes. »

Ing. Arts et Manuf. BRARD.



L'eau s'évaporant, le dépôt encras-
sait les conduits capillaires et le stylo
n'écrivait plus.

Et que dire des flacons de toutes
formes et de tous calibres si mal
commodes et si dangereux pour les
becs de plume ?

Une bonne encre à stylo doit être
extra-fluide, ne laisser aucun dépôt et
contenir un pourcentage de glycérine,
laquelle a pour mission de maintenir
l'humidité constante de la plume.

Un bon flacon doit être conçu pour
assurer le remplissage facile du stylo
jusqu'à la dernière goutte.

Lectrices et lecteurs de Science et
Vie vont retrouver avec satisfaction
le fameux flacon encrier STEPHENS'

bureau le plus pratique et le moins
cher du marché.

Deux coloris : bleu noir, l'encre
indélébile, ou bleu radio, l'encre distin-
guée, d'un beau bleu-outremer.

Le flacon encrier STEPHENS' à
niveau constant est en vente chez tous
les papetiers, mais nous vous enga-
geons à l'acheter au plus tôt ; les
approvisionnements étant encore res-
treints.

Conseil. — Avant de remplir votre
stylo, ayez soin de le nettoyer soigneu-
sement à l'eau tiède.

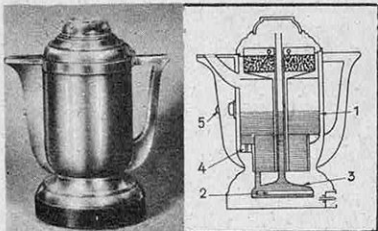
STEPHENS' la meilleure des encres
anglaises, fabriquée en France, par la
Cie des ENCREES, 37, rue Deguin-
gand, LEVALLOIS-PERRET (Seine.)

LA CAFETIÈRE ÉLECTRIQUE AUTOMATIQUE CELT

pour les amateurs de vrai « moka ».

Médaille d'or au concours Lépine 1946. Hors concours et membre du jury à la Foire de Paris 1947.

N'est-ce pas là la consécration des mérites, tant pour la conception que pour la réalisation de la CAFETIÈRE ÉLECTRIQUE AUTOMATIQUE CELT.



Elle réunit toutes les qualités de la cafetière la plus moderne : élégance, économie, rapidité, sécurité. En procédant par jets successifs d'eau bouillante sur le café, elle fait un « moka » d'un arôme incomparable.

Caractéristiques : à double paroi (système Thermos) (1).

— Résistance enrobée d'eau (2), accessible et amovible, donc aucune perte de chaleur.

— Chaudière rapide (3).

— Thermostat contrôlant la température et assurant la marche automatique sans surveillance (4).

— Fonctionne à la pression atmosphérique, aucun risque d'explosion.

— Température maxima du café : 80°, aucune altération de l'arôme.

— Contrôle de marche par voyant lumineux (5).

— Garantie un an.

— Consommation 400 W.

Mode d'emploi.

— Versez la quantité d'eau équivalente au nombre de tasses de breuvage que vous voulez obtenir et ajoutez une tasse d'eau supplémentaire pour le gonflement du café.

— Mettez la poudre de café dans le filtre; couvrez avec la grille; rabattez le couvercle.

— Branchez. La lampe témoin s'allume. L'opération commence et se déroule automatiquement, sans aucune surveillance.

— La lampe témoin s'éteint : le breuvage est prêt. Débranchez l'appareil, attendez un peu et servez.

Présentée en métal poli et métal émaillé. C'est un cadeau qui réunit l'utile à l'agréable.

Prix franco : polie..... 4 350 fr.

Émaillée..... 5 075 fr.

Notice contre 6 fr en timbres. H. Michel CARTEAU, 65, boulevard Sébastopol, Paris (1^{er}).

C. P. Paris 2634-29.

N. B. — A la commande, indiquer nature du courant et voltage.

COMMENT CHOISIR VOS MEUBLES ?

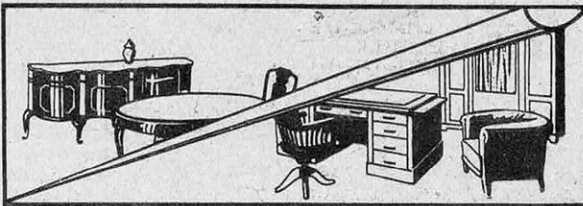
Combien de fois, avant de faire un achat important, avez-vous senti la nécessité d'un guide, d'un expert, qui vous permettrait d'acheter à coup sûr, sans craindre les surprises désagréables tardives.

Pour les meubles, plus que pour toute autre chose, il vous faut un fournisseur de confiance, offrant des garanties. Le bois est en effet une matière vivante dont l'aspect extérieur est souvent sans rapport avec la qualité réelle, et ce n'est qu'à l'usage que se révèlent les défauts de fabrication.

Faites confiance à « Aigle ». La marque « Aigle » sur un meuble vous garantit les qualités réelles : bois sélectionnés, solidité des assemblages, finition impeccable, qui lui permettent d'affronter l'épreuve du temps et d'acquiescer de la valeur avec les années.

La marque est une garantie, car il est évident qu'une maison qui, depuis si longtemps, satisfait les clients les plus difficiles : industriels, commerçants, médecins, etc., n'irait pas risquer de compromettre sa réputation en livrant des mobiliers quelconques ou de qualité inférieure.

Vous êtes soucieux à juste titre de ne faire de dépenses qu'à bon escient, vous n'êtes pas de ceux qui se laissent abuser par des gravures plus ou moins illusoires, ne demandez donc pas de catalogue. Il faut que vous voyiez, que vous jugiez sur place. Un bon mobilier doit donner à son acheteur de longues années de satisfaction,



cela vaut bien un déplacement.

Allez donc visiter les vastes halls de la Maison « Aigle » situés en plein centre de Paris, 51, rue Vivienne (angle des grands boulevards). Vous y trouverez un choix considérable de chambres à coucher et salles à manger, modernes, rustiques ou de style.

Dans ces magasins, pas de « modèles d'exposition » spécialement préparés : les mobiliers présentés sont ceux-là mêmes qui vous seront livrés. Vous avez la possibilité de les examiner à loisir et éventuellement de discuter avec le chef d'atelier d'une modification ou d'une finition qui donneront à votre mobilier un cachet personnel. N'hésitez donc pas. L'entrée des magasins est libre et le meilleur accueil est réservé aux lecteurs de *Science et Vie*.

Occasions « Aigle ». — Des mobiliers d'occasion sélectionnés provenant de reprises, sont également exposés chez « Aigle », après remise à neuf complète. Vendus également avec la garantie « Aigle », ils offrent une gamme extrêmement variée tant de meubles de style que d'ensembles modernes.

Pour vos bureaux, cabinets de travail, sièges cuir, voyez le magasin spécialisé « Aigle », 42, rue Le Peletier (carrefour Châteaudun).

VOULEZ-VOUS

UNE SITUATION

d'avenir dans ces activités :

Électricité, S. N. C. F., Mécanique, Agriculture, Commerce, Comptabilité

Automobile, Cinéma, Radio, Journalisme,

Banque, Assurance, Police, Hôtellerie, Publicité, Forêts,

Mines, Secrétariat, Économat, Froid, Transports,

Topographie, Dessin industriel, Travaux publics, Aviation, Emplois d'État (2 sexes) ? Demandez le Manuel des

Carrières n° 302, document unique. Envoi gratuit. Ecole au Foyer, 39, rue H.-Barbusse, Paris (20 ans de succès).

25 A 30.000 FRANCS PAR MOIS

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

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

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

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

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

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

RÉUSSIR !

Pour obtenir une situation lucrative ou améliorer votre emploi actuel, votre intérêt est de suivre les cours par correspondance de l'E. N. E. C. Vous réussirez grâce à des méthodes d'enseignement modernes et rationnelles appliquées par d'éminents Professeurs. Demandez l'envoi gratuit de la brochure que vous désirez (précisez le numéro).

Broch. 17.320 : Orthographe, Rédaction.

Broch. 17.321 : Calcul, Mathématiques.

Broch. 17.324 : Électricité.

Broch. 17.325 : Radio.

Broch. 17.326 : Mécanique.

Broch. 17.327 : Automobile.

Broch. 17.330 : Dessin industriel.

Broch. 17.333 : Sténo-Dactylographie.

Broch. 17.334 : Secrétariat.

Broch. 17.335 : Comptabilité.

Broch. 17.337 : C. A. P., Commerce.

Broch. 17.338 : Carrières commerciales.

ÉCOLE NORMALE D'ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

28, rue d'Assas, PARIS (VI^e).

COURS DE PHOTOGRAPHIE

Reprise des cours pour la formation de Reporter-photographe, d'Opérateurs des Studios d'Art, sous la direction de Pierre PAPILLAUD, aux Studios VÉNUS de Nice.

Cours spéciaux par correspondance.

Renseignements et documentation en s'adressant directement à Pierre PAPILLAUD, Studios VÉNUS, 22 ter, rue de France, Nice (A.-M.)

FUTURS COMPTABLES

On n'a jamais trop d'atouts dans son jeu.

Préparez les examens officiels d'État.

Votre Directeur n'oubliera jamais l'effet que vous aurez produit sur lui lors de votre entrée en fonction. Si, à cette époque, vous lui avez dit que vous étiez diplômé ou que vous prépariez les examens officiels comptables, soyez certain qu'il saura s'en souvenir au moment des nominations.

Si cela peut vous rendre service, demandez-nous, sans engagement de votre part, la documentation gratuite N° 2225. Vous y verrez que l'étude de la Comptabilité par correspondance, au moyen de la sympathique méthode d'enseignement Caténa, est facile et rapide. Comme disent nos élèves, c'est « un jeu d'enfant pour grandes personnes ». Écrire : Ecole Française de Comptabilité, 91, avenue de la République, Paris. Ne pas joindre de timbres.

LES CARRIÈRES DE L'AUTOMOBILE A LA PORTÉE DE TOUS

L'enseignement par correspondance des COURS TECHNIQUES AUTOMOBILES permet chaque année à des milliers de jeunes gens de se créer une situation intéressante dans l'industrie et le commerce de l'automobile. Pourquoi ne feriez-vous pas comme eux ?

A la ville, à la campagne, dans l'armée, les spécialistes connaissant la technique des moteurs sont recherchés.

N'attendez pas pour suivre l'enseignement par correspondance des COURS TECHNIQUES AUTO.

Toutes les carrières de l'automobile : Motoriste, mécanicien - chauffeur, électricien-réparateur, employé ou magasinier de garage, vendeur représentant en automobiles, etc...

Préparation au service militaire dans l'armée motorisée.

Conduite, entretien et dépannage des tracteurs agricoles.

Autorails chemin de fer de France et des Colonies.

Mécanicien-dépanneur des P. T. T.

COURS TECHNIQUES AUTO
r. du D^r-Cordier, St-Quentin (Aisne).
Renseignements gratuits sur demande.

DANS CINQ MOIS VOUS SEREZ COMPTABLE

(Traitement : de 10 000 à 25 000 fr.)
4 MOIS suffisent pour faire de vous un



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

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

RÈGLES EN PLEXIGLASS

La règle à calcul rectiligne : 1 950 fr.
Le calculateur ROPLEX, règle à calcul circulaire de 37 cm : 3 690 fr.

Le règle GED, conversion des mesures franco-américaines en système métrique et inversement : 1 275 fr.
ANIC MAYO, 64, avenue de Neuilly, Neuilly-sur-Seine (face métro Sablons). C. P. Paris 4621-13.

LES MEILLEURES ÉTUDES

par correspondance se font à

L'ÉCOLE des SCIENCES et ARTS

16, rue du Général-Malleterre, Paris (16^e), 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° 34020. **Classes secondaires complètes** ; Baccalauréats.

N° 34021. **Classes primaires complètes** : Brevets.

N° 34022. **Enseignement supérieur** : Licence ès Lettres.

N° 34023. **Cours d'orthographe**.

N° 34024. **Cours de rédaction**.

N° 34025. **Formation scientifique** (Math., Physique, Chimie).

N° 34026. **Dessin industriel**.

N° 34027. **Industrie** : Certificats d'aptitude professionnelle.

N° 34028. **Radio, certificats de radio de bord** (1^{re} et 2^e classes).

N° 34029. **Commerce et comptabilité** : Certificats d'aptitude professionnelle.

N° 34030. **Dunamis** (Culture mentale).

N° 34031. **Phonopolyglotte** (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol).

N° 34032. **Dessin artistique**.

N° 34033. **Cours d'éloquence**.

N° 34034. **Cours de poésie**.

N° 34035. **Formation musicale**.

N° 34036. **Initiation aux grands problèmes philosophiques**.

N° 34037. **Cours de publicité**.

N° 34038. **Carrières des P. T. T. et des Travaux publics**.

N° 34039. **Écoles d'infirmières et assistantes sociales, Écoles vétérinaires**.

Plusieurs milliers de brillants succès aux examens officiels

ÉCOLE DES SCIENCES ET ARTS

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

JEUNES GENS III
 sans quitter votre emploi actuel
ASSUREZ VOTRE AVENIR !
CHOISISSEZ UNE CARRIÈRE REMUNÉRATRICE !
LA RADIO manque de spécialistes dans
 — L'ARMÉE, L'AVIATION, LA MARINE
 L'INDUSTRIE, LE COMMERCE, L'ARTISANAT
 SUIVEZ NOS COURS PAR CORRESPONDANCE
 DEMANDEZ NOTRE DOCUMENTATION GRATUITE N° 45. COURS TOUS DEGRÉS. Préparation OFFICIELS PLACEMENT ASSURÉ
 VOUS RECEVREZ GRATUITEMENT LE MATÉRIEL nécessaire au montage d'un RECEPTEUR MODERNE QUI RESTERA VOTRE PROPRIÉTÉ



JEUNES GENS ! devenez comptables agréés
 COURS DE TOUS LES DEGRÉS
 PRÉPARATION AUX DIPLOMES OFFICIELS
 DEMANDEZ notre DOCUMENTATION GRATUITE N° 48
ECOLE PRATIQUE
D'APPLICATIONS SCIENTIFIQUES
 39, RUE DE BABYLONE — PARIS-VII^e



Institut
PELMAN
 Fondé en 1890

A tous ceux qui veulent RÉUSSIR HONNÊTEMENT dans leurs entreprises
 et acquérir une situation de premier plan nous conseillons d'appliquer le système PELMAN. Ils sauront ainsi mettre à profit leurs connaissances techniques et leurs qualités d'intelligence et de caractère. Ils développeront leur volonté, l'assurance, l'autorité, le goût de l'initiative et de l'effort, la rectitude de leur jugement, la fidélité de leur mémoire.
 Ils acquerront facilement toutes ces capacités grâce à la pratique régulière d'une méthode par correspondance, universellement connue, qui a été sans cesse améliorée au cours de cinquante-sept ans d'expérience sur des centaines de milliers d'adeptes.
 Ils pourront sans effort et sans intrigue surclasser leurs concurrents et accéder à juste titre aux plus hautes fonctions.
 Demandez l'intéressante brochure explicative n° VI-L contre 20 francs pour frais d'envoi.
INSTITUT PELMAN, 176, boulevard Haussmann, Paris.
 LONDRES DUBLIN AMSTERDAM STOCKHOLM
 NEW-YORK MELBOURNE DELHI CALCUTTA, etc.



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

Rapidement, Facilement,
 par **LINGUAPHONE**
OUI — Progrès rapides
 — Accent parfait
 — Vocabulaire étendu

TOUT UN VOLUME D'ATTESTATIONS...
 et parmi elles au hasard...

Je vous remercie vivement de toutes vos explications. Jamais on ne m'avait si bien aidée à résoudre les difficultés qui, grâce à vous, commencent à s'éclaircir.
 M^{me} B. (Calvados).
 Mes enfants ont tiré un très réel profit de votre méthode Anglaise. Je ne doute pas que la méthode Allemande que je vous commande aujourd'hui m'apporte le même succès, et je continuerai sans doute par l'Italien et l'Espagnol.
 Capitaine T. (Guadeloupe).



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

- C'est si facile avec Linguaphone
Méthode simple, logique et scientifique.
- La Méthode Linguaphone est étonnante
D'un jour à l'autre vous faites des progrès et vous découvrez rapidement que vous parlez avec un accent impeccable et que vous comprenez tout ce qui se dit autour de vous.
- Il n'est jamais trop tard
que vous ayez moins de 30 ans ou plus de 40 ans, si vous n'avez jamais essayé de parler une langue étrangère auparavant, Linguaphone est un raccourci qui vous permettra de posséder à fond n'importe quelle langue étrangère.



GRATUIT DÉMONSTRATIONS
 Tous les jours de 9 à 12 h. et de 14 à 18 h.
21 LANGUES
LINGUAPHONE
 12, Rue Lincoln, PARIS (8^e)
 Veuillez m'adresser la brochure décrite ci-dessus sans engagement de ma part.
 (Ci-joint 12 francs pour frais d'envoi)
 Nom
 Adresse
 18, Rue du Méridien - BRUXELLES (Dépt. C.21)

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

Devenez JOURNALISTE !

Voulez-vous être REPORTER, RÉDACTEUR
— ou CORRESPONDANT DE PRESSE —
sportif, théâtral, cinéma, criminel, voyages ?

*Cette profession libérale vous sera
accessible après avoir suivi les cours de*

L'ÉCOLE TECHNIQUE DE REPORTAGE

8, boulevard Michelet
TOULOUSE

Enseignement par correspon-
dance sans quitter vos occu-
pations habituelles.
Documentation envoyée contre
10 francs de timbres.

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 manifes-
tations 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 25 F

**COURS
PRATIQUE
D'ÉLECTRICITÉ**

222, Bd. Péreire - Paris 17^e

Chez vous

sans quitter vos occu-
pations actuelles vous
apprendrez



le DESSIN INDUSTRIEL

méthode d'enseignement
INÉDITE, EFFICACE et RAPIDE
Préparation au C. A. P.
de dessinateur et au
**BACCALAUREAT
TECHNIQUE**
nouvellement institué

Placement des élèves
dans l'industrie assuré

Luxueuse documentation
illustrée gratuitement sur
demande.

INSTITUT PROFESSIONNEL POLYTECHNIQUE
11, RUE CHALGRIN A PARIS (XVI^e)



Comme en 1937...

SEULE

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

CE POSTE, TERMINÉ, RESTERA VÔTRE PROPRIÉTÉ

Les cours TECHNIQUES et PRATIQUES par corres-
pondance sont dirigés par GÉO MOUSSERON

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

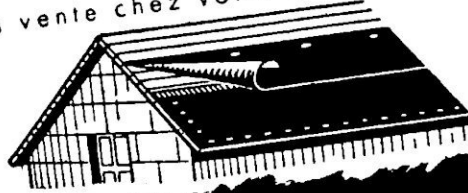
ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
9, AVENUE DE VILLARS, PARIS (VII^e)

*Contre la pluie
et l'humidité...*

ASFEUTROÏD

PROTÈGE EFFICACEMENT
et pour LONGTEMPS
C'est la couverture
ou le revêtement
le plus économique

En vente chez votre quincoillier



L'ASFEUTROÏD

le feutre asphalté solide

et tous matériaux d'étanchéité
et d'isolation



aucun obstacle n'est insurmontable...

TANK-400

Le stylo à grande contenance garanti pour l'existence.



Le stylo de l'homme d'affaires

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

LE TANK-400

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

400 GOUTTES

la capacité de 10 stylos

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



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

GARANTIE A VIE - *Ou que vous ayez si le TANK 400 ne vous donne pas satisfaction entière, présentez votre bon de garantie au papeter de la ville; il vous sera échangé immédiatement et sans frais*

DESCRIPTION

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

Autres avantages

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

E^{TS} Pierre BAIGNOL & C^O

USINES & BUREAUX : 19, rue de SARTORIS

LA GARENNE-COLOMBES (SEINE)