

France et Colonies : 4 fr.

N° 189 - Mars 1933

LA SCIENCE ET LA VIE



roger somnia

L'OUTILERVÉ

Que de travaux attrayants et utiles n'exécuterait-on pas si l'on possédait l'outillage nécessaire. Mais on recule devant les frais d'une installation coûteuse et encombrante.

L'OUTILERVÉ REMPLACE TOUT UN ATELIER

Robuste et précis, il est susceptible d'exécuter les travaux les plus divers, grâce à la disposition judicieuse de tous ses accessoires. Son maniement est simple et commode. Pas d'installation ; il se branche sur n'importe quelle prise de courant, comme une simple lampe portable.

Son prix extrêmement bas le met à la portée de toutes les bourses.

Il est livré en un élégant coffret, avec tous ses accessoires, au prix de

790 fr.

EN VENTE A LA
SOCIÉTÉ ANONYME FRANÇAISE

RENÉ VOLET

VALENTON (Seine-et-Oise)

MAGASIN :

20, avenue Daumesnil, PARIS (12^e)

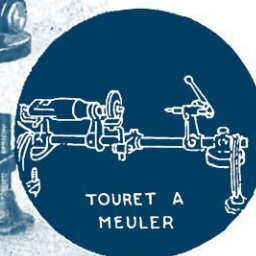
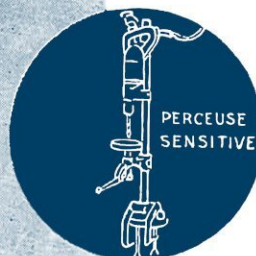
Tél. : Diderot 16-69 et 52-67

R.V

SEULS DÉPOSITAIRES POUR LA FRANCE :

AUX FORGES DE VULCAIN

3, rue Saint-Denis, à PARIS. - Tél. : Richelieu 96-70
1, 3, 5, place de l'Abondance, à LYON. - Tél. : Moncey 55-21
4, rue Bruhan, à BORDEAUX. - Tél. : Bordeaux 31-21
27, rue Deschodt, à LILLE. - Tél. : Lille 25-15



La Science et la Vie n'accepte que de la PUBLICITÉ SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL **ÉCOLE DE NAVIGATION**

placées sous
le haut patronage de l'État

Directeur Général : J. GALOPIN * O. O. I.

19, rue Viète (Métro Wagram) - PARIS (17^e)

Cours sur place ou par correspondance

DES SITUATIONS

COMMERCE & INDUSTRIE

Obtention de Diplômes et
accès aux emplois de

**SECRÉTAIRES
DESSINATEURS
CHEFS DE SERVICE
INGÉNIEURS
DIRECTEURS**

Préparation aux Concours

**ÉCOLES
BANQUES
P. T. T.
CHEMINS DE FER
ARMÉE
DOUANES
MINISTÈRES, etc.**

Programme gratuit
N° 807

M A R I N E

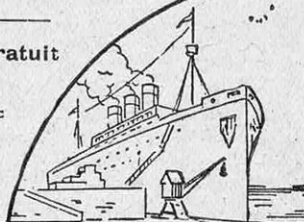
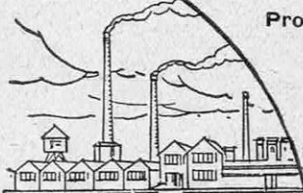
Admission aux
**ÉCOLES DE NAVIGATION
des PORTS
et de PARIS**

Préparation des Examens
**ÉLÈVES-OFFICIERS
LIEUTENANTS
CAPITAINES**
Mécaniciens, Radios,
Commissaires

Préparation à tous les
EMPLOIS DE T. S. F.
Mécaniciens, etc.
de la Marine de Guerre et
de l'Aviation

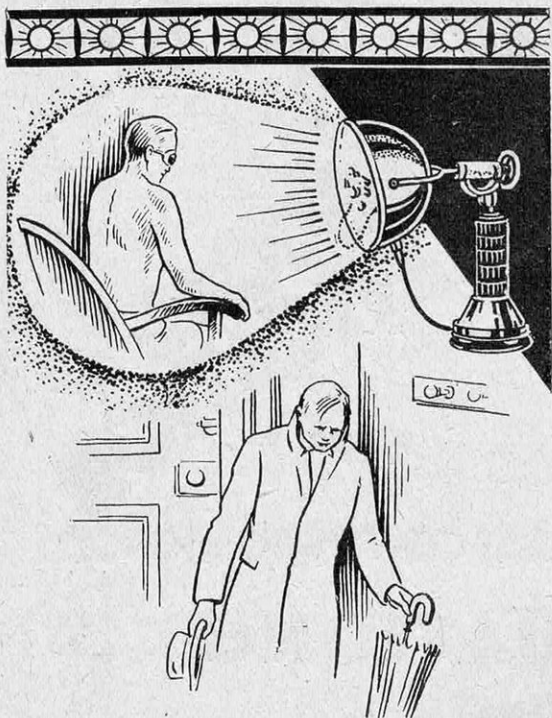
Programme gratuit
N° 809

Accompagner toute demande de renseignements
d'un timbre-poste pour la réponse



LUBI-ELGY

E. Taracini



MARS ! MAUVAIS ÉTAT SANITAIRE !

Nous venons de traverser une longue période d'hiver sans soleil, malsaine à tous points de vue. Les germes mauvais ont pu se développer tout à leur aise. Notre organisme est en déséquilibre. L'action solaire nous a manqué.

Savez-vous qu'une cure de bons rayons " Ultraviolets " émis par une lampe de Quartz augmente votre résistance à la maladie ? Votre médecin vous le confirmera. Il est même en mesure de remplacer cette carence de lumière vitale par quelques bains, avec sa lampe professionnelle à vapeur de mercure.

Contractez donc une assurance contre la maladie en vous procurant une petite lampe de Quartz " Homesoleil " pour " bains de soleil " toniques et hygiéniques.

La notice vous est envoyée gracieusement par la

SOCIÉTÉ DES LAMPES DE QUARTZ



HANOVIA
35, RUE DES ÉCOLES
PARIS



*Electrifiez
votre machine à coudre ...*

Si vous aviez un petit moteur sur votre machine à coudre, vous pourriez faire chez vous sans aucune fatigue, tous vos travaux de lingerie et de couture. Le moteur ERA, de fabrication française, épargnera votre santé et son prix d'achat minime, vous sera vite remboursé par l'économie de temps que vous réaliserez.

Plus de 250.000 moteurs ERA sont actuellement en service. Demandez à ceux qui les utilisent ce qu'ils en pensent. Vous exigerez toujours sur vos appareils la marque ERA.

EN VENTE PARTOUT

**MOTEURS
ERA**

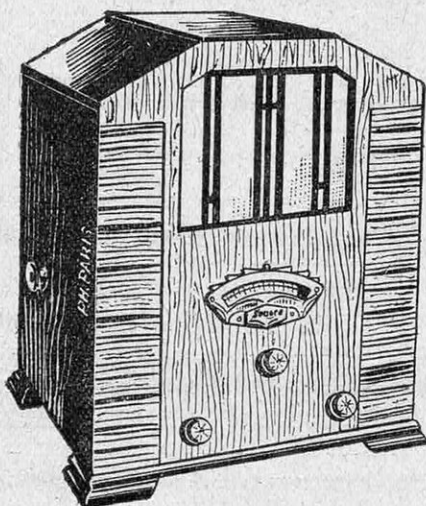
E. E. RAGONOT
15, Rue de Milan - PARIS
Tél. Trinité 17-80 et la suite



Pub R. L Dupuy

ACHETEZ VOTRE POSTE

Sonora
CLEAR AS A BELL



100 FRANCS
PAR
MOIS

Le SONORA modèle F 3 est
vendu au prix imposé de
1.950 francs comptant,
OU PAYABLE :
100 francs à la commande,
100 francs à la livraison,
ET LE SOLDE EN
20 mensualités de **100** francs.

Revendeur officiel de la marque SONORA, le PHOTO-HALL ajoute à cette garantie sa garantie personnelle. Ce poste superhétérodyne 7 lampes est monté dans une ébénisterie moderne. Il existe, moyennant 200 francs de supplément, un modèle en ébénisterie de luxe.

Il fonctionne directement sur courant alternatif 105, 130 ou 210, 240 volts. Son cadran lumineux, à lecture totale, est gradué en longueur d'ondes. Il assure, en puissant haut-parleur électro-dynamique, la réception des radio-concerts européens. Il est garanti un an contre tout vice de construction.

PHOTO-HALL

5, Rue Scribe (près de l'Opéra), PARIS-OPÉRA (9^e)

(MAISON FRANÇAISE. — REGISTRE DU COMMERCE N° 122.558)

CATALOGUE GRATUIT ET FRANCO SUR DEMANDE

Mesoutil

BREVETÉ S G D G

VOUS OFFRE

UN ATELIER pour 1.200 francs

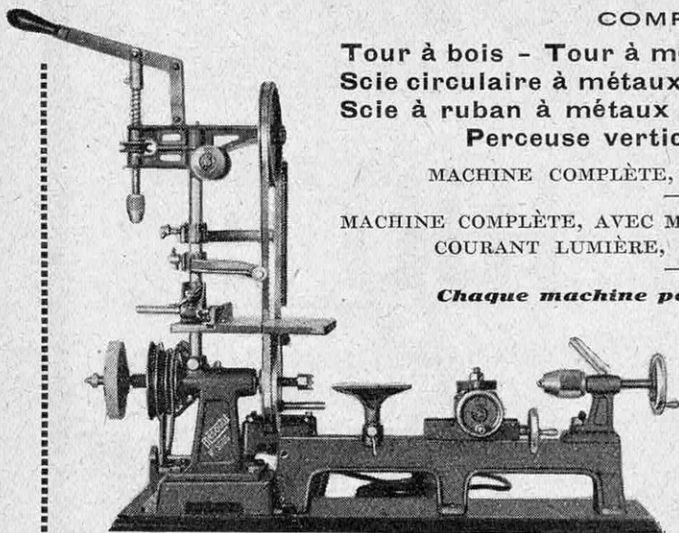
COMPRENANT :

Tour à bois - Tour à métaux - Scie circulaire à bois
Scie circulaire à métaux tendres - Scie à ruban à bois
Scie à ruban à métaux tendres - Meule - Polissoir
Perceuse verticale à colonne - Etc.

MACHINE COMPLÈTE, PRIX : 1.200 FRANCS

MACHINE COMPLÈTE, AVEC MOTEUR 1/3 CH, SE BRANCHANT SUR
COURANT LUMIÈRE, PRIX : 1.500 FRANCS

Chaque machine peut se vendre séparément



CATALOGUE GRATUIT SUR DEMANDE
AUX

FONDERIES et ATELIERS DE
CONSTRUCTIONS de HARAUCOURT

(Service B)

HARAUCOURT (Ardennes)



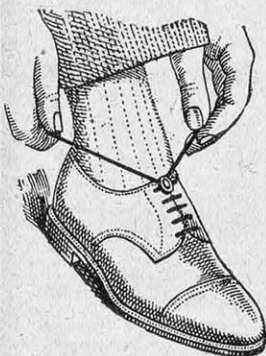
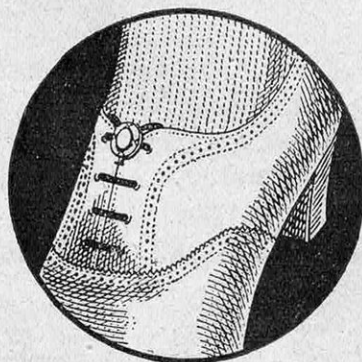
MARQUE DÉPOSÉE

UNE CHAUSSURE LACÉE INSTANTANÉMENT

avec élégance et sûreté

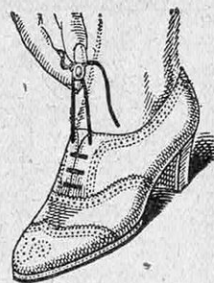


MARQUE DÉPOSÉE



avec l'auto-fixe-lacet
COM-Y-SERRE

BREVETÉ S. G. D. G. N° 337-136 ET DANS LES PRINCIPAUX P. YS



EN VENTE dans les Grands Magasins, les maisons de chaussures, les bottiers, les cordonniers, les merciers
Vente en Gros : J.-E. LANTHIEZ, 22 bis, rue Vallier, LEVALLOIS-PERRET (Seine) R. C. Seine 294.031




ACCUS PILES **OXYMÉTAL** (Westinghouse) **& FERRIX**

SE TROUVENT RÉUNIS

dans les Coffrets d'alimentation **SOLOR-TOUTALOXYD**
et transforment les anciens postes en **POSTE-SECTEUR**

MAIS...

Pour le choix d'un bon POSTE-SECTEUR bien réglé

Les Etab. LEFÉBURE-SOLOR-FERRIX


SPÉCIALISÉS DEPUIS 15 ANS

vous offrent **TOUTE SÉCURITÉ** et **TOUTES GARANTIES.**

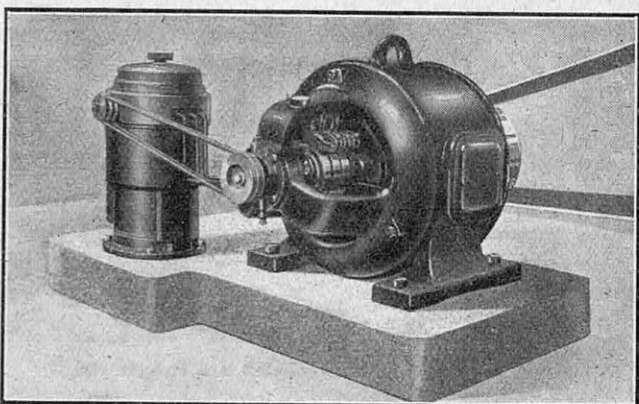
*Tous nos appareils
sont vendus à l'essai*

5, rue Mazet — PARIS (6^e)
Métro : Odéon

RHÉOSTATS AUTOMATIQUES
POUR TOUS MOTEURS ÉLECTRIQUES



**Compresseurs d'air - Pompes à vide
rotatifs**



R. PLANCHE
& C^{IE}
Ingénieurs - Constructeurs
VILLEFRANCHE-sur-SAONE
(RHONE)

ÉTUDES CHEZ SOI

Vous pouvez faire **CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE**, sans déplacement, sans abandonner votre situation, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le **MINIMUM DE DÉPENSES**, dans le **MINIMUM DE TEMPS**, avec le **MAXIMUM DE PROFIT**, quels que soient votre degré d'instruction et votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, dans tous les ordres et à tous les degrés du savoir, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper, ou pour changer totalement d'orientation.

Le moyen vous en est fourni par les **COURS PAR CORRESPONDANCE** de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

placée sous le haut patronage de plusieurs Ministères et Sous-Secrétariats d'Etat
LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE

L'efficacité des méthodes de l'École Universelle, méthodes qui sont, depuis 25 ans, l'objet de perfectionnements constants, est prouvée par

LES MILLIERS DE SUCCÈS

que remportent, chaque année, ses élèves aux examens et concours publics, ainsi que par les **milliers de lettres d'éloges** qu'elle reçoit de ses élèves et dont quelques unes sont publiées dans ses brochures-programmes.

Pour être renseigné sur les avantages que peut vous procurer l'enseignement par correspondance de l'École Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **votre adresse et le numéro des brochures** qui vous intéressent parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous les recevrez par retour du courrier, franco de port, **à titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptible de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement. Ces conseils vous seront fournis de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans aucun engagement de votre part.

BROCHURE N° 52.503, concernant les *classes complètes* de l'**Enseignement primaire et primaire supérieur** jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant enfin la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*, etc.

(Enseignement donné par des Inspecteurs primaires, Professeurs d'E. N. et d'E. P. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc...)

BROCHURE N° 52.507, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant, en outre, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux divers *baccalauréats*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc...)

BROCHURE N° 52.514, concernant la préparation à *tous les examens* de l'**Enseignement supérieur** : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers professorats, etc...

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc...)

BROCHURE N° 52.521, concernant la préparation aux concours d'admission dans **toutes les grandes Ecoles spéciales** : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, etc...

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs, Professeurs de Facultés, Professeurs agrégés, etc...)

BROCHURE N° 52.526, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations et par des Professeurs de l'Université.)

BROCHURE N° 52.532, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de la **Marine marchande** : Officier de pont, Officier mécanicien, Commissaire, T. S. F., etc...
(Enseignement donné par des Officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc...)

BROCHURE N° 52.540, concernant la préparation aux carrières d'Ingénieur, Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, dans toutes les spécialités de l'Industrie et des Travaux publics : Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc...
(Enseignement donné par des professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc...)

BROCHURE N° 52.543, concernant la préparation à toutes les carrières de l'Agriculture, des Industries agricoles et du Génie rural, dans la Métropole et aux Colonies.
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc...)

BROCHURE N° 52.548, concernant la préparation à toutes les carrières du Commerce (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe); de la Comptabilité (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de livres); de la Représentation, de la Banque et de la Bourse, des Assurances, de l'Industrie hôtelière, etc...
(Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc...)

BROCHURE N° 52.555, concernant la préparation aux métiers de la Couture, de la Coupe, de la Mode et de la Chemiserie : Petite-main, Seconde-main, Première-main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, etc...
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés)

BROCHURE N° 52.560, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 52.568, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc...
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 52.573, concernant l'étude de l'Orthographe, de la Rédaction, de la Rédaction de lettres, de l'Eloquence usuelle, du Calcul, du Calcul mental et extra-rapide, du Dessin usuel, de l'Écriture, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

BROCHURE N° 52.580, concernant l'étude des Langues étrangères : Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Portugais, Arabe, Esperanto. — Tourisme (Interprète).
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 52.584, concernant l'enseignement de tous les Arts du dessin : Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Décoration, Aquarelle, Peinture à l'huile, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les Métiers d'art et aux divers Professorats de Dessin, Composition décorative, Peinture, etc...
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc...)

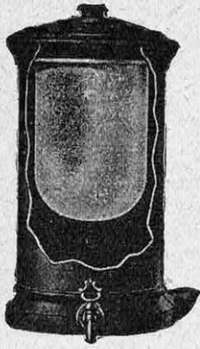
BROCHURE N° 52.593, concernant l'enseignement complet de la musique : Musique théorique (Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition); Musique instrumentale (Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la musique et aux divers Professorats officiels ou privés.
(Enseignement donné par des Grands Prix de Rome, Professeurs membres du Jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

BROCHURE N° 52.596, concernant la préparation à toutes les carrières coloniales : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.
(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à
MESSIEURS LES DIRECTEURS de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16°)



Protégez-vous des Epidémies

FILTRE PASTEURISATEUR MALLIÉ

Premier Prix Montyon
Académie des Sciences

PORCELAINE D'AMIANTE - FILTRES DE MÉNAGE

DANS TOUTES BONNES MAISONS D'ARTICLES DE MÉNAGE
et 155, rue du Faubourg-Poissonnière - PARIS (9^e)



PRÉSENTE

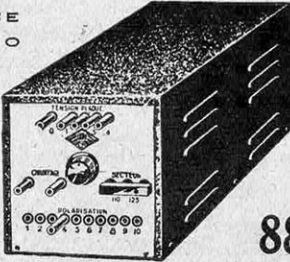
UNE ALIMENTATION TOTALE

des postes sur secteur

Type "CUIVREX" AT 3

Redressement par oxymétal

NOTICE
FRANCO

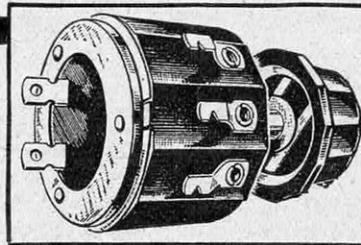


PRIX:

880 frs

Débit : 40 milliampères, 160 volts. — Prises
à 40 - 80 - 120 volts. — Polarisation :
2 à 20 volts. — 4 volts, 0,6 ampère.

Etablissements ARNAUD S. A.
3, Impasse Thoréton. PARIS (15^e)



Pour la maîtrise de votre poste...
... une merveille de précision

Appareils à interrupteurs véritablement bobinés

VOLUME-CONTROLS
TON-CONTROLS, etc...

Toutes valeurs de 200 à 100.000 ohms

Caractéristiques principales :

Entièrement protégé par carter bakélite ;
Système "Rexor" universellement apprécié ;
Fixation centrale isolée pour montage direct
sur métal ;

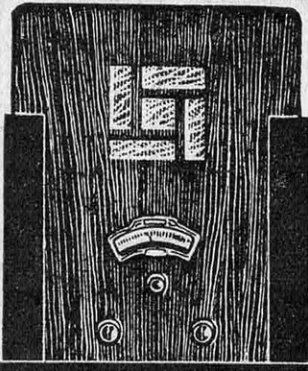
Interrupteur à rupture extra brusque (3 A.
125 v. ou 1 A. 250 v.).

C'est une fabrication **GIRESS**

16, boul. Jean-Jaurès, CLICHY

Téléphone : Marcadet 37-81

Publ. RAPPY



POSTE DE T.S.F. DE MUSICALITÉ PARFAITE L'EUROPÉEN 4-5 ALTERNATIF

Monoclecture. Technique nouvelle. Trois circuits accordés par 3 condensateurs sur un arbre. Equipé avec 1 détecteur à écran, 2 H. F. à écran, 1 penthode de puissance, 1 valve et dynamique supérieur.

Prix **1800** Frs
COMPLET

Remise spéciale à MM. les
Electriciens, Revendeurs,
Constructeurs, etc.

DEMANDEZ LE CATALOGUE A

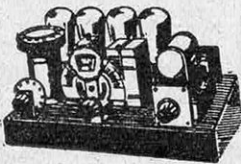
RADIO-SOURCE, 82, av. Parmentier, PARIS-XI^e Chèques Postaux
PARIS-664-49

La Science et la Vie est le seul magazine de vulgarisation scientifique et industrielle

FAITES VOUS-MÊMES VOS POSTES DE T.S.F.

DES CHASSIS MODERNES .. .

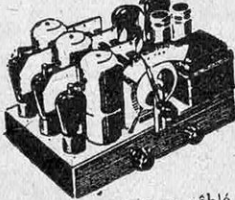
L'UNIVERSEL SECTEUR
4 LAMPES



Châssis monté, non câblé

NET **350** fr.

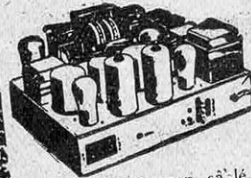
L'EUROPEEN
4-5 ALTERNIF, 5 LAMPES



Châssis monté et câblé.

NET **750** fr.

LE SUPER
5-6 ALTERNIF,
6 LAMPES



Châssis monte. non câblé.

NET **875** fr.

DEMANDEZ-NOUS le plan de câblage qui vous intéresse (3 fr. 50) | DEMANDEZ les devis détaillés. Renseignements techniques gratuits. Joindre un timbre de 0 fr. 50.

RADIO-SOURCE
82 . Av. PARMENTIER
PARIS. XI^e

Pub. J. BONNANGE

Francis HUBENS

68, rue des Archives
PARIS (3^e)

crée et lance la mode du luminaire artistique !

LA BONNE AFFAIRE DU MOIS

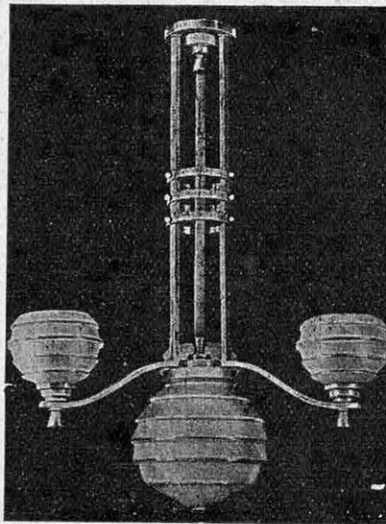
**Dix salles
d'exposition
à votre
disposition**

**DEUX MILLE MODÈLES
DU PLUS SIMPLE
AU PLUS LUXUEUX**

**TOUS PROJETS & DEVIS
SANS FRAIS
SUR DEMANDE**

□
Pour être servi rapidement, joindre, dans la même enveloppe que la commande, son montant en **mandat-poste.**

Compte chèques postaux
1097.70 Paris.



N° 68186

N° 68186. **LUSTRE en bronze fondu** à 4 lumières, 2 allumages. Hauteur 0^m75. Diamètre 0^m55. Verrierie blanche, jaune ou rose, au choix.

PRIX NET :

Décor or vif ou argent vif ou
Décor or mat ou
argent mat **275 fr.**

Décor nickel
chromé véritable. **300 fr.**

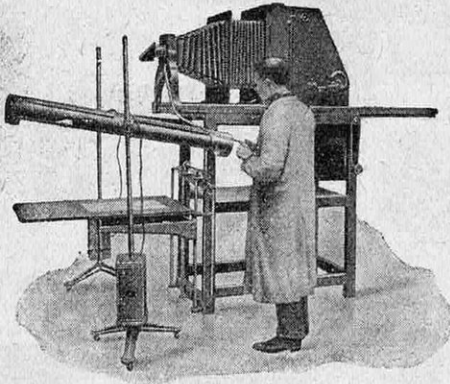
EXPÉDITION franco de port et d'emballage dans toute la France continentale.

Le prix ci-dessus n'est valable que du 1^{er} mars au 15 avril 1933. Le prix de l'article-réclame ne compte pas pour l'application du franco aux autres articles.

s. v. **BON à découper**
et à nous adresser pour recevoir gratuitement et sans engagement, notre **ALBUM "ART & LUMINAIRE"**

REMISE de 25 0/0
sur tous les articles du catalogue est accordée aux lecteurs de *La Science et la Vie*. Nous rappelons cette référence en nous passant commande. — Le prix de l'Article-Réclame ci-dessus s'entend NET.

LE REPROJECTOR



DÉMONSTRATIONS, RÉFÉRENCES, NOTICES FRANCO

donne directement et rapidement, sur le papier, donc sans clichés, des copies photographiques impeccables, en nombre illimité, de tous documents : dessins, plans, esquisses, pièces manuscrites, contrats, chèques, comptes courants, gravures, dentelles, tissus.

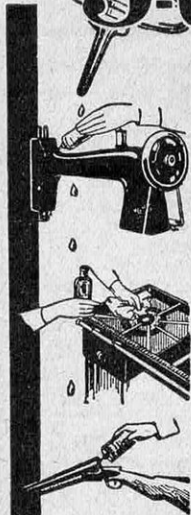
Il réduit ou agrandit automatiquement à l'échelle jusqu'à cinq fois ; photographie le document aussi bien que l'objet en relief ; utilise le papier en bobine aussi bien que la plaque sèche (le papier en bobine se déroule automatiquement devant l'objectif) ; projette les corps opaques aussi bien que les clichés sur verre. Simplicité de fonctionnement. Pas d'apprentissage spécial.

TRAVAUX D'ESSAI

aux firmes intéressées au tarif le plus réduit

DE LONGUEVAL & C^{ie}, constructeurs
17, rue Joubert, 17 - PARIS (9^e)

Huile 3-dans-Un



3-DANS-UN est une combinaison étudiée, faite du mélange de trois huiles : animale, végétale, minérale. Cette triple composition fait de **3-DANS-UN** une huile apte à tout et plus économique que toute autre.

Elle **huile** sans encrasser, sans faire cambouis, sans gommer, toutes sortes de machines et d'instruments délicats, tels que machines à coudre, bicyclettes, machines à écrire, fusils, serrures, charnières, etc.

Elle **préviend la rouille et conserve brillantes** les parties en métal poli ou nickelé, tels que fours, fourneaux, outils, ressorts, etc.

Elle **nettoie, protège et préserve**

toutes les armes à feu, outils, appareils d'intérieur, instruments, etc. C'est le meilleur produit pour entretenir et faire briller les surfaces de bois.

En vente chez tous les droguistes

COMPAGNIE FRANÇAISE DES LUBRIFIANTS
4, rue Vallier, LEVALLOIS (Seine)

AVEC UN APPAREIL
ET DES DISQUES

ODÉON

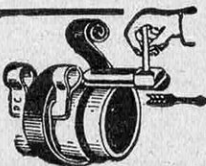
Vous entendrez chez vous
Quand il vous plaira

LES MEILLEURS ARTISTES

DE
L'OPÉRA - OPÉRA-COMIQUE
THÉÂTRE-FRANÇAIS
LES ORCHESTRES SYMPHONIQUES
ET DE DANSE LES PLUS RÉPUTÉS
TOUTES LES VEDETTES
DE LA CHANSON ET DU MUSIC-HALL

Service de Gros :

L'INDUSTRIE MUSICALE
11, faubourg Poissonnière, Paris



COLLIER DE SERRAGE P. C.

PLUS DE LIGATURES EN FIL DE FER sur vos

Tuyaux d'arrosage, Sulfateuses, Articles de cave, Pompes, Radiateurs, Air comprimé, Echelles fendues, Manches ou brancards cassés, Fixation d'antennes de T. S. F., etc.

MONTEZ-LE CORRECTEMENT — IL EST INDESSERRABLE

Etablissements CAILLAU, 56, quai de Boulogne, BOULOGNE (Seine)

Demandez au Service N échantillon et poinçons franco et

GRATIS ←

BON DÉMONTAGE

Z E I S S I K O N

présente à
l'Exposition de Photographie
(Porte de Versailles, 3-12 Mars)

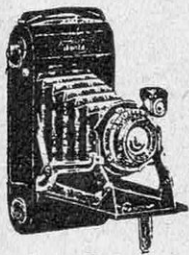
«Box-Tengor»



**l'appareil-boîte
le plus
perfectionné**

à partir de Frs: 85

«Ikonta»



**l'appareil
automatique
qui a conquis
le monde entier**

Tous les formats
à partir de Frs: 210

«Contax»



**l'appareil
idéal
de l'amateur
moderne**

pour film-ciné 24×36 m/m

«KinamoS10»

pour film de 16 m/m

de nombreux autres modèles
d'appareils, ainsi que le

F I L M Z E I S S I K O N

EN VENTE CHEZ TOUS LES REVENDEURS

Demandez renseignements et catalogues au Stand
Zeiss Ikon ou, en se référant de cette revue, au
concessionnaire pour la France :
Société IKONTA, 18-20, Fbg du Temple, PARIS (XI)

*Faites
venir de
Besançon*

la plus belle collection de
montres de précision :

**le nouveau catalogue
"MONTRES" N° 33-65 des
Etablissements SARDA, où
la réputée firme offre à votre
choix 500 modèles pour dames
ou messieurs, que vous pourrez
ainsi acheter directement,
30 % moins cher que dans
le commerce.**

SARDA
BESANCON
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

Consultez nos catalogues gratuits des rayons annexes "GROSSE HORLOGERIE", "BIJOUTERIE-JOAILLERIE-ORFÈVRE", Envois à conditions anciennes.

MOULIN A CAFÉ MÉNAGER

Prix : **190 fr.**
sur tous courants 110 volts

GUERNET 245, av. G.-Clemenceau
NANTERRE

LA CUISINE et LE CHAUFFAGE

PAR LE GAZ

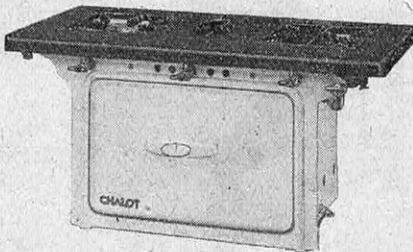
BUTANE

AVEC LES APPAREILS

CHALOT



N° 170



N° 186

Les ETABLISSEMENTS CHALOT ont été les **premiers** à étudier l'équipement des cuisinières et des réchauds pour fonctionner au BUTANE.

Ils sont les **seuls** à avoir mis au point des brûleurs spéciaux pour le gaz BUTANE, d'un haut rendement et d'un fonctionnement parfait, dans une large marge de débit.

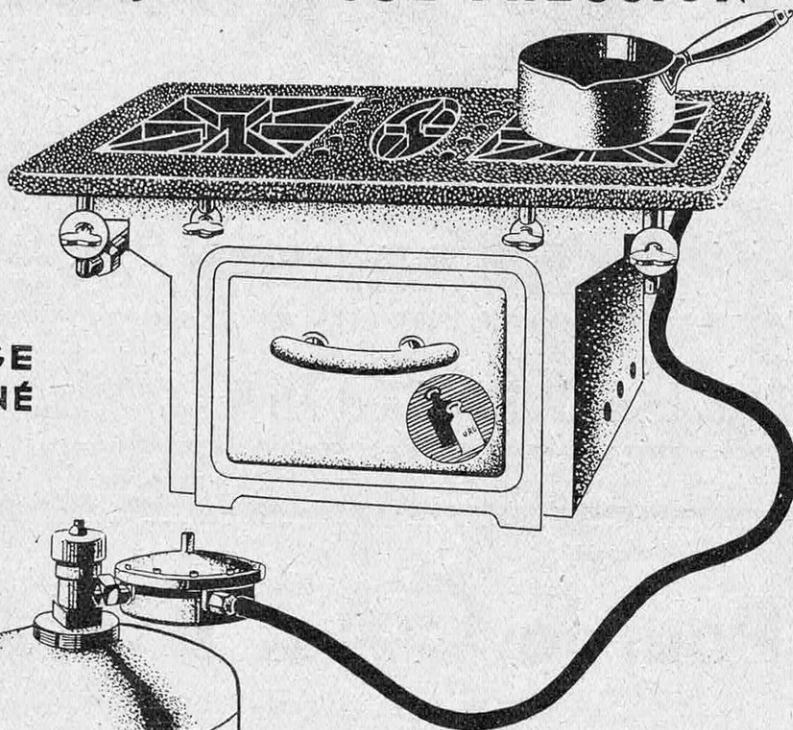
Les ETABLISSEMENTS CHALOT fabriquent la **gamme la plus étendue** d'appareils de cuisine par le gaz BUTANE, munis des perfectionnements les plus modernes : fours calorifugés, robinets spéciaux, etc., et d'une présentation la plus soignée.



Les APPAREILS CHALOT, fonctionnant au gaz BUTANE, **sont agréés par l'U. R. G.** — **Exigez-les** de tous les Concessionnaires pour la vente du gaz BUTANE, ou écrivez 110, avenue Philippe-Auguste, Paris (11°).

LE GAZ BUTANE

**GAZ NATUREL EN BOUTEILLES
NON TOXIQUE . BASSE PRESSION**



**ALLUMAGE
INSTANTANÉ**



**TOUTES LES APPLICATIONS
DU GAZ DE VILLE**

Cuisine - Sanitaire
Eclairage - Chauffage

500 AGENTS

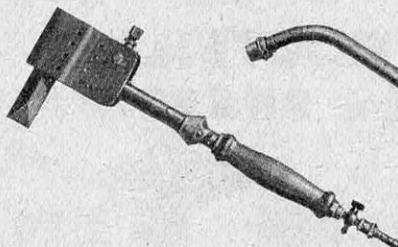
France - Algérie - Tunisie - Maroc

SOCIÉTÉ POUR L'UTILISATION RATIONNELLE DES GAZ
4, Rue Michelet, PARIS-6^e

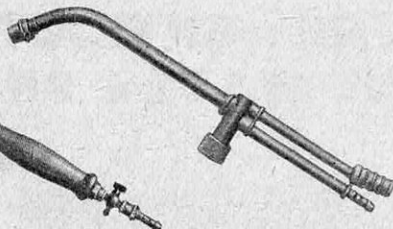
EXPRESS

RAPIDE

APPAREILS INDUSTRIELS
 AU
GAZ BUTANE



FER A SOUDER
 "RAPIDE"
 AU GAZ BUTANE



CHALUMEAU
 "EXPRESS"
 AU GAZ BUTANE



BRÛLEUR BUNSEN
 "EXPRESS"
 AU GAZ BUTANE

SUR DEMANDE, ÉTUDE DE TOUS BRÛLEURS ET APPAREILS SPÉCIAUX

EN VENTE DANS TOUTES BONNES QUINCAILLERIES

CONSTRUCTEURS :

Etab. Léon GUILBERT et FILS 10-12, rue Montlouis, PARIS-XI^e
 Tél. : Roquette 02-10, 02-11

PUBL. C. BLOCH

Pour le **GAZ BUTANE**

COMME POUR LE GAZ DE VILLE

Les RÉCHAUDS et les CUISINIÈRES

Fabriqués par les Etablissements

Léon PICARD & Lucien SAUERBACH

49, rue de Tanger - PARIS (19^e)

Sont incomparables

DEMANDEZ-LES A VOTRE FOURNISSEUR HABITUEL

PUBL. C. BLOCH

POELES

GODIN

A GUISE

LA MEILLEURE FLAMME
LE MEILLEUR RENDEMENT
GAZ BUTANE
DISTRIBUÉ PAR LA SOCIÉTÉ U.R.G.

APPAREILS
FONCTIONNANT AU
LE GAZ NATUREL EN BOUTEILLES

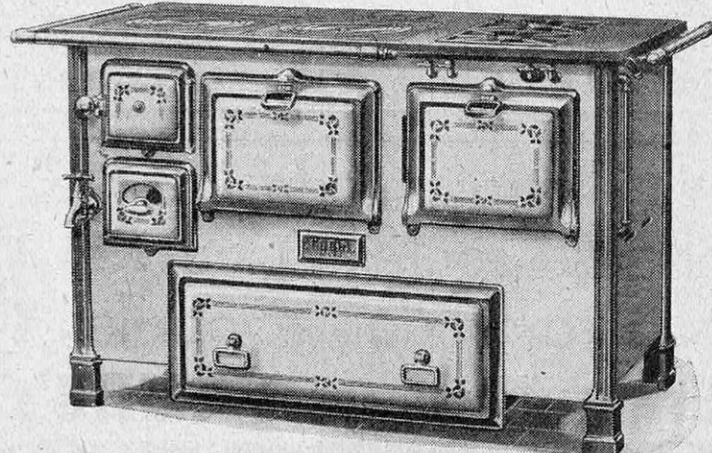
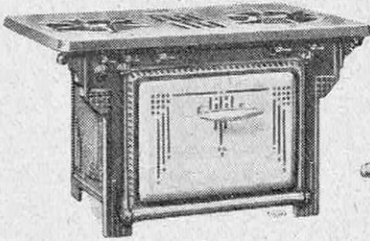
GAZOLETTE
2 four N° 284^B

sans four N° 340^B

1 four N° 310^B



Cuisinière mixte à houille et à gaz N° 880^C



ANCIENNE MAISON
SOCIÉTÉ DU
FAMILISTÈRE DE GUISE
R. RABAU & C^{IE}

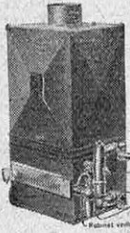
En vente chez tous les Quincailliers Poêliers Fumistes etc...

B. DAFFOS - PARIS

vous présente

Le BUTANIC

MARQUE DÉPOSÉE



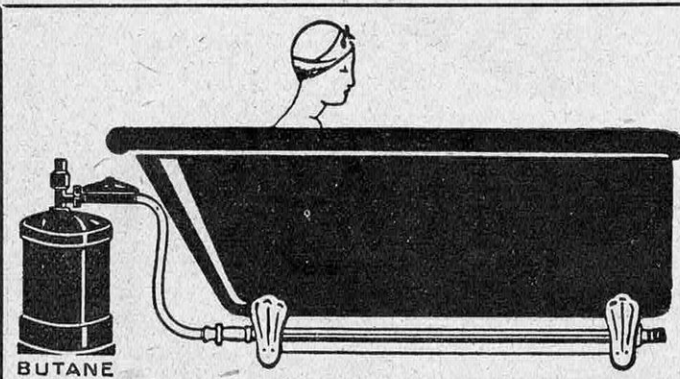
EAU FROIDE
EAU CHAUDE
Vidange facile
Gaz BUTANE
Équipement complet
Facile à installer

CHAUFFE-BAINS = CHAUFFE-EAU
FABRIQUÉS SPÉCIALEMENT POUR FONCTIONNER
AU GAZ BUTANE

LES MEILLEURS -- LES PLUS ÉCONOMIQUES

En vente chez MM. les DÉPOSITAIRES du GAZ BUTANE

PUBL. C. BLOCH



BUTANE

BAIGNOIRE CRYSTAL

ACIER ÉMAILLÉ OU GALVANISÉ

Brûleur au Butane U. R. G.

Un bain de 100 litres en 30 minutes
pour 1 fr. 60

PRIX D'INSTALLATION TRÈS MODIQUE
PRIX D'ACHAT RÉDUIT

Soc. An. **CRYSTAL**

15, rue Hégésippe-Moreau
PARIS-XVIII^e

PUBL. C. BLOCH

J. VISSEAU-X-LYON

becs spéciaux pour le gaz **BUTANE**

V. B. 5 120 bougies, consommation horaire : **58** grammes.

V. B. 6 150 — — — — — **87** —

LYON, 87 à 91, quai Pierre-Scize - Tél. : Burdeau 58-01, 3 lignes
PARIS, 66, rue d'Hauteville, 66 - Tél. : Provence 27-46 et 27-47

PUBL. C. BLOCH

Les illustrations de "La Science et la Vie" sont exécutées, depuis sa fondation, par les

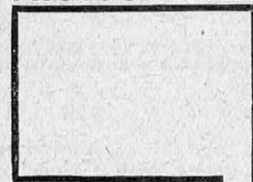


ÉTABLISSEMENTS LAUREYS FRERES

17, RUE D'ENGHEN, PARIS-10^e - PROVENCE 99-37, 99-38, 99-39

COMPOSITION - CLICHERIE - CLICHES SPECIAUX POUR PAPIERS NON COUCHES

PHOTOGRAVURE



GALVANOPLASTIE - DESSIN

Toutes les Applications

domestiques et industrielles du

GAZ BUTANE

sont réalisées

par les Appareils

AUER

une marque...
une garantie...

SOCIÉTÉ AUER, 21, RUE SAINT-FARGEAU, PARIS
CATALOGUES ET ÉTUDES FRANCO SUR DEMANDE

**REDOUTEZ LES COFFRES
ANCIENS OU MÉDIOCRES**

**ACHETEZ UN
FICHET**

Siège Social : 20, rue Guyot, PARIS

Magasins de Vente :

43, Rue de Richelieu, PARIS

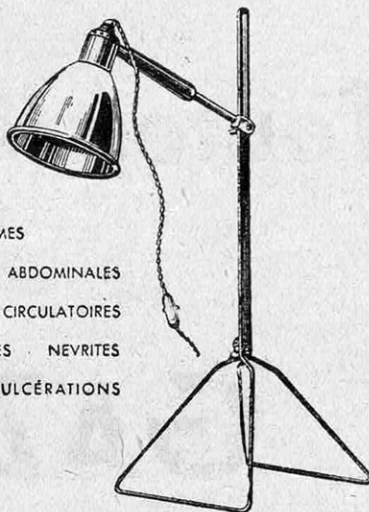
21, r. Fossé-aux-Loups, BRUXELLES

ET DANS TOUTES LES GRANDES VILLES

L'INFRA-ROUGE

— A DOMICILE —

**PAR LE PROJECTEUR
THERMO-PHOTO-THERAPIQUE
DU DOCTEUR ROCHU-MERY**



- RHUMATISMES
- DOULEURS ABDOMINALES
- TROUBLES CIRCULATOIRES
- NÉVRALGIES · NEVRITES
- PLAIES · ULCÉRATIONS
- ETC., ETC

LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
12. AV. DU MAINE. PARIS. XV^e T. Litre 01-63
Litre 04-62

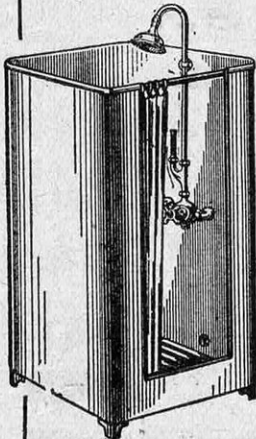
J. LEMÉTAIS INGÉNIEUR-
CONSTRUCTEUR
117, aven. Daumesnil, Paris (12^e)
TÉL. : DIDEROT 26-11 — R. C. SEINE 137.399

**Cabine de douches démontable
"PASSE-PARTOUT"**

BREVETÉE S. G. D. G. — MARQUE DÉPOSÉE

**Pour habitations particulières, ins-
titutions, hôtels, bains, douches, etc.**

Cette cabine de douches est d'une étanchéité parfaite; ne nécessite qu'un mètre carré et peut se placer même dans une chambre à coucher.



CETTE CABINE COMPREND :

- 1° Le corps proprement dit en parties démontables (1^m90 X 0^m90 X 0^m90);
- 2° Un robinet mitigeur nickelé de 16 ³/₄ alimentant en eau froide, tiède ou chaude, une douche munie d'un thermomètre de contrôle de température (chacun des deux côtés, perpendiculaires à l'ouverture, pouvant recevoir cette robinetterie lors de l'installation);
- 3° Une bonde à grille pour vidange de l'eau;
- 4° Un trop-plein de sécurité;
- 5° Un parquet ajouré pour l'écoulement de l'eau;
- 6° Un rideau caoutchouté imperméable sur tringle nickelée.

Prix de l'ensemble : 2.500 fr.

Cette cabine de douches peut être complétée par une cabine servant de déshabilleur, avec rideau tissu caoutchouté sur tringle nickelée, parquet, portemanteaux, etc.
Supplément : 1.300 francs

**L'ÉLECTRIFIÈRE
RENAULT**

à ESSENCE ou à HUILE LOURDE

met à la portée de chacun la possibilité d'éclairer sa ferme ou sa maison de campagne. Robuste et simple, cet appareil ne nécessite que le minimum d'entretien et de dépense.

Dimensions d'encombrement :

- Hauteur . 75 c/m
- Longueur 70 c/m
- Largeur 40 c/m

Notices sur demande

Prix : 3900 Frs
Batterie '90 a.h. : 1450 Frs

BILLANCOURT
(Seine) 4505

DESSINEZ!

rapidement et exactement, sans études préalables, d'après **nature** et d'après **document**, à n'importe quelle grandeur! grâce à

La Chambre Claire Universelle 325 Fr. =

ou au **Dessineur** 120 Fr. =

(chambre claire simplifiée) .. Franco d'emballage et port France et Etranger

Emb. et port France et Colonies : 8 fr. Etranger : 25 fr.

Nombreuses références officielles et privées
Envoi gratuit des catalogues n°s 12 et D 12

Agrandissement, copie, réduction de tous sujets ou documents, portraits, paysages, natures mortes. — Gain de temps et de possibilités pour les amateurs et les professionnels. — Permet aux débutants de dessiner sans délai. — Permet aux graveurs de dessiner directement à l'envers, tout en agrandissant ou réduisant le sujet. — Redresse les photos déformées.

INSTRUMENTS DE PRÉCISION ET FOURNITURES POUR LE DESSIN

P. BERVILLE

18, rue La Fayette, PARIS (9°)
Métro: Chaussée-d'Antin — Tél.: Provence 41.74



LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

SEUL QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

PARIS, SEINE, SEINE-ET-OISE ET SEINE-ET-MARNE	Trois mois....	20 fr.
	Six mois.....	40 fr.
	Un an.....	76 fr.
DÉPARTEMENTS, COLONIES...	Trois mois....	25 fr.
	Six mois.....	48 fr.
	Un an.....	95 fr.
BELGIQUE.....	Trois mois....	36 fr.
	Six mois.....	70 fr.
	Un an.....	140 fr.
ÉTRANGER.....	Trois mois....	50 fr.
	Six mois.....	100 fr.
	Un an.....	200 fr.

SPÉCIMEN FRANCO
sur demande

En s'abonnant 20, rue d'Enghien, par mandat ou chèque postal (Compte 5970), demandez la liste et les spécimens des

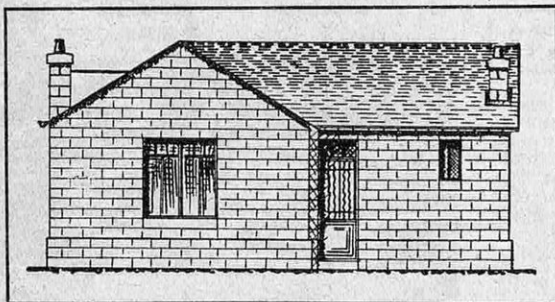
PRIMES GRATUITES
fort intéressantes

LES PAVILLONS DE VOS RÊVES

Modèle n° 1 : **8.000 francs.**

Voulez-vous faire un peu de travail vous-mêmes, chers lecteurs? Cela est la grande question. Si vous voulez le faire, nous pouvons vous offrir une collaboration intéressante, dont vous profiterez pour devenir propriétaire d'un pavillon de trois pièces pour la somme minuscule de **8.000 francs.**

Suivez-nous dans nos calculs. Nous vous donnons la **charpente métallique** au taux de **15 francs le mètre cube de contenance** de votre pavillon. Notre **modèle 1** a 6 m. 50 × 6 m. 50 × 3 mètres et il cube 127 mètres ; donc **1.900 fr.** pour la charpente en acier.



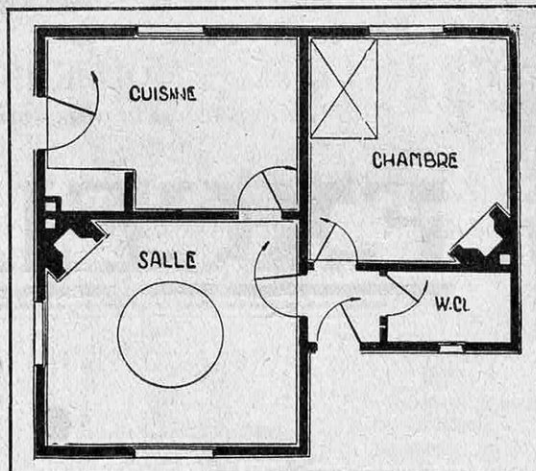
La toiture en fibro-ciment ondulé, avec tout le chevronnage et accessoires de pose, coûtera **1.260 francs.** Le plafond, en planches bouvetées et tennonées posées sur des solives en sapin du Nord, coûtera **1.180 francs.**

Jusqu'à présent, nous ne faisons que **4.340 francs.** Le parquet nous coûtera également **1.260 francs,** et les portes, fenêtres et serrurerie encore **1.500 francs,** soit **7.100 francs** en tout.

Reste maintenant la grande question des murs. Avez-vous du sable sur place ou pouvez-vous en trouver à un prix intéressant? Tout dépend du coût de votre sable et du plaisir que vous éprouverez en fabriquant vous-mêmes les **agglomérés.** de vos **parois et cloisons.** Au grand maximum, vous aurez 100 m. carrés de parois et cloisons. A condition d'avoir du sable pour la peine de le chercher, vos agglomérés vous coûteront **10 francs** le mètre carré, plus la machine pour les faire vous-mêmes, qui coûte **374 francs.**

Dans la construction de votre pavillon, tout dépend de vous-mêmes. Nous pouvons vous fournir seulement la partie essentielle, voire la charpente métallique et la toiture. Vous pouvez réellement faire le reste vous-mêmes, et y trouver une distraction fort agréable.

Remarquez bien que ce ne sera pas un baraquement que vous aurez, mais une vraie habitation, faite avec du goût et que vous pourrez installer coquettement. Trouvez donc la solution de votre problème du logement à bon marché en apprenant à travailler vous-mêmes. Si le **modèle 1** ne vous convient pas, envoyez-nous un croquis de ce qu'il vous faut, et nous ferons de notre mieux pour vous adresser un devis estimatif qui vous permettra de réaliser votre désir, et cela pour le printemps.

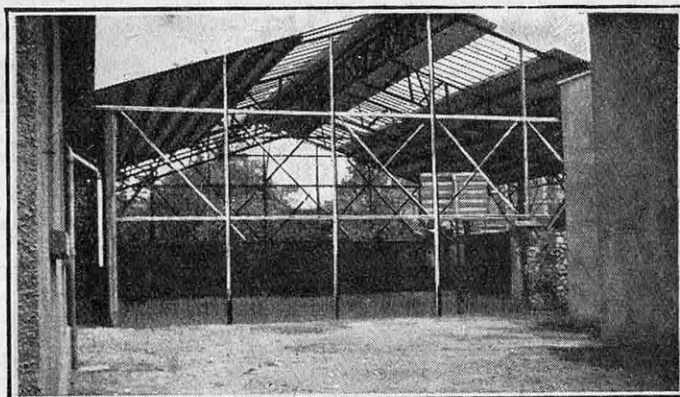


Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs
Aux Ateliers de la Couronne, PETIT-QUEVILLY-LEZ-ROUEN (Seine-Inf.)

LA SÉRIE 39

ET LES SALLES PAROISSIALES

Le problème de doter les petites communes de salles paroissiales, de salles de fêtes et de cinémas se trouve résolu par la **série 39** de nos constructions métalliques. Ces constructions se font en cinquante-cinq dimensions distinctes, depuis **5 m.** de portée jusqu'à **15 mètres**. Dans chaque largeur de ferme, il y a **cinq** hauteurs différentes.



Les petites portées de 5 et 6 mètres s'emploient pour les petites salles, comme, par exemple, pour celle de la Coopérative du Madrillet, à Sotteville-lez-Rouen. Les portées moyennes de 8, 9 et 10 mètres sont les plus souvent employées : à Amfreville-la-Mi-Voie, près Rouen, nous avons la salle des fêtes de la commune, donnée par **M. Loupe** il y a cinq ans ; à Rouen même, nous avons la grande salle de récréation de **La Fraternité**, rue Saint-Julien, n° 333, qui a **15 mètres** de portée, et partout ailleurs, en France, nous avons d'autres constructions de diverses portées.

Le coût ? La charpente métallique d'une salle, ou d'un cinéma, d'une longueur de 25 mètres, construite en éléments de la **série 39**, coûtera de **25 à 30 francs** le mètre carré de terrain couvert. La couverture de la toiture coûtera de **25 à 35 francs** le mètre carré également, selon les matériaux employés. Le remplissage des parois en **agglomérés de ciment** ne coûte que de **15 à 25 francs** le mètre carré de paroi, selon le coût de transport du sable s'employant dans la fabrication des agglomérés. Notre machine à faire les agglomérés de 40 cm. x 20 cm. x 10 cm ne coûte que **374 francs**. Rien ne manque au bonheur des petites communes, sauf l'initiative de celui qui mettra la chose en route. Et cette initiative ne manque pas, surtout celles des personnes intimement responsables pour introduire un peu de gaieté et d'amusement dans la vie de leurs concitoyens.

La magnifique salle paroissiale de **Bessèges** est due à l'initiative de **M. l'abbé Bertrand**, le directeur de la Société **l'Espérance**, à Bessèges, dans le Gard. Cette superbe construction, qui a **30 mètres** de long et **10 mètres** de large, vient de se terminer. Elle est composée de sept fermes n° **28** de la **série 39**, espacées à intervalles de 5 mètres et reliées entre elles au moyen d'entretoises à treillis. Chaque pignon du bâtiment et les deux longs côtés sont armés en fers à double T, pour recevoir un remplissage en agglomérés. La toiture est en fibro-ciment ondulé posé sur des pannes en sapin. Le coût total de la construction, qui a été effectuée par notre personnel (sauf les murs qui étaient faits par un entrepreneur de la région), était de **32.084 francs**, et elle les valait bien.

Documentez-vous donc au sujet de la **série 39**, la plus pratique, le meilleur marché, la plus simple à poser et la plus robuste de toutes les constructions métalliques du siècle. Ecrivez aujourd'hui pour la brochure 144, à notre nouvelle adresse.

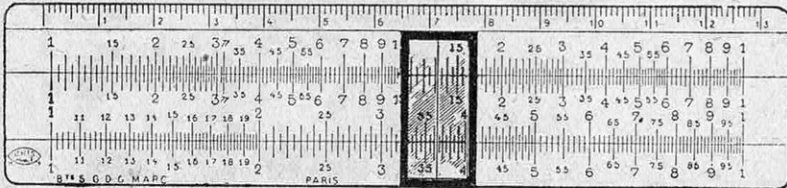
Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs
Aux Ateliers de la Couronne, PETIT-QUEVILLY-LEZ-ROUEN (Seine-Inf.)

LES RÈGLES À CALCULS DE POCHE

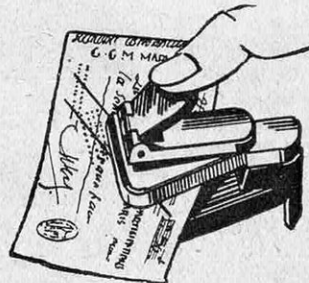
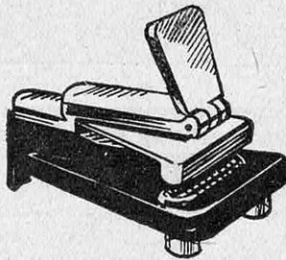
LES FIXE-CHÈQUE
LA CACHETEUSE
LA DÉCACHETEUSE
LA TIMBREUSE

MARC

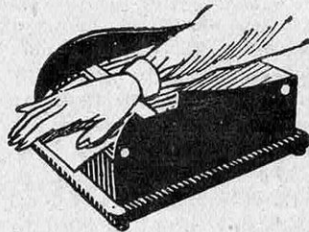
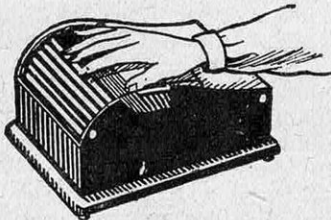
T
O
U
T
P
O
U
R
V
O
T
R
E
B
U
R
E
A
U



LES RÈGLES à CALCULS de POCHE.. depuis Fr. **24**



LES FIXE-CHÈQUE Fr. **50**



LA CACHETEUSE.. .. . Fr. **350**



LA DÉCACHETEUSE.. .. . Fr. **120**

LA TIMBREUSE Fr. **775**

..... **CONSTRUCTEURS-FABRICANTS**

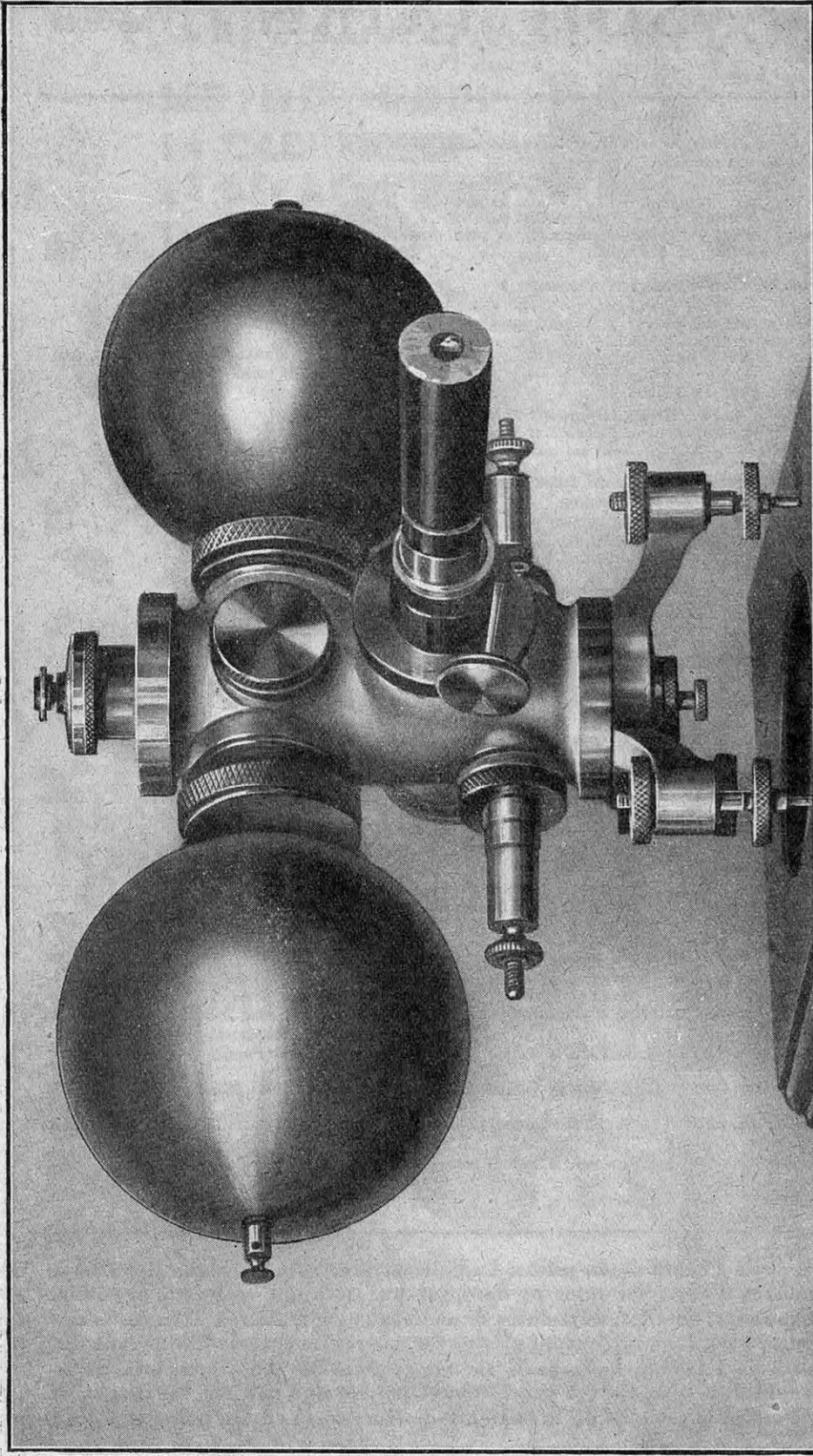
CARBONNEL & LEGENDRE

SOCIÉTÉ A RESPONSABILITÉ LIMITÉE AU CAPITAL DE 206.000 FRANCS

12. rue Condorcet, PARIS (9^e) - Tél. : Trudaine 83-13

Le Radium, métal le plus précieux du monde ; comment on le prépare, comment on l'utilise.	
<i>La Belgique, grâce à ses minerais du Haut-Katanga (Congo) fournit le Radium au monde entier. Voici les délicates opérations qui, de 40 tonnes de minerai, permettent d'extraire 1 gramme de Radium, ainsi que les applications de ce précieux élément et de son « émanation », le Radon.</i>	Jeân Labadié. 181
Les cirques lunaires sont-ils dus aux météorites ?	
<i>Les cratères produits à la surface de la Terre par les météorites, dont certaines sont évaluées à 1 million de tonnes, sont assez semblables aux cirques lunaires. Faut-il en conclure que ceux-ci sont dus à la chute de météorites ?</i>	L. Houlléviqne.. . . . 191
La photographie dans l'invisible.	Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.
<i>Pourquoi et comment on utilise les rayons infrarouges pour la prise de vues. Ce qu'on peut attendre de ce procédé dans la pratique industrielle.</i>	André Charmell. 197
Paris et Lyon sont dotés de nouveaux radiophares qui assurent le guidage des avions par temps de brume.	Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.
<i>Le pilote dispose désormais d'indications visuelles précises, qui lui font connaître automatiquement de quel côté de sa route il a dévié.</i>	Jean Marchand.. . . . 204
La France possède le contre-torpilleur le plus rapide du monde.	Ingénieur I. E. G.
<i>Près de 80 kilomètres à l'heure, pendant trois heures consécutives, tel est le record détenu par le Cassard.</i>	Henri Le Masson.. . . . 209
La prospection électrique.	
<i>Comment le « carottage » électrique permet de déceler les gisements métalliques ou autres, les nappes de pétroles.</i>	Jean Hesse 214
Où en est l'aviation militaire Française ?	Ingénieur des Arts et Manufactures.
<i>La France, bien que possédant de nombreux constructeurs qui ont établi d'intéressants appareils, est indiscutablement distancée par certaines aviations étrangères.</i>	Edmond Blanc.. . . . 222
Le butane concurrence le gaz de houille pour le chauffage et l'éclairage.	Ingénieur des Constructions Aéronautiques.
<i>Distribué par camions automobiles, le butane, d'un pouvoir calorifique élevé, sans danger, apporte confort et commodités au point de vue domestique et industriel. Il rivalise avantageusement avec le gaz ordinaire.</i>	Roger Vène 233
Le récepteur de T. S. F. ne déforme plus la musique.	Agrégé des Sciences Physiques.
<i>Depuis le collecteur d'ondes jusqu'au haut-parleur, alimentation, détection, amplification ont été améliorées de façon à associer sélectivité d'une part, sensibilité et fidélité d'autre part.</i>	C. Vinogradov.. . . . 243
Le nouveau pont du Carrouel, à Paris	Ingénieur Radio E. S. E.
La part de la science dans la préparation de l'aliment complet.	Léon Pondeveaux. 252
Le démarrage automatique et progressif des moteurs électriques	Jacques Maurelle.. . . . 254
Les « A côté de la science »	Jean Marival. 258
Chez les éditeurs.	V. Rubor 263
	J. M.. . . . 266

La brume, voilà l'ennemi du pilote. Le balisage électromagnétique des routes aériennes vient d'apporter dans ce domaine une solution vraiment pratique. Paris et Lyon sont, en effet, déjà dotés de nouveaux radiophares dont les émissions, reçues à bord, indiquent au pilote, sur un petit appareil fixé devant lui, de quel côté de l'axe de balisage il se trouve déporté. La couverture de ce numéro représente l'un de ces avions nouvellement équipés avec ce dispositif qui contribuera à la sécurité de la navigation aérienne. (Voir l'article, page 204.)



L'ÉLECTROMÈTRE « COMPENSÉ » QUI SERT, AU LABORATOIRE DE L'USINE D'OOLEM PRÈS D'ANVERS (BELGIQUE), A MESURER, D'UNE FAÇON PRÉCISE, LA RADIOACTIVITÉ DU MINÉRAL D'URANIUM-RADIUM AUX DIVERS STADES DE SA CONCENTRATION

Chacune des deux sphères représente une « chambre d'ionisation » au centre de laquelle est une électrode. L'électromètre (dont la lecture se fait par visée dans l'oculaire central visible au milieu de l'appareil) est muni en « différentiel », sur les deux électrodes, l'une des chambres est masquée par un écran de plomb, tandis que l'autre est exposée au rayonnement du corps radioactif.

UN EFFORT UNIQUE DE DOCUMENTATION

Faisons le point :

Il y a vingt ans paraissait le premier numéro de

LA SCIENCE ET LA VIE

Depuis cette date, les 20.000 pages de texte de LA SCIENCE ET LA VIE constituent l'encyclopédie la plus attrayante, la plus complète et la plus précise de tout ce qui touche à la Science et à l'Industrie appliquée à la vie contemporaine.

Voulez-vous connaître et retrouver les innombrables études publiées dans tous les domaines, et sur tous les sujets, par les savants les plus éminents du monde entier ?

Retenez dès aujourd'hui la

TABLE GÉNÉRALE DES MATIÈRES

N° 1 à 186

QUI PARAITRA PROCHAINEMENT

Cette table, de près de 400 pages, sera mise en vente
(à nos bureaux) au prix de. **20 fr.**

Franco recommandé France et colonies.. **22 fr.95**

— — — — — Etranger. **25 fr.**

*Toutefois, tous ceux qui s'inscriront avant le 1^{er} Avril seront assurés de posséder cet important ouvrage, et ils bénéficieront d'une diminution de **4 fr.** sur les prix ci-dessus.*

La première table décennale parue en 1923 ayant été rapidement épuisée, nous engageons vivement nos lecteurs à ne pas retarder l'envoi de leur souscription : chèque ou mandat, ou tout autre mode à leur convenance,

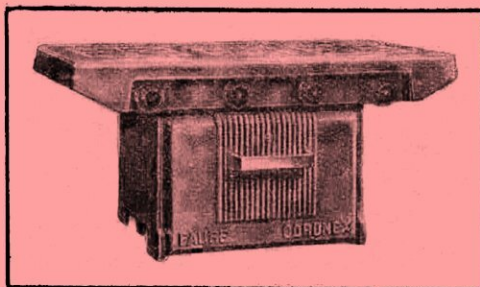
13, rue d'Enghien, 13, PARIS (X^e)

CORONA et CORONEX

Fabrication FAURE



CORONA 601



CORONEX 500

sont les plus économiques
des appareils utilisant le
BUTANE

Leur injecteur à aiguille, breveté S. G. D. G., assure un mélange constant gaz et air à toutes les allures et un ralenti parfait.

Le **BUTANE**, gaz riche, exige un entraînement d'air considérable; seul, l'injecteur à aiguille permet de le réaliser.

Les brûleurs CORONA sont les plus économiques.



FAURE, à REVIN (Ardennes)

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE MENSUEL DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Voir le tarif des abonnements à la fin de la partie rédactionnelle du numéro

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS-X* — Téléph. : Provence 15-21

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays

Copyright by La Science et la Vie, Mars 1933 • R. C. Seine 116.541

Tome XLIII

Mars 1933

Numéro 189

LE RADIUM, MÉTAL LE PLUS PRÉCIEUX DU MONDE Comment on le prépare — Comment on l'utilise

Par Jean LABADIÉ

Le Radium, dont la découverte à la fin du siècle dernier a bouleversé les bases de la physique moderne, est surtout utilisé maintenant d'une manière courante comme agent thérapeutique. C'est un corps extrêmement rare, et on estime qu'il n'en existe guère plus d'un demi-kilogramme dans le monde. On conçoit, par suite, tout l'intérêt qui s'attache à l'extraction délicate et minutieuse de cet élément si précieux. Actuellement, les seuls minerais utilisés proviennent des gisements de pechblende (silicate et aluminate d'Uranium) du Haut-Katanga (Congo belge). Les opérations que doivent subir ces minerais sont si compliqués qu'elles ne peuvent être effectuées directement à la colonie même. Aussi ceux-ci sont-ils transportés à Oolen, près d'Anvers, dans une usine modèle unique au monde, où on n'en traite pas moins de 40 tonnes pour en retirer seulement 1 gramme de métal, dont le prix atteint aujourd'hui 1 million de francs. On n'emploie pas, d'ailleurs, le Radium directement sous la forme de sels de radium. On utilise surtout les propriétés radioactives de son émanation (Radon) et des éléments qu'elle engendre. Après avoir introduit et scellé du bromure de Radium dans une cellule de platine, on attend qu'il se soit formé un « équilibre » entre le Radium lui-même et les corps qui en dérivent par transmutation radioactive : Radon ou émanation du Radium, Radium A, Radium B, Radium C. C'est seulement alors, environ un mois après le scellement du tube, que ces cellules, introduites dans des aiguilles ou des tubes, sont utilisées en thérapeutique. Nous exposons tout d'abord l'industrie du Radium ; nous montrons ensuite ses applications.

QUELLE que soit la loi, ou la fantaisie, qui préside à la distribution des corps radioactifs dans l'écorce terrestre, il faut bien reconnaître que la chance de découvrir le Radium n'était pas extrêmement élevée.

La mine de Joachimstal, en Bohême, fut longtemps seule à produire de la pechblende, ce minerai d'urane (oxyde d'uranium), duquel les Curie tirèrent, en 1898, la première parcelle de sulfure de Radium.

Aux Etats-Unis, l'Utah et le Colorado ont ensuite révélé des gisements de carnotite, minerai d'ailleurs très pauvre en Ra-

dium. La puissance industrielle des Etats-Unis appliquée à ces mines était parvenue, malgré tout, à en faire, dès 1922, le centre du ravitaillement mondial. Ajoutons qu'en dehors de l'Amérique et de la Bohême, le Portugal et Madagascar fournissaient également quelques minerais de faible teneur à de petites usines françaises.

Et c'étaient là toutes les mines radifères en exploitation, mais non précisément tous les gisements connus. La prospection des minerais radioactifs est assez commode — si l'on possède les appareils convenables de mesure électrique que nous présenterons

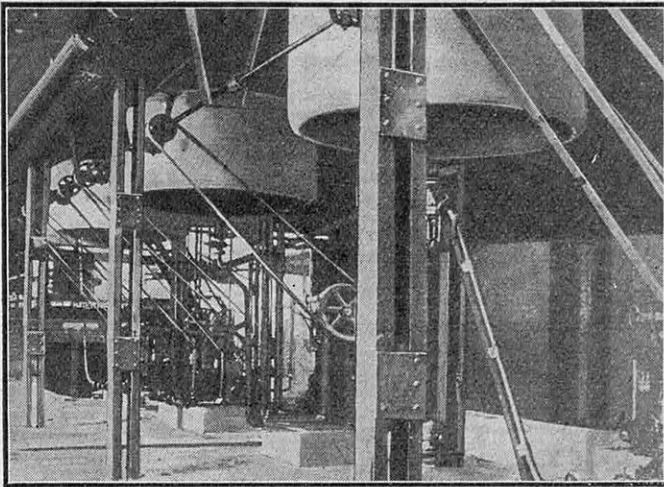


FIG. 1. — BROYEURS DE MINERAIS RADIFÈRES A L'USINE D'OOLEN PRÈS D'ANVERS (BELGIQUE)

plus loin. Aussi bien, les prospecteurs des mines du Haut-Katanga (1) ne purent que constater, dès 1913, l'exceptionnelle richesse en Radium de certains minerais (pechblende, silicate et aluminat d'uranium) gisant dans cette région centrale du Congo.

Mais il fallut attendre 1921 pour entamer l'exploitation industrielle des gisements de Chin-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 177, page 242.

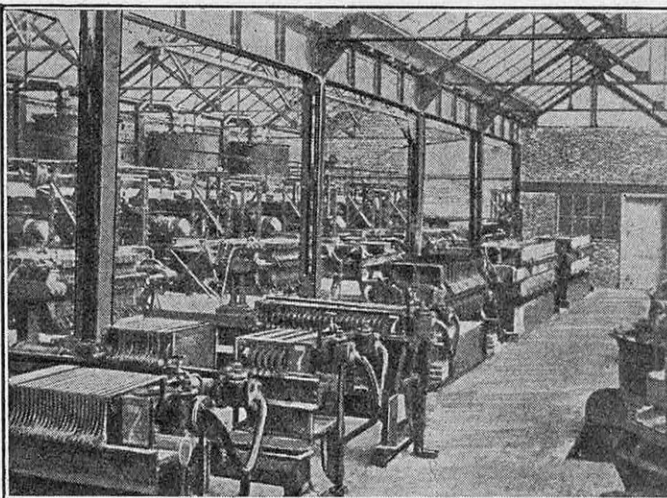


FIG. 2. — LES FILTRES-PRESSES SÉPARENT LES « GATEAUX » DE MATIÈRES SOLIDES DES « EAUX MÈRES » LIQUIDES A CHAQUE STADE DE LA CONCENTRATION DES SELS DE RADIUM, A L'USINE BELGE D'OOLEN

kolobwe, la mine africaine dont les produits transportés bruts, en sacs, à l'usine d'Oolen (près d'Anvers) où ils sont traités, ont suffi à ériger cette fabrique en véritable Centrale universelle du Radium. En moins de dix ans, grâce à cette usine, le monopole du Radium est passé des Etats-Unis à la Belgique, tandis que le prix de l'inestimable métal tombait de moitié. Le gramme de Radium-élément, qui valait 85.000 dollars, lorsqu'il était fabriqué en Amérique, n'en vaut plus, sortant d'Oolen, que 40.000.

Comme il faut 40 tonnes de

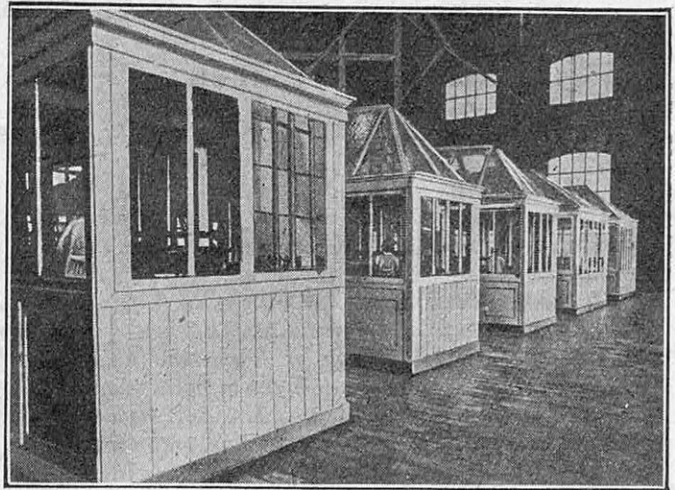


FIG. 3. — LES CABINES-ABRIS OÙ S'EFFECTUENT LES CRISTALLISATIONS FRACTIONNÉES AU BOUT DESQUELLES LE RADIUM EST ISOLÉ A L'ÉTAT DE CHLORURE

minéral pour obtenir ce gramme de métal représentant une fortune, et comme ces 40.000 kilogrammes de matière brute arrivent, pour se faire traiter, du fond du Congo, on est curieux de connaître par le détail ce traitement si délicat, si difficile, qu'il est irréalisable à la colonie et semble appeler le concours de toute la civilisation.

C'est le mystère que nous allons pénétrer en détail, mais dont la clé tient en un mot : l'extraction du Radium en régime industriel n'exige pas moins de

méthode scientifique qu'au jour de la préparation du premier centigramme par M. et Mme Pierre Curie. Et l'industrialisation d'une telle méthode, comme le personnel d'élite qu'elle exige, ne sauraient s'accommoder des ressources coloniales sans parler du climat tropical.

L'énormité de l'opération

Pour nous faire une première idée de la manutention gigantesque que représente la fabrication du Radium, sachons que le gramme de ce métal, offert naguère à Mme Curie, lors de son voyage en Amérique, avait exigé le travail d'une équipe de 150 hommes durant un mois et la mise en œuvre de : 600 tonnes de minerai ; 500 tonnes de produits chimiques et 100.000 hectolitres d'eau distillée dont le chauffage entraîna la combustion d'un millier de tonnes de houille. Bien que le minerai traité à Oolen soit de beaucoup le plus riche, la quantité des masses manipulées en regard du produit obtenu reste imposante.

Le traitement mécanique

Nous n'insisterons pas sur le traitement mécanique du minerai brut. De puissants

broyeurs (figure 1) le réduisent en une poudre aussi impalpable que le charbon pulvérisé employé dans les usines utilisant cette forme de combustible. C'est le procédé bien connu de la « porphyrisation ».

Bien que très riche, le minerai africain d'Uranium-Radium (n'oublions pas cet accouplement de termes, d'une importance capitale) ne contient qu'une partie de « matière utile » (c'est-à-dire intéressant l'extraction du Radium) pour plusieurs millions de parties inertes. Parmi celles-ci, il faut compter non seulement la silice et l'alumine des terres, mais encore les phosphates et les métaux dont le plomb, le fer, le cuivre et même l'Uranium qui doit être éliminé, bien que radio-

actif. Nous allons donc passer immédiatement aux traitements chimique et physique.

Le traitement chimique

Le minerai pulvérisé, attaqué à chaud par l'acide sulfurique, se désagrège ; les métaux et les phosphates se dissolvent. Un traitement du résidu par le chlorure de sodium amène la précipitation du plomb. Le nouveau résidu reçoit autant de carbonate qu'il faut

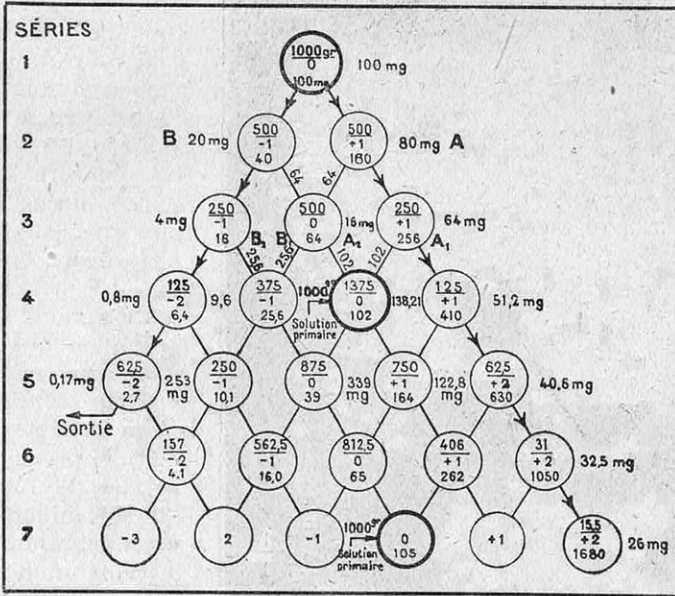


FIG. 4. — SCHEMA DES SÉRIES SUCCESSIVES DE CRISTALLISATIONS FRACTIONNÉES D'UNE SOLUTION RADIFÈRE

Le schéma ci-dessus traduit, à partir d'une solution initiale (cercle en trait gras), la marche de la cristallisation effectuée sur les chlorures mélangés (et qu'il s'agit de séparer) de Baryum et de Radium. Le point de départ étant 1 kilogramme de sels contenant 100 milligrammes de Radium, l'opération consiste à diviser (par cristallisations et décantations successives) la masse cristalline totale en deux parties égales, dont l'une, la plus pauvre en Radium, reste dissoute dans l'eau mère, et l'autre, la plus riche, est séparée à l'état anhydre. Par cette dichotomie, prolongée en autant de subdivisions qu'il le faut, on aboutit à un degré de concentration des eaux mères égale à la concentration primitive, et c'est le cas indiqué par un nouveau cercle en trait gras (4^e série). A ce degré, l'on ajoute de la solution primitive et l'on continue à subdiviser, tandis que les sels anhydres séparés sont traités à nouveau, de la même façon, après nouvelle dissolution en eau distillée. Chaque cercle représente un état de dissolution : les cercles marqués d'un numéro négatif représentent les eaux mères ; les cercles numérotés positivement représentent les solutions concentrées. Le premier nombre inscrit en tête du cercle indique la masse totale des sels en solution ; le nombre inscrit à la base indique la teneur en Radium. Le nombre de milligrammes de chlorure de Radium « anhydre » entraîné dans la cristallisation est inscrit hors du cercle. On voit ainsi que les 100 milligrammes initiaux se concentrent de plus en plus dans les solutions de droite, d'où on extraira le Radium, tandis que les solutions de gauche s'appauvrissent, au contraire, indéfiniment.



FIG. 5. — UNE MASSE DE 3 GRAMMES DE RADIUM QUI VAUT 3 MILLIONS DE FRANCS

C'est le produit d'une « campagne » de cristallisation fractionnée : 3 grammes de Radium, placés au fond de cette coupelle de verre, la rendent lumineuse au point que la photographie ci-dessus a pu être prise, telle quelle, en pleine obscurité.

pour éliminer tout l'acide sulfurique en excès. Que devient le Radium convoité, dans ce magma boueux ?

Il reste *insoluble* et mélangé aux masses de sable (silice) qui, seules avec lui, ont résisté à la désagrégation. Il faut donc récupérer d'abord, en bloc, toutes les *matières solides* existant dans les bacs à cette phase du traitement, et dans lesquelles les parcelles de Radium sont perdues comme aiguilles dans le foin.

La récupération s'effectue au moyen de *filtres-presses*. Les « gâteaux » de matière retenus par ces filtres — et le filtrage se renouvelle avec décantages successifs, jusqu'à ce que la solution coule parfaitement claire — ces gâteaux, faits de silice par kilogrammes et de Radium par milligrammes, il faut maintenant les « repulper », c'est-à-dire les diluer à nouveau. Ce sera fait dans de l'eau distillée, afin de n'apporter aucun élément nouveau à la réaction. Après quoi, c'est l'acide chlorhydrique

qui entre en scène et dissout tout l'ensemble solide restant.

Il ne reste plus qu'à réappliquer à la solution ainsi réalisée un traitement massif à l'acide sulfurique : le Radium dissous en chlorure se précipite alors sous la forme de sulfate insoluble. En filtrant à nouveau, définitivement, on obtient un « gâteau » de matière solide qui représente donc le *maximum de concentration* que la chimie puisse donner au « minerai » de Radium.

Cette concentration en Radium atteint, relativement à la matière première initiale, la proportion de 150 à 1. Autrement dit, si le minerai initial contenait un milligramme de Radium par 40 kilogrammes, le « gâteau » final en contient 1 décigramme et demi.

C'est magnifique et, pourtant, quelle misère ! Certes, le chimiste n'abandonne pas encore la partie. Répétant une partie des opérations précédentes, il finit par obtenir une solution encore plus pure de chlorure de Radium et de Baryum, qui accompagne le

Radium, il est temps de le préciser, comme le plus fidèle et le plus encombrant compagnon de l'interminable voyage chimique.

Mais ceci réalisé, le chimiste déclare forfait et c'est au physicien d'intervenir.

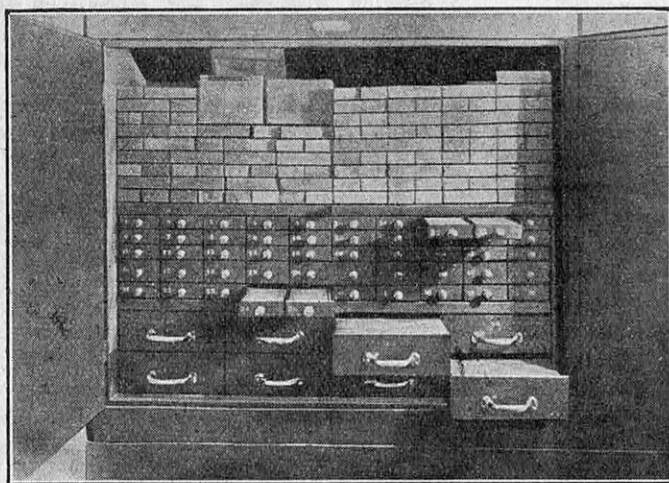


FIG. 6. — L'ARMOIRE AU RADIUM DE LA COMPAGNIE DU HAÛT-KATANGA, A BRUXELLES

Chaque tiroir contient une parcelle de quelques milligrammes de radium recouverte d'une brique de plomb destinée à protéger l'ambiance de la radiation gamma du radium.

La tâche de celui-ci n'est que de patience : il n'a qu'à répéter, en l'aidant et la dirigeant, la plus merveilleusement simple des opérations naturelles : la cristallisation.

Le traitement physique par « cristallisations fractionnées »

Il s'agit de séparer, comme nous l'avons dit, les sels de Radium des sels de Baryum.

Cette séparation repose sur la *différence de solubilité des deux chlorures* — ceux du Radium étant moins solubles que ceux du Baryum.

Si l'on prend une solution de 1 kilogramme de sels de *Baryum et de Radium* (contenant, par exemple 100 milligrammes de Radium) et qu'on évapore cette solution jusqu'à la formation des premiers cristaux anhydres (à raison de 500 grammes de ceux-ci contre 500 grammes de sel restant dissous), les 500 grammes anhydres contiendront évidemment plus de Radium (moins soluble, donc premier cristallisé) que de Baryum.

Les cristaux anhydres ainsi obtenus sont séparés par *filtrations* des eaux-mères demeurées encore toutefois chargées de sels.

On dissout à nouveau, dans l'eau distillée, les cristaux anhydres et l'on recommence à cristalliser par évaporation. On obtient ainsi de nouvelles eaux-mères, moins riches en Radium que les nouveaux cristaux anhydres — eux-mêmes plus riches que les cristaux initiaux.

D'autre part, les eaux-mères du premier fractionnement sont elles-mêmes soumises au même traitement. Il en résulte un nouveau lot de cristaux anhydres relativement riches en Radium. On les redissout à part, toujours en eau distillée, et l'on recommence.

Il n'y aurait aucune fin logique à cette opération si on la laissait se dérouler par

dédoulements indéfinis. Mais si l'on veut bien surveiller (par le calcul autant que par la mesure physique) les *teneurs respectives en Radium* des divers sels anhydres, ainsi que des diverses *eaux-mères* encore chargées de sels, on atteint assez vite un degré de concentration où les sels anhydres sont assez riches pour être éliminés du circuit et recueillis, et où les eaux-mères sont assez appauvries

pour être renvoyées dans le cycle général de fabrication.

En réalité, au *quatrième fractionnement* on obtient des cristaux ayant sensiblement la même teneur que les sels primitifs. On peut donc introduire, à ce niveau de l'opération, une nouvelle quantité de ceux-ci. Autrement dit, la « série » des cuves d'évaporation que représente le quatrième fractionnement admet en l'une de ces cuves un versement de matières premières fraîches. Du cycle de sélection dont nous venons d'exposer le mécanisme, le lecteur trouvera, à la figure 4, le schéma rigoureux dressé par M. Matignon, professeur au Collège de France, d'après le chimiste américain Barker qui ne l'appliqua lui-même aux *carnotites*

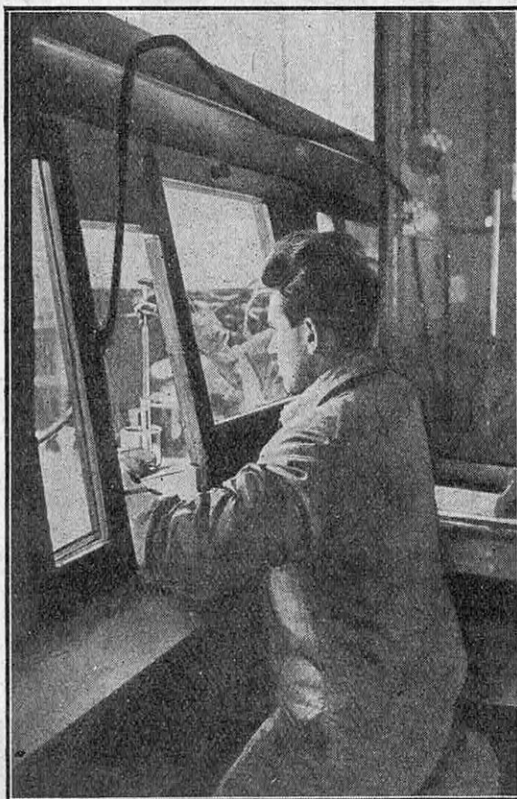


FIG. 7. — LA MANIPULATION DU RADIUM S'EFFECTUE DERRIÈRE UNE VITRE PROTECTRICE EN VERRE SPÉCIAL CONTENANT DES SELS DE MÉTAUX LOURDS

de son pays que grâce aux travaux originaux de M^{me} Curie et de M. Debierne.

A l'usine, le travail de la cristallisation fractionnée se concrétise d'une manière fort claire. La photographie figure 3 nous montre une très petite partie de la série des cabines chauffées où s'effectuent les différentes sélections par évaporations cristallines. En réalité, l'installation en cabines closes ne s'applique qu'aux stades avancés du fractionnement.

En tous cas, le procédé industrialisé est *continu*. Il est installé de manière à fournir treize fractionnements par jour, avec une introduction, tous les trois jours, de matières

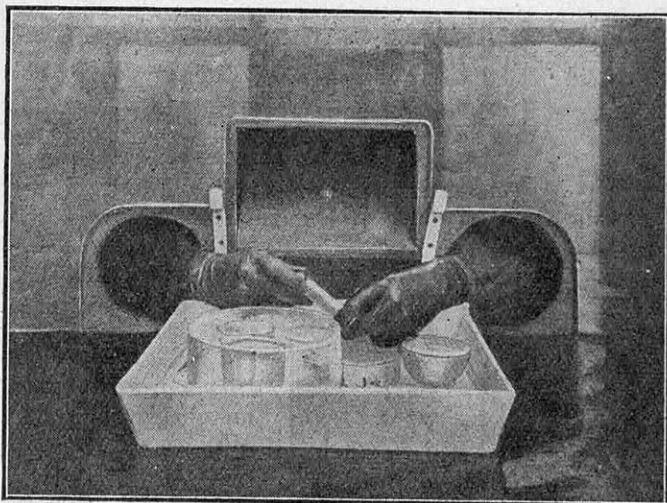


FIG. 8. — LA MANIPULATION DU RADIUM EN DEÇA DE L'ÉCRAN PROTECTEUR EN VERRE SPÉCIAL (FIG. 7)

Les mains de l'opérateur exposées aux radiations sont gantées de caoutchouc épais mélangé avec de la limaille de plomb.

Où le laboratoire reprend le pas sur l'usine

Mais les cristaux *enrichis* ainsi fabriqués à jet continu par l'usine doivent, pour livrer leur ultime richesse, retourner au laboratoire.

A partir de ce moment, le travail d'enrichissement devient *discontinu*. On opère par « campagnes » de cristallisations portant chacune sur plusieurs grammes de Radium.

Encore une fois, les chlorures sont dissous — n'oubliez pas ! 100.000 hectolitres d'eau distillée pour débarbouiller 1 gramme de Radium ! — puis traités par l'hydrogène sulfuré pour éliminer les traces de plomb, puis transformés en bromures, à cause du plus grand « coefficient d'enrichissement en radium » de ces derniers sels.

Maintenant, les cuves de cristallisation sont si petites qu'elles ne sont plus que des « capsules » de quartz ou de porcelaine — et voici la dernière des dernières. Elle n'a que 5 centimètres de diamètre, mais brille d'un tel éclat lumineux, qu'elle donne dans l'obscurité complète la splendide image photographique de la page 184.

Les 3 grammes de bromure de Radium qu'elle contient sont à la teneur de 98 %. A leur entrée *au laboratoire*, les mêmes sels ne tiraient que 0,05, et, à l'entrée de l'usine, les minerais originaux, 0,000.0025 %.

L'extraordinaire délicatesse des mesures radioactives, dans l'espace et dans le temps

Le miracle, c'est que les chimistes et les physiciens qui président à la paréparation soient capables de suivre, par des mesures précises, les progrès d'une telle naissance, à partir, autant dire, du néant.

L'unité de *poinds* utilisée dans l'industrie et le commerce du Radium est le « microgramme », c'est-à-dire le *millième de milligramme*. Quelle balance pourrait y être sensible ? Aussi bien, n'est-ce pas la balance, mais l'électroscope qui sert à déterminer le nombre croissant de microgrammes contenus d'abord dans l'échantillon de minerai ; puis dans les filtrats, puis dans les sels cristallisés et, finalement, dans les tubes qu'il faut livrer au commerce d'autant plus rigoureusement dosés que la matière vendue vaut 1.000 francs le milligramme.

Nous avons déjà exposé dans cette

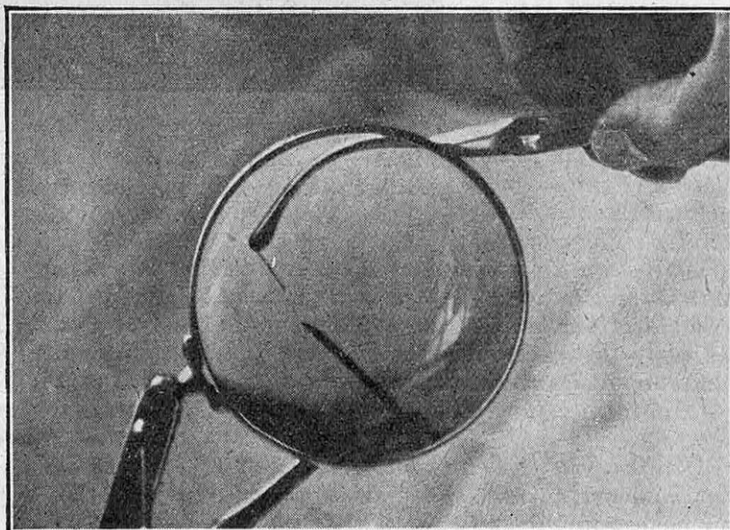


FIG. 9. — UNE AIGUILLE DE PLATINE EXTRÊMEMENT FINE DANS LAQUELLE EST ENCLOSE UNE PARCELLE INFINITÉSIMALE DE SEL DE RADIUM (SOUS FORME DE CHLORURE)

La loupe grossit l'image de cette aiguille tenue au bout d'une pince.

revue (1) les méthodes de mesure du rayonnement par des électroscopes « ionomètres ». Nous ne reviendrons pas sur la théorie de « l'ionisation » d'un gaz par les rayonnements pénétrants du Radium, ni sur la mesure, par « l'électroscope », de cette ionisation. Nous nous contentons de montrer ici l'électroscope spécial et d'une extrême sensibilité, que l'on utilise à Oolen (photographie page 180). En mesurant l'intensité de rayonnement d'une masse radioactive quelconque, cet instrument mesure, par lui-même, le poids de Radium-élément qu'elle contient (ou l'équivalent de ce poids, en tout autre élément de la famille radioactive).

Ceci résulte des lois extrêmement précises qui régissent le phénomène radioactif et qu'il nous faut rappeler, afin de pouvoir maintenant accompagner le Radium, en connaissance de cause, jusqu'à son entrée dans le domaine des applications.

La radioactivité est entrée dans la science par la découverte qu'en fit Henri Becquerel, en 1896, sur des minerais d'Uranium, à la suite d'une conversation avec Henri Poincaré au sujet du phénomène de fluorescence des verres d'urane. Le phénomène *inédit* fut établi quand Becquerel eût montré qu'un sel d'Uranium impressionne la plaque photographique à travers un écran opaque. Aussitôt, on se livra à des mesures.

Pierre Curie et M^{me} Curie, poursuivant l'investigation des minerais d'uranium, trouvèrent que l'un de ces minerais, la *pechblende*, était plus radioactif que ne le justifiait sa teneur en Uranium. Il avait donc fallu que les deux savants se livrassent à plusieurs mesures comparées du rayonnement inconnu. L'instrument de mesure, Pierre Curie ne le découvrit certes pas, puisque, disons-nous, il n'est autre que l'électroscope, mais c'est lui

qui l'appliqua méthodiquement à la nouvelle technique.

De ses mesures, Pierre Curie déduisit que la *pechblende* devait contenir une matière radioactive beaucoup plus puissante que l'Uranium. Et la recherche commença, qui aboutit à la splendide découverte du Radium, consignée dans le mémoire à l'Académie des Sciences de Paris (26 décembre 1898), signé de Pierre Curie, M^{me} Curie et G. Bémont.

La *radioactivité* ouvrait, désormais, un chapitre nouveau de la physique, au même titre que l'électricité à l'époque de Faraday et d'Amperè.

Dès maintenant, après trente ans seulement, la radioactivité a révolutionné les théories de la matière, et le mécanisme de *désintégration spontanée* de la matière qu'elle représente se trouve parfaitement clarifié. L'atome radioactif est composé, comme tous les atomes,

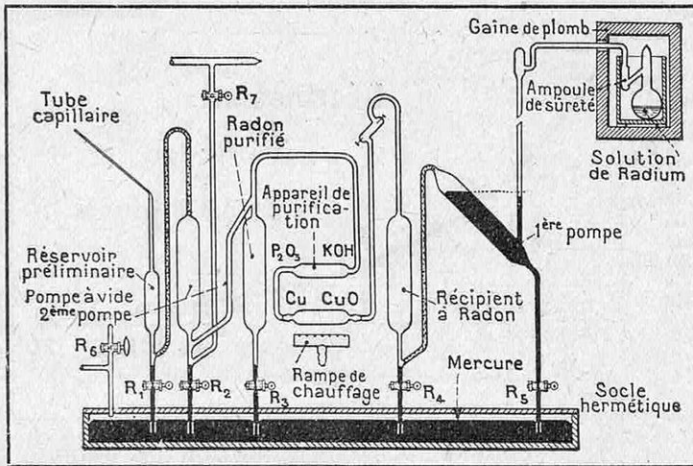


FIG. 10. — SCHEMA D'UN APPAREIL SERVANT A L'EXTRACTION DU « RADON » ÉMANATION DU RADIUM

La source de Radon (solution de Radium), enclose dans un coffret de plomb, fournit son émanation (ou Radon) à un circuit de pompes à mercure qui conduisent le gaz jusqu'au tube capillaire où, finalement, il est scellé en vue de son utilisation thérapeutique.

d'un noyau central contenant des *électrons* et des *protons* (ceux-ci en surnombre) et d'*électrons en révolution* autour de ce noyau.

Or, la radioactivité est un phénomène provenant du noyau atomique. Celui-ci explose littéralement en projetant ses protons pour former, suivant une autre ordonnance, un autre noyau autour duquel se forme un autre atome — un corps nouveau. Ainsi, « radioactivité de la matière » est synonyme de « transmutation de la matière ». Les corps radioactifs sont en perpétuelle transmutation de l'un en l'autre.

Un premier produit, immédiat, de cette transmutation n'est autre que l'Hélium. Son noyau comporte deux charges élémentaires d'électricité positive, deux « protons », et c'est ce noyau qui, *projeté* hors de l'atome radioactif, constitue ce qu'on a appelé le rayonnement *alpha*, le nom de rayonnement *bêta* étant réservé à la projection des corpus-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 187, page 39.

cules négatifs, ou *électrons* également jaillies du noyau. En plus de ces deux sortes de rayonnements « corpusculaires », le phénomène radioactif présente un troisième rayonnement « ondulatoire », analogue aux rayons X, les rayons *gamma*.

Le dernier produit actuellement identifié de la transmutation est le plomb.

Mais, tout le long de l'échelle des transmutations, on rencontre *quarante corps radioactifs différents*. Et chacun de ces éléments, en perpétuelle évolution, se caractérise par une durée de vie propre dénommée « vie moyenne » (1), qui varie entre des limites extrêmes. Qu'on en juge par les quelques jalons que voici : la vie moyenne du *Thorium* est de 24 milliards d'années et celle de l'*Uranium* de 6,5 milliards seulement ; celle du *Radium*, de 2.280 ans ; celle de l'*Actinium*, 19,5 ans ; celle du *Radon* (émanation du *Radium*), 5,18 jours ; celle

du *Radium G*, 28,5 minutes ; celle de l'*Actinon* (émanation de l'*Actinium*), 6,66 secondes ; celle de l'*Actinium A*, 2,10 millièmes de seconde.

La fantasmagorie d'un tel arc-en-ciel de « durées » propres est invraisemblable ; pourtant, ces chiffres résultent de mesures extrêmement sûres. Et voici en quoi cette connaissance intéresse l'industrie et le commerce du *Radium* :

Le « rayonnement », dont l'électroscope-ionomètre mesure l'intensité, au cours des différentes investigations, est un phénomène indépendant de la durée propre de l'élément qui le fournit ; mais il n'est pas indifférent à l'acheteur d'une parcelle radioactive, à

(1) En réalité le physicien n'observe et ne calcule exactement que la période de demi-transformation d'un élément radioactif. Cette demi-période, qui est le temps exigé pour que la masse de l'élément soit réduite de moitié, est dans le rapport de 0,693 avec la « vie moyenne » de l'atome de l'élément.

1.000 francs le milligramme, que cette parcelle soit constituée d'un corps qui dure vingt siècles ou d'un corps qui dure deux ans. Ne parlons pas de jours, de minutes ni de secondes : ce sont là les ordres de grandeur du temps que les gens d'affaires mettent à traiter, donc sans équivoque possible. Mais voyez-vous un directeur d'hôpital achetant, pour l'usage médical de son établissement, une cellule radioactive de telle intensité et qu'il croit être à base de *Radium* (durée 2.280 ans) alors qu'elle serait constituée de *Mésotérium*, lequel est complètement

épuisé après 8,84 ans, et de *Radiothorium*, qui ne dure pas plus de 2,74 ans. Il paierait 1.000 francs l'unité ce qui ne vaut exactement que 20 sous, c'est-à-dire mille fois moins. Cependant, dans l'un et l'autre cas, la cellule achetée fournit également les trois sortes de rayonnement *alpha*, *bêta* et *gamma*.

Il y a donc radioactivité

et radioactivité. Il importe de distinguer.

C'est qu'il existe trois familles bien distinctes de corps radioactifs : celle de l'*Uranium* et du *Radium* ; celle de l'*Actinium* ; celle du *Thorium*. Seule la première fournit des transformations assez actives en même temps que suffisamment constantes pour être utilisées en thérapeutique et pour mériter également l'énorme travail de fabrication industrielle dont nous avons maintenant connaissance.

Une usine comme celle d'Oolen, qui travaillerait à isoler des sels de thorium et de ses descendants, serait vite acculée à la faillite. C'est pourquoi l'usine d'Oolen joint à ses factures un certificat explicite garantissant l'origine « uranium-radium » des sels radioactifs dont elle fait livraison. Et cette garantie n'est possible qu'en vertu de la nature du minerai exploité.

C'est donc non seulement en quantité, mais

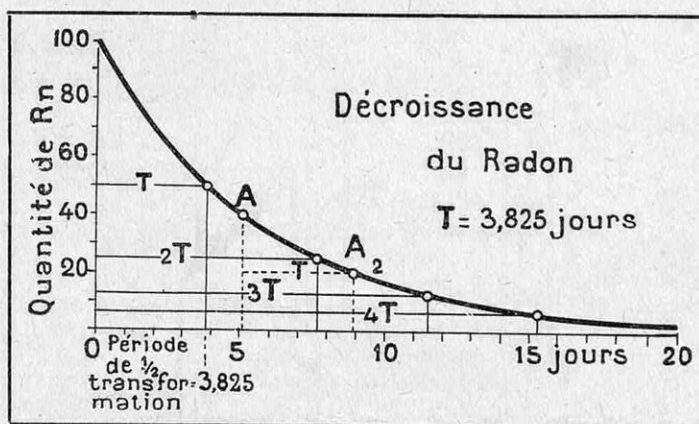


FIG. 11. — COURBE DE DÉSINTÉGRATION DU RADON

La radioactivité de tout corps radioactif décroît suivant une courbe de ce genre (exponentielle). Sur la ligne des temps (abscisses) existe un point auquel correspond une chute de la radioactivité égale à la moitié de la radioactivité initiale. Ce point marque la « demi-période de transformation » du corps envisagé. Ici, c'est le Radon. Sa « demi-période » est de 3 jours 825. Celle du *Radium* est de 1.700 ans.

en qualité que doivent être appréciées les mines radifères du Haut-Katanga au Congo.

La cellule de Radium et l'étalon de mesure

Le Radium sort de l'usine à l'état de bromure (le Radium pur, à l'état métallique, isolé en 1911 par M^{me} Curie, ne se conserve pas longtemps et s'oxyde). Ce sel est scellé à la lampe, dans des tubes de verre. Mais, tel quel, le Radium ne conviendrait guère aux usages thérapeutiques. Et cette nouvelle préparation doit se faire en des laboratoires spécialisés dont l'ancêtre est l'Institut du Radium de Paris, que la Société exploitant l'usine d'Oolen a pris pour modèle dans son laboratoire de Bruxelles.

Le bromure de Radium est remis en solution minutieusement titrée et c'est par « pipetage » mécanique qu'on prélève le volume correspondant au poids de radium à fournir.

Celui-ci est ensuite précipité, la solution filtrée et le filtre, calciné dans un petit creuset, livre enfin le Radium, qui est alors introduit dans la

« cellule » en platine ; elle-même enfermée dans l'aiguille ou dans le tube qui l'apportera au médecin traitant.

Cette cellule est-elle utilisable immédiatement ? Non pas. Il se produit en elle un travail de transformation du suprême intérêt. En vertu de la transmutation radioactive, il se forme, dans la cellule, un gaz dit Radon ou émanation, du Radium A, du Radium B, du Radium C. Aucune des « constantes » radioactives de ces corps n'est semblable, ni en « vie moyenne », ni comme radiations émises. Le Radon « vit » quelques jours, les Radiums A, B, C, quelques minutes ; mais le Radium, pur et simple, fabrique ces quatre succédanés imperturbablement à la même cadence pendant deux millénaires. Viendra, par conséquent, un moment où le Radon et les trois Radiums secondaires seront automatiquement remplacés à mesure qu'ils mourront.

A ce moment, la « cellule » aura atteint son « équilibre ». Alors, et alors seulement,

son rayonnement sera constant. Ce point d'équilibre est atteint environ un mois après le scellement.

On peut alors mesurer exactement le rayonnement de la cellule et la livrer en pleine connaissance de sa valeur marchande.

La « charge » d'un appareil radifère s'exprime en milligrammes de Radium-élément (et non du sel utilisé). La « pesée », ici non plus, ne peut servir à la détermination. C'est l'électroscope-ionomètre qui intervient. Le rayonnement gamma, émis par la préparation en « équilibre », est, en effet, proportionnel à la charge en Radium-élément.

Encore faut-il un « étalon » à ces mesures, un étalon et une « unité ».

L'étalon international a été consacré et adopté en 1912 : c'est un tube de verre de 32 millimètres de long, 1,45 millimètre de diamètre et de 0,27 millimètre d'épaisseur de paroi, contenant (en août 1911) 21,99 milligrammes de chlorure pur anhydre de Radium, c'est-à-dire 16,74 milligrammes de Radium. Il est déposé au Bureau Interna-

tional des Poids et Mesures, à Sèvres. Et, comme pour le mètre et le litre, on a établi, d'après ces étalons, d'autres étalons (secondaires) à l'usage des établissements suivants : Laboratoire Curie de l'Institut du Radium, Paris ; National Physical Laboratory, à Teddington, Middlesex ; Radium Institute, Londres ; United States Bureau of Standards, Washington ; Institut für Radiumforschung, Vienne ; Physikatische Technische Reichsanstalt, Berlin.

L'unité officielle des mesures radioactives est donc le milligramme de Radium présenté comme il vient d'être dit.

Le rôle particulier de l'émanation ou « Radon »

Toutefois, dans l'application thérapeutique de la radioactivité, ou « curiethérapie », on a très souvent avantage à utiliser non les sels de Radium, — rares et chers, — mais l'émanation produite par ces sels ou Radon. La vie moyenne du Radon dépasse,

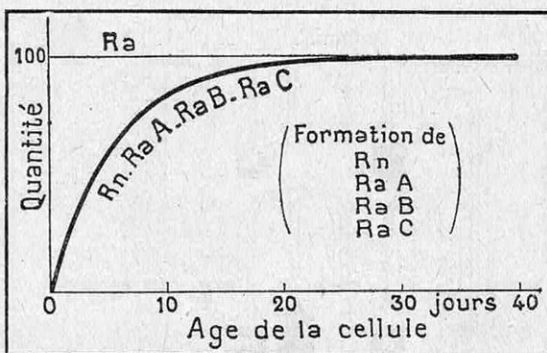


FIG. 12. — COURBE MONTRANT COMMENT UNE CELLULE DE RADIUM NE PARVIENT QUE PROGRESSIVEMENT (AU BOUT DE 25 JOURS) A SON « ÉTAT D'ÉQUILIBRE »

C'est-à-dire au point où le Radon qu'elle dégage (étant en équilibre avec la masse) n'augmente plus quantitativement (à moins qu'on ne le pompe).

nous l'avons vu, une durée de *cinq jours*. Il n'est donc que de constituer, sous forme d'un stock de Radium, une source permanente de Radon qui sera distribué aux thérapeutes au jour le jour et sans risque de pertes. L'équilibre de régime d'une cellule de Radon donne un rayonnement *bêta* et *gamma* exactement identique à celui d'une cellule de Radium.

Le radiothérapeute a donc le libre choix entre les deux méthodes : application de cellules de sels ou application de cellules au Radon. Nous n'entrerons pas dans l'examen des motifs qui déterminent ce choix. Contentez-vous de préciser (par le schéma de la page 187) comment on extrait le Radon, émanation du Radium, comment on le purifie.

La formation du Radon, comme sa destruction, ont permis d'établir une unité radioactive *pratique* souvent utilisée, le *curie*. C'est la *quantité de Radon en équilibre avec 1 gramme de Radium* ; cette quantité pèse 0,000,005 gramme et occupe un volume de 0,66 millimètre cube. Un gramme de Radium produit, par heure, 0,00755 curies ou 7,55 *millicuries*.

Dès lors, il devient commode, en thérapeutique, de dire : « On appliquera un rayonnement de *tant* de « millicuries-détruits ». Il est, en effet, évident que l'autodestruction d'une certaine quantité de Radon appliqué à l'organe malade équivaut à l'émission d'une dose connue de rayons.

Sans ses dérivés (les trois Radiums A, B, C), le Radon ne donne que des rayons *alpha*, mais le régime d'émission complète (avec les dérivés) est très rapidement atteint.

La « radioactivité » et la vie

A l'heure présente, on peut dire que tout le radium fabriqué dans le monde (et les usines américaines ont suspendu leur fabrication, en attendant que soient épuisés les gisements du Congo belge) est uniquement absorbé par les hôpitaux ou cliniques spécialisés dans la curiethérapie. La quantité de Radium présente dans le monde aujourd'hui

ne doit pas dépasser le demi-kilogramme.

En 1922, 15 grammes sortirent d'Oolen ; en 1923, 48 grammes ; en 1924, 110 grammes ; mais la vente n'a pas suivi la production. Il y a « crise » dans la vente du Radium, comme dans celle du charbon.

La technique curiethérapique est-elle au point ? Pour certains traitements, cela n'est pas douteux ; pour d'autres, ce l'est davantage. Appliqué à tort et à travers, le Radon a provoqué récemment, en Amérique, des accidents retentissants. Sous le prétexte que la plupart des eaux thermales sont radioactives, on a voulu « radioactiver »

l'eau ordinaire (voir, ci-contre, le schéma d'un appareil destiné à cette opération).

L'eau radioactivée ingérée provoque, semble-t-il, un regain à la prolifération des globules rouges et des leucocytes du sang, d'où la sensation passagère d'un « rajeunissement » ; mais qui peut dire les effets des rayons *gamma* ainsi diffusés à tort et à travers dans tout l'organisme ?

Depuis le jour où, en 1901, Henri Becquerel eut la peau brûlée par un tube de

Radium conservé trop longtemps dans son gousset et où Pierre Curie répéta l'expérience — qui fut la première constatation des effets biologiques du Radium, — beaucoup d'auteurs ont tenté de formuler quelques « lois biologiques » concernant le Radium. La plus célèbre est celle de Arndt-Schultz, qui se formule ainsi : « L'action des rayons X et du Radium sur la cellule vivante est *excitante* à faible dose ; *inhibitrice* (paralytante) à dose moyenne et *destructive* à dose forte. »

Ce seul énoncé doit suggérer aux curiethérapeutes une infinie prudence, dans les diverses applications du Radium, interdire aux profanes l'usage du Radium. Et même, il serait bon qu'une législation intervînt pour donner aux seuls instituts officiels du Radium la licence d'appliquer la curiethérapie, dont les effets ne peuvent être bienfaisants que si elle est mise en œuvre par des spécialistes.

JEAN LABADIÉ

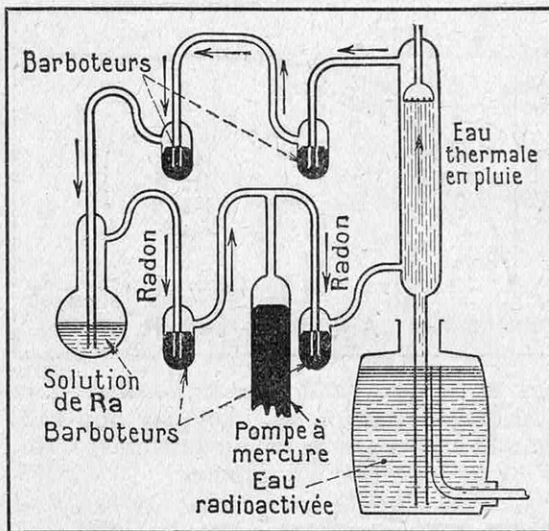


FIG. 13. — APPAREIL A « RADIOACTIVER » L'EAU PAR DISSOLUTION DE RADON

LES CIRQUES LUNAIRES SONT-ILS DUS AUX MÉTÉORITES ?

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Les météorites, ces pierres vagabondes à travers l'espace, entrent parfois dans l'orbite d'attraction de la Terre, et viennent alors s'écraser sur le sol de notre planète. En général, ce ne sont que des fragments de faible importance qui atteignent notre globe, mais on a pu, néanmoins, observer des roches célestes de taille considérable. C'est ainsi que le bloc découvert en Mauritanie, près d'Adrar, atteint 1 million de tonnes. On conçoit facilement les perturbations que peut entraîner le choc de telles masses. Ainsi, le cratère du Canyon Diablo, dans l'Arizona (Etats-Unis), d'un diamètre de 1.200 mètres et d'une profondeur de 130 mètres, a pris naissance sous le choc d'une masse évaluée également à 1 million de tonnes. C'est, du moins, la seule hypothèse que l'on puisse émettre, étant donnée la nature non volcanique du sol de cette région. Or, la forme de ce cratère est assez semblable à celle des cirques qui couvrent la surface de la Lune, et dont l'origine a soulevé de si nombreuses controverses. On a donc été amené à supposer que ces cirques pouvaient être dus également à un bombardement de la Lune par des météorites. Que faut-il penser de cette hypothèse ? C'est ce que le professeur Houllévigue expose ici.

Les vagabonds du ciel

EN dehors des systèmes planétaires, qui décrivent dans le ciel des orbites régulières, l'espace est traversé par des fragments matériels, venus on ne sait d'où, allant on ne sait où, dont l'existence nous est révélée lorsqu'ils frôlent notre atmosphère ou lorsqu'ils frappent notre sol. Comme on doit s'y attendre, les petits aérolithes, ceux qui dessinent dans le firmament la traînée lumineuse des étoiles filantes, sont infiniment plus nombreux que les gros, mais on a pu observer des pierres célestes de belle taille : celle que Peary a trouvée au Groenland pèse 36 tonnes 1/2 ; le bloc météorique d'El Ranchito, au Mexique, atteint une quarantaine de tonnes ; enfin, on a découvert en plein désert, à moitié enfoui dans le sable de l'Adrar, en Mauritanie, un bloc, formé surtout de ferro-nickel, dont l'origine céleste est incontestable ; il mesure 100 mètres de long sur 40 mètres de large, et sa masse est évaluée à environ un million de tonnes.

On imagine sans peine l'ef-

fet qu'a dû produire la chute d'une pareille masse ; d'ailleurs, il est un événement analogue, et qui n'a pu passer inaperçu : le 30 juin 1908, une grosse météorite tomba, en Sibérie, à 1.000 kilomètres au nord-nord-ouest d'Irkoutsk ; le choc produisit dans le sol un mouvement vibratoire qui fut enregistré jusqu'à 1.500 kilomètres du point de chute et, dans l'air, une onde qui s'inscrivit sur les barographes de divers pays, jusqu'à l'Angleterre ; sur un rayon de 30 kilomètres, les arbres furent couchés, leurs branches et leur écorce enlevées ; au voisinage du point de chute, la végétation était comme brûlée et il s'était formé dans le sol des rides profondes de plusieurs mètres.

Ces effets, terrifiants pour ceux qui en sont témoins, dépendent évidemment de la force vive du projectile céleste, qui est elle-même proportionnelle à sa masse et au carré de sa vitesse. C'est donc la mesure de cette vitesse qui constitue le point important et délicat du problème. M. Maurain s'est livré récemment à un nouvel examen de cette question, en coordonnant les résultats des observa-

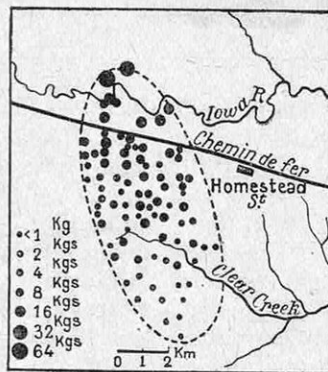


FIG. 1. — RÉPARTITION DES MÉTÉORITES, A LA SUITE D'UNE GRÊLE DE PIERRES QUI EUT LIEU, EN 1875, A HOMESTEAD (IOWA)

On remarquera que les plus gros fragments, moins freinés par la résistance de l'air, sont tombés en avant des autres.

tions connus avec des mesures de résistance de l'air, effectuées au laboratoire aérodynamique de Saint-Cyr; il en résulte que les petites météorites, celles qui forment les étoiles filantes, doivent être animées d'une vitesse qui s'écarte peu de 70 mètres par seconde; dans ce cas, en effet, la résistance de l'air devient prépondérante, et le petit grain qu'elle freine acquiert sa vitesse limite, en même temps que sa trajectoire devient verticale. Les météorites de plus grosses dimensions, par exemple celles qui pèsent quelques kilogrammes, possèdent, en arrivant au sol, des vitesses comparables à celle des bombes d'avions, qui est voisine de 500 mètres par seconde; on constate, en même temps, que leur trajectoire est, en général, inclinée, ce qui prouve que la résistance de l'air n'a pu que ralentir, sans l'annuler, leur vitesse initiale; Farrington cite une météorite, pesant 302 kilogrammes, qui avait creusé dans le sol un trou profond de 3 m 25 et incliné de 27 degrés sur la verticale.

D'après ces indications, on peut penser que les très grosses météorites sont à peine ralenties dans leur vitesse et modifiées dans leur direction par le frein atmosphérique; leur vitesse de chute doit donc être voisine de celle qu'on a pu mesurer lorsqu'elles abordent notre atmosphère, c'est-à-dire comprise entre 20 et 60 kilomètres par seconde. Adoptant, par prudence, le moins élevé de ces chiffres, nous concluons que chaque kilogramme possède une énergie voisine de 200 millions de kilogrammètres; l'arrêt brusque de cette météorite doit convertir toute

cette énergie en chaleur et le calcul indique que si elle était en fer, cette chaleur suffirait pour porter la pierre céleste à une température dépassant deux millions de degrés! C'est assez dire qu'elle serait vaporisée instantanément, et avec elle, sans doute, les roches avoisinantes. De fait, les observations portant sur des météorites de dimensions plus modestes, c'est-à-dire de vitesse moindre, nous montrent le sol vitrifié sur leur parcours, comme par un coup de tonnerre.

Lancée avec cette vitesse astronomique, lorsqu'une grosse météorite aborde notre atmosphère, elle doit éprouver une résistance et subir un freinage qui dégage de la chaleur; on calcule qu'il suffirait, pour élever sa température de 2.000 degrés, que sa vitesse initiale de 20 kilomètres diminuât seulement de 10 mètres par seconde. L'expérience des laboratoires, et même les calculs de la balistique externe, sont insuffisants pour nous

apprendre ce qu'est la résistance à de pareilles vitesses, et dans une atmosphère aussi raréfiée que celle qui existe à 130 ou 150 kilomètres d'altitude. Mais les faits d'observation sont là: ils nous enseignent qu'en atteignant ces altitudes, le projectile céleste s'échauffe au point de devenir lumineux; ses contours s'arrondissent par fusion; le plus souvent même, il fait explosion et se brise en éclats, par suite de la vaporisation des matières volatiles contenues à son intérieur. C'est une des raisons pour lesquelles la chute de grosses météorites est exceptionnelle à la surface de la Terre; celles qui se brisent ainsi, en abordant notre atmosphère,

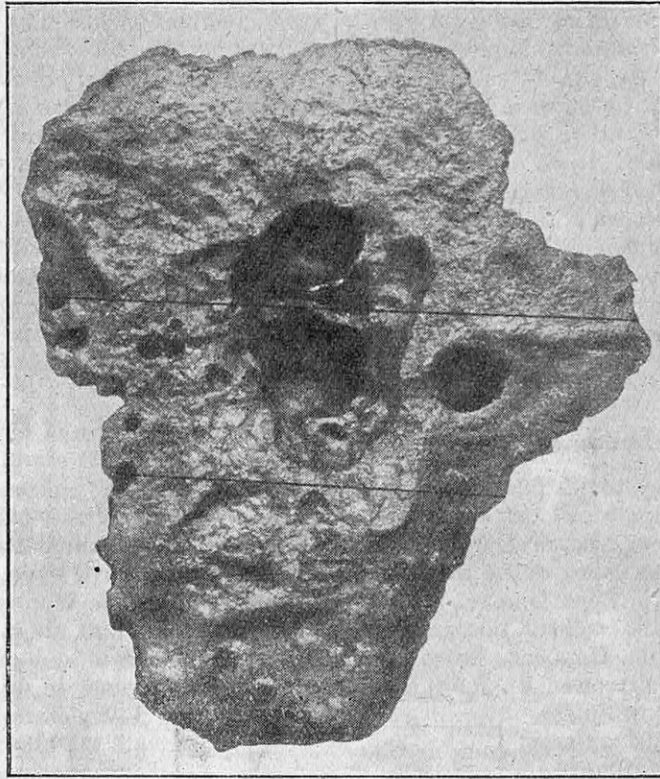


FIG. 2. — VOICI L'ASPECT D'UNE MÉTÉORITE
Cette pierre, trouvée à Sacramento Mountanos (Nouveau-Mexique), en 1896, pèse 237 kilogrammes.

apprennent ce qu'est la résistance à de pareilles vitesses, et dans une atmosphère aussi raréfiée que celle qui existe à 130 ou 150 kilomètres d'altitude. Mais les faits d'observation sont là: ils nous enseignent qu'en atteignant ces altitudes, le projectile céleste s'échauffe au point de devenir lumineux; ses contours s'arrondissent par fusion; le plus souvent même, il fait explosion et se brise en éclats, par suite de la vaporisation des matières volatiles contenues à son intérieur. C'est une des raisons pour lesquelles la chute de grosses météorites est exceptionnelle à la surface de la Terre; celles qui se brisent ainsi, en abordant notre atmosphère,

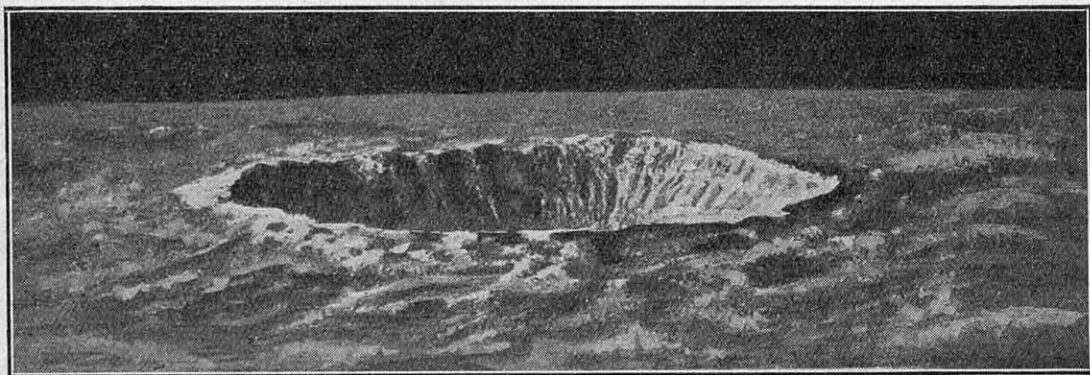


FIG. 3. — VUE D'ENSEMBLE DU METEOR CRATER DU CANYON DIABLO (ARIZONA, ÉTATS-UNIS)
Cette excavation, de 1.200 mètres de diamètre, due à la chute d'une météorite, a une profondeur de 130 mètres au-dessous du niveau général des terrains environnants.

se résolvent en une grêle de pierres qui, éparpillées par le frottement contre l'air, se dispersent sur un espace plus ou moins étendu, mais toujours allongé dans le sens du mouvement général de l'essaim météorique ; le cas s'est présenté, le 26 avril 1803, aux environs de Laigle (Orne), où la chute de trois mille pierres couvrit une surface elliptique longue de 11 kilomètres et large de 4. Une observation plus complète a pu être faite à la suite de la chute de météorites du 12 février 1875, à Homestead (Iowa) ; la figure 1 montre clairement que les plus gros éclats sont tombés en avant de ceux qui, plus légers, ont subi davantage le frottement de l'air.

Le cratère du Canyon Diablo

L'exemple le plus topique des effets produits par la chute d'un gros aérolithe, a été découvert en 1891, dans une région plate de l'Arizona, découpée par des gorges très encaissées, et, en somme, très semblable à nos causses cévenoles : là, au milieu d'une plaine à peu près stérile, se creuse une excavation circulaire (fig. 3) d'environ 1.200 mètres de diamètre ; le fond, presque plat, est à 130 mètres au-dessous du niveau général,

et les bords sont exhaussés par un talus rocheux qui surplombe la plaine d'une quarantaine de mètres. La nature du sol, formé de calcaires et de grès carbonifères déposés par strates horizontales, empêche d'attribuer à ce cirque une origine volcanique ou geysérienne, et les sondages n'ont révélé aucun indice éruptif.

En revanche, on a recueilli aux alentours de ce cirque des milliers de morceaux de fer, allié à 7 % de nickel, dont le plus gros pèse 770 kilogrammes, et dont l'origine est incontestablement météorique ; on en a ainsi

ramassé plus de 4 tonnes, mais, chose curieuse, presque tous ces débris sont extérieurs au cirque lui-même, sans en être éloignés de plus de 9 kilomètres ; la figure 4 indique leur distribution. Comme ce fer contient, outre le nickel, des quantités appréciables de platine et d'iridium, et que l'analyse de certains débris a révélé l'existence de petits diamants noirs, l'attention s'est trouvée attirée vers le Canyon Diablo par des considérations qui n'étaient pas toutes scientifiques et désintéressées.

Cette découverte ne peut s'expliquer que par la chute d'une

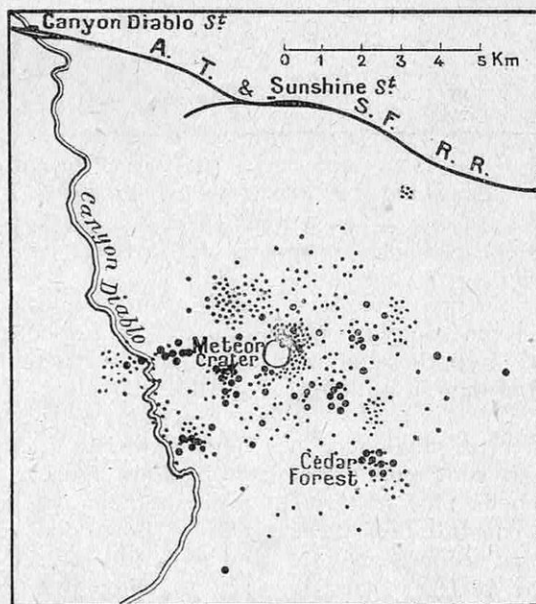


FIG. 4. — DISTRIBUTION DES FRAGMENTS DE MÉTÉORITES AUTOUR DU METEOR CRATER
Tous les fragments recueillis sont extérieurs au cirque représenté ci-dessus, mais sans en être éloignés de plus de 9 kilomètres.

Pierre céleste, à laquelle des calculs, nécessairement approximatifs, attribuent une masse voisine d'un million de tonnes, c'est-à-dire comparable à celle du météorite de l'Adrar. Mais cette explication elle-même soulève de grosses difficultés ; la forme circulaire du trou, la disposition des débris à l'intérieur et autour du cratère semblent indiquer que l'excavation est due, non à l'effet mécanique du choc, mais à une explosion, résultat du dégagement de chaleur et de la vaporisation, qui a projeté au loin la matière du sol où le projectile s'était enfoncé profondément. Naturellement, des recherches ont été faites pour retrouver cette météorite enterrée, mais la société qui s'était constituée, en 1927, pour cet objet, dut, faute de ressources, arrêter les sondages à 214 mètres de profondeur. Pourtant, une prospection entreprise, en 1930, par les méthodes magnétique et électrique, indiqua la présence d'une grande masse

de fer à une profondeur un peu supérieure à 200 mètres ; les choses en sont là, et le mystère persiste, mais l'hypothèse d'une chute de météorite est toujours la seule qui se présente à l'esprit.

D'ailleurs, des découvertes analogues à celles du Canyon Diablo se sont renouvelées depuis, quoiqu'à une échelle plus réduite : au Texas, en 1921, on a constaté l'existence d'une chute de météorites, accompagnée de la formation d'un cratère de 160 mètres de diamètre, creusé en terrain calcaire déposé par couches horizontales. Mais le fait le plus remarquable a été découvert, en mai 1931, en plein cœur du désert australien, par M. Alderman, professeur à l'Université d'Adélaïde : sur une surface moindre qu'un

kilomètre carré sont réunis treize cratères, dont la carte ci-jointe (fig. 5) indique la configuration ; le plus grand mesure 210 mètres de long sur 110 mètres de large, avec une profondeur moyenne de 16 mètres ; le voisinage de ces cirques est parsemé de fragments météoriques, formés de fer plus ou moins oxydé, et de scories siliceuses provenant de la fusion du sable environnant, provoquée par la chaleur intense dégagée par la transformation en calories de l'énergie cinétique des météorites au moment de leur chute.

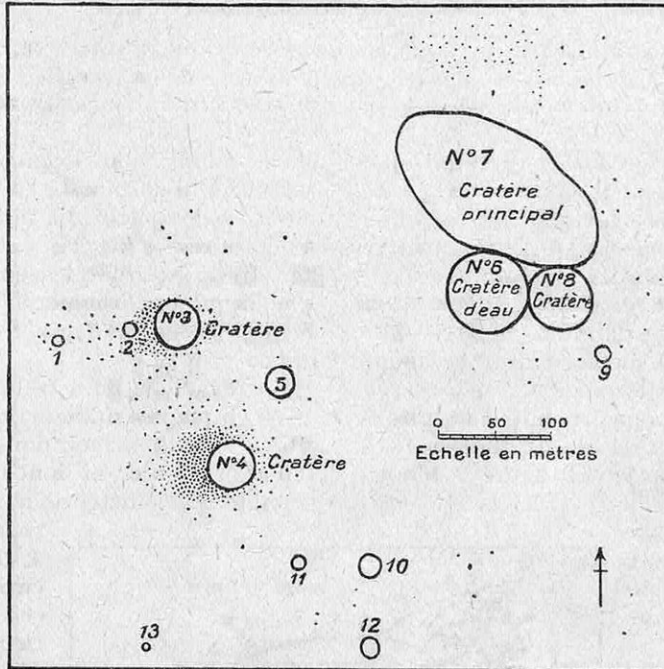


FIG. 5. — CARTE MONTRANT LA DISTRIBUTION DES CRATÈRES DE HENBURG (AUSTRALIE)

Sur une surface inférieure à 1 kilomètre carré sont réunis treize cratères. Le voisinage est parsemé de fragments météoriques.

Une explication des cirques lunaires

Tous ces faits, aujourd'hui bien acquis, nous montrent que notre planète a été martelée, de temps à autre, par le choc d'objets célestes de grandes dimensions ; la rareté de ces documents s'explique aisément par l'action de l'air, du vent et des eaux pluviales qui, peu à peu, ont nivelé la surface du sol et aplani les terres meubles, comme sont les débris formés à la

suite d'une explosion ; c'est pour cela, sans doute, que les constatations que je viens d'indiquer ont été faites dans des régions stériles et sèches.

En dehors de son intérêt terrestre, ce phénomène mérite une attention spéciale parce qu'il nous fournit une explication assez vraisemblable des cratères ou cirques lunaires. Lorsqu'on considère, au télescope ou à la lunette, la face de notre satellite (fig. 6), elle paraît toute « marquée de petite vérole » ; ces cicatrices, dont on a compté près de trente mille, rien que dans l'hémisphère visible, sont toujours circulaires, et présentent toutes les dimensions : à mesure que s'accroît la puissance des appareils d'observation, on découvre des cirques de

plus en plus petits, dont le diamètre ne dépasse pas 1 kilomètre, et même 500 mètres. En revanche, il en est de gigantesques : le cratère Ptolémée a 180 kilomètres de diamètre ; Théophile en a 100, avec une profondeur de 6.300 mètres ; Tycho est plus énorme encore.

Le fond de tous ces cirques est généralement plat, et plus convexe que ne l'exigerait la courbure générale de la Lune ; souvent, un piton aigu s'élève en leur centre (celui de Copernic se dresse à 3.500 mètres) ; enfin, il est certain que toutes ces formations ne sont pas contemporaines, car on observe fréquemment un petit cratère à l'intérieur d'un cirque plus étendu, ou encore un talus circulaire abattu en partie par la formation ultérieure d'un nouveau cirque.

L'existence de ces cratères constitue le grand mystère de la Lune ; pour l'expliquer, les hypothèses ont succédé aux hypothèses. La plus naturelle y voit

les restes de volcans éteints ; il est indiscutable que certains cratères terrestres présentent un aspect qui rappelle celui qu'on observe à la surface de notre satellite ; et, si on s'étonne que la Lune, plus petite que notre globe, compte cependant un nombre très supérieur de ces formations, il faut se rappeler que l'absence totale d'air et de vapeur d'eau y permet la conservation indéfinie de toutes les marques imprimées à sa surface ; sur la Terre, au contraire, les forces abrasives agissent à tel point qu'on n'y connaît pas de volcans dont l'âge soit supérieur à cent mille ans ; tous

les autres ont été effacés au cours des âges ; ajoutons à ceci que les surfaces émergées de notre globe ne représentent que le quart de la surface totale, ce qui réduit d'autant le nombre des volcans observables.

En dépit de ces considérations, l'explication des cirques lunaires par le volcanisme rencontre peu de crédit ; les dimensions exceptionnelles de ces cratères supposés, la régularité de leurs bords, l'excès de la

cavité centrale sur le volume accumulé sur leurs talus, attestent que, s'ils sont dus à des forces internes, celles-ci ont agi avec une puissance et dans des conditions inconnues sur la Terre. Pour cette raison, divers géologues, Suess en particulier, imaginent que les cratères lunaires ont été produits par le soulèvement de la masse, encore visqueuse, par des gaz ou des vapeurs provenant de l'intérieur, suivi d'un affaissement après l'expulsion de ces gaz ; l'expérience, réalisée

à petite échelle, produit effectivement des résultats qui ressemblent étrangement aux cirques lunaires, mais on doit avouer, avec M. Bosler, directeur de l'Observatoire de Marseille, qu'une observation faite sur un cratère d'un centimètre, dans un plat de bouillie, se compare difficilement à un cirque de 100 kilomètres.

Le caractère aléatoire de ces explications a conduit un certain nombre d'astronomes à se retourner vers l'hypothèse suggérée par le Canyon Diablo, c'est-à-dire à supposer que les cirques lunaires ont été produits au cours des âges par le choc de grosses météorites ;

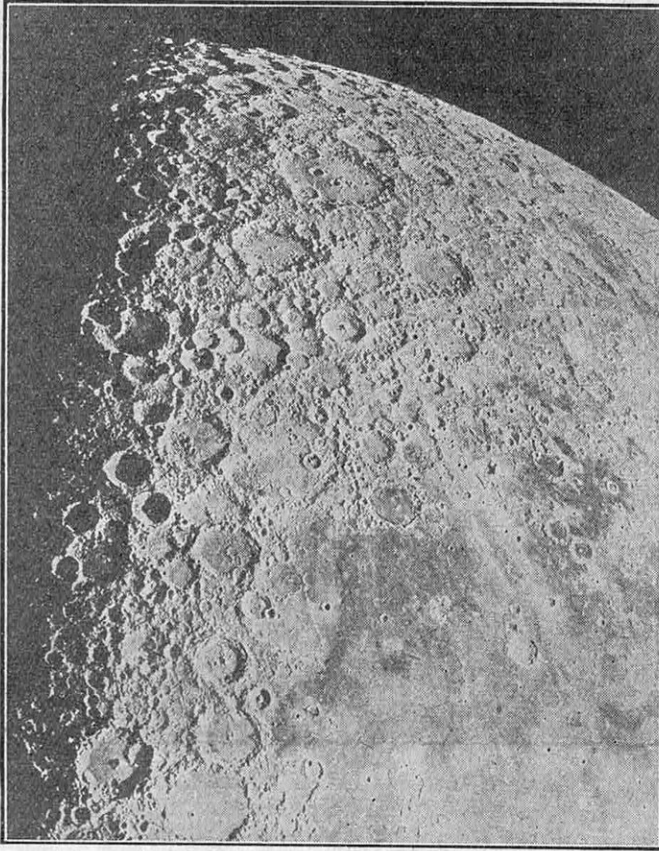


FIG. 6. — PHOTOGRAPHIE DE LA SURFACE DE LA LUNE
La surface de la Lune est couverte de grands cratères.

cette explication rencontre, à son tour, de troublantes difficultés ; celle qui a arrêté le plus longtemps le monde savant est constituée par la forme régulièrement circulaire de ces cirques ; les pierres célestes cheminant dans toutes les directions, un choc normal contre la Lune doit être très exceptionnel ;

or, un choc oblique, *s'il agissait mécaniquement*, devrait produire un trou ovale allongé dans le sens du mouvement ; cependant, l'expérience de la dernière guerre montre que tous les trous creusés par les obus ont des formes circulaires, bien que le projectile soit presque toujours tombé très obliquement ; cela tient à ce que le mouvement du sol et la projection de la Terre sont causés par l'explosion du projectile ; il est logique d'admettre, pareillement, que le choc d'une météorite a produit assez de chaleur pour la volatiliser en partie, sinon totalement, et que c'est à cette cause qu'est due la formation du cratère.

Une seconde critique fait état du nombre considérable de chocs qui auraient été nécessaires pour creuser tous les cratères. Notons d'abord que les météorites ne se brisent pas avant d'atteindre notre satellite, puisqu'elles ne rencontrent pas d'atmosphère, et qu'elles doivent l'aborder avec toute la vitesse

acquise dans leurs randonnées interstellaires. Malgré cela, les chocs doivent être rares : depuis deux cent cinquante ans qu'on observe avec soin la face lunaire, on n'y a jamais cité la naissance d'un seul cratère. Mais n'oublions pas que l'empreinte d'un choc ne s'efface jamais, et que la Lune est

vieille ; elle a dû se solidifier plus vite que notre globe, puisqu'elle est plus petite, et n'est pas enveloppée d'une couche isolante de gaz et de vapeurs ; or, on compte que la croûte terrestre est solidifiée depuis un temps compris, au bas mot, entre trois cents millions et un milliard d'années. Supposons, dès lors, que la Lune ne soit frappée qu'une fois tous les dix mille ans par une météorite capable d'y laisser une cicatrice visible ; les trente mille cirques lunaires auraient alors exigé une durée totale de trois cents millions d'années,

et on tombe ainsi sur un ordre de grandeur qui n'a rien d'exagéré.

Ainsi, l'hypothèse météorique se défend assez bien contre les objections qu'on peut imaginer ; notons cependant, pour être justes, qu'elle n'explique pas le piton central des cirques lunaires ; aussi nous contenterons-nous d'y voir une tentative ingénieuse pour interpréter le plus mystérieux des phénomènes.

L. HOULLEVIGUE.

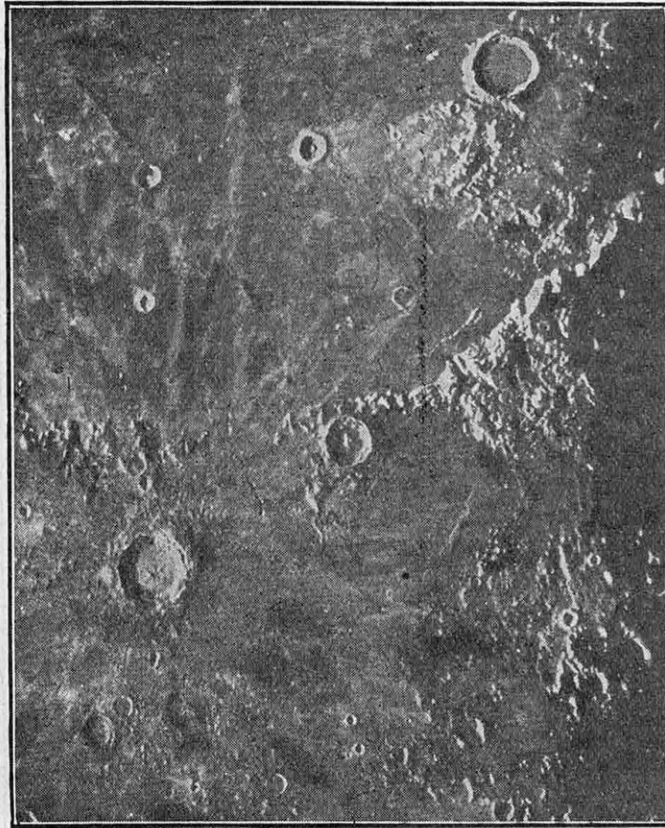


FIG. 7 — VOICI UN FRAGMENT DE LA SURFACE DE LA LUNE (RÉGION DE COPERNIC)

On voit nettement quelques cratères dont quelques-uns ressemblent étrangement, comme forme, au Meteor Crater du Canyon Diablo creusé par une météorite et représenté figure 3.

Les gravures qui illustrent cet article nous ont été obligeamment communiquées par M. Bosler et extraites de son ouvrage : *Cours d'astronomie III* (Hermann, éditeur).

LA PHOTOGRAPHIE DANS L'INVISIBLE

Pourquoi et comment on utilise les rayons infrarouges pour la prise de vues

Par A. CHARMEIL

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

La technique de la photographie vient de réaliser un notable progrès par la création de plaques sensibles non seulement aux radiations visibles du spectre, mais aussi aux radiations invisibles dans l'infrarouge dont on ne connaissait guère, jusqu'à présent, que les effets calorifiques. L'emploi de ces plaques spéciales est appelé dès maintenant à rendre de grands services pour la photographie à grande distance, car les rayons infrarouges traversent aisément les brumes légères. En astronomie, cette méthode peut donc faciliter l'étude des planètes et des étoiles rouges. Enfin, dans le domaine artistique, elle permet d'obtenir entre autres des portraits sans retouche, de réaliser des « effets de nuit » en plein jour, etc...

LES manuels de physique nous enseignent que les plaques photographiques ordinaires, aux sels d'argent, ne sont pas sensibles à la même gamme de radiations lumineuses que l'œil humain. Une expérience classique permet de mettre ce fait en évidence : on étale sur un écran le spectre obtenu par décomposition d'un faisceau de lumière blanche à travers un « réseau » (1). La partie visible de ce spectre

(1) Un réseau est un appareil optique constitué par une lame de verre sur laquelle on a tracé une série de traits parallèles extrêmement fins et rapprochés. Lorsqu'on projette un faisceau lumineux sur un tel appareil, la lumière qui en traverse les mailles se « diffracte » dans toutes les directions, et les vibrations lumineuses qui proviennent des fentes comprises entre les différentes mailles s'entrechoquent et se détruisent partiellement, en donnant naissance au phénomène dit des « interférences ». Si l'on place alors un écran à distance convenable du réseau, ces interférences ne laissent parvenir, en chaque point de cet écran, que les vibrations lumineuses correspondant à une longueur d'onde bien déterminée, toutes les autres vibrations étant détruites. La valeur de cette longueur d'onde varie d'ailleurs quand on se déplace sur l'écran suivant une ligne perpendiculaire aux traits du réseau, suivant une loi que l'on établit facilement. A cette variation des longueurs d'ondes correspond une variation des colorations reçues par l'écran (c'est ce qui constitue le spectre), et on peut ainsi assigner à chaque couleur la longueur d'onde correspondante

est constituée par des bandes parallèles, placées côte à côte, présentant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, du rouge au violet. Comme la position de chaque bande correspond à une longueur d'onde donnée, déterminée par le calcul, l'examen des bandes

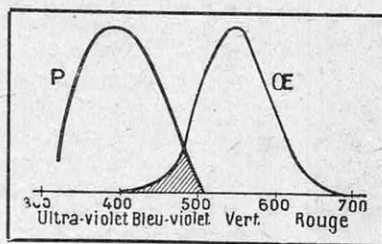


FIG. 1. — L'ŒIL N'EST PAS SENSIBLE AUX MÊMES RADIATIONS LUMINEUSES QUE LES PLAQUES PHOTOGRAPHIQUES ORDINAIRES

Le diagramme ci-dessus donne la courbe de sensibilité de l'œil (Œ) et des plaques photographiques ordinaires (P) pour les différentes radiations. La partie hachurée est la zone du spectre qui peut, à la fois être vue et photographiée.

est constituée par des bandes parallèles, placées côte à côte, présentant toutes les couleurs de l'arc-en-ciel, du rouge au violet. Comme la position de chaque bande correspond à une longueur d'onde donnée, déterminée par le calcul, l'examen des bandes extrêmes, rouge et violette, nous permettra de conclure que les radiations susceptibles d'impressionner l'œil ont une longueur d'onde comprise entre 400 m μ (1) et 750 m μ . Si, maintenant, au lieu d'observer à l'œil nu, on remplace l'écran par une plaque photographique ordinaire, le développement ultérieur de cette plaque nous montrera qu'elle a été impressionnée sur une zone embrassant une partie seulement du spectre visible et s'étendant, au contraire, à l'extérieur de ce spectre, sur une partie obscure située au delà du violet. (Voir fig. 1.)

C'est en se basant sur cette expérience que l'on conclut à l'existence de radiations non visibles, mais capables d'effets chimiques et que l'on appelle ultraviolettes à cause de leur position dans le spectre.

Une exploration de la partie obscure située de l'autre côté du spectre visible, au delà du rouge, avec des appareils thermo-

(1) m μ = millièmième de millimètre.

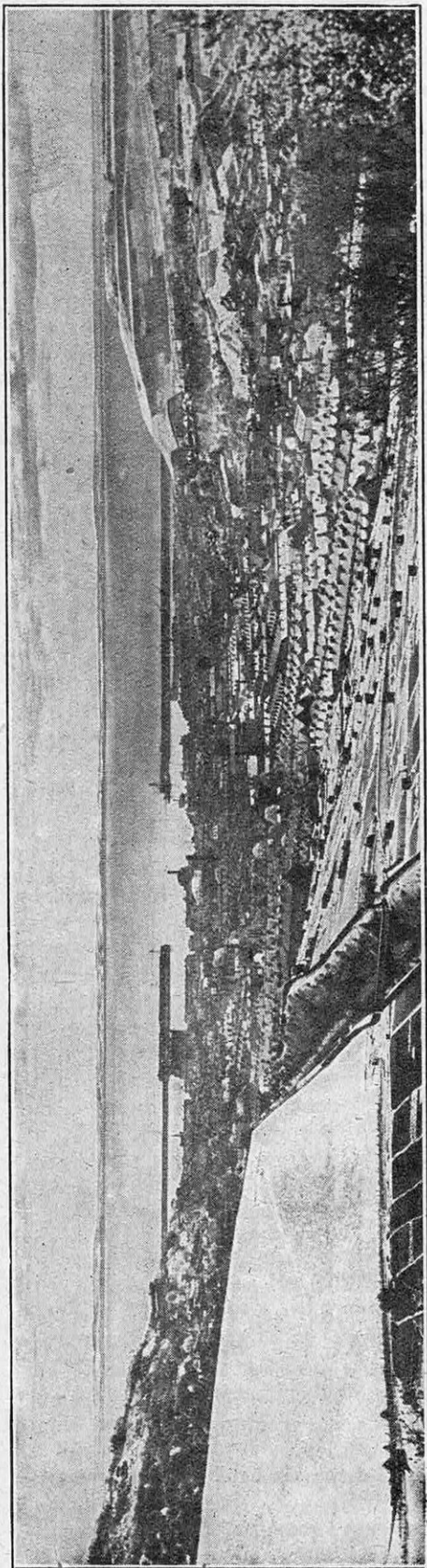


FIG. 2. — VOICI UNE PHOTOGRAPHIE DE DOUVRES PRISE AU MOYEN DE PLAQUES SPÉCIALES SENSIBLES AUX RAYONS INFRAROUGES. On voit nettement, sur cette photographie prise par un ingénieur anglais, les côtes de France, qui étaient invisibles à l'œil nu le jour de la prise de vue. On remarquera, à gauche, une grande plage blanche. C'est une prairie verte qui donne cet aspect neigeux (effet de Wood).

métriques appropriés, permet de mettre en évidence des phénomènes calorifiques qui conduisent à l'existence d'autres radiations non visibles et que l'on appelle, également à cause de leur position par rapport au spectre visible, rayons infrarouges (longueur d'onde supérieure à 800 $m\mu$).

Mais revenons à notre plaque photographique. En ce qui concerne les radiations « visibles », elle n'est guère sensible, comme nous l'avons indiqué, qu'au violet, au bleu et à une partie du vert. Lorsqu'on l'utilisera pour photographier une scène quelconque, l'intensité des différentes teintes ne sera pas rendue telle que nous la percevons à l'œil. Les bleus paraîtront trop clairs; les rouges au contraire, paraîtront noirs. On peut dire, en quelque sorte, que la plaque « voit » les objets, comme nous les verrions en les regardant à travers un morceau de verre bleu, au cobalt.

Depuis longtemps, on a cherché à remédier à cet inconvénient; nous allons voir comment.

Les plaques orthochromatiques et panchromatiques

Le premier résultat a été atteint avec les plaques dites « orthochromatiques ». Ces plaques sont obtenues en ajoutant à l'émulsion de sels d'argent, avant sa coulée, un colorant approprié (en général l'érythrosine) ou en les immergeant, après la coulée, dans des solutions des mêmes colorants. Ces plaques sont sensibles non seulement au bleu, mais aussi au vert et au jaune (fig. 3); elles traduisent les couleurs comme on pourrait les voir à travers un filtre vert; là encore, les rouges apparaissent complètement noirs.

Bien qu'imparfaits, ces résultats étaient néanmoins suffisamment intéressants pour inciter les chercheurs à continuer dans cette voie. On a donc essayé à peu près tous les colorants connus pour « sensibiliser » les plaques aux radiations à pareille longueur d'onde (jaune et rouge).

Les meilleurs résultats ont été obtenus avec les dérivés de la quinoléine (cyanine, etc.).

Le mécanisme même de cette « sensibilisation chromatique » n'a pas encore été élucidé. On n'est arrivé qu'à établir quelques règles pratiques (purement empiriques, d'ailleurs), qui permettent d'orienter les recherches vers des colorants déterminés.

On a ainsi créé les plaques dites « pan-

chromatiques » (fig. 3), qui sont à peu près sensibles à toutes les couleurs du spectre visible.

La courbe de la figure 3 nous montre, d'ailleurs, que cette sensibilité n'est pas la même pour toutes les couleurs et qu'elle reste toujours plus grande pour le bleu, d'où une certaine altération dans le rendu des teintes.

Pour corriger cette altération, on a cherché à filtrer les radiations qui viennent frapper la plaque, de manière à laisser passer surtout les rayons rouges et jaunes, en atténuant l'action des rayons bleus et verts. On est ainsi arrivé, par l'emploi d'écrans-filtres constitués par des verres colorés en jaune, à avoir un rendu des teintes comparable à celui obtenu à l'œil.

Mais le problème initial que l'on s'était posé ayant été résolu, d'une part, par une sensibilisation spéciale des plaques et, d'autre part, par l'emploi d'écrans-filtres, on a cherché à faire mieux et à développer le procédé ainsi créé pour obtenir photographiquement des résultats qu'une observation directe à l'œil nu n'aurait pu nous donner.

C'est l'astronome Wood qui eut, le premier, au début du siècle (1), l'idée de photographier les astres à travers des écrans-filtres de différentes couleurs « monochromatiques », c'est-à-dire correspondant à une longueur d'onde unique; les résultats obtenus avaient un intérêt scientifique de premier ordre, comme nous le verrons tout à l'heure, du fait des propriétés spéciales de chaque radiation, et ils ont montré, en outre, le rôle important que pourraient jouer, à cet égard, les radiations rouges extrêmes du spectre visible, ainsi que les rayons infrarouges, qu'il était

malheureusement impossible d'enregistrer, même avec les plaques panchromatiques.

Les techniciens se sont donc remis au travail et ont réussi à créer des plaques sensibles à ces rayons. Le schéma de la figure 3 nous montre, en traits gras, la courbe de sensibilité d'une plaque de ce genre. Peu sensible aux rayons violets et bleus, pratiquement insensible aux rayons verts, elle présente un maximum de sensibilité aux environs de la longueur d'onde 800 $m\mu$ (infrarouge).

Le principe même de la fabrication de ces plaques est identique à celui des plaques

ortho ou panchromatiques. On sensibilise l'émulsion au moyen de colorants spéciaux, tels que la dicyanine (cryptocyanine) ou la xérocyanine; en employant un autre dérivé de la cyanine, la néocyanine, on est même arrivé à la sensibiliser pour des longueurs d'onde supérieures à 1.000 $m\mu$. On a ainsi réussi à mettre au point un moyen qui nous permet-

tra d'explorer les radiations infrarouges, si intéressantes à maints points de vue.

Quel est l'intérêt de la photographie par rayons infrarouges ?

L'intérêt de la photographie par rayons infrarouges réside dans les propriétés mêmes de ces rayons, qui accompagnent toujours les faisceaux de lumière visible. Du fait de leur longueur d'onde plus grande, il traversent, en effet, complètement « le voile atmosphérique » bleuâtre qui, même par temps clair, cache souvent à notre œil les arrière-plans situés à grande distance.

Ils peuvent même traverser les brumes légères, qui sont tout à fait opaques pour les plaques ordinaires et même pour l'œil. Les quelques photographies que nous donnons ici sont particulièrement typiques à cet

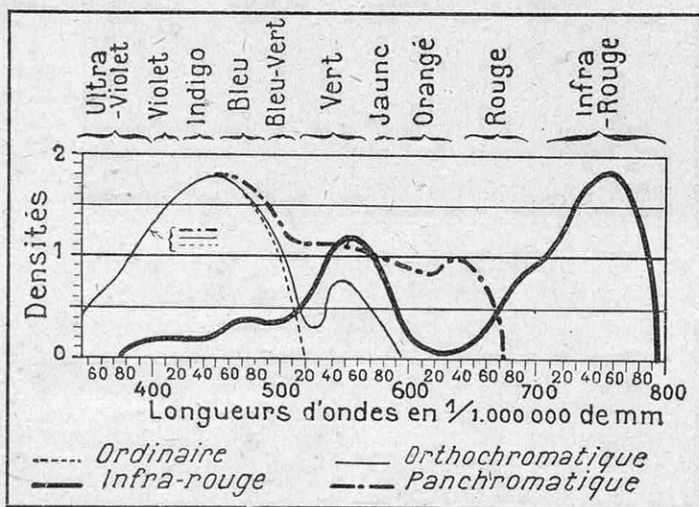


FIG. 3. — DIAGRAMME COMPARATIF MONTRANT LES SENSIBILITÉS DES DIVERSES SORTES DE PLAQUES (ORDINAIRES, ORTHOCHROMATIQUES, PANCHROMATIQUES ET SPÉCIALES POUR RAYONS INFRAROUGES) AUX VIBRATIONS LUMINEUSES DE DIFFÉRENTES LONGUEURS D'ONDES

En ordonnées sont portées les « densités », quantités qui donnent, en quelque sorte, la mesure des sensibilités.

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 170, page 125.

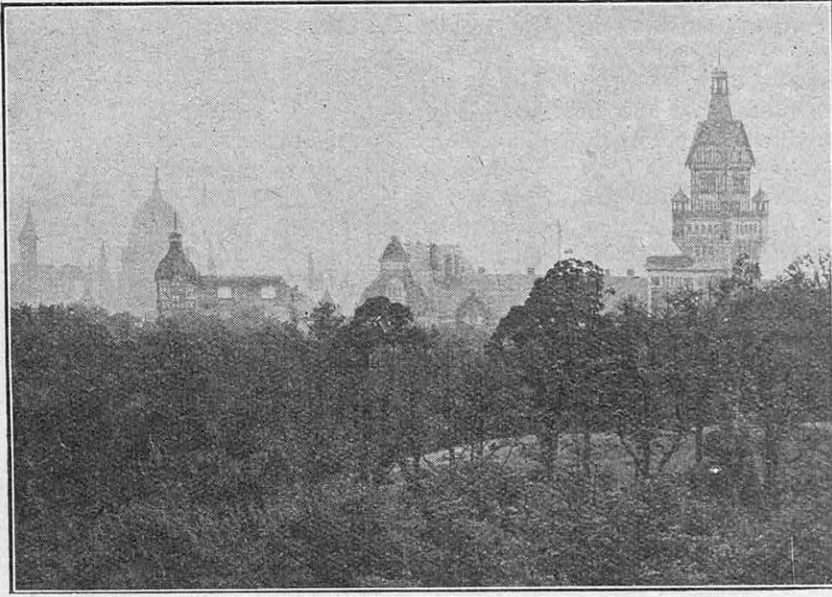


FIG. 4. — VUE D'UNE VILLE ALLEMANDE PRISE AVEC UNE PLAQUE ORDINAIRE, SENSIBLE AUX VIBRATIONS DE COURTE LONGUEUR D'ONDE
Les fonds sont complètement estompés. Les bâtiments sont clairs ; par contre, les premiers plans (verdure) paraissent complètement noirs.

égard. Le cliché de la figure 2 nous montre les côtes de France, vues de Douvres, photographiées un jour où la visibilité était insuffisante pour permettre de les voir à l'œil nu. Les clichés (fig. 4, 5, 6, 7) pris en Allemagne nous montrent, de la même manière, deux vues prises, d'une part, avec des plaques ordinaires, d'autre part, avec des plaques infrarouges. Dans le premier cas, les lointains sont complètement embrumés. Dans le second, ils sont, au contraire, tout à fait nets.

On conçoit toutes les conséquences pratiques que peut avoir une telle découverte pour la photographie à grande distance, la photographie aérienne, etc.

Il y a lieu de constater, d'ailleurs, sur ces pho-

graphies, un phénomène paradoxal, en apparence paradoxal, que l'on appelle phénomène de Wood ; c'est que les prairies, les arbres, etc., en un mot tous les objets de couleur verte, semblent blancs comme neige, bien que les photographies en question aient été prises à travers des filtres rouges, qui arrêtent toutes les radiations, sauf les rouges et les infrarouges. C'est qu'en réalité les « verts » naturels ne sont pas comparables aux « verts » du spectre, dont la longueur d'onde est comprise entre 500 et 600 $m\mu$. Ils sont d'une nature beaucoup plus complexe et, bien qu'absorbant une portion des rayons rouges et infrarouges, ils en réfléchissent la plus notable partie. C'est ce qui explique qu'ils

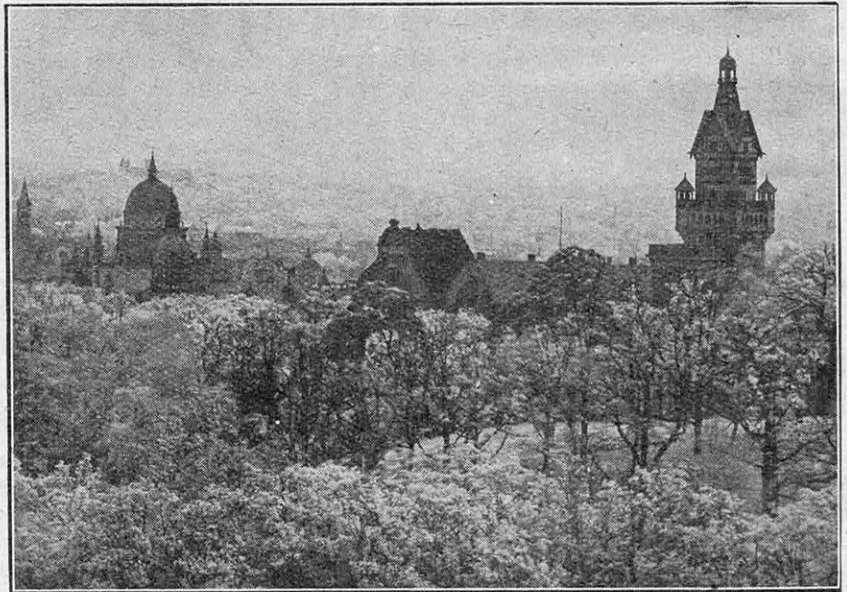


FIG. 5. — LA MÊME PHOTOGRAPHIE PRISE AVEC UNE PLAQUE SPÉCIALE SENSIBILISÉE AUX RAYONS INFRAROUGES (PHOTO « AGFA »)
Les arrière-plans sont nettement visibles. Les premiers plans (verdure) sont blancs et donnent un effet de neige (effet de Wood).

tograpgies, un phénomène paradoxal, en apparence paradoxal, que l'on appelle phénomène de Wood ; c'est que les prairies, les arbres, etc., en un mot tous les objets de couleur verte, semblent blancs comme neige, bien que les photographies en question aient été prises à travers des filtres rouges, qui arrêtent toutes les radiations, sauf les rouges et les infrarouges. C'est qu'en réalité les « verts » naturels ne sont pas comparables aux « verts » du spectre, dont la longueur d'onde est

puissent impressionner si fortement la plaque.

Cette propriété permet d'employer les plaques spéciales « infrarouges » pour obtenir des effets artistiques souvent très beaux.

Pour rester dans le domaine en quelque sorte de l'art, les plaques infrarouges peuvent être utilisées, dans certains cas, pour les portraits : lorsque l'on veut, par exemple, photographier une personne à teint rouge et à cheveux clairs ; les plaques ordinaires

donnent, dans ce cas, des cheveux trop blancs et une figure noire ; les plaques spéciales permettent de corriger ce défaut.

Notons, à ce sujet, que la technique même de la prise de vue et du développement de ces plaques spéciales ne présente pas de difficultés spéciales. La prise de vue peut se faire soit directement, soit à travers des écrans spéciaux : jaunes, rouges ou « noirs », ces derniers ne laissant passer que les rayons



FIG. 7. — VUE DU MÊME PORT, PRISE AVEC UNE PLAQUE ORDINAIRE

infrarouges et arrêtant toutes les radiations visibles ; c'est suivant l'effet à réaliser que l'on choisira l'une ou l'autre méthode. Le développement se fera, bien entendu, dans l'obscurité absolue, à l'aide de révélateurs appropriés à chaque cas. Enfin, pour certaines plaques, comme celles à la xénocyanine, il y aura lieu de les maintenir à une température très basse, et de préférence dans la glace, pour éviter les altérations.

En ce qui concerne le cinéma, les difficultés qui se présentent ne sont pas théoriquement plus grandes.

Dans ce cas, le nouveau procédé permet, en particulier, de réaliser en plein jour, par très beau temps (ciel bleu), des effets de nuit très curieux, en photographiant également à l'aide de clichés « infrarouges », à travers un écran rouge. Le bleu du ciel n'impressionnant pas la pellicule, devient noir sur le positif, tandis que les objets éclairés appa-

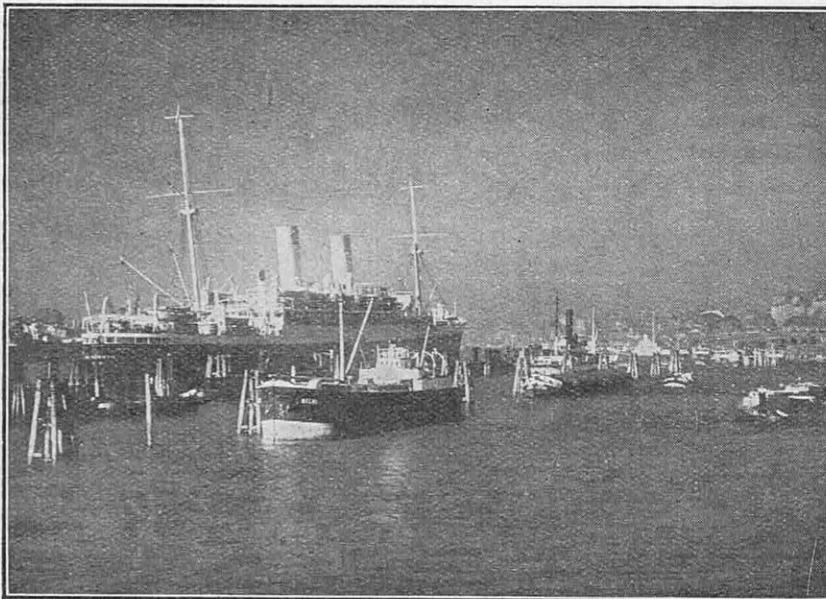


FIG. 6. — VUE D'UN PORT PHOTOGRAPHIÉ AVEC UNE PLAQUE SPÉCIALE SENSIBILISÉE AUX RAYONS INFRAROUGES (PHOTO « AGFA »)

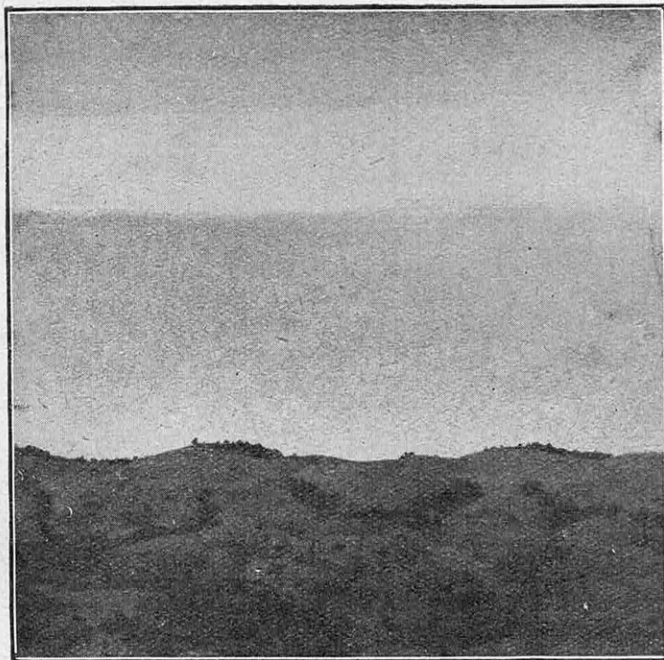


FIG. 8. — LES RAYONS VIOLETS ET ULTRAVIOLETS SONT RAPIDEMENT ABSORBÉS PAR LA BRUME

Voici une photographie de la plaine de San José. Prise du mont Hamilton (Californie) au moyen d'une plaque ordinaire, elle n'a permis d'enregistrer que les premiers plans.

raissent comme sur une plaque ordinaire.

Mais ce ne sont là que des applications minimes de cette nouvelle technique. On en possède d'autres, plus importantes, dans le domaine de la science et de la science appliquée.

La photographie par rayons infrarouges et l'astronomie

Comme nous l'avons indiqué ci-dessus, la photographie des astres avec des plaques spéciales, à travers des verres colorés ne laissant passer de préférence que les radiations monochromatiques, a un intérêt de premier ordre en astronomie. Cela tient à l'inégalité du pouvoir de pénétration des différentes radiations à travers les atmosphères embrumées. Les rayons infrarouges, comme nous l'avons souligné, sont extrêmement pénétrants et traversent même les brumes légères. A mesure que l'on descend dans l'échelle des longueurs d'onde, on trouve des radiations dont le

pouvoir de pénétration diminue, jusqu'aux radiations ultraviolettes, qui sont rapidement absorbées.

La simple observation du soleil dans sa course permet, d'ailleurs, de s'en rendre compte facilement. Lorsqu'il se trouve au zénith, ses rayons ayant à traverser l'atmosphère dans sa moindre épaisseur, la lumière que nous en recueillons est « blanche », c'est-à-dire qu'elle comporte une forte proportion de rayons violets et ultraviolets. A mesure qu'il se rapproche de l'horizon, l'épaisseur de l'atmosphère à traverser étant de plus en plus grande, les rayons violets et ultraviolets sont arrêtés, et nous ne recevons plus, au soleil couchant, que de la lumière composée de rayons rouges et infrarouges.

Inversement, des photographies d'un même astre, d'une même planète, par exemple, prises au moyen de plaques sensibles aux différentes radiations, depuis

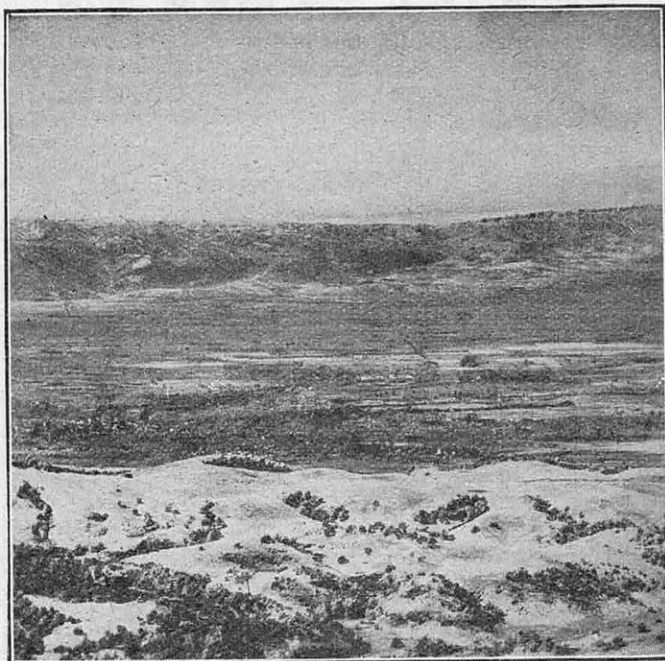


FIG. 9. — LES RAYONS INFRAROUGES PERMETTENT DE PRENDRE DES PHOTOGRAPHIES A GRANDE DISTANCE

Voici le même paysage que celui de la figure 8, photographié avec des plaques spéciales sensibilisées aux rayons infrarouges. Tous les lointains sont nettement visibles.

l'ultraviolet jusqu'à l'infrarouge, et à travers des écrans monochromes s'étageant de l'ultraviolet jusqu'à l'infrarouge, nous donneront une gamme d'épreuves qui nous fourniront de précieuses indications sur l'atmosphère de cet astre, en nous permettant de distinguer les taches dues à la présence de l'atmosphère (plaques ultraviolettes et de courte longueur d'onde) de celles dues à l'astre lui-même (plaques infrarouges et à grande longueur d'onde) (1).

Nous en avons d'ailleurs ci-contre un exemple frappant, dans les diverses épreuves photographiques de la planète Mars (fig. 10), prises à travers des écrans spéciaux au moyen de plaques spéciales : dans l'ultraviolet, l'astre semble baigné dans un voile, ne laissant apercevoir nettement que les calottes polaires. Ce voile est dû, très probablement, à l'influence d'une atmosphère absorbante. Or, la disparition progressive de ces calottes polaires, à mesure que la longueur d'onde augmente, nous laisse supposer qu'elles

ont également un caractère atmosphérique. Au-dessus des pôles p'enant des nuages blancs. Dans les photographies « rouge » et « infrarouge », on retrouve, par contre, les contours familiers aux astronomes.

On voit ainsi toutes les possibilités d'investigation que cela nous procure. Les plaques infrarouges nous permettront, en outre, de distinguer les étoiles à faible rayonnement rouge, qui sont invisibles autrement.

Dans le domaine de la science appliquée, la photographie par infrarouge sera l'auxiliaire précieux des experts, en criminologie par exemple, où elle permettra de mettre en évidence des taches de sang sur des étoffes rouges, ou pour l'étude des falsifi-

cations qu'auront pu subir des tableaux, etc.

Enfin, elle permettra d'exercer des contrôles efficaces dans les endroits obscurs, mais où l'on fait rayonner des radiations infrarouges au moyen de lampes appropriées, munies d'écrans « noirs », c'est-à-dire arrêtant tous les rayons visibles à l'œil, sans arrêter les infrarouges.

Ce procédé, que l'on appelle parfois « photographie dans l'invisible », est susceptible d'être utilisé pour photographier et enregis-

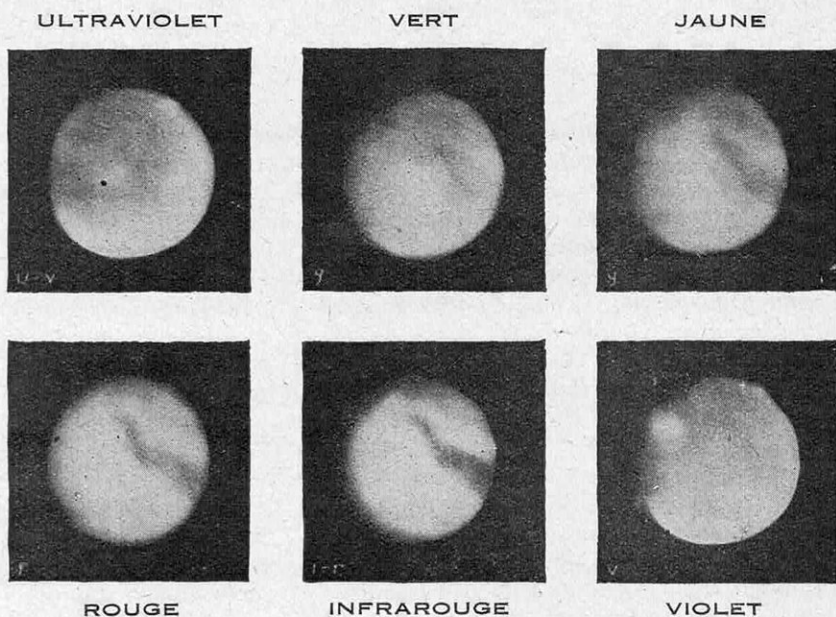


FIG. 10. — LA PHOTOGRAPHIE EN LUMIÈRE MONOCHROMATIQUE, AVEC DES PLAQUES SPÉCIALES, EST D'UN GRAND INTÉRÊT EN ASTRONOMIE, EN PARTICULIER POUR L'ÉTUDE DES PLANÈTES

On voit ici la planète Mars photographiée à travers divers écrans monochromatiques, c'est-à-dire ne laissant passer que des rayons de longueur d'onde donnée. La comparaison des épreuves est très instructive. On peut noter, en particulier, les différences entre les deux dernières épreuves (infrarouge et violet).

trer les phénomènes qui doivent se dérouler entièrement, ou partiellement, dans l'obscurité : le développement des photographies ordinaires, par exemple ; les réactions des êtres vivants (animaux ou végétaux) placés dans le noir, etc. On peut prévoir son emploi également pour la défense contre les cambrioleurs : un appareil caché, à déclenchement automatique, et une source de rayons infrarouges, permettant de les photographier sans qu'ils s'en doutent, etc.

On voit, par ces quelques exemples, quelles applications multiples peut avoir la photographie par rayons infrarouges dans les domaines les plus variés. Il n'est pas douteux que le nombre de ces applications s'étendra encore à l'avenir.

A. CHARMEIL,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 170, page 125.

PARIS ET LYON SONT DOTÉS DE NOUVEAUX RADIOPHARES QUI ASSURENT LE GUIDAGE DES AVIONS PAR TEMPS DE BRUME

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G.

Le problème de la navigation aérienne dans la brume est un de ceux dont la solution constitue la base de la sécurité en vol. Lié par la vitesse, condition même de sa sustentation, l'avion n'a ni le temps de faire le point, ni le loisir d'attendre le retour du beau temps. Depuis quelques années déjà, ce problème a été résolu, tant en France qu'à l'étranger (1), grâce à l'emploi de phares hertziens dont les signaux spéciaux traçaient en quelque sorte, dans l'espace, la route à suivre par le pilote. Basée sur l'écoute de ces signaux, cette méthode nécessitait donc le port constant d'un casque téléphonique. Il n'en est plus de même aujourd'hui, et l'élégante méthode, mise au point par l'ingénieur Guy du Bourg de Bozas, permet au pilote de voir réellement de quel côté de sa route il dévie. Lyon, Le Bourget sont déjà dotés des nouveaux radiophares qui conduisent l'avion, avec le maximum de sécurité, et lui font connaître même l'instant où il survole l'aérodrome. Bientôt, Londres possédera également un radiophare de ce type.

Nous avons exposé déjà les procédés mis en œuvre pour le guidage des avions dans la brume au moyen des ondes électromagnétiques. Nous avons décrit notamment (2) le radiophare du Bourget, conçu par M. du Bourg de Bozas et qui trace, entre Paris et Londres, une ligne idéale que les pilotes peuvent suivre en écoutant simplement les signaux émis par les deux cadres rectangulaires du phare hertzien. Cependant, la nécessité de conserver sur la tête le casque téléphonique n'est pas sans inconvénient, si le pilote assure, en même temps, les fonctions de navigateur. En effet, il lui est alors difficile de suivre, à l'oreille, le ronronnement régulier de son appareil moteur, qui lui indique que tout va bien à bord.

Mais voici que cette nécessité n'existe plus. M. du Bourg de Bozas a mis au point et installé, au Bourget

comme à Lyon, un nouveau radiophare dont les signaux ne sont plus perçus par l'oreille du pilote, mais sont, au contraire, rendus visibles sur le tableau de bord, de sorte que la manœuvre à exécuter pour se maintenir sur l'axe de balisage est automatiquement indiquée au pilote.



M. DU BOURG DE BOZAS
à qui l'on doit la mise au point
des nouveaux radiophares du
Bourget et de Lyon.

Rappelons le principe du radiophare

On sait que le rayonnement d'un cadre émetteur d'ondes hertziennes, représenté en projection en AB (fig. 2), n'est pas le même dans toutes les directions et que sa propagation se fait suivant des cercles dont le diamètre va sans cesse en s'agrandissant.

Un observateur, muni d'un récepteur de T. S. F., qui se déplacera tout autour du poste émetteur, afin d'en explorer le champ, percevra donc un rayonnement maximum dans le prolongement du cadre AB . Ce rayonnement ira en décroissant et finira par s'annuler, lorsque l'observateur se trouvera

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 143, page 413, et n° 180, page 466.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 143, page 413.

dans le plan perpendiculaire à celui du cadre *AB* et, passant par son centre *O*.

Si, au lieu d'installer un seul cadre *AB*, on lui en adjoit un second *CD* perpendiculaire, l'exploration de l'espace environnant révélera alors l'existence de champs dont les intensités sont représentées en projection sur le diagramme de la figure 2.

On voit, sur ce diagramme, que les champs sont égaux sur les bissectrices des cadres et que tout déplacement des observateurs, à droite ou à gauche de ces bissectrices, correspondra à l'augmentation de l'intensité de l'un des champs et à la diminution de l'autre.

C'est sur cette action différentielle qu'est basé le principe même du guidage.

Dans le premier dispositif adopté, les cadres rectangulaires émettaient chacun une lettre, en signaux Morse. Ces deux lettres (F... et L...) étaient choisies de telle sorte qu'en observant une certaine cadence dans l'envoi des

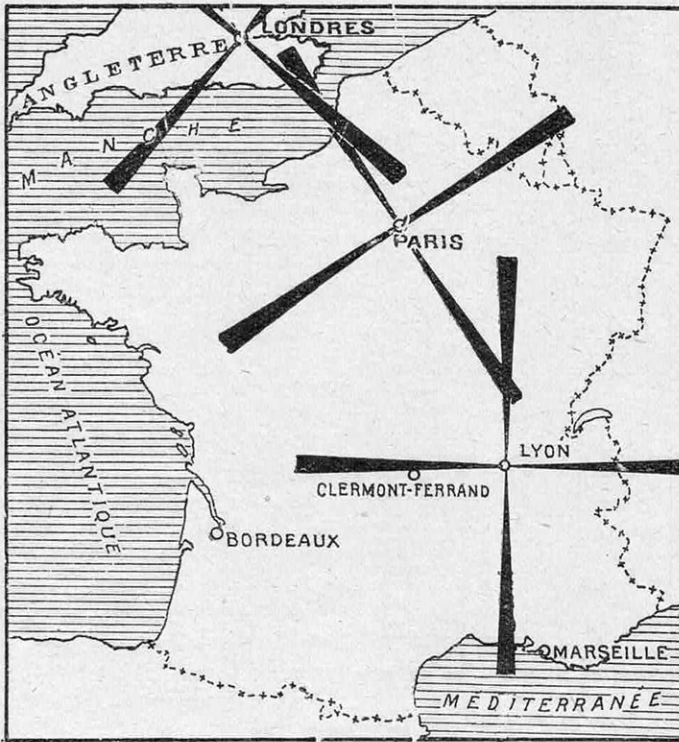


FIG. 1. — LES TROIS RADIOPHARES DE LYON, DU BOURGET ET, BIENTOT, CELUI DE LONDRES GUIDENT AUTOMATIQUÉMENT LE PILOTE DE LYON A LONDRES
Peu après son départ de Lyon, le pilote reçoit les indications du Bourget et, avant son arrivée en Angleterre, il sera pris par le faisceau de Londres qui le guidera avec sécurité.

traits et des points, on puisse obtenir un son continu lorsque les émissions étaient reçues avec une égale intensité, c'est-à-dire lorsque l'on se trouvait sur la bissectrice des cadres. Au contraire, dès que l'on s'écartait de cet axe de balisage, une lettre devenait prépondérante et le pilote savait de quel côté il déviait de sa route. Mais, répétons-le, ceci exigeait le port constant d'un casque téléphonique et le bruit incessant reçu par le pilote constituait une gêne appréciable.

De plus, l'oreille finissait par se lasser et ne donnait plus une précision suffisante.

C'est pour éviter cet inconvénient qu'a été imaginé le nouveau système dont nous allons parler.

La nouveauté du dispositif consiste à mesurer l'intensité des champs, en différents points de l'espace, au moyen de vibreurs placés devant le pilote et dont l'oscillation est en résonance avec la modulation basse fréquence appliquée à chacun des

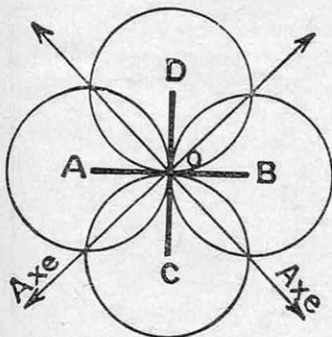


FIG. 2. — PRINCIPE DES RADIOPHARES

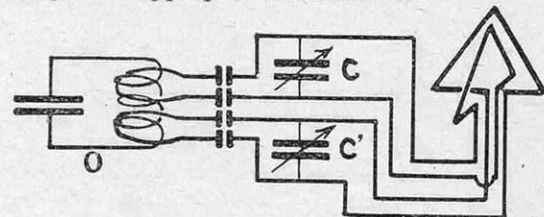


FIG. 3. — PRINCIPE D'ÉMISSION DU NOUVEAU RADIOPHARE DU BOURGET, PRÈS PARIS
Grâce aux condensateurs tournants C C', les cadres rectangulaires émettent suivant leurs modulations respectives. Lorsque la réception est la même sur l'avion, celui-ci est dans l'axe de balisage.

champs rayonnés.

Il est facile, alors de concevoir que plus le champ reçu sera intense et plus la vibration de la lame correspondante du vibreur sera grande. Lorsque les champs seront égaux en intensité, les vibrations des lames seront égales et l'avion se trouvera alors, précisément, sur l'un des axes balisés.

Ces vibreurs sont renfermés dans une boîte et sont actionnés par des électroaimants agissant sur les lames vibrantes (fig. 5). L'extrémité de celles-ci est aplatie, afin qu'il soit facile de comparer les amplitudes des vibreurs placés côte à côte. Quant au récepteur qui actionne le vibreur, c'est un superhétérodyne ordinaire

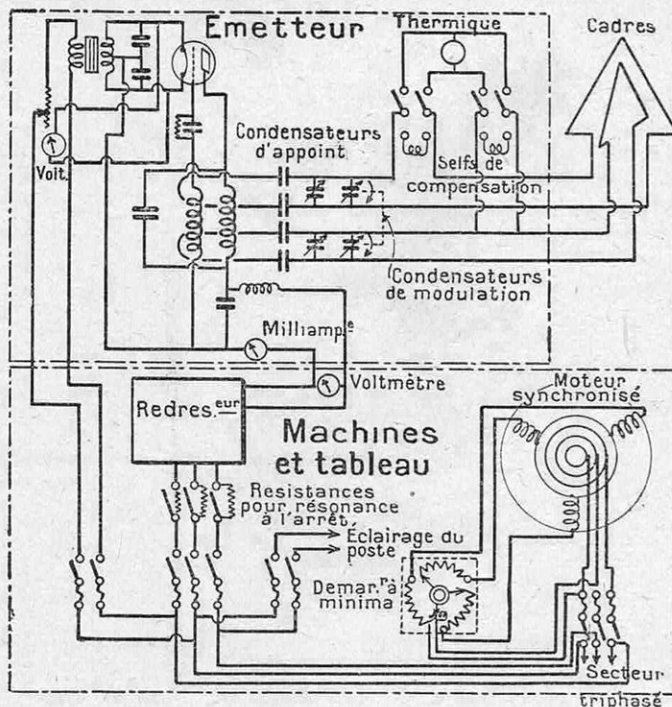


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE L'ENSEMBLE DU MONTAGE DU NOUVEAU RADIOPHARE INSTALLÉ AU BOURGET

à lampe bi-grille.

Ainsi, le pilote n'a plus qu'à observer la vibration des lames. Dès que l'une des lames vibre plus que l'autre, il est prévenu qu'il a dévié du côté de cette lame. De plus, l'observation du rapport des amplitudes de ces vibrations lui permet, soit de se maintenir sur sa route, soit au contraire de s'en écarter pour contourner, au besoin, un grain sans s'égarer.

Le pilote n'a, d'ailleurs, aucun besoin de réfléchir pour savoir de quel côté il doit virer pour retrouver l'axe de balisage momentanément perdu. Une indication portée sur la boîte lui fait savoir, en effet, qu'il n'a qu'à virer du côté où se produit la vibration la plus faible.

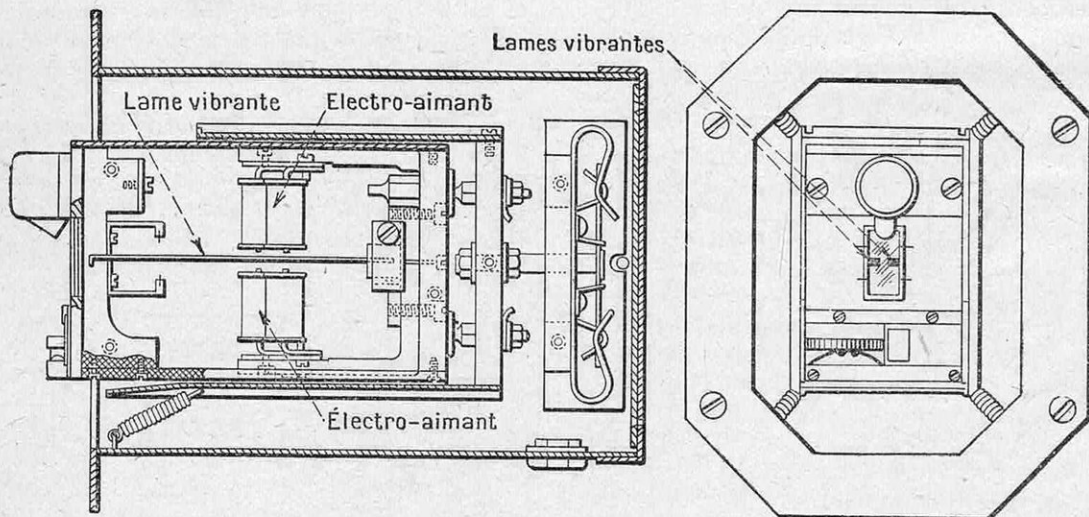


FIG. 5. — VUE, EN COUPE ET DE FACE, DE L'APPAREIL PLACÉ SUR L'AVION ET INDICANT AU PILOTE SA POSITION PAR RAPPORT A L'AXE DE BALISAGE

Les lames, qui vibrent sous l'action des électroaimants alimentés par les émissions successives des cadres, sont vues en bout par le pilote (fig. de droite). Suivant qu'une lame vibre plus que l'autre, le pilote sait de quel côté il se trouve par rapport à l'axe. Il vire du côté de la plus faible vibration.

Comment est réalisée la double émission du radiophare

Le problème consiste donc à produire, à l'émission, une double modulation destinée à actionner les vibreurs de l'appareil récepteur. Voici le dispositif fort ingénieux qui a été mis au point dans ce but :

Considérons tout d'abord (fig. 3) un circuit oscillant *O*, générateur d'ondes et comprenant, à cet effet, une self et une capacité. Si nous couplons à ce circuit deux cadres d'émission calés à angle droit, chacun d'eux sera parcouru par un courant qui sera maximum au moment de sa résonance avec le circuit générateur *O*.

Au contraire, chaque cadre sera parcouru par un courant nul, lorsque, par un moyen quelconque, on détruira sa résonance avec le circuit générateur *O*.

Si l'on peut, par conséquent, accorder et désaccorder un cadre *N* fois par seconde, il est bien évident que les ondes rayonnées par ce cadre subiront une modulation de

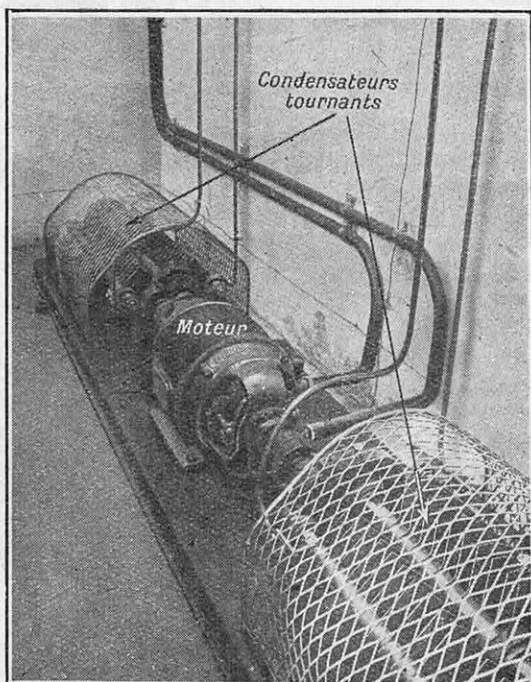


FIG. 7. — LES CONDENSATEURS TOURNANTS QUI AGISSENT SUR LES CIRCUITS DU NOUVEAU RADIOPHARE DU BOURGET

moteur à vitesse constante, on peut, par un choix correct des engrenages, obtenir exactement les fréquences de modulation désirées. Les radiophares du Bourget et de Lyon rayonnent les fréquences 65 et 86,666.

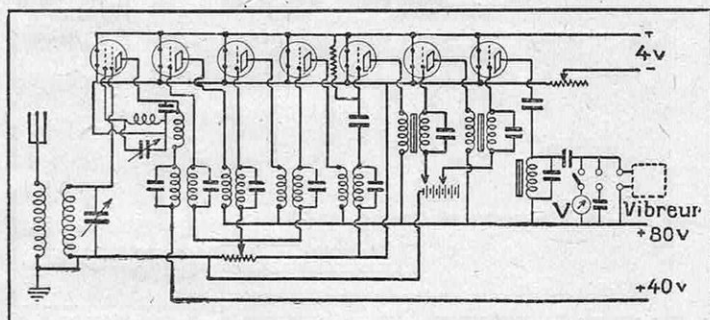


FIG. 6. — SCHÉMA DU RÉCEPTEUR INSTALLÉ SUR L'AVION

fréquence *N*. De même, on peut donner au second cadre une modulation *N'* par le même procédé.

L'artifice employé pour faire ainsi varier la résonance de chaque cadre avec le circuit générateur d'ondes, réside simplement dans l'emploi de condensateurs *C* et *C'*, variables par rotation et placés en dérivation sur le circuit de chaque cadre. Ces condensateurs produisent, sur leurs cadres respectifs, le phénomène de résonance qu'ils détruisent, d'ailleurs, automatiquement en continuant leur course.

En prenant le soin d'entraîner ces condensateurs au moyen d'un

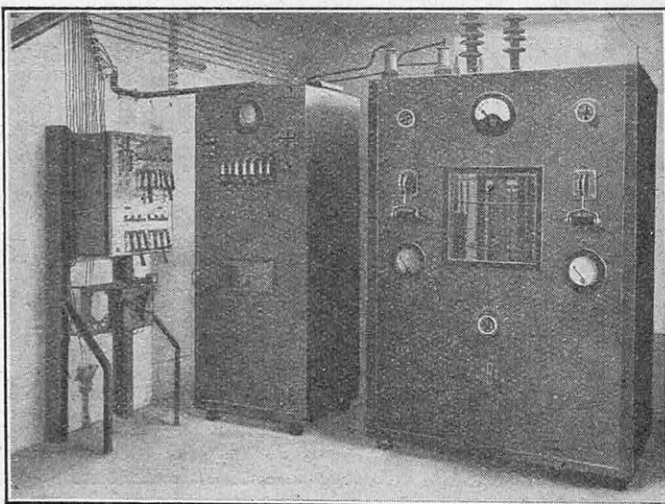


FIG. 8. — L'ÉMETTEUR DU RADIOPHARE DU BOURGET

Le radiophare à double modulation et le guidage des avions

Si l'on fait usage, à bord des avions, du récepteur décrit dans cet article, la portée du radiophare dépasse facilement 400 kilomètres. L'angle d'ouverture des quatre fuseaux de guidage est de l'ordre de 2 degrés. Il s'agit donc bien, dans le cas présent, de quatre routes aériennes nettement définies dans l'espace et qui permettent aux avions de voler, sans aucune visibilité, soit dans la nuit, soit dans la brume, soit à de très hautes altitudes, dans la stratosphère.

Paris et Lyon sont dotés déjà de tels radiophares. Lorsque Londres possédera le sien, un pilote pourra, en toute sécurité, voler de Lyon à Londres en suivant les routes tracées dans l'espace, qui se couperont à proximité des deux terminus de l'étape (fig. 1).

Enfin, détail important, si l'antenne installée à bord des avions, pour la réception du radiophare, et qui doit obligatoirement être fixe, n'a aucun effet directif, le pilote observera, en passant au-

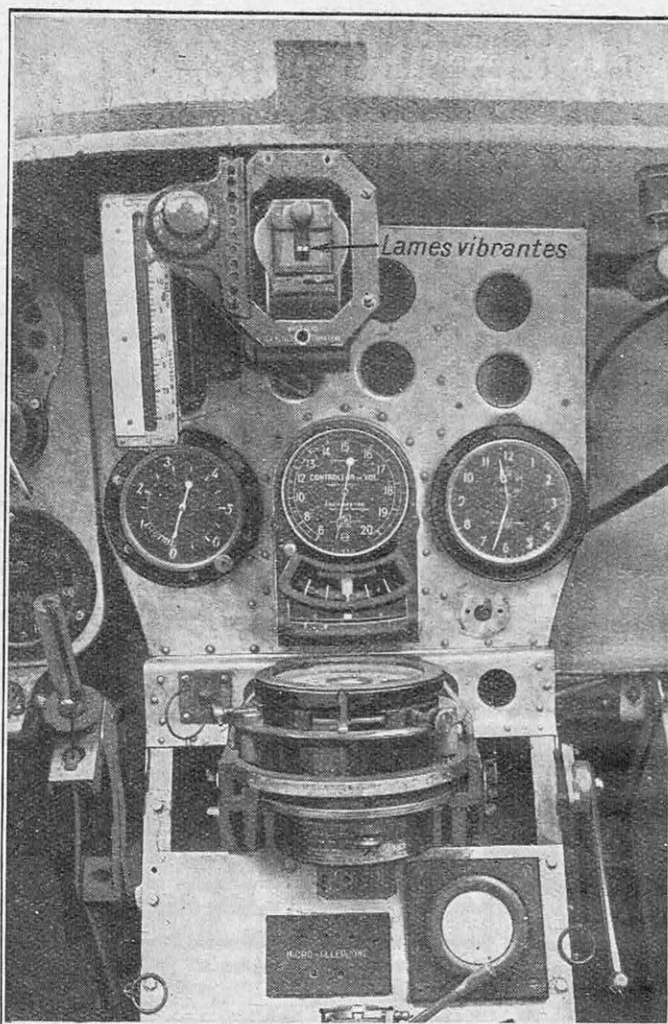


FIG. 10. — EMBLACEMENT DE L'INDICATEUR DE POSITION SUR UN AVION DE L'« AIR-UNION »

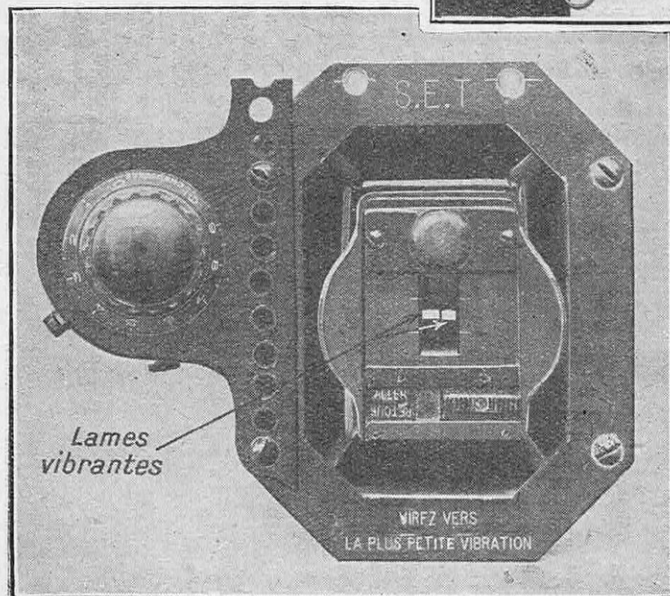


FIG. 9. — VUE DE FACE DE L'INDICATEUR DE POSITION SITUÉ DEVANT LE PILOTE, SUR LE TABLEAU DE BORD

dessus du poste, une zone de silence très nette dans laquelle les lames cesseront de vibrer. A ce moment précis, un avion volant même dans la stratosphère peut être averti du voisinage de son aérodrome, ce qui lui permet de préparer son atterrissage.

Le radiobalisateur des lignes aériennes, qui connaît, aux Etats-Unis, le développement que nous avons déjà exposé à nos lecteurs (1), dispose donc maintenant d'un appareillage parfaitement au point, susceptible d'assurer aux avions le maximum de sécurité. J. MARCHAND.

(1) V. *La Science et la Vie*, n° 180, p. 466.

LA FRANCE POSSÈDE LE CONTRE-TORPILLEUR LE PLUS RAPIDE DU MONDE

Le nouveau record du « Cassard »

Par Henri LE MASSON

Grande vitesse et armement puissant, telles sont les qualités — qui, d'ailleurs, s'excluent l'une l'autre dans une certaine mesure — que l'on recherche pour les navires de guerre. C'est ce qui explique que les bâtiments de combat soient si rapidement démodés et perdent, au bout de quelques années seulement, leurs qualités militaires. En ce qui concerne les contre-torpilleurs et autres navires de faible tonnage, ils ne peuvent évidemment pas rivaliser, au point de vue de l'armement, avec les navires plus gros. C'est donc une nécessité vitale pour eux d'être les plus rapides. A cet égard, la performance que vient de réaliser le contre-torpilleur français Cassard est des plus intéressantes. Il a, en effet, soutenu la vitesse de 42,90 nœuds (79,450 kilomètres à l'heure) pendant trois heures consécutives. Il ne s'agit donc pas là d'un simple record atteint exceptionnellement, mais d'une vitesse de régime sur laquelle on doit pouvoir compter en service normal. C'est là un remarquable résultat qui témoigne des progrès accomplis dans la technique des constructions navales.

EN septembre dernier, le nouveau contre-torpilleur *Cassard*, de la marine nationale, a établi un record mondial de vitesse. Trois heures consécutives, il a soutenu 42,90 nœuds de moyenne (79,450 kilomètres-heure) et la meilleure base a été parcourue à 43,40 nœuds (80,3 kilomètres à l'heure). Ce sont des chiffres remarquables qui témoignent de progrès considérables, que l'on peut, d'ailleurs, constater non seulement dans la marine française, mais aussi dans plusieurs marines étrangères.

Certes, on avait — depuis longtemps déjà — atteint le cap des 40 nœuds (1) : en juillet 1917, un destroyer anglais, le *Teazer*, y était parvenu (40,22 nœuds). Vers la même époque, d'autres bâtiments analogues avaient approché, parfois même dépassé 38 nœuds : le *B 97*, allemand, par exemple, 38 nœuds ; le *Satterlee*, américain, 38,30 nœuds ; mais ces performances étaient demeurées exceptionnelles et, en service, les torpilleurs, ou contre-torpilleurs de cette époque s'étaient rarement montrés capables de plus de 32-34 nœuds. Leurs appareils moteurs n'avaient pas la même endurance que ceux des bâtiments plus modernes et, précisément, ce qui fait l'intérêt des performances récentes, comme celle du *Cassard*, c'est moins le gain de 3-4 nœuds réalisé sur la vitesse maximum que la possibilité — nous

pouvons même écrire la certitude — pour ces bâtiments, de retrouver assez facilement, en service, leur vitesses d'essai, du fait qu'ils peuvent — plusieurs heures durant et sans courir le risque d'avaries graves — développer leur puissance maximum.

En charge normale, par conséquent, le *Cassard* et ses « sisterships » pourront soutenir des vitesses de l'ordre de 40-41 nœuds, tandis que, dans des conditions analogues, les bâtiments d'il y a dix ans pouvaient, difficilement, faire mieux que 33-34 nœuds et, plus souvent, 31-32 nœuds seulement. Le gain de vitesse pratique réalisé n'est plus de 3-4 nœuds, mais bien de 7-8 nœuds.

Le *Cassard* appartient à une catégorie de bâtiments dont notre marine compte, actuellement, trente-deux unités en service ou en construction. L'une d'elle, l'*Amiral-Sénès*, bâtiment ex-allemand, est hors d'âge. Viennent ensuite les six *Tigre*, prototypes des contre-torpilleurs modernes de notre flotte. Ils ont été terminés en 1925, déplacent (formule Washington) 2.160 tonnes et leurs principales caractéristiques sont : 50.000 à 55.000 ch ; vitesse en service, 35 nœuds ; armement : cinq 130 mm, deux 75 mm ou six mitrailleuses AA, six tubes lance-torpilles de 550 mm.

Les vingt-quatre unités suivantes sont une « extension » des *Tigre*. Leur déplacement Washington atteint 2.400 tonnes ; l'arme-

(1) Un nœud équivaut à 1.852 mètres à l'heure.

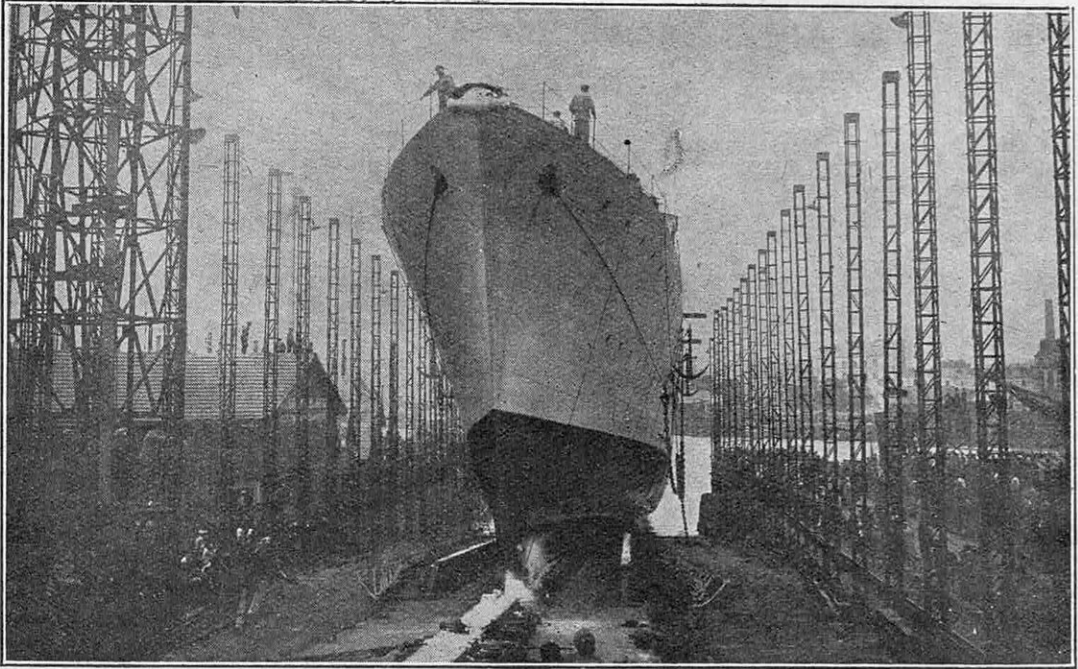


FIG. 1. — LE « CASSARD », AU MOMENT DE SON LANCEMENT

On remarquera l'extrême finesse de la coque et le dévers très accentué prévu à l'avant pour rejeter les paquets de mer et permettre au bâtiment de bien se lever à la lame en offrant le minimum de résistance.

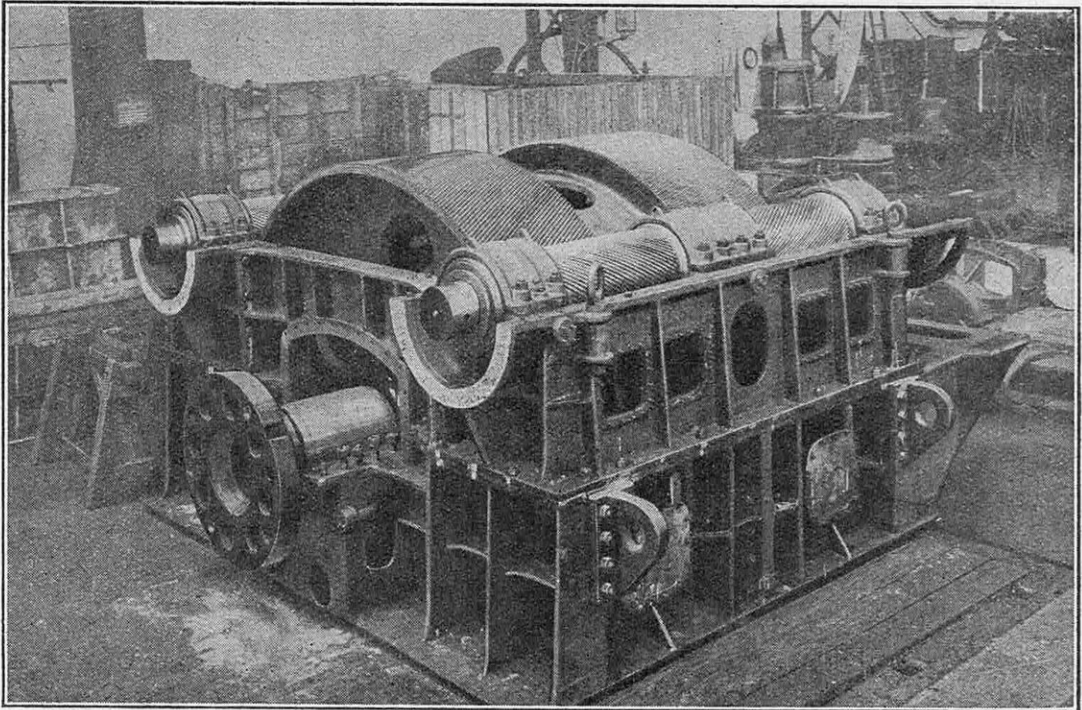


FIG. 2. — LE TRAIN D'ENGRENAGES RÉDUCTEURS INTERPOSÉ ENTRE CHAQUE TURBINE ET L'HÉLICE QU'ELLE COMMANDE SUR LE CONTRE-TORPILLEUR « CASSARD »

Ce train a pour objet de concilier le meilleur rendement de la turbine (grande vitesse de rotation, plusieurs milliers de tours à la minute) avec celui de l'hélice (quelques centaines de tours seulement).

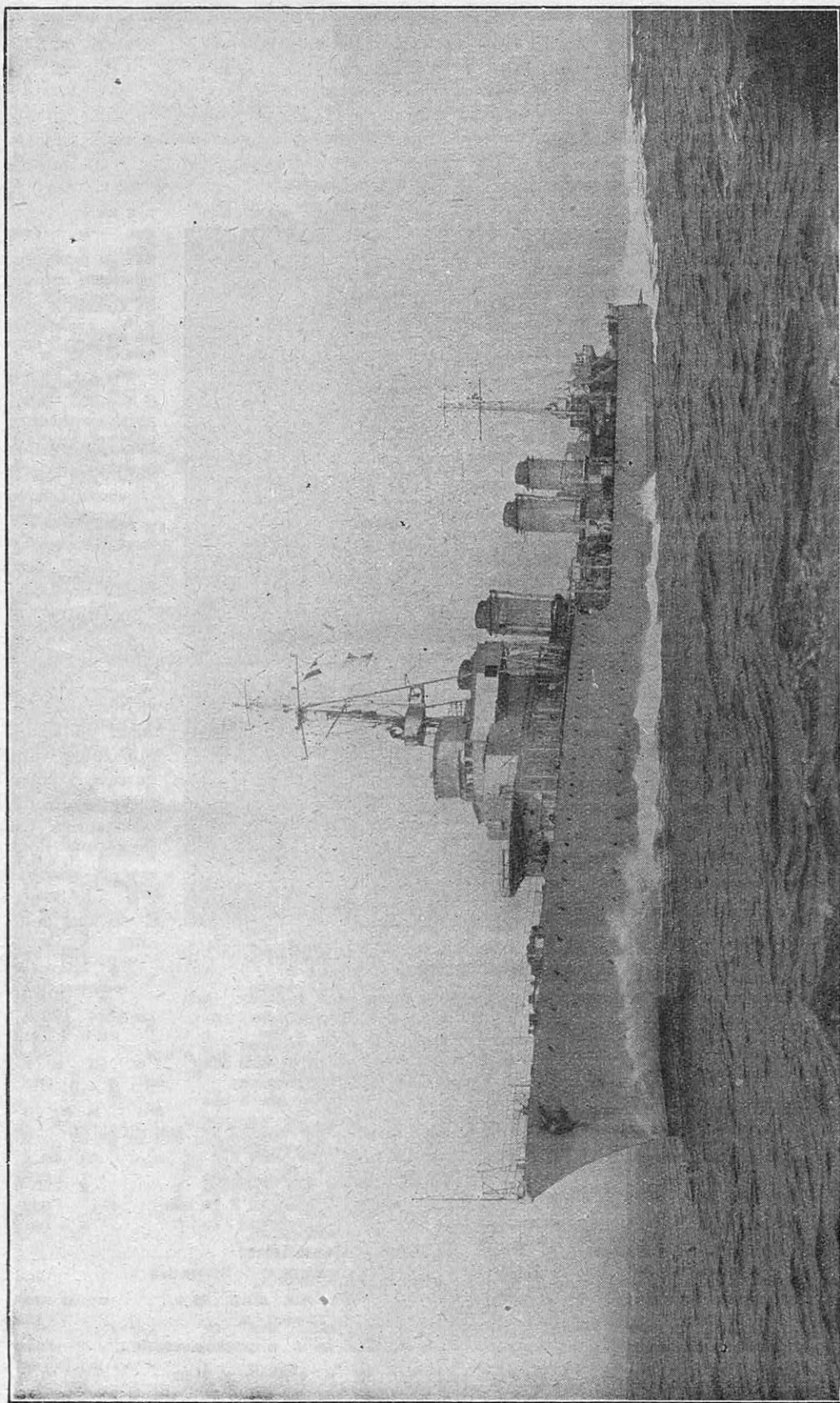


FIG. 3. — VOICI LE « CASSARD », LE CONTRE-TORPILLEUR FRANÇAIS LE PLUS RAPIDE DU MONDE, EN PLEINE VITESSE. Pendant trois heures consécutives, il a soutenu la vitesse moyenne de 42,90 nœuds, soit 79,450 kilomètres à l'heure.

ment est plus puissant : cinq 138 mm, quatre 37 AA, six, sept ou neuf tubes lance-torpilles de 550 mm. Tous, en effet, n'ont pas été construits simultanément, mais par « tranches » successives de trois ou six unités. Aussi, bien que, dans leurs grandes lignes, ces bâtiments soient à peu près identiques, ils diffèrent d'une série à l'autre par certains détails ; c'est ainsi que les appareils moteurs des dernières unités sont plus puissants (70.000 ch au lieu de 64.000, et 74.000 pour la série encore sur cale), et le tableau que nous reproduisons ci-dessous témoigne des résultats obtenus, au point de vue augmentation de la vitesse, grâce à ces perfectionnements :

	Nœuds
<i>Guépard</i> .	38,45
<i>Valmy</i> . .	39,85
<i>Verdun</i> .	40,20
<i>Vauban</i> .	40,20
<i>Lion</i> . . .	40,40
<i>Bison</i> . . .	40,60
<i>Albatros</i> .	41,90
<i>Gerfaut</i> .	42,80
<i>Cassard</i> .	42,90

Les caractéristiques du trente-deuxième contre-torpilleur de notre marine, le *Mogador*, n'ont pas encore été précisées. Il doit être mis en chantier à Lorient (tranche 1932).

Les caractéristiques du « Cassard »

Le *Cassard* appartient à la tranche 1928 du programme naval ; il succède aux trois *Lion* (tranche 1925), aux trois *Vauban* (tranche 1926), aux six *Albatros* (tranche 1927), appartient lui-même à une série de six unités, qui ont reçu des noms de marins vaillants, sinon tous célèbres, et précède la série des six *Le Terrible*.

Ses principales caractéristiques sont :

Longueur hors tout . . .	130 m 50
Largeur	11 m 84
Tirant d'eau	3 m 80

Son déplacement, calculé suivant la formule Washington, c'est-à-dire sans eau de réserve ni combustible, est de 2.440 tonnes. En charge normale, il est de 2.690 tonnes, et, en surcharge, avec le plein de combustible, soit 650 tonnes de mazout, dépasse 3.000 tonnes.

Son rayon d'action, dans ces conditions, sera de 3.000 milles, à 18 nœuds.

La puissance normale de l'appareil moteur est de 70.000 ch. A feux poussés, elle peut atteindre 90.000 ch, et c'est leur faculté de « surpuissance » qui permet à cette catégorie de bâtiments de retrouver facilement leur vitesse maximum en service courant.

La vapeur est fournie par quatre chaudières type Penhoët, à tubes d'eau, timbrées à 20 ki-

logrammes. Ce système, remarquable par son rendement très élevé, son endurance, sa simplicité de conduite et la combustion parfaite qu'il assure, a puissamment contribué à la réussite des essais de vitesse des bâtiments de ce type.

Les deux groupes de turbines à engrenages (simple réduction) sont du type Raëau, des Chantiers de Bretagne, qui sont de véritables spécialistes de la construction des bâtiments de guerre à grande vitesse, et qui ont, d'ailleurs, également construit la coque du

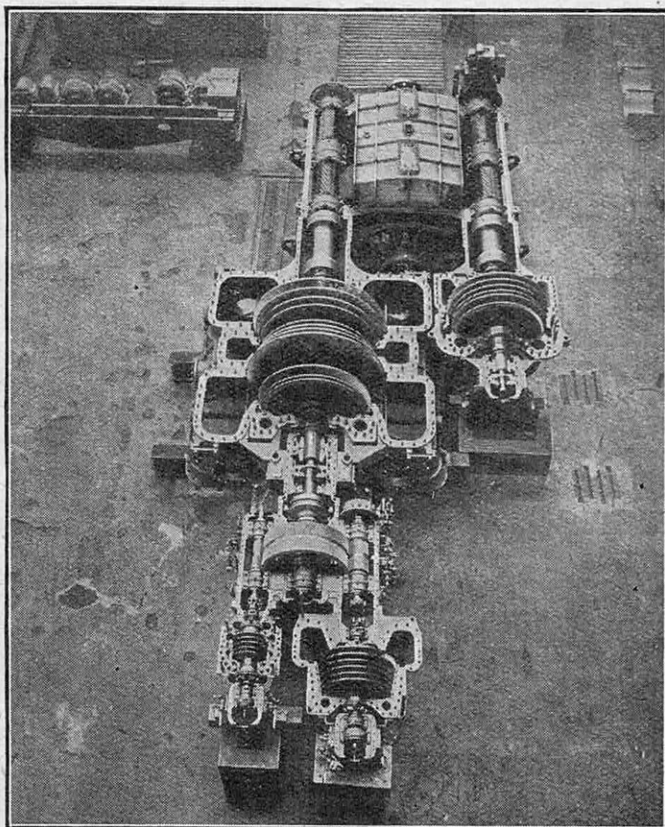


FIG. 4. — ENSEMBLE D'UN DES DEUX GROUPES MOTEURS DU CONTRE-TORPILLEUR « CASSARD »

La vapeur se détend successivement dans deux turbines, qui commandent le même arbre d'hélice par l'intermédiaire d'un train d'engrenages réducteurs. Chacun des deux groupes comporte également une turbine marche arrière et une turbine pour la marche en croisière : 18 nœuds, 2.250 ch environ.

Cassard, dont le lancement eut lieu en 1931.

Chacun des deux groupes de turbines comprend une turbine à haute pression et une turbine à basse pression travaillant en série, et est installé dans un compartiment distinct, qui peut être alimenté en vapeur par n'importe laquelle des deux chaufferies. Des turbines de croisière assurent la marche aux petites allures (18 nœuds).

La vitesse constitue la protection des torpilleurs et contre-torpilleurs

Le *Cassard* et ses « sister-ships » ne représentent pas, cependant, le développement maximum de leur type. Il y a tout lieu de croire que le *Milan*, l'*Epervier* et les six *Le Terrible*, dont les chaudières seront à haute pression (35 kilogrammes) et à surchauffe, donneront encore de meilleurs résultats au point de vue vitesse.

Il ne faut pas oublier, en effet, que, devant des bâtiments cuirassés de 25 à 30 nœuds et des croiseurs légers de 35 à 40 nœuds, comme le seront certainement les prochaines unités de ces catégories, les torpilleurs et contre-torpilleurs de l'avenir n'auront pas trop d'une vitesse dépassant largement 40 et

même 45 nœuds. La protection d'un torpilleur ou d'un contre-torpilleur, au moyen d'une cuirasse même légère, ne saurait, en effet, se poser. Leur protection, c'est leur vitesse, la possibilité, pour leur appareil moteur, de développer rapidement sa puis-

sance maximum et, surtout, de pouvoir soutenir un effort intensif pendant plusieurs heures et sans faiblir.

C'est dans ce sens que s'orientent les études poursuivies actuellement en vue de la construction de nouvelles unités de cette catégorie. Le *Mogador*, dont la construction a été autorisée et qui, jusqu'à nouvel ordre, sera seul de son espèce est, sans doute, le prototype d'une série de bâtiments encore plus rapides que le *Cassard*, et dont il est logique d'attendre une vitesse de 45 nœuds.

Quoi qu'il en soit, et en

attendant que les essais du *Mogador* confirment ces espérances, l'effort régulier poursuivi depuis 1925, en France, aura doté notre marine d'une puissante flottille remarquablement homogène et déjà très rapide, répartie en une demi-douzaine de divisions légères.

HENRI LE MASSON.

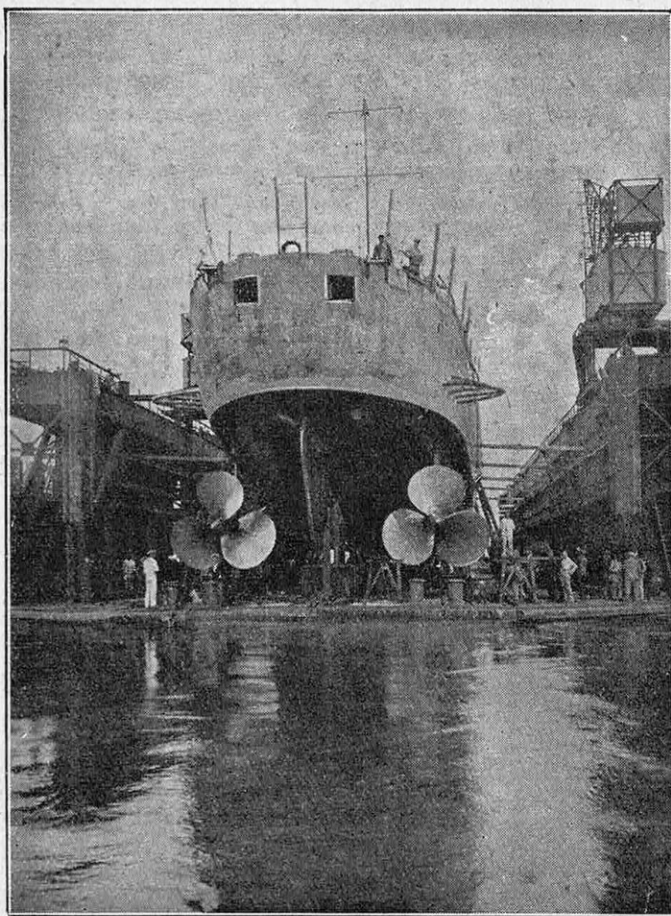


FIG. 5. - LE « CASSARD », EN CALE SÈCHE, VU DE L'ARRIÈRE
On a adopté, pour les contre-torpilleurs de ce type, le modèle d'arrière dit « de croiseur ».

LA PROSPECTION ÉLECTRIQUE

Par Jean HESSE

INGÉNIEUR DES ARTS ET MANUFACTURES

Voici une nouvelle méthode, basée sur la mesure de la résistivité électrique, pour prospecter le sous-sol au point de vue de l'extraction des richesses minérales qu'il renferme. Cette même méthode est également appliquée pour l'examen préalable des terrains, en vue des travaux d'art souterrains à exécuter, notamment pour les lignes de communication : tunnels, canaux, conduites souterraines, etc... Ce nouveau procédé est plus rapide et plus pratique que les anciens relevant de la prospection mécanique. C'est ainsi qu'on a pu, tout récemment, l'utiliser pour découvrir des gisements de lignite dans les Landes, des gisements de fer dans le Calvados et, également, des minerais de cuivre, de fer et de nickel dans l'Amérique du Nord. Il est probable que, dans la construction des voies ferrées, cette méthode pourra être efficacement employée pour l'établissement des tunnels — opération fort délicate et qui nécessitait, jusqu'ici, des travaux préalables minutieux et de longue durée.

LE temps n'est plus où les hommes n'avaient qu'à se baisser pour trouver les pierres ou les métaux nécessaires à la construction de leurs abris et de leurs armes.

A l'époque actuelle, la recherche de gîtes métallifères (1) nouveaux est un problème de premier plan.

C'est à la géologie que l'on a d'abord demandé de fournir les premières données pour éclairer les recherches.

Mais la géologie, qui peut donner une idée assez précise de la constitution de l'écorce terrestre, s'avère, par contre, impuissante, sauf dans de rares exceptions, à fournir des indications sur les accidents de constitution, les hétérogénéités, qui sont à l'origine des mines.

Elle peut, dans ses grandes lignes, indiquer que, dans une région déterminée, par suite de sa formation géologique, de ses caractères tectoniques (état des terrains

consécutifs à des dislocations de l'écorce terrestre), il y a des chances de trouver certains minerais et donner les indices qui permettent de se rapprocher de gisements riches de ces minerais.

C'est alors que le prospecteur intervient.

Il doit faire un très grand nombre de « sondages », afin de découvrir la position exacte des gîtes et leur importance.

Qu'est-ce que le « carottage » mécanique ?

Ces sondages sont des trous forés verticalement au moyen d'outils appelés *trépans*, portés par des tiges que l'on visse les unes au bout des autres et que l'on peut allonger suivant les besoins. On soulève le trépan et on le laisse tomber sur le fond du trou, où il brise la roche par l'effet du choc. Après un certain nombre

de trous, on pratique le curage, en remplaçant le trépan par un cylindre muni d'une soupape au moyen duquel on enlève les débris de la roche restés au fond du trou. On recueille ces débris avec soin, on les lave, on en examine les fragments,

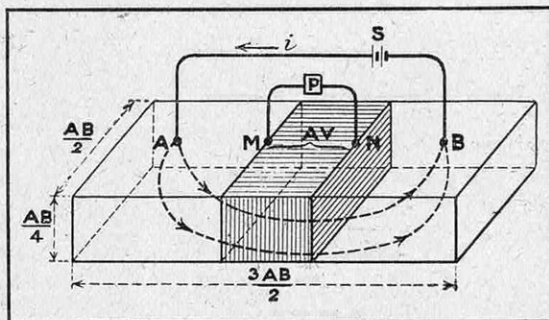


FIG. 1. — ÉTABLISSEMENT D'UNE CARTE DE RÉSISTIVITÉ ÉLECTRIQUE D'UN TERRAIN

On fait passer dans le sol, entre A et B, un courant électrique d'intensité i , et on mesure la différence du potentiel AV , entre deux autres points M et N. Les mesures de i et de AV permettent de calculer la résistivité du sol. Pour cela, on admet, ce qui est vérifié d'ailleurs par l'expérience, que tous les filets de courant allant de A à B sont canalisés à l'intérieur d'un parallélépipède rectangulaire de largeur $\frac{AB}{2}$,

de longueur $\frac{3AB}{2}$ et d'épaisseur $\frac{AB}{4}$.

(1) Un gîte métallifère est tout amas de matière métallique qui se présente sous forme de concentration anormale.

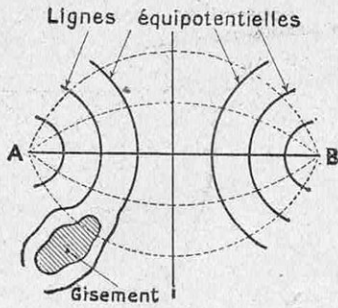


FIG. 2
LES MÉTHODES ÉLECTRIQUES PERMETTENT DE DÉCELER LES GISEMENTS

Les mesures de résistivité du sol effectuées entre A et B servent à établir les lignes équipotentielles.

Les irrégularités dans ces lignes indiquent la présence de gisements.

en observant les poussières fines à la loupe et au microscope. Pour obtenir des données plus complètes, on retire des colonnettes de roches, appelées *carottes*, découpées au moyen de mèches dans les terrains tendres, d'une couronne de diamants ou de grenaille de fer dans les roches dures.

On commence, avant de détacher la carotte, par l'orienter pour juger du sens de la stratification. On descend un outil qui imprime sur la couche une trace dont l'orientation est déterminée dans le plan du méridien astronomique, marquant le nord. En détachant ensuite la carotte et en la ramenant au jour, on peut, par la comparaison des stries du bloc par rapport au repère tracé avec le premier outil, déterminer l'orientation cherchée.

Toutes les carottes recueillies en cours de sondages sont classées dans une collection géologique dressée avec le plus grand ordre et cataloguée avec soin. On note la profondeur à laquelle chaque carotte a été détachée, ainsi que les diverses circonstances qui se sont présentées au cours du sondage (journal de sondage).

Ensuite, l'examen complet lithologique (association des minéraux) et paléontologique (détermination des végétaux et animaux dans ces roches) des diverses carottes permet de déterminer les diverses couches rencontrées au cours du sondage.

Ce sondage et ce carottage sont longs et onéreux. Aussi, depuis la guerre, des méthodes de prospection plus directes, moins coûteuses, sont nées, qui permettent de dégrossir le problème des recherches et de limiter à des zones peu étendues les travaux de traçage à exécuter. Le matériel de prospection géophysique, léger, permet d'employer cette méthode partout où un piéton peut passer.

Le principe des méthodes d'exploration géophysique est que toute anomalie dans une région, de constitution homogène, par ailleurs,

peut se traduire par une perturbation des propriétés physiques du sous-sol, dont on observe les manifestations à la surface même du sol.

Ces propriétés étant assez nombreuses, les méthodes correspondantes le sont aussi : elles utilisent la pesanteur, le champ magnétique, la résistivité, la radioactivité, l'élasticité. Ce sont les méthodes utilisant la résistivité des roches, méthodes électriques de prospection, que nous allons décrire.

Ces méthodes tendent à différencier les gisements miniers et les roches qui les contiennent, par l'étude des propriétés électriques, les masses métalliques étant plus conductrices que les autres roches.

En quoi consistent les méthodes de prospection électrique

Rappelons d'abord que l'on nomme *résistivité électrique* d'une roche la résistance au courant électrique d'un cylindre de cette roche ayant pour hauteur l'unité de longueur et pour section l'unité de surface. Pratiquement, cette résistivité est exprimée en *ohms mètre-mètre carré*, qui donne des chiffres compris entre 1 et quelques milliers d'unités.

La résistivité électrique (inverse de la conductibilité) est un des paramètres physiques qui permettent le mieux de caractériser une formation géologique, car elle varie dans des proportions considérables, d'une formation à l'autre, et peut facilement se mesurer à distance.

Sauf les minerais métalliques, conducteurs comme les métaux, les roches ne conduisent le courant électrique que grâce à l'eau d'imbibition qu'elles contiennent. Cette eau d'imbibition renferme toujours des sels dissous et constitue l'électrolyte indispensable au passage du courant. Ainsi, une roche est d'autant

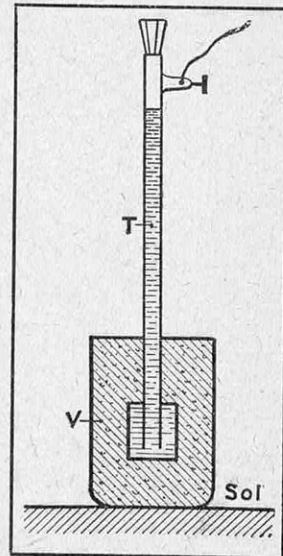


FIG. 3. — COMMENT EST CONSTITUÉE UNE ÉLECTRODE IMPOLARISABLE

Le tube en cuivre rouge T est serti dans un vase poreux V, contenant une solution concentrée, avec excès de cristaux, de sulfate de cuivre, et qui touche le sol.

plus conductrice qu'elle contient plus d'électrolyte et que l'électrolyte est plus riche en sels dissous.

Parmi les roches non compactes, il y a lieu d'établir une distinction entre les roches perméables et imperméables. Dans les argiles, marnes, schistes argileux, roches imperméables, l'eau d'imbibition, fixée dans la roche, a une composition chimique très uniforme. La résistivité électrique constitue alors un paramètre fidèle de la roche.

Par contre, dans les sables, formation poreuse, l'eau peut circuler rapidement et ne pas avoir en tous points une composition identique; la résistance électrique, élevée si l'eau est douce, faible si l'eau est salée, caractérise plutôt le liquide dont la roche est imprégnée que la roche elle-même.

Enfin, le fluide d'imbibition est parfois un liquide isolant: formations poreuses saturées en huile ou gaz naturels, très résistantes.

La résistivité électrique diminue à peu près de moitié pour un accroissement de température de 50 degrés centésimaux. Il faut en tenir compte dans les sondages, où des variations de cet ordre sont possibles entre le haut et le bas d'un forage (la résistivité des électrolytes à teneur constante diminue avec la température; la teneur de l'eau d'imbibition en sels dissous augmente avec elle).

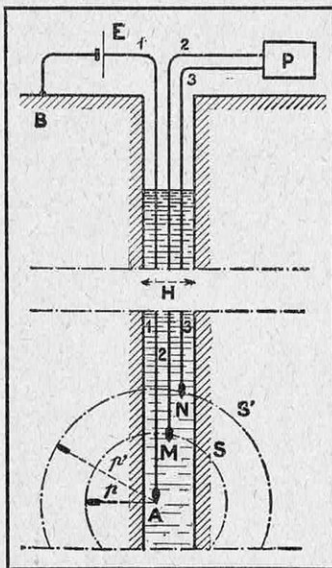


FIG. 4
COMMENT ON
MESURE LES
RÉSISTIVITÉS
DANS UN SON-
DAGE

Le dispositif utilisé comporte trois câbles 1, 2, 3, suspendus dans le trou H, se terminant en bas

par trois électrodes A M N, qui baignent dans l'eau de sondage. Les distances $AM = p$, $AN = p'$ sont supposées grandes par rapport au diamètre H du sondage. L'électrode A sert à transmettre dans le sol le courant fourni par la source E, dont l'autre pôle est à la terre en B. On mesure alors, à l'aide d'un potentiomètre P, les différences de potentiel produites par ce courant entre les électrodes M et N.

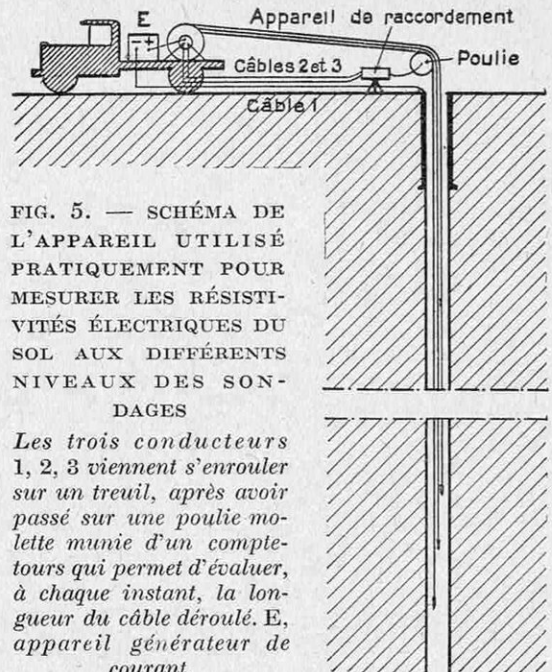


FIG. 5. — SCHEMA DE L'APPAREIL UTILISÉ PRA TIQUEMENT POUR MESURER LES RÉSISTIVITÉS ÉLECTRIQUES DU SOL AUX DIFFÉRENTS NIVEAUX DES SON- DAGES

Les trois conducteurs 1, 2, 3 viennent s'enrouler sur un treuil, après avoir passé sur une poulie muniée d'un compte-tours qui permet d'évaluer, à chaque instant, la longueur du câble déroulé. E, appareil générateur de courant.

Comment on mesure sur le terrain la résistivité électrique des roches ?

On fait passer dans le sol, entre deux points A et B, un courant électrique d'intensité i , et on mesure la différence de potentiel ΔV qui en résulte, entre deux autres points M et N du sol (fig. 1). La mesure de i et de ΔV permet, par une formule simple, de calculer la résistivité du sol, celui-ci étant supposé plan et homogène dans le domaine intéressé par la mesure. En pratique, le sol est plus ou moins hétérogène et l'on a une moyenne des résistivités des diverses roches intéressées par la mesure. Cette moyenne est la *résistivité apparente* du sol entre M et N.

On choisit, en pratique, M et N sur la ligne AB, de part et d'autre et à égale distance du centre de AB. On démontre que la *résistivité obtenue correspond à la résistivité moyenne prise dans le sens horizontal d'une tranche de sol dont l'épaisseur serait à peu près égale à $\frac{AB}{4}$* . En procédant à une série de mesures, avec toujours la même longueur de lignes AB, on explore une tranche de sol d'épaisseur constante égale à $\frac{AB}{4}$; c'est

l'*exploration électrique horizontale* qui permet d'établir des lignes équipotentielles (fig. 2).

Inversement, si, restant en une même station, on procède à une série de mesures en augmentant chaque fois la longueur de AB, les chiffres obtenus correspondent à des

tranches de sol de plus en plus épaisses : c'est le *sondage électrique vertical*.

L'établissement d'une carte des résistivités

En pratique, l'on mesure avec un dispositif invariable, donc avec une profondeur d'investigation constante, la résistivité apparente du sol sous-jacent en une série de stations. On fait l'exploration horizontale d'une

trouvent les différentes roches (sondage électrique vertical), n'est rigoureux que dans le cas de couches horizontales et homogènes. Ils s'appliquent, avec une approximation suffisante dans de nombreux autres cas.

Quelle est, en pratique, la technique des mesures ?

Pour faire passer dans le sol, entre deux points *A* et *B*, du courant électrique, on

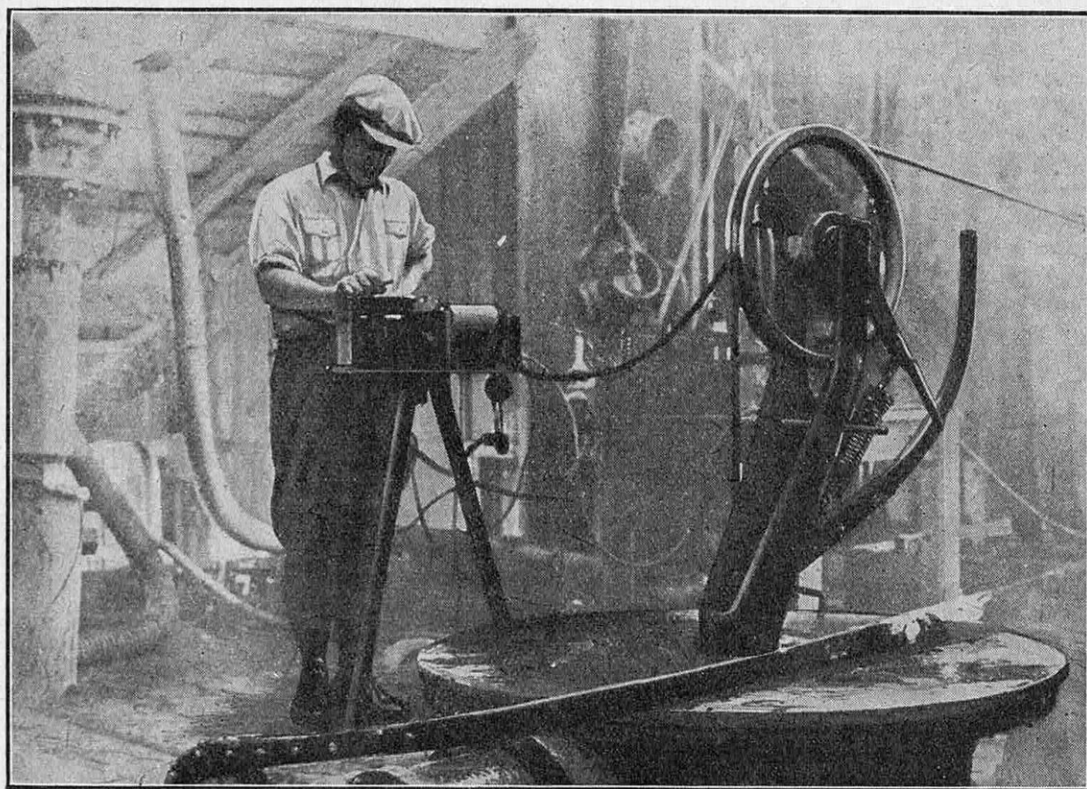


FIG. 6. — COMMENT ON PROCÈDE A UN « CAROTTAGE » ÉLECTRIQUE

On voit ici le treuil et l'appareil enregistreur (potentiomètre) utilisés pour la mesure de la résistivité.

tranche de terrain d'épaisseur régulière. Les mesures sont reportées sur une carte topographique. Des courbes d'équirésistivité sont tracées par interpolation. Il est souvent commode d'envisager des profils de résistivités mesurés le long d'alignements et qui s'interprètent comme une coupe des terrains. On établit, en général, deux cartes de résistivité avec deux profondeurs d'investigation différentes : l'une, petite, faisant ressortir l'action des terrains superficiels ; l'autre, plus grande, pour explorer le sous-sol plus profond. La carte est complétée par des études de détail faites en un certain nombre de points particuliers (sondages électriques verticaux).

Le calcul de la profondeur à laquelle se

connecte ces deux prises de terre par une ligne isolée aux deux pôles d'une génératrice *S* (fig. 1). L'étude de différences de potentiel, provoquées dans le sol par le passage du courant, se fait au moyen d'une ligne volante qui contient un appareil de mesure *P* (téléphone, galvanomètre, potentiomètre) et touche le sol avec deux électrodes en *M* et *N*.

Pour tracer une ligne équipotentielle, on maintient une des électrodes en un point fixe, et l'on tâte le sol en différents points avec l'autre électrode, tout en observant l'appareil de mesure *P* ; lorsque celui-ci ne donne plus d'indication (pas de son dans le téléphone, pas de déviation dans le gal-

vanomètre), c'est que le point touché est au même potentiel que le premier et fait partie de la courbe cherchée.

Les applications de la prospection électrique sont multiples

La méthode des résistivités s'applique à des cas géologiques très divers.

De nombreux dômes de sel ont été découverts grâce à l'examen de la carte des résistivité : le sel gemme est un corps d'une grande résistivité électrique et rend les roches voisines extrêmement conductrices, grâce à l'eau salée qu'il leur fournit. Il constitue un noyau résistant entouré d'une enveloppe conductrice.

Sur la carte (fig. 9), on constate une tache résistante de 100 ohms, entourée d'un anneau conducteur où la résistivité baisse jusqu'à 10 ohms. L'étude détaillée, faite avec plusieurs profondeurs d'investigation différentes, a permis de pronostiquer exactement le niveau supérieur du sol.

Citons la découverte de lignite dans les Landes, de gisements de fer dans le Calvados, de fer, de cuivre, de nickel en Amérique.

D'autres applications, très curieuses et tout à fait différentes, de cette méthode viennent d'être faites récemment pour l'étude du sous-sol, dans les problèmes que pose le génie civil.

Pour le creusement d'un tunnel à Bridge-River (Colombie britannique, Canada), en

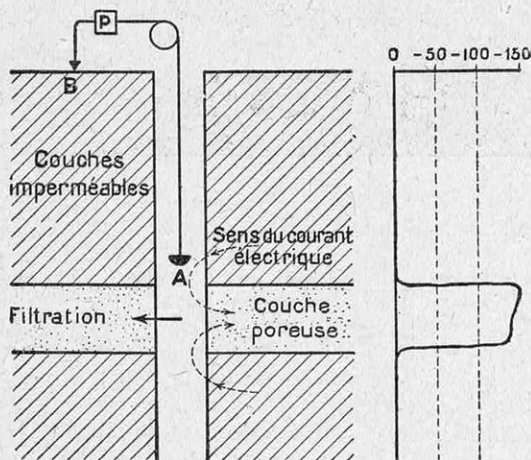


FIG. 7. — COMMENT LA PROSPECTION ÉLECTRIQUE PERMET DE DÉCELER UNE COUCHE POREUSE DANS UN FORAGE

La formation d'une force électromotrice de filtration, à hauteur de la couche poreuse, est mise en évidence par une différence de potentiel entre les électrodes A et B, quand l'électrode A atteint la couche poreuse. On voit, sur le graphique de droite, la valeur de cette force électromotrice en millivolts.



FIG. 8. — LA PROSPECTION ÉLECTRIQUE EST UTILISÉE SOUS TOUTES LES LATITUDES

Voici une prospection effectuée dans les neiges, dans la partie septentrionale du Canada.

1928, des plans avaient été dressés.

Le creusement commencé aux deux extrémités, distantes de 4.000 mètres, à 372 mètres de l'entrée sud du tunnel, une veine d'eau envahit le tunnel et démolit les travaux sur 60 mètres.

La compagnie décida alors de dévier sa trace de 30 mètres vers l'est et de faire appel à une prospection électrique pour étudier les nouveaux terrains que la déviation devait traverser.

Cette prospection établit de façon exacte la nature lithologique des roches que devait rencontrer le tunnel dévié.

Pour l'établissement d'un barrage sur le Saint-Laurent, près de Mevusburg (Ontario, Canada), on fit appel à une exploration électrique pour donner très rapidement une vue d'ensemble des conditions du sous-sol et orienter ainsi judicieusement la campagne d'exploitation par sondage qui devait suivre.

D'une façon générale, la prospection électrique sera employée avec fruit dans les travaux du génie civil, toutes les fois où ces travaux devront être effectués dans des roches souterraines non aquifères ou mal consolidées. Les avantages de la méthode électrique sont sa rapidité, son économie,

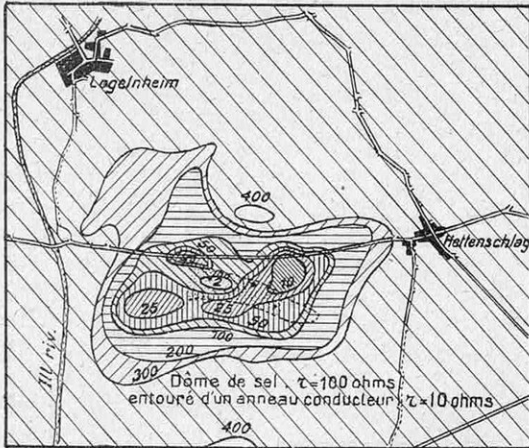


FIG. 9. — LE SONDAGE ÉLECTRIQUE PERMET DE DÉCELER LES DOMES DE SEL

Une étude faite en Alsace, en 1927, a permis de déceler un dôme de sel dont le contour est indiqué en pointillé sur la figure. Les hachures indiquent les zones d'équirésistivité du sol. Plus ces hachures sont serrées, plus la résistivité est faible.

Qu'est-ce que le « carottage » électrique ?

Jusqu'à maintenant, nous avons vu que, grâce à des mesures de surface, on pouvait obtenir des renseignements sur la résistivité des roches situées à diverses profondeurs. Il est des cas privilégiés où l'on dispose de forages. On peut alors, en descendant dans le trou un câble à trois conducteurs, terminés par trois électrodes, mesurer les résistivités des roches traversées par le forage.

Par analogie avec le carottage mécanique, dont nous avons parlé plus haut, on appelle cette méthode *carottage électrique*, bien que, dans le nouveau procédé, on ne détache pas des carottes. A l'intérieur d'un sondage, dans sa partie non tubée, on peut ainsi opérer, en restant soi-même à la surface, des mesures de résistivité électrique, de porosité des roches, etc.

La technique est analogue à celle des *mesures de surface* décrite précédemment. Elle en diffère pourtant en ce que les chiffres obtenus correspondent sensiblement à la résistivité *vraie* des terrains traversés. Les mesures sont plus directes que celles effectuées par la méthode du

sondage vertical. Le carottage électrique est alors d'un secours puissant pour la bonne interprétation des cartes de résistivité.

Les figures 4 et 5 nous montrent comment on effectue les mesures de résistivité dans un sondage. Le principe consiste à suspendre, dans le trou du sondage, trois câbles électriques isolés, terminés par trois électrodes braquées dans l'eau du sondage. Ces électrodes sont constituées (fig. 3) par un tube de cuivre serti dans un vase poreux contenant une solution concentrée de sulfate de cuivre, ce qui les rend impolarisables. L'une d'elles, reliée à une borne de courant, dont l'autre borne est à la terre, au niveau du sol, sert à l'envoi du courant dans le sol. Les deux autres, situées à une distance déterminée l'une de l'autre, sont reliées à un potentiomètre qui permet de mesurer la différence de potentiel qui règne entre elles. On arrive ainsi, par une exploration rationnellement menée, à mesurer la résistivité du rocher sur toute la hauteur du sondage. Nous allons voir quels enseignements on en peut tirer.

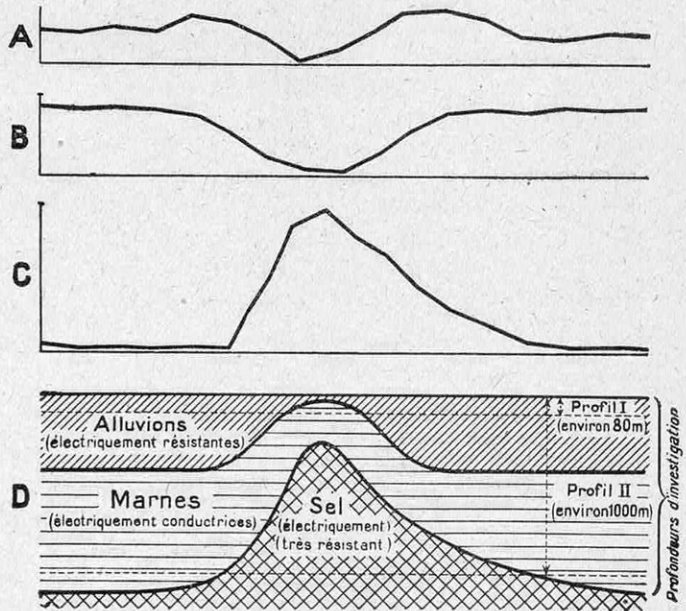


FIG. 10. — COMPARAISON DES MÉTHODES DE PROSPECTION ÉLECTRIQUE ET DES MÉTHODES GRAVIMÉTRIQUES

Le schéma A correspond au profil « gravimétrique » obtenu au moyen de pendules donnant les variations de la pesanteur. Il ne permet pas de différencier l'action due à la diminution d'épaisseur des alluvions de celle redevable aux dômes de sel. Les schémas B et C correspondent aux profils de résistivité électrique I et II, pris respectivement à des profondeurs de 80 mètres et de 1.600 mètres. Le premier accuse nettement la diminution d'épaisseur des alluvions, tandis que le second, pratiquement insensible aux changements d'épaisseur de celles-ci, met en évidence la montée du sel.

Le « carottage » électrique permet de déceler les nappes de pétrole et les couches de houille

D'une manière générale, le chiffre de résistivité d'une couche ne permet pas de la caractériser avec précision, deux couches très différentes d'âge et même de faciès lithologique pouvant posséder le même chiffre de résistivité. Si l'on considère un ensemble géologique sédimentaire important et régulier, et le diagramme de résistivité qui lui correspond, la caractérisation

où les procédés mécaniques de forage ne permettent pas de déterminer avec précision la position et la puissance d'un horizon pétrolifère, le diagramme des résistivités permettra de localiser avec précision les couches résistantes recoupées par le sondage. Si l'on croit que l'une d'elles est pétrolifère, on pourra effectuer un « test » de production dans de bonnes conditions. Dans de nombreux cas, il existe une relation nette entre la richesse d'un sable productif et l'ordre de grandeur de sa résistivité électrique (fig. 3).

Un autre cas, où le diagramme des résis-

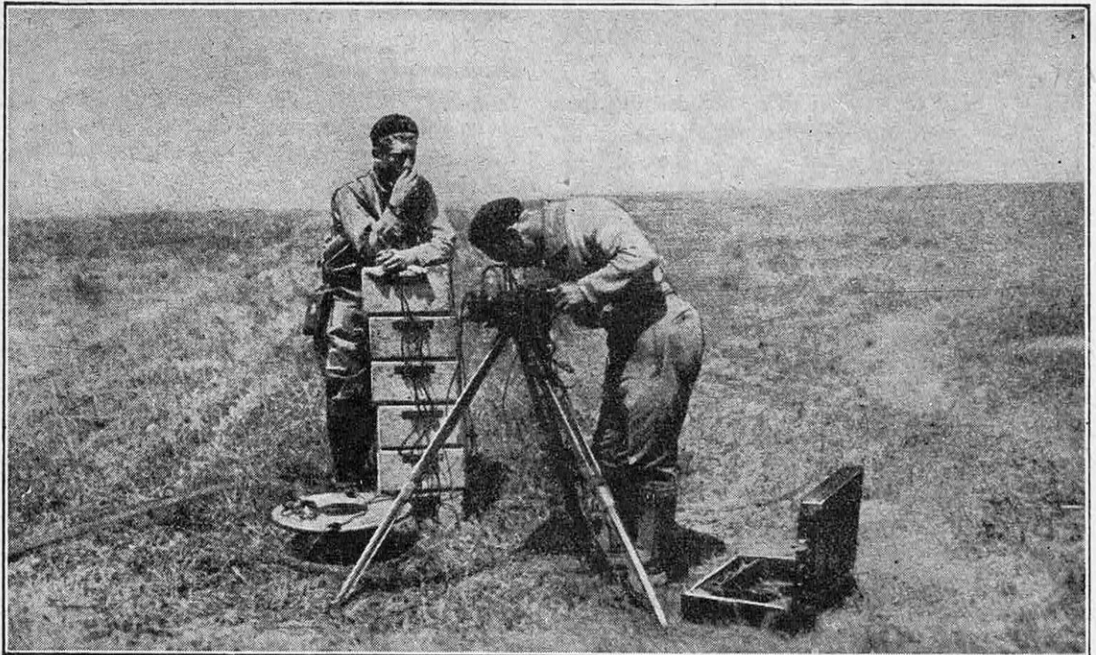


FIG. 11. — PROSPECTION ÉLECTRIQUE RÉALISÉE DANS LA PLAINE DU TEREK (U. R. S. S.)

devient parfaite. La comparaison de deux diagrammes de résistivité traversant le même ensemble géologique sédimentaire donnera, d'une manière très sûre, les profondeurs relatives des différentes couches. La comparaison du diagramme d'un nouveau sondage avec un sondage ancien, dont la coupe géologique est connue par carottage mécanique, permettra d'obtenir la coupe géologique de ce nouveau sondage, sans qu'il soit nécessaire de prendre une seule carotte de ce nouveau sondage. Ainsi la géologie souterraine peut-elle être étudiée à différents niveaux.

Il existe pourtant des cas où les diagrammes électriques permettent de caractériser les seules couches importantes traversées par le sondage : les couches pétrolifères apparaissent comme isolantes. Là

titivités donne des résultats absolus, est celui des sondages de recherche pour la houille. Le carottage mécanique est compliqué, les couches intéressantes étant très friables. Le carottage électrique est très facile, la houille étant de beaucoup le terrain le plus résistant dans un complexe houiller. Une belle pointe de résistivité en terrain facile à forer est certainement de la houille (fig. 4).

Les phénomènes électriques permettent d'étudier la porosité des roches

La détection des couches poreuses (sables, grès, calcaire fissuré) joue un rôle fondamental dans l'exploitation des terrains pétrolifères, puisque l'huile et le gaz s'accumulent toujours dans ces horizons.

Autrefois, l'étude de la porosité d'une roche traversée par un sondage s'effectuait

par l'examen des carottes : procédé coûteux et difficile, les terrains poreux étant peu solides.

Dans la plupart des sondages, le trou est rempli d'eau en quantité suffisante pour exercer une pression, sur les parois du forage, qui est nettement supérieure à la pression hydrostatique qui existe dans les roches. Ceci est particulièrement vrai dans les cas très nombreux où les boues de sondage sont alourdies à dessein, pour éviter, autant que possible, les éboulements et les éruptions de gaz et d'huile. Dans ces conditions, l'eau des boues pénètre dans les couches poreuses avoisinant le sondage, en repoussant les liquides qu'elles contiennent (eau et pétrole). Cette filtration engendre des phénomènes d'électrocapillarité qui, étant en relation étroite avec la porosité des roches, permettent d'effectuer des mesures précises concernant cette porosité.

Dans la plupart des cas, la force électromotrice est telle que le courant électrique qu'elle produit possède le sens du liquide qui s'écoule. On observe ainsi un minimum de potentiel à la traversée de chaque couche poreuse, le potentiel croissant dans le sens de l'écoulement. Ces différences de potentiel peuvent être de l'ordre de 100 à 200 millivolts sur quelques mètres de sondage (fig. 5).

Voici comment on opère en pratique.

Avec l'appareil servant à l'étude des résistivités, on mesure la valeur du potentiel en chaque point du sondage où se trouve l'électrode *A*, le point *B* du sol étant pris arbitrairement comme égal à *O*. Avec l'appareil enregistreur, on effectue ainsi une étude continue des potentiels à l'intérieur de la partie non tubée du sondage. Quelquefois, pour éliminer les différences de potentiel parasites (usines électriques, tram-

ways dans le voisinage), on descend, dans le sondage, deux électrodes situées à 1 mètre l'une de l'autre, et on étudie la différence de potentiel existant entre elles tout le long du sondage.

Le diagramme de porosité permet d'étudier rapidement la perméabilité des roches traversées par un sondage et le sens de circulation des liquides entre les dites roches et le trou de sondage. Ces renseignements conduisent au diagnostic des couches pétrolifères et des niveaux aquifères. C'est surtout l'étude simultanée des diagrammes de

résistivité et de porosité qui permet de décider facilement si une couche très résistante est une roche compacte, du type gypse, dolomie ou calcaire, ou, au contraire, un sable poreux saturé en huile.

Grâce au « carottage » électrique, on peut mesurer la pression dans les couches poreuses

Les mesures d'électrocapillarité

offrent la possibilité de mesurer la pression même des fluides à l'intérieur de la couche poreuse,

Sans rentrer dans le détail de la technique, on peut estimer que les résultats à attendre de ces déterminations de pression sont très importants. La connaissance de cette pression, pour les diverses couches productives d'un champ pétrolifère, permettrait de conduire l'exploitation de façon beaucoup plus rationnelle. La conductibilité des roches stratifiées n'est pas la même dans toutes les directions : elle est maximum dans le sens de la stratification, minimum dans le sens perpendiculaire. Il y a analogie entre les propriétés électriques des terrains sédimentaires et les propriétés optiques des milieux cristallins. On utilise cette propriété (*anisotropie électrique*) pour la détermination de la

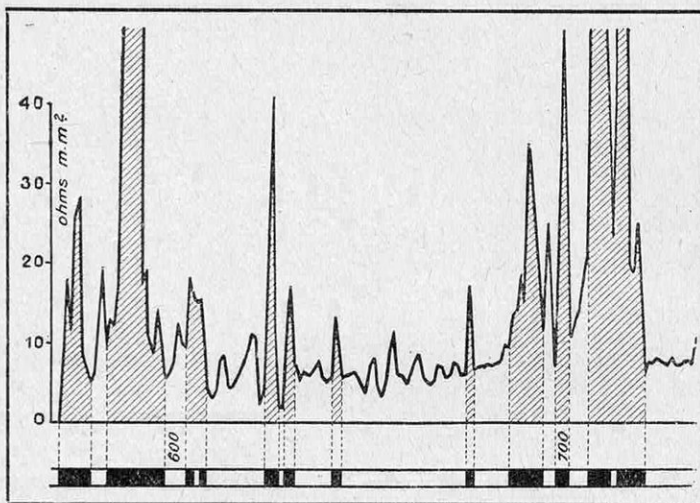


FIG. 12. — LE « CAROTTAGE » ÉLECTRIQUE A DONNÉ D'INTÉRESSANTS RÉSULTATS POUR LA RECHERCHE DES CHAMPS PÉTROLIFÈRES EN AMÉRIQUE DU SUD

Le diagramme ci-dessus donne les résistivités électriques correspondant aux couches pétrolifères reconnues par carottage mécanique aux différentes profondeurs, en noir sur le dessin. On voit que les couches, même les plus minces, se traduisent par une très grande résistivité.

direction et du sens du pendage (inclinaison des filons) dans les sondages. Ces mesures se font avec un appareil que l'on descend dans le sondage au moyen du tricâble employé pour les mesures de résistivité et de porosité. L'appareillage utilisé pour ces mesures de résistivité permet enfin la détermination précise des températures à l'intérieur du sondage.

Il suffit de relier deux des conducteurs à une bobine de résistance constituée par du métal à fort coefficient de température et bien isolé électriquement, que l'on descend à l'intérieur du sondage. On détermine la résistance du circuit au jour par la méthode du pont de Wheatstone. Comme cette résistance dépend de la température de l'appareil, on peut déterminer, avec précision, rapidité et d'une manière continue, des températures à l'intérieur du sondage. Pratiquement, on trace un dia-

gramme des températures avec une précision de $1/20^{\circ}$ de degré.

On peut en tirer des enseignements très intéressants, tant au point de vue géologie générale qu'en ce qui concerne les études de détail, notamment pour les couches à gaz, à eau ou à pétrole ayant débité.

Enfin, on peut mesurer très facilement la résistivité des boues dans le sondage.

Les diagrammes de résistivité des boues permettent de déterminer les venues d'eau, les niveaux où se produisent des venues de gaz.

Quel est l'avenir du « carottage » électrique ?

À l'heure actuelle, le carottage électrique ne doit être considéré encore que comme un auxiliaire du carottage mécanique, qui apporte souvent plus de renseignements (examen lithologique et paléontologique).

Mais il est bien plus économique, bien plus rapide et d'un emploi plus commode.

Il apporte, dans certains cas très importants, des renseignements qui échappent au carottage mécanique (couches pétrolifères et houillères). Il permet aussi d'avoir des indications sur des terrains se trouvant autour du trou de sonde, ou au-dessous du fond du trou de sonde, et, ainsi, de découvrir, soit une masse de minerais qui aurait été manquée par un sondage placé dans son voisinage, soit une couche pétrolifère non encore atteinte

par le trou. Il semble que, de plus en plus, le carottage mécanique sera limité aux points essentiels, et même entièrement supprimé, lorsque les formations seront bien connues.

Commencé sur une petite échelle en 1928, le carottage électrique était effectué sur des forages représentant une longueur de 2.050 pieds, soit 625 mètres environ, en novembre 1929, et de 236.000 pieds, soit 72.000 mètres, en novembre 1931. Quelle plus belle preuve de l'intérêt présenté par cette technique nouvelle ?

JEAN HESSE.

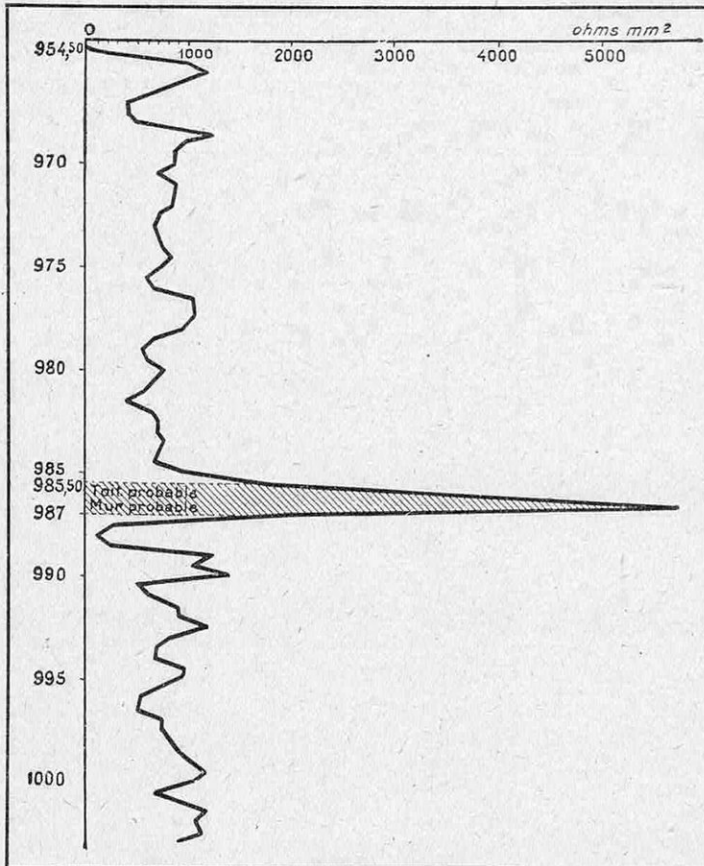


FIG. 13. -- LE SONDAGE ÉLECTRIQUE PERMET DE DÉCELER ET DE SITUER LES COUCHES DE HOUILLE

Une couche de 1 m 50 d'épaisseur, dans un sondage, provoque une augmentation importante de résistivité. La présence d'une telle couche, décelée par le graphique ci-dessus, entre 985 et 987 mètres de profondeur, a été vérifiée ultérieurement.

OÙ EN EST L'AVIATION MILITAIRE FRANÇAISE ?

Par Edmond BLANC

INGÉNIEUR DES CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

Devant les performances remarquables réalisées à l'étranger par les avions militaires, soit au point de vue de la vitesse, soit à celui du bombardement à grande distance, on est en droit de se demander où en est la technique de l'aviation militaire française. De l'enquête impartiale à laquelle s'est livré notre collaborateur, il ressort, en effet, que, dans certains domaines, nous sommes en retard sur les autres nations. Toutefois, il est juste de remarquer que ce retard, dû surtout aux servitudes auxquelles sont soumis nos avions, est plus apparent que réel, étant donné les conditions imposées au cours des performances réalisées. Les études entreprises par nos constructeurs ont abouti, en effet, à l'établissement d'appareils et de moteurs particulièrement bien adaptés aux services que l'on est en droit d'en attendre.

L'OPINION s'est alarmée de la situation de nos forces aériennes. Des accidents déplorables à Metz, l'effondrement d'un prototype dans son hangar avant tout essai, le naufrage, à sa première sortie, de l'hydravion déclaré par certain ministre comme le meilleur du monde, ont mis en relief la faillite de la politique suivie pour les prototypes.

Reconnaissons tout d'abord notre retard et nos erreurs

Examinons les sources du mal : défaut de collaboration entre les aviations militaire et civile (qui vivent sur la même infrastructure), erreur de méthode dans cette question des prototypes qui domine tout le progrès.

Les Forces aériennes constituent le client principal des constructeurs. Une étroite communion d'idées doit donc exister entre la technique des constructeurs et la technique d'Etat.

L'entente n'est possible que si le nombre des constructeurs est restreint, ou réduit par une concentration industrielle (et non par une concentration financière, ainsi que le déplorait M. Etienne Riché). Les principaux constructeurs deviendraient conseillers du ministre, les autres prenant place dans les conseils de recherches, ce qui permettrait de supprimer des usines anémiques sans perdre le bénéfice de la précieuse collaboration de certains industriels.

Or, si la politique des prototypes fut d'abord utile en excitant une industrie somnolente, elle fit ensuite naître de fragiles usines, chaque créateur d'un prototype espérant une commande de série et agran-

dissant ses ateliers. Or, l'Etat ne pouvait convenablement alimenter cinquante constructeurs.

Trop de prototypes Mieux vaut améliorer qu'inventer

Mais le trop grand nombre de prototypes faisait naître un autre danger. Beaucoup d'entre eux, commandés et payés par l'Etat, s'en furent au magasin des curiosités, non seulement parce qu'ils ne franchirent pas les barrières du G. A. N. (*Groupe des avions nouveaux*), mais surtout parce qu'entre le moment où ils furent commandés et celui de leur achèvement, leurs utilisateurs (en l'espèce les Forces aériennes) modifiaient leur programme.

M. Etienne Riché nous disait à ce propos : *Je ne crois pas d'ailleurs à la révélation géniale, dans l'activité technique actuelle, mais plutôt au travail méthodique. L'heure des découvertes capitales semble révolue. Mieux vaut améliorer qu'inventer.* On doit, en effet, en songeant aux dangers de l'extrapolation, se souvenir, en revanche, des résultats obtenus pas des ingénieurs, comme MM. Birkigt et Barbarou, par l'amélioration de moteurs déjà anciens. En technique, le génie est une longue patience. Une preuve éloquente en fut donnée, dès 1924, lorsque M. Barbarou, prenant le moteur Lorraine 370 ch de 1917, en fit le célèbre moteur de raid que l'on sait, grâce à un usinage plus précis, des essais plus sévères, grâce à l'emploi d'aciers spéciaux nouveaux et à des calculs très poussés pour réduire la fatigue de certaines pièces. A cette heure, M. Barbarou vient de mettre au point des carburateurs à double cuve améliorant

l'alimentation pour les inclinaisons très prononcées de l'avion.

De même pour un autre célèbre moteur, M. Birkigt, par la disposition de *jets d'air* refroidissant les paliers, par l'emploi de cylindres en *acier nitruré* (1) (aciers spéciaux *Ni Cr* ou *Cr Al* durcis en surface par l'action, à 500°, d'un courant d'*AzH³*, méthode Guillet) et enfin par le *cadmiage* des cylindres, permettant leur contact direct avec l'eau de refroidissement, a fait du moteur Hispano une machine inusable et infaillible.

Même succès de la recherche patiente pour la cellule. Le double triomphe d'Haegelen, dans les Coupes Michelin 1931 et 1932, tient à ce que son *Hanriot 41* a gagné 8 kilomètres de vitesse par un meilleur *carénage des roues*, 10 kilomètres par le calage *neutre* du plan fixe et le bouchage plus complet de l'habitacle, 10 kilomètres par un nouveau capotage du moteur dont l'huile, primitivement portée à 110°, n'a plus dépassé 83°. Tous ces *détails* totalisent un gain de près de 30 kilomètres.

D'ailleurs, ces derniers temps, on notait déjà d'heureux efforts sur les moteurs et les cellules et, comme conséquence, *sur la durée des appareils*. Mais la *durée* des avions militaires importe moins que leurs performances et aggraverait même ce fait que la production se trouve déjà cinq fois supérieure à ce que permettaient les crédits.

La situation, depuis, s'est améliorée. Nous allons établir en sa faveur une vérité qui ne peut être que relative, parce que le rôle de l'aviation dans un conflit est compris de façons très divergentes par les états-majors de diverses nations, qui, par surcroît, ont des exigences techniques très différentes les unes des autres.

Que fait l'étranger ?

Notre potentiel militaire *apparent* est mesuré par la comparaison des matériels français et étrangers. Nous indiquerons ces divergences et ces indulgences techniques en faisant, en outre, au bluff des informations étrangères, la part qui convient.

Plaçons-nous en face des réalités.

En aviation de chasse, nous le cédon en vitesse, en rapidité de montée et en plafond, à la plupart des avions étrangers. Alors que nos plus récents prototypes permettent une vitesse de l'ordre de 300 kilomètres à l'heure, le *Hawker* britannique et le *PZ-VII* polonais atteignent 325 kilomètres à 5.000 mètres, où ils montent en moins de dix minutes.

Par ailleurs, en dehors des prototypes,

(1) Voir *La Science et la Vie* n° 177, page 208.

nous trouvons, dans nos escadrilles d'observation, le « *Tout-acier* » *Bréguet* et le *Potez 39*, qui accusent une vitesse légèrement inférieure à celle des appareils anglais, comme le *Waipiti*, mais un plafond plus élevé. Les *C 102* italiens et les *Roméo* disposent d'un plus grand rayon d'action, mais vont un peu moins vite.

Enfin, en matière de bombardement, nos *Lioré-Olivier* ne peuvent emporter une charge équivalente à celle des bombardiers étrangers, en raison des servitudes techniques dont nous parlerons. L'Angleterre possède 1.800 avions, dont plus de 400 peuvent emporter, à 600 kilomètres, 365 tonnes de bombes ; l'Italie, 1.000, dont 270 déposeraient 48 tonnes à 1.000 kilomètres ; la Russie, 1.400, dont 200 gros porteurs munis de 2 à 5 moteurs ; l'Allemagne, enfin (à laquelle le traité de Versailles interdit toute aviation militaire), peut tout de même mobiliser 25 avions géants, qui laisseraient, à 1.000 kilomètres, 15 tonnes d'explosifs, et 175 avions de commerce, qui contribueraient grandement à l'action de destruction.

En France, nous ne comptons que 300 bombardiers portant 100 tonnes à 500 kilomètres, et rien à 1.000 kilomètres.

En résumé, si, d'un côté, nous avons, après les Etats-Unis, l'aviation la plus nombreuse, en revanche, nos *performances* en aviation de chasse et d'observation paraissent légèrement faibles, cependant que le *tonnage* et le *rayon d'action* de nos avions de bombardement demeurent inférieurs. Pour l'intervention de jour, nous avons des avions de protection, tel le *Blériot*, mais point d'avion transporteurs de troupes comme l'*Italie* ou l'*Angleterre*.

L'*apparence désagréable* de ces constatations se trouve renforcée par plusieurs événements retentissants, propres à émouvoir l'opinion. Sans nous attarder sur le remarquable voyage du *Do. X*, géant des bateaux volants conçu par *Dornier*, n'oublions pas, en effet, la grande démonstration italienne, la *Journée de l'Aile* et le meeting de *Hendon* (*Angleterre*).

Au retour du Congrès de Rome, Assolant, Lotti et Mermoz nous contèrent leurs enthousiasmes, lorsqu'ils assistèrent à la séance d'acrobatie des neuf *Breda* volant ensemble sur le dos, des vingt-sept avions de chasse faisant la roue (deux escadrilles faisant la roue en sens inverse), des énormes *Caproni* de bombardement équipés de six moteurs en tandem et des deux *Dornier* géants achetés par l'Italie.

Peu après, la fête aérienne d'Hendon nous

montrait les transporteurs de troupe *Handley Page* de bombardement, bi-moteurs *Rolls-Royce*, et le bombardier de jour *Hart*, fort remarquable par sa maniabilité et sa vitesse presque égale à celle des avions de chasse, ce qui semble doublement précieux en regard de la doctrine du général Douhet, dont nous dirons quelques mots.

Sur les deux cents avions de Hendon, cent étaient de types nouveaux, accusant un bénéfice de vitesse de 30 % sur ceux des précédentes manifestations.

n'avons peut-être pas des éléments aussi « bluffés » que certains matériels étrangers, mais nous pouvons affirmer que peu d'armées de l'air mettent en ligne un ensemble de la qualité du nôtre.

— Mais, par exemple, en matière de vitesse, les appareils anglais ?...

— *Des appareils rapides comme les Hawker, quelques unités seulement, de trop petits appareils qu'on ne peut confier qu'à des pilotes d'élite. Or, vous savez qu'on ne fait pas un régiment de cavalerie avec les cracks de Long-*

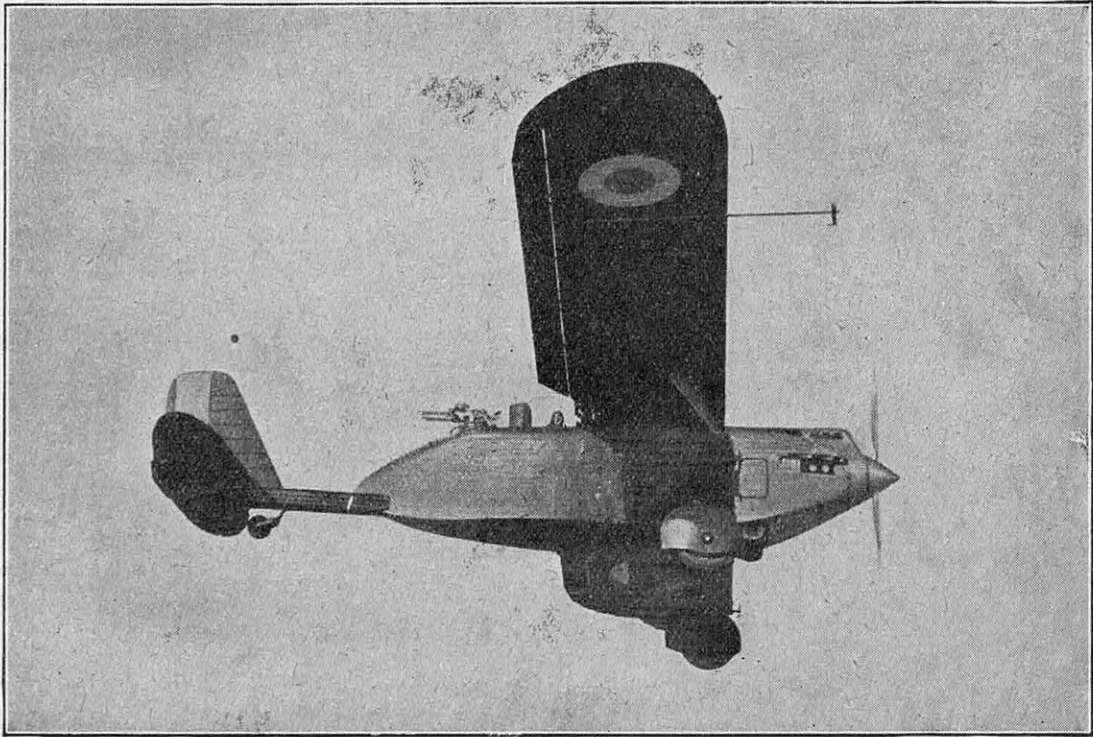


FIG. 1. — LE « BRÉGUET MILITAIRE 330 » EN VOL

Le mitrailleur occupe une position bien dégagée et son champ de tir vers l'arrière est très étendu.

Que faut-il conclure de la comparaison des avions français et étrangers ?

Que devons-nous exactement penser de cet ensemble de faits ? En vertu du prix qu'il convient d'attacher à l'opinion d'un jeune et clairvoyant constructeur, que la confiance a élevé à la présidence de la Chambre syndicale des Industries aéronautiques, nous sollicitâmes de M. Henry Potez quelques confidences.

— *Nous regagnons rapidement le terrain perdu, nous dit-il. Depuis quelque temps, on peut enregistrer de très grands progrès pour la réalisation d'un matériel mobilisable. Nous*

champ ! Il est évident qu'il faut distinguer entre l'avion de série mis entre les mains du pilote de série et l'engin exceptionnel que, seuls, les as peuvent utiliser. Il en ressort que nous restons dans une bonne moyenne de vitesse.

Dans le domaine général de la construction, M. Henry Potez enregistre, cependant, une certaine avance des Etats-Unis dans la soudure des aciers inoxydables (comme l'acier Cr-Ni 18/8). La soudure électrique de ces métaux a donné des résultats remarquables. En France, si nous sommes en bonne place dans les applications générales de la soudure, nous avons des moyens

limités pour la soudure dans l'Aéronautique.

— Ne sommes-nous pas en retard pour les avions à compresseurs ?

— *En effet, mais, là encore, nous nous retrouverons bientôt en bonne place, car nos meilleurs ingénieurs, chez Farman, chez Rateau, Gnôme-Rhône et Hispano-Suiza, aboutissent à d'excellentes réalisations, nous assurant des performances comparables à celles de l'étranger, sinon supérieures.*

Ceci nous conduit à toucher du doigt le point délicat de cette étude, celui des mo-

le principe dans l'étude des moteurs stratosphériques (1) — s'est généralisée par l'emploi des compresseurs à *commande mécanique*, surtout en Angleterre et aux Etats-Unis, où on a adapté au moteur refroidi par l'air des ventilateurs brassant le mélange gazeux, et qui peuvent fournir une suralimentation variable. Un exemple : sur le moteur *Wasp* commercial, le compresseur tourne à sept fois la vitesse du vilebrequin, alors que, sur les exemplaires militaires, le compresseur tourne à dix fois cette vitesse.

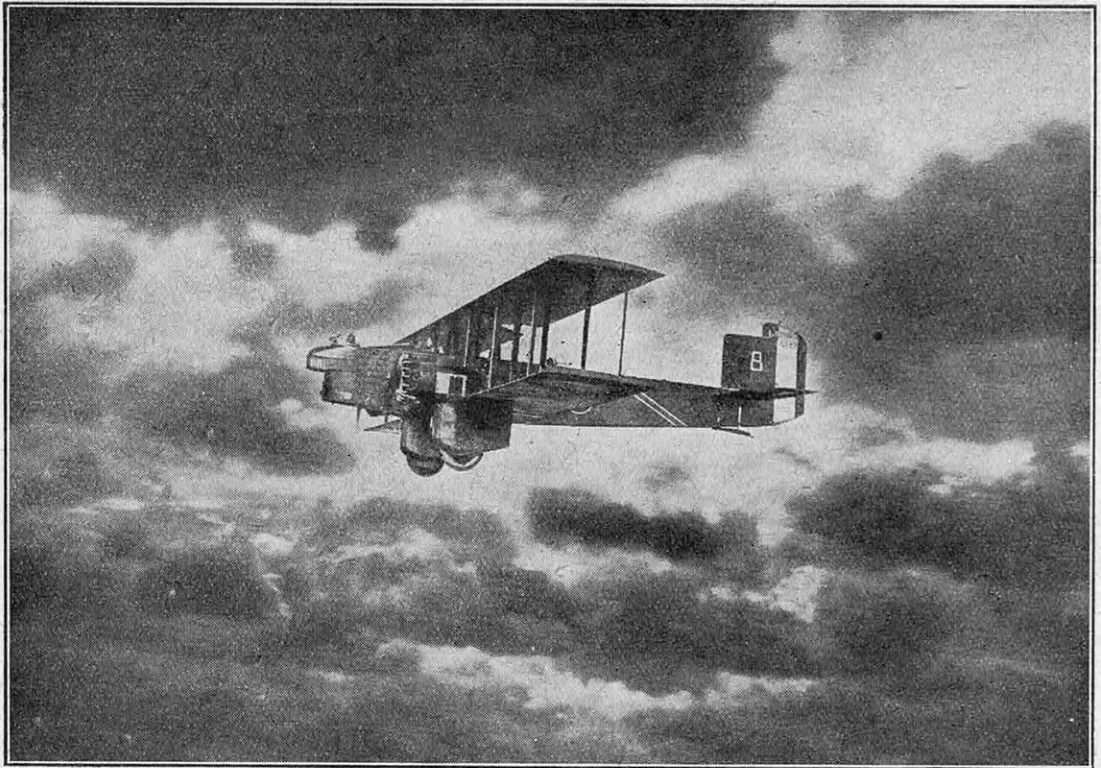


FIG. 2. — AVION DE BOMBARDEMENT, « LE O Bn 3 »

teurs militaires. Il apparaît, en effet, comme le fond même du problème, car en matière de cellules, nos constructeurs n'ont rien à envier aux autres nations.

Où en sont les moteurs militaires ?

Les moteurs imposent, en effet, aux ingénieurs, des recherches techniques plus intéressantes et plus difficiles que dans le domaine de l'aviation civile. L'armée de l'air demande à ses machines de fournir le maximum comme *légereté* et comme *puissance à toutes les altitudes*. Conditions dures, exigeant un perfectionnement incessant pour la conquête du meilleur plafond. La solution la plus logique, la suralimentation — dont nous exposâmes

Enfin, le moteur militaire doit tirer de sa *cylindrée* la puissance maximum. Il invite donc à accroître son *nombre de tours* par minute. Actuellement, on dépasse 3.000 tours. La vitesse du piston, limitée pendant longtemps à 12 mètres-seconde, en raison du *laminage* des gaz autour des soupapes, a pu atteindre 18 mètres, précisément grâce au jeu de la suralimentation qui a permis de maintenir le remplissage des cylindres. Les Anglais donnèrent, lors de la Coupe Schneider, un exemple retentissant de leurs moyens dans cet ordre d'idées. Des usines *Rolls-Royce*, dont l'organisation et la qualité firent l'admiration de nos techniciens, sortit

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 178, page 265.

le moteur « R », vainqueur de la Coupe. Dérivé du moteur militaire *Buzzard*, le *Rolls-Royce* donnait, grâce à son compresseur, 56 ch par litre de cylindrée, et la cylindrée totale atteignait 36 litres 1/2, soit, au total, plus de 2.000 ch à 3.200 tours.

Bien que, devant la Coupe Schneider, la France soit demeurée défaillante pour des raisons diverses, nous pouvions, cependant,

par circulation d'air. Le compresseur centrifuge est en *électron forgé* et tourne à 22.000 tours.

On a cité maintes fois le moteur *Walter-Atlas*, 600-700 ch, comme le plus puissant des moteurs refroidis par air. Mais voici que dans la nouvelle gamme des moteurs *Gnome-Rhône* apparaît le *K. 14* (14 cylindres en deux étoiles) 700-750 ch, pour un poids de

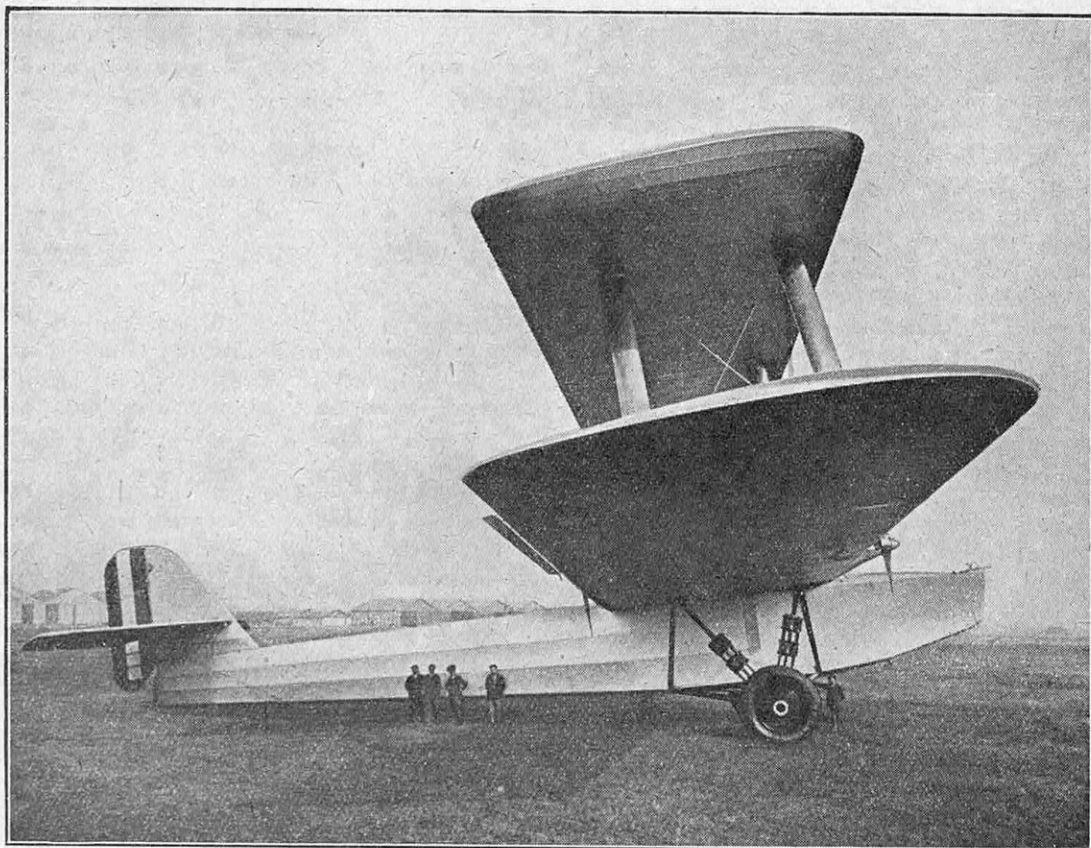


FIG. 3. — LE NOUVEL AVION DE BOMBARDEMENT ITALIEN « CAPRONI »

D'une puissance de 6.000 ch, cet avion mesure 47 mètres d'envergure et plus de 26 mètres de long.

montrer déjà un moteur *Hispano* 18 cylindres de 54 litres de cylindrée, homologué, en vue d'applications militaires, à la puissance de 1.000 ch pour un poids de 570 kilogrammes seulement. La maison Lorraine, de son côté, mettait au point son fameux moteur *Radium*.

Il convient, enfin, de rappeler que, depuis le mois de janvier dernier, la Société *Hispano-Suiza* a fait homologuer son moteur à compresseurs *12 X brc* à 12 cylindres en V pour 27 litres de cylindrée totale. Le carter, en nouvel alliage *inoxydable* d'aluminium, supporte des *paliers* de vilebrequin refroidis

528 kilogrammes, moteur de la chasse lointaine, de la reconnaissance à grande hauteur et du bombardement. Cette gamme fournit de remarquables moteurs militaires caractérisés par l'absence de *vibrations* à tout régimes, grâce à une étude très poussée à l'aide de *torsiographes photographiques* et de *vibrographes enregistreurs*.

Enfin, si, dans le domaine des moteurs à huile lourde, on doit estimer le fameux moteur *Packard* de 225 ch, des Etats-Unis (titulaire du record aérien de durée), nous pouvons, avec optimisme, placer les réalisations déjà obtenus par M. Pierre Clerget,

appelé spécialement à cet effet par le *Service technique dans ses laboratoires* (1).

Les performances étrangères d'exportation exagèrent notre retard

Ainsi notre handicap imputable au moteur sera réduit d'ici un an, quand nous serons sortis de la période de tâtonnements. La direction générale technique n'a mis ce problème à l'ordre du jour qu'il y a un an environ.

Chez nous, les moteurs à compresseurs apparaissent encore comme une curiosité, alors qu'à l'étranger ils sont monnaie courante. En Angleterre, le public ne se dérange plus pour assister à la mise à l'eau d'un hydravion bolide de 2.000 ch. L'Italie reste un peu mystérieuse sur ses desseins, dans ce chapitre. En tout cas, chez nous, on travaille, témoin ce *Potez 50*, à moteur Gnôme-Rhône *K. 14* à compresseur, qui donne 304 kilomètres à l'heure à 2.000 mètres, et en conserve 285 à 5.000.

Nous pourrions également citer de belles réalisations de *Nieuport*, avec un compresseur sur moteur Hispano 500 ch, et de *Morane*, dont l'avion de transition, pourvu d'un Jupiter à compresseur, promet d'excellents services... Mais, expliquons-nous dès maintenant, à propos des chiffres cités.

Nous revendiquons l'honnêteté de ces chiffres en face de certaines performances de catalogue indiquées par quelques pays étrangers, brûlant de faire valoir leur industrie nationale naissante. Il est arrivé, d'autre part, aux Anglais, de publier ce que nous pourrions appeler des performances d'exportation qui, sans présenter les aspects du bluff, facilitent la vente de leurs appareils. Et voici comment. Lorsqu'on essaie un moteur qui donne 2.200 tours à plein régime, on dispose d'une tolérance qui peut aller de 50 à 100 tours. En France, cette tolérance joue en faveur du moteur à l'essai, mais elle ne joue plus quand l'avion tente ses performances. On conçoit, en effet, qu'il soit aisé d'améliorer celles-ci en faisant tourner à 2.250 tours le moteur déclaré pour 2.200. Nos services techniques, peu soucieux du succès de nos avions sur les marchés étrangers, demeurent très sévères sur ce point, et cela donne à nos performances un caractère de loyauté qui réduit singulièrement la fierté de certains concurrents extérieurs. Aussi inclinons-nous vers des espoirs robustes lorsqu'un constructeur, comme M. Dewoitine, par exemple, nous dit :

— *Nos compresseurs valent ceux de l'étranger. La finesse de nos cellules est supérieure.*

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 11.

Demain, nous disposerons d'appareils donnant des vitesses de l'ordre de 350 kilomètres à l'heure, à l'altitude d'utilisation.

Enfin, pour faire allusion à l'aviation américaine, si nous en revenons au fameux *Lockheed*, présenté au Bourget par Mittelholzer, on ne peut s'empêcher de souligner le bel effort de présentation de certaines firmes. Cet appareil tient ses vertus de son excellente finesse, mais aussi de la réduction de sa surface; mais il atterrit beaucoup trop vite, et l'on inscrit déjà cinq ou six accidents à son actif aux Etats-Unis. Nous arriverons à atteindre une vitesse aussi grande, mais en conservant, en vue d'atterrissages normaux, une surface normale, en demandant au compresseur la conservation de la vitesse en altitude.

Des coefficients de sécurité trop élevés retardent le progrès

En somme, il apparaît que les résultats de l'étranger sont un peu enflés. Ils demeurent, néanmoins, pratiquement supérieurs dans plusieurs domaines. En voici la raison : les avions sont moins solides, moins bien équipés et moins chargés que les nôtres.

Comme nous demandions à M. Michel Wibault, à propos du concours récent des avions de chasse, où en étaient les conditions de sécurité...

— *Les coefficients de sécurité se portent toujours bien*, répondit-il. *On nous demande 18, alors que, dans d'autres pays, on se contente de 12 et, en Angleterre, de 9 et demi...*

— Et qu'en pensez vous ?...

— *J'approuve la prudence, mais je déplore certaines sévérités. Si un avion casse en l'air, on augmente le coefficient, sans se soucier de la vraie raison de rupture. Il est arrivé, par exemple, qu'elle résultait d'une mauvaise soudure autogène ou d'accidents mécaniques très spéciaux. Les enquêtes sont souvent mal faites, témoin celle qui suivit la mort de Maddalena et Ceconi. On parla de buffeting (vibrations), alors qu'il s'agissait d'une rupture de la commande du pas variable de l'hélice, rupture qu'on ne voulait peut-être pas révéler... Je pourrais en citer bien d'autres. En résumé, il est primaire d'agir en renforçant le coefficient de sécurité, avant d'avoir discerné le phénomène et fouillé à fond les circonstances de l'accident.*

M. Wibault estime ainsi que l'application d'une règle massive, quel que soit l'appareil, est une erreur, car la mécanique n'est pas seulement statique, elle est aussi dynamique et il convient parfois d'alléger, pour renforcer. Le coefficient de sécurité devrait rester fonc-

tion du rayon de giration de l'avion et de la valeur de son piqué, l'arrondi de la ressource dépendant du rapport de surface des gouvernes.

Le coefficient de sécurité est un *boulet technique* qui asservit exagérément nos aviateurs et réduit les possibilités militaires de nos appareils en service.

Notre satisfaction n'en a été que plus

que le minuscule *Fokker* a la partie belle pour corser ses performances. Les avions français emportent 300 litres d'essence ; les anglais, 225 litres seulement.

Ainsi nos voisins peuvent-ils arguer de résultats remarquables en usant de leurs tolérances pour les améliorer, et en sacrifiant à ces résultats la sécurité et le confort. M. Devoitine accepte vaillamment nos servitudes

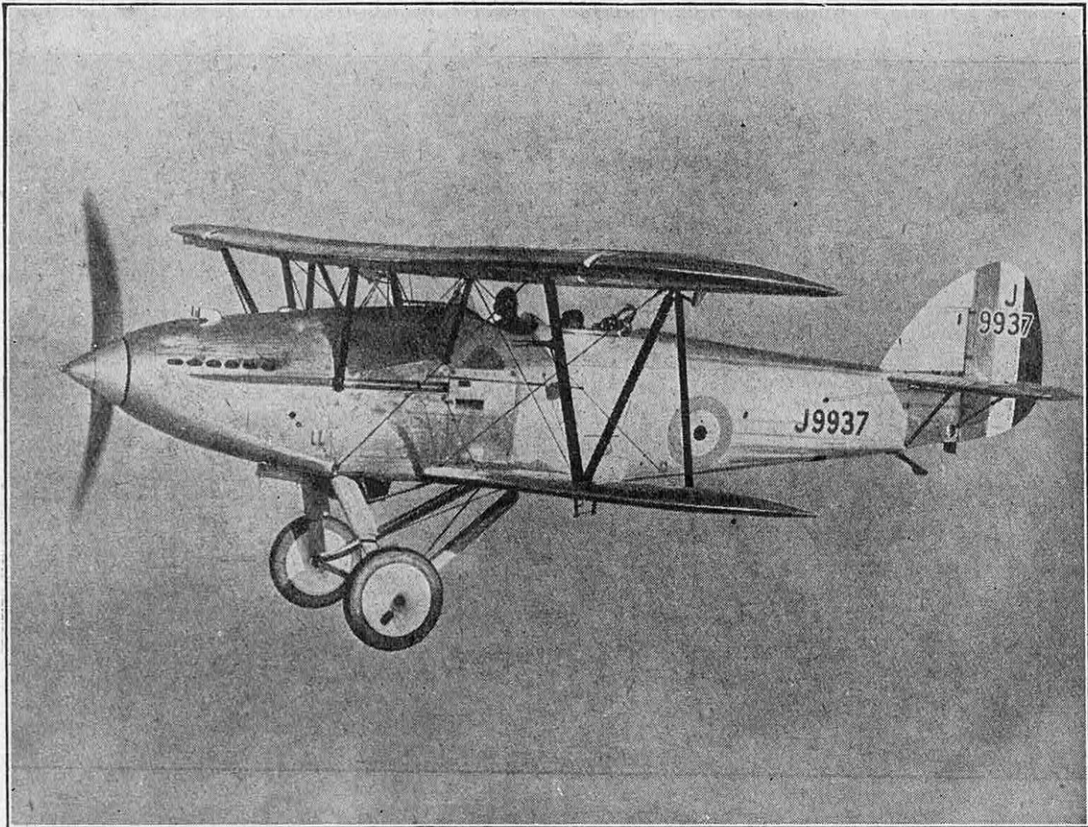


FIG. 4. — BIPLACE ANGLAIS DE BOMBARDEMENT « HAWKER HART »

Équipé d'un moteur *Rolls Royce Kestrel*, cet avion est un exemple remarquable de ce que peut donner une formule ancienne (celle du *Sopwith*) fouillée dans ses plus petits détails.

vive en apprenant que, le 10 juin dernier, l'avion *Blériot-Spad 91-7* à moteur *Hispano 500 ch*, équipé en monoplace de chasse avec tous ses accessoires standard, a battu, aux mains de Massotte, le record du monde de vitesse sur 500 kilomètres. Il a dépassé, pendant un instant, le 310 à l'heure.

Les servitudes techniques de nos avions de chasse

Par surcroît, que de servitudes accablent nos appareils ! La défense contre l'incendie impose la *cloison pare-feu* et les réservoirs largables et protégés, dont les Anglais et Allemands ne se soucient point. C'est ainsi

techniques. Il estime, d'ailleurs, que les machines, actuellement plus résistantes que les hommes, doivent tendre vers l'homogénéité, car les pilotes arrivent, avec la vitesse et le plafond, à la limite de la *résistance physiologique*. Il nous signalait les conceptions plus mécaniques qui assurent, pour les *grandes séries*, la précision et l'interchangeabilité, l'augmentation de l'aptitude au combat par l'amélioration de la *visibilité*, et la plus grande sécurité d'atterrissage, grâce aux amortisseurs oléo-pneumatiques et aux freins. La longueur de roulement sera ainsi bientôt réduite de 200 à 150 mètres, et on pourra envisager des charges de 100 kilo-

grammes au mètre carré sans inconvénient pour l'atterrissage. Il apparaît, d'ailleurs, que, dans un avenir prochain, cette sagesse de la construction française portera ses fruits. Les aspects de la défense aérienne changent. Les théories du général italien Douhet ont montré, avec un invincible bon sens, que l'avion de chasse céderait la place à l'avion de bombardement, et que *l'aviation de destruction agirait au sol*, et déciderait de la guerre sur un front aérien indépendant.

les *Potez 25* et *39* et le *Bréguet 27* « *Tout-acier* ». Ce dernier, en service dès août 1932 dans les escadrilles, a confirmé sa valeur au cours de trois années de séjour au Service des Avions Nouveaux.

Pour le bombardement de nuit, nous disposons de bons avions permettant toute surcharge utile pour des missions de guerre.

On a reproché à ces engins leur trop faible rayon d'action... et, notamment aux *Lioré-Olivier*, de disposer d'un rayon d'action infé-

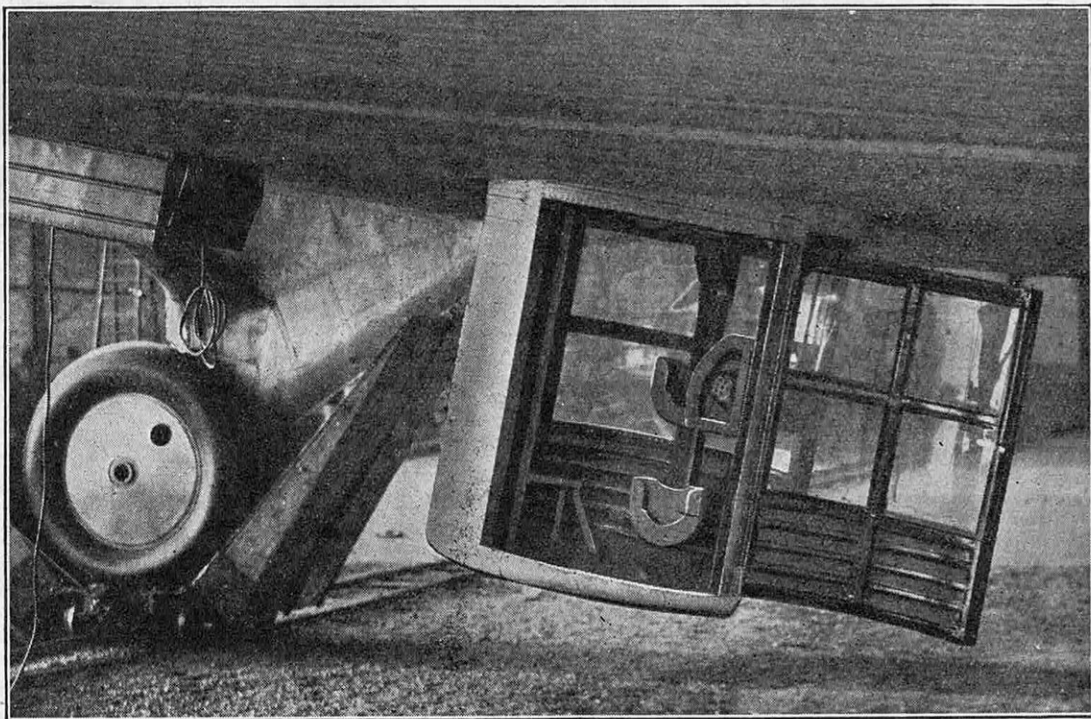


FIG. 5. — TOURELLE INFÉRIEURE DE L'AVION « S. A. B. 70 »

Le mitrailleur dispose ainsi d'un confortable poste d'observation et d'un excellent champ de tir. Il est relié par téléphone au commandant de l'avion, à qui il peut signaler tous les incidents.

Le rôle de la chasse serait bien réduit. La vitesse, dont les avions de *combat*, forteresses volantes, se soucieraient peu, conserverait ses avantages en faveur des *croiseurs aériens* et *bombardiers*, et les qualités maîtresses des aéronefs résideraient dans leur armement, leur aménagement, leur visibilité, leur sécurité. C'est le triomphe des méthodes françaises, si, malgré l'universel désir de paix, il y avait bataille.

Il en est de même pour nos avions d'observation, de bombardement et de combat

En matière d'observation, nous pouvons citer, comme appareils répondant à leurs fins,

rieur à celui des *Savoia*. (On trouvera, à ce sujet, quelques comparaisons au début de cet article), mais, là encore, nous tenons la clé du mystère. L'aéronautique militaire française exige, pour les essais de ces aéronefs, un coefficient de sécurité de 6, alors qu'à l'étranger les services techniques se contentent de 5, ou même de 4. Et, de la sorte, si les *LéO. 20* et *LéO. 203*, actuellement en service, bénéficiaient de la réduction à 5 du coefficient imposé, leur rayon d'action se trouverait porté de 400 à 650 kilomètres pour les premiers (avec 1 tonne de bombes), et de 500 à 1.000 kilomètres pour les seconds. En fin de compte, il advient, une fois la lanterne éclairée, que, disposant d'un matériel

de bombardement qui vaut celui des autres nations, nous réduisons, par un règlement trop sévère, ses possibilités.

De gros progrès doivent être signalés d'ailleurs avec les nouveaux *Lioré-Olivier* quadrimoteurs, gros croiseurs qui précèdent des appareils de 15 tonnes en fabrication, lesquels pourront emporter, à 1.000 kilomètres (aller et retour), 6 tonnes de bombes,

se ramène à une étude de leur *adaptation*.

On fit pendant longtemps erreur en voulant loger les bombes dans le fuselage. Leur place est sous le fuselage et sous les ailes, de telle sorte que l'adaptation s'obtient instantanément.

Quant aux *croiseurs aériens* et aéronefs de combat, forteresses volantes dont le général Douhet a prédit l'avènement, on imagine

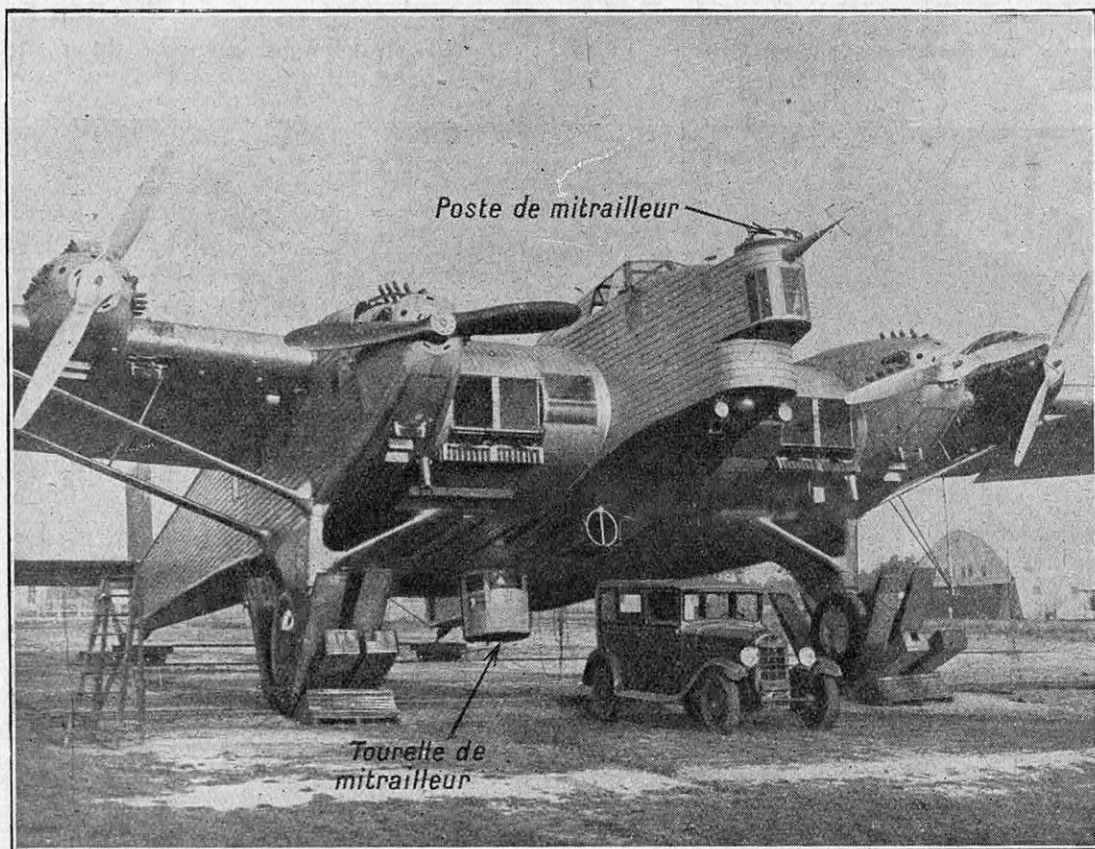


FIG. 6. — L'AVION GÉANT FRANÇAIS DE BOMBARDEMENT « S. A. B. 70 »
Cet avion, à deux fuselages, de 37 mètres d'envergure et de 21 m 40 de long, est muni de quatre moteurs dont la puissance totale atteint 2.040 ch. La vitesse de l'appareil est de 215 km/heure.

ou 4 tonnes avec 1.400 kilomètres de parcours. Là surtout, l'attention doit discerner, dans les comparaisons avec d'autres nations, s'il s'agit de *prototypes* ou de *séries*.

En matière de bombardement de jour, nous ne possédons pas grand'chose, mais cela ne surprendra personne. Ce genre d'opérations demeure assez mal défini, et il en résulte que l'avion qu'on pourrait leur destiner n'appartient pas à une catégorie. Ce n'est pas un type à créer, et la preuve en est que les *Bréguet XIX*, du régiment de Metz, remplissent fort bien leur office en ce sens, aussi bien que pour la reconnaissance. Tout

mal une solution moyenne, car un avion moyen serait trop chargé. Il faudra prévoir des canons pour l'armement ; mais nous pouvons remettre à demain ces projets coûteux et dont on ne voudrait point, à Genève, entendre parler.

Un point capital : la formation des pilotes militaires

Le point étant fait sur notre situation matérielle, il convient d'examiner celle du personnel. La sécurité des équipages et le rendement des unités dépendent beaucoup de l'entraînement des pilotes et de leur con-

naissance de la navigation. Or, chacun sait que nos pilotes volent peu, trop peu. On invoque l'exiguïté des crédits. Pourquoi alors ne pas se servir, pour cet entraînement si nécessaire, de certains avions conçus à cet effet, avions *économiques* et à *tout faire* : chasse, acrobatie, exercices de bombardement ? La S. G. A. a créé, dans ce sens, un engin excellent, l'*Hanriot 431*, qui se substituerait avantageusement aux multiplaces, engins coûteux et gros mangeurs d'essence, qu'on ne peut vraiment mettre en route pour un entraînement intensif.

Il convient, enfin, de signaler avec quel soin l'Italie organise ses écoles : *Ecole de guerre aérienne* (nous n'en avons pas), écoles d'observation, de chasse, de bombardement, spécialisées, et, enfin, cette *Académie Aéronautique*, où les élèves font un stage de *quatre ans* pour en sortir avec une science et un *esprit* remarquables. Et nous ? Quand aurons-nous notre *Ecole de l'Air*, sœur de l'Ecole Navale, que réclame depuis si longtemps M. Etienne Riché ?

Quand aurons-nous, en face du *Génie Aéronautique* italien, un corps d'ingénieurs

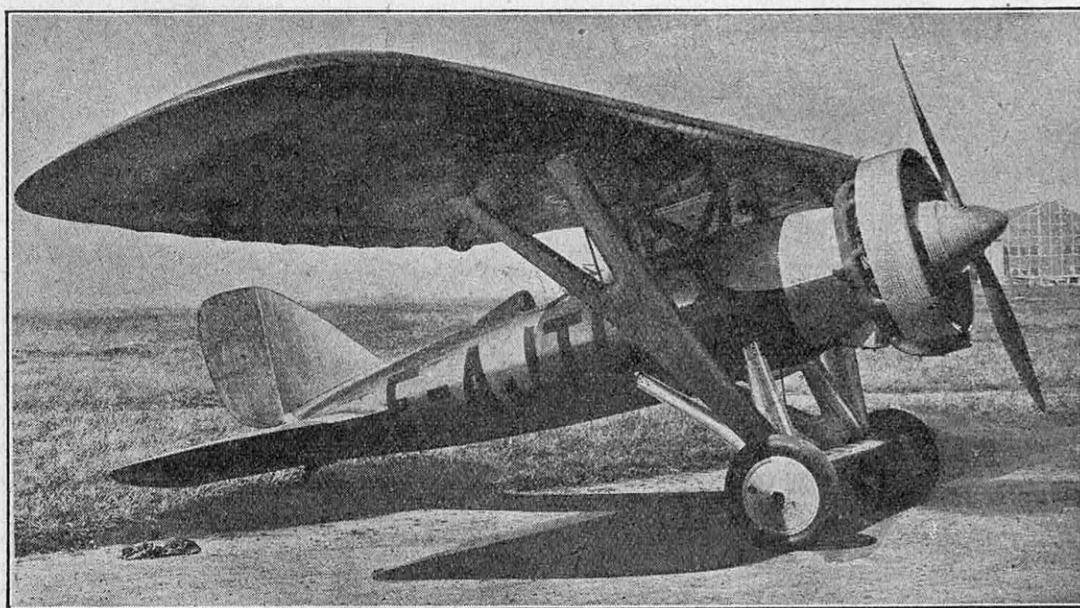


FIG. 7. — UN BEL AVION DE VITESSE FRANÇAIS (« NIEUPOURT-DELAGÉ »)

Muni d'un moteur de 230 ch, cet avion de chasse peut monter à l'altitude de 7.000 mètres en 25 minutes.

Les Forces aériennes se sont opposées à l'usage de l'*H. 431*, sous le prétexte qu'en temps de guerre on ne saurait que faire de tels avions. Raison mauvaise, car il en faudrait de ce genre, comme estafettes pour toutes liaisons. La bicyclette, qui n'est point destinée aux fins guerrières, n'a-t-elle pas cependant rendu beaucoup de services aux régiments ?

Les Anglais, qui savent l'intérêt de cette formule, voient même dans leur *Westland P.6* baptisé « avion à tout faire », (*général purposes*), de 600 ch, un appareil réellement équipé pour le bombardement, la reconnaissance et la chasse, et que l'« Air Ministry » considère comme un prototype secret. Raison de plus pour apprécier notre *Hanriot 431*.

pour notre aviation *toute entière*, alors que l'armée de l'air décourage ses meilleurs techniciens ?

En vérité, si nous avons étayé de robustes arguments, notre confiance dans l'industrie française, nous gardons un réel souci du sort fait au personnel militaire. L'aéronautique italienne doit sa renaissance au gouvernement fasciste. Pour utiliser nos moyens industriels, qui sont excellents, et notre personnel, qui reste admirable, il faut sortir des errements administratifs, qui nous paralysent depuis dix ans, et épurer toute l'organisation de l'aviation française, sous la direction d'un chef averti et particulièrement énergique.

EDMOND BLANC.

LE BUTANE CONCURRENCE LE GAZ DE HOUILLE POUR LE CHAUFFAGE ET L'ÉCLAIRAGE

Par Roger VÈNE

AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES

La circulation, toute récente en France, de camions portant la mention « Gaz Butane » n'a pas manqué d'intriguer quelque peu. C'est du butane liquéfié qui est transporté ainsi en bouteilles, allant distribuer à ceux qui ne disposent pas du gaz de houille un combustible de choix permettant d'assurer, comme lui, le chauffage et l'éclairage. Extrait des gaz naturels des gisements de pétrole, ou sous-produit du cracking (1), le butane — carbure d'hydrogène — dont le pouvoir calorifique atteint 11.850 calories par kilogramme, facile à liquéfier, est actuellement importé d'Amérique où son utilisation s'est considérablement développée. Pendant longtemps, la ville de Pittsburg (Pennsylvanie) a été alimentée uniquement avec ce butane naturel. Comprimé à une faible pression (1,62 kg/centimètre carré à 15 degrés centigrades) le butane liquide est véhiculé dans des bouteilles contenant 13 kilogrammes de ce combustible. Ces récipients servent à alimenter réchauds, chauffe-eau à accumulation, becs d'éclairage de modèles divers, couveuses, fers à souder, chalumeaux, etc. La France, nous l'avons exposé ici (2), va devenir un pays transformateur de pétrole brut ; sans doute, elle pourra donc produire elle-même le butane. Il n'est pas téméraire d'envisager, pour cette nouvelle source d'énergie, des applications pratiques et économiques partout où l'absence de gaz (et même d'électricité) complique singulièrement la vie — non encore modernisée — d'un trop grand nombre de communes françaises. Le progrès scientifique tend ainsi à détrôner, chaque jour davantage, certains monopoles de fait dont le consommateur est presque toujours victime, au point de vue prix et qualité.

BEAUCOUP de Français ont pu voir circuler sur leurs routes, depuis quelques mois, des camions chargés de bouteilles d'acier et portant l'inscription *Gaz Butane* encore mystérieuse pour beaucoup de personnes (fig. 4). Il va de soi que ce butane est enfermé dans lesdites bouteilles, où il se trouve en réalité à l'état liquide. Mais qu'est-ce que ce produit ? D'où provient-il ? A quoi sert-il, et comment l'utilise-t-on ? Telles sont les questions qui se posent immédiatement et auxquelles nous nous proposons de répondre.

Disons tout de suite que l'industrie du butane, qui s'est déjà considérablement développée aux États-Unis, est dérivée de celle des pétroles. Le butane commercial vient de faire son apparition en France, apportant sur notre marché un remarquable succédané du gaz de houille.

Le butane est un hydrocarbure paraffinique

Le butane est un carbure d'hydrogène acyclique de la série des *paraffines*. Le premier terme de cette série est le méthane ou

formène, de formule CH_4 , gaz léger difficilement liquéfiable ; puis viennent l'éthane C_2H_6 , le propane C_3H_8 , les butanes C_4H_{10} (butane normal et son isomère, l'isobutane), les pentanes, etc. Tous ces carbures sont saturés, c'est-à-dire que leurs molécules ne sont pas susceptibles de capter des atomes additionnels. Elles peuvent être disloquées, comme lorsqu'elles sont soumises à la combustion, ou encore subir des modifications par substitution, comme dans le cas de l'action ménagée du chlore, mais elles ne peuvent donner lieu à des réactions d'addition. Les formules développées que nous donnons ici (fig. 1) rendent compte de ces propriétés.

Il importe d'observer qu'en dehors de leur affinité pour l'oxygène, qui en fait des combustibles de choix, et de leur affinité pour le chlore et le brome, tous ces corps sont remarquablement inactifs. Ils résistent à l'action des acides, ils n'attaquent pas les métaux, etc. C'est d'ailleurs ce manque général d'affinité qui leur a valu le nom de « paraffines ».

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 126, page 485.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 182, page 157.

Quant à leurs propriétés physiques, elles varient d'une façon régulière en fonction du nombre des atomes de carbone. Ainsi les températures de liquéfaction sous une pression donnée décroissent à mesure que ce nombre augmente : tandis que le méthane, dans les conditions ordinaires, est voisin de l'état de gaz parfait, le propane est déjà facilement liquéfiable et le butane est le dernier terme gazeux de la série; le pentane est un liquide bouillant à 37°.

Tous les carbures paraffiniques sont inso-

lont étroitement solidaires, comme on le verra plus loin, ensuite parce que la comparaison de leurs caractéristiques nous fera mieux comprendre la préférence dont le butane a bénéficié pour l'importation.

Voici d'abord ci-dessous un tableau comparatif qui suggère diverses remarques.

Tout d'abord le butane et le propane sont des gaz lourds, le butane surtout; des fuites éventuelles de ce gaz pourraient donc entraîner son accumulation près du sol ou des planchers; aussi les installations comportent-

DÉSIGNATION	BUTANE commercial vendu en France	PROPANE commercial	PRODUITS chimiquement purs	
			Butane normal	Propane
Densité gazeuse par rapport à l'air.....	2,046	1,523	2,05	1,52
Densité liquide par rapport à l'eau.....	0,576	0,509		
Température d'ébullition à la pression atmosphérique	- 14°	- 41°	- 0°,1	- 45°
Tensions de vapeur en kilogrammes/centimètre ² au-dessus de la pression atmosphérique.	à - 12°.....	0,07		
	0°.....	0,56		
	15°.....	1,62		
	26°.....	2,66		
	40°.....	4,35		
	50°.....	5,9		
Pouvoir calorifique inférieur à 0° et sous la pression de 760 millimètres de mercure :				
Par kilogramme.....	11.850	12.006	11.844	12.009
Par mètre cube de gaz	31.300	23.850		
Pouvoir calorifique supérieur par kilo- gramme.....	12.760	12.960 env.		
Limites d'inflammabilité (pourcentage en volume du gaz dans le mélange gaz-air):				
Limite inférieure.....	1,9 %	environ (1)	2,4 %	
Limite supérieure	8,5 %		9,5 %	

(1) Ces chiffres ne sont exacts que pour le butane commercial vendu en Amérique.

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DU BUTANE ET DU PROPANE

lubles dans l'eau. Chose curieuse, tandis que les termes liquides de cette série possèdent l'odeur caractéristique du pétrole, les carbures solides et gazeux sont tout à fait dépourvus d'odeur; le butane, qui nous intéresse ici spécialement, est donc un gaz inodore. Nous verrons que cette particularité pourrait être un défaut, auquel d'ailleurs on remédie aisément.

Pourquoi a-t-on choisi le butane et non le propane ?

Bien que le butane soit actuellement le seul de ces gaz qui ait été introduit sur le marché français, il y a lieu d'examiner aussi les caractéristiques du propane, d'abord parce que les industries des deux carbures

elles des ventouses d'aération à la partie inférieure des locaux pour permettre l'écoulement du gaz, tandis que pour le gaz de houille, qui est plus léger que l'air, ces ventouses sont placées à la partie supérieure.

Mais, par contre, le butane et le propane liquéfiés sont légers; leurs masses spécifiques sont à peine supérieures à la moitié de celle de l'eau. C'est là une circonstance favorable au transport. Notons qu'à cet égard le butane est très supérieur au propane, quoique la densité liquide de ce dernier soit la plus faible; il suffit pour s'en convaincre de se reporter aux tableaux des tensions de vapeurs: on voit que pour le propane liquéfié les récipients doivent être beaucoup plus résistants, et par conséquent plus

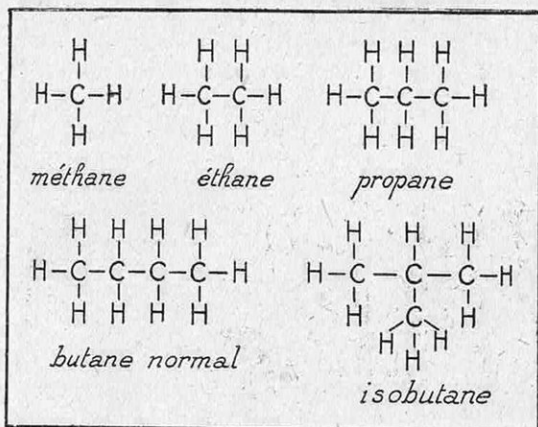


FIG. 1. — FORMULES DÉVELOPPÉES DES « PARAFFINES » LES PLUS SIMPLES, MONTRANT LA SATURATION DE TOUTES LES VALENCES

lourds. Le « poids mort », si funeste aux possibilités de transport, serait notablement plus grand.

Nous touchons ici à une qualité extrêmement précieuse du butane. Situé dans la série des paraffines à la limite des composés gazeux, ce carbure se liquéfie à la température de 15° sous une pression ne dépassant que de 1,62 kilogramme par centimètre carré la pression de l'atmosphère, — pression inférieure à celle du gaz carbonique dans un siphon d'eau de Seltz. La courbe de la figure 2 qui traduit le tableau des tensions de vapeur, montre qu'il faudrait élever la température des récipients de butane liquéfié jusqu'à 45° pour atteindre une pression de 5 kilo-

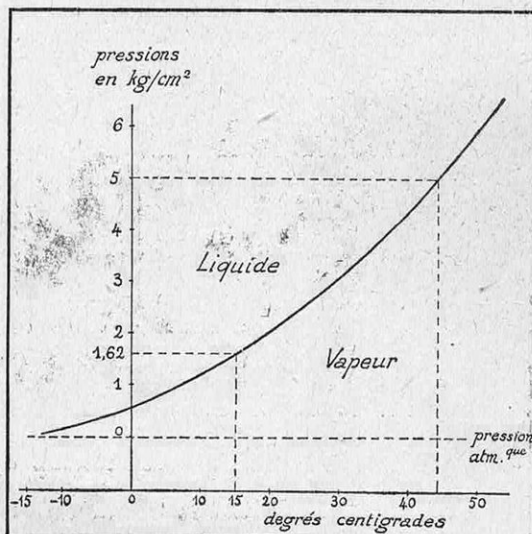


FIG. 2. — VARIATIONS DE LA PRESSION MAXIMUM DU BUTANE COMMERCIAL EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

A 15°, la liquéfaction de butane s'effectue sous la faible pression de 2,62 kg/centimètre carré.

grammes par centimètre carré. Il en résulte que, tout en réservant une marge de sécurité largement suffisante, on peut construire des récipients légers et réduire le poids mort au minimum. C'est ainsi que les bouteilles de butane vendues en France contiennent 13 kilogrammes de liquide, correspondant à 154.000 calories, ou 154 thermies, et ne pèsent à vide que 12 kilogrammes; le poids mort est donc de 0,92 kilogramme par

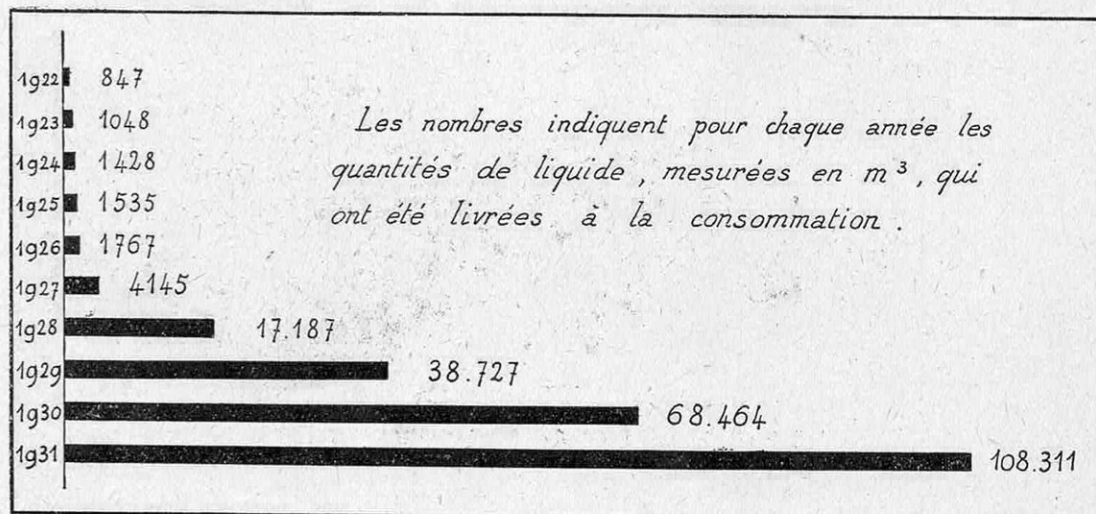


FIG. 3. — ESSOR DE L'INDUSTRIE DES GAZ DE PÉTROLE LIQUÉFIÉS (BUTANE ET PROPANE) AUX ÉTATS-UNIS, AU COURS DES DIX DERNIÈRES ANNÉES

On remarque la progression très rapide de la consommation à partir de 1927. La consommation du propane (52,8 % en 1931) est un peu supérieure à celle du butane (47,8 %).

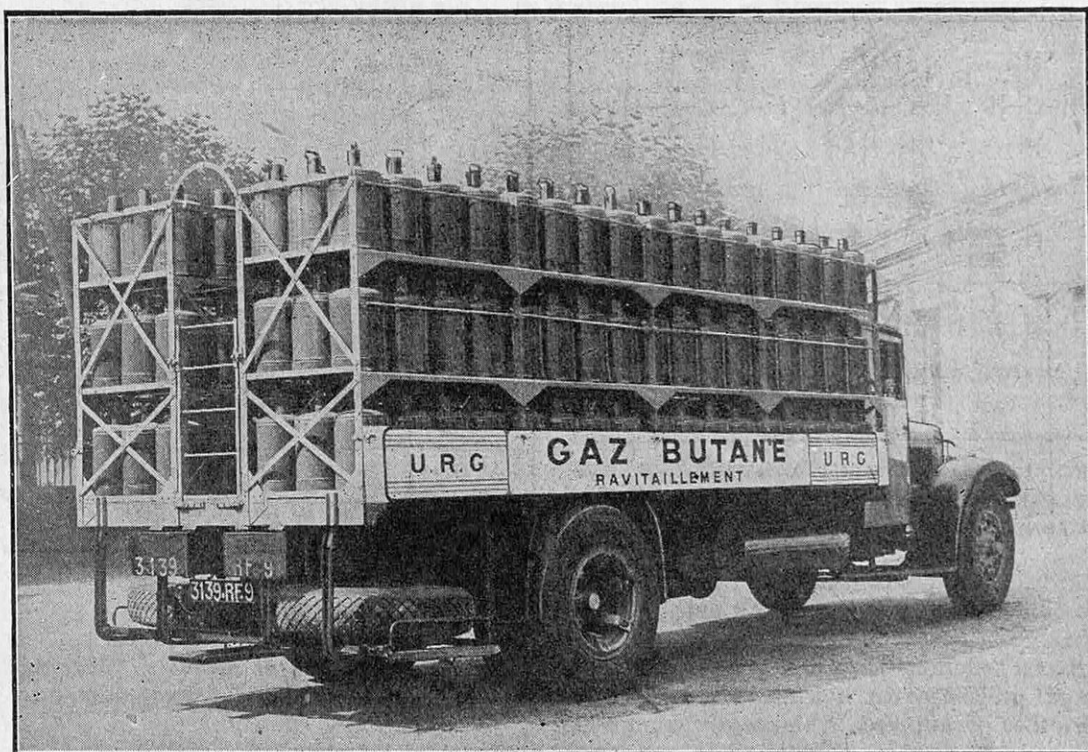


FIG. 4. — CAMION DE 8 TONNES SPÉCIALEMENT ÉQUIPÉ POUR LE TRANSPORT DU « BUTANE »

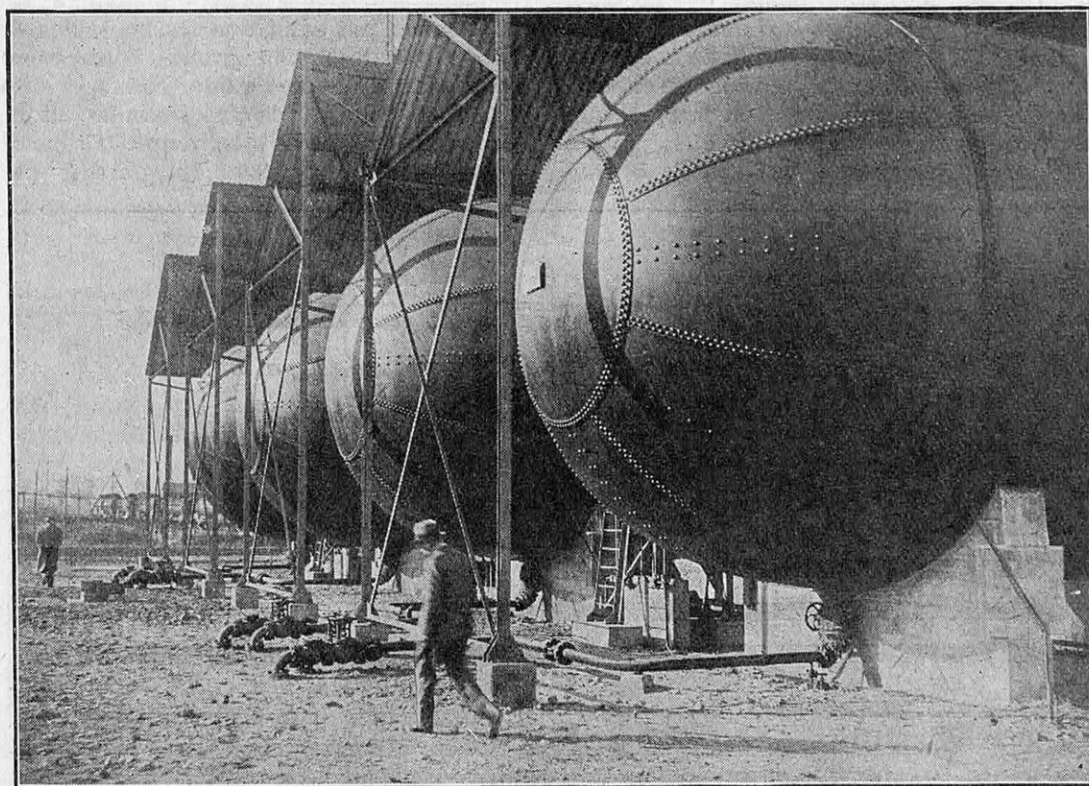


FIG. 5. — VUE AVANT DES QUATRE RÉSERVOIRS PRINCIPAUX DE PETIT-COURONNE, PRÈS ROUEN

kilogramme de butane, ou de 78 grammes par thermie. Il est intéressant de comparer ces chiffres à ceux qui concernent le gaz d'éclairage ordinaire comprimé à 200 kilogrammes par centimètre carré dans des bouteilles en acier : ici le poids mort atteint 12 kilogrammes par kilogramme de gaz, et 1,4 kilogramme par thermie ; il est donc, pour une quantité de chaleur équivalente, dix-huit fois plus grand que pour les bouteilles de butane.

On a remarqué, d'autre part, le pouvoir calorifique élevé du butane, qui atteint 11.850 calories par kilogramme. Cette valeur expérimentale est en accord avec celle que fournit la théorie.

Il s'agit là du pouvoir calorifique inférieur. Le pouvoir calorifique supérieur s'obtient en y ajoutant la chaleur de condensation et de refroidissement de l'eau formée ; il n'a d'intérêt que pour les installations industrielles où cette chaleur peut être récupérée.

Le butane commercial vendu en France contient une infime proportion de propane et environ 10 % d'isobutane, ce qui ne modifie pas son pouvoir calorifique. Il fournit donc, par sa combustion, 11.850 calories par kilogramme ; d'où il résulte qu'une bouteille en contenant 13 kilogrammes équivaut, pour le chauffage, à 35 mètres cubes de gaz de houille à 4.400 calories par mètre cube.

Quant aux produits de la combustion, ils sont les mêmes que pour le gaz de houille et que pour tous les hydrocarbures : gaz carbonique et vapeur d'eau. Ils ne sont donc pas toxiques. Et il faut remarquer que le butane lui-même ne l'est pas, tandis que le gaz d'éclairage ordinaire, le gaz pauvre et le gaz à l'eau, qui contiennent de l'oxyde de carbone, sont fort dangereux à respirer. Sans doute le butane est asphyxiant ; mais tous les gaz autres que l'air le sont également.

Pour sa combustion totale, un volume de butane gazeux exige 6,5 volumes d'oxygène, soit environ 32 volumes d'air. Pour le gaz de houille, 6 mètres cubes d'air par mètre cube de gaz suffisent ; on conçoit donc que les appareils d'utilisation du gaz de houille aient dû être modifiés pour l'emploi du butane, de manière que celui-ci brûle sans fumée, n'encrasse pas les brûleurs et ne noircisse pas les ustensiles de cuisine, tout en donnant le maximum de rendement thermique. Ce problème a été étudié par un grand nombre de constructeurs qui sont parvenus à adapter parfaitement leurs appareils à la combustion du butane. Parmi ceux-ci, citons les appareils *Butanic*.

On a reproché à ce gaz de pouvoir donner avec l'air des mélanges explosifs ; mais tous les gaz combustibles sont dans le même cas. A la vérité, les limites d'inflammabilité sont basses, mais si c'est un défaut pour la limite inférieure, c'est au contraire une qualité pour la limite supérieure ; il y a lieu de remarquer que l'intervalle des pourcentages entre ces limites n'est que de 6,5 % environ.

En définitive, le butane est un combustible doué de propriétés remarquables et susceptible de multiples applications. On conçoit que, l'industrie des pétroles pouvant en fournir de grandes quantités, ce gaz, comme son homologue le propane, soit devenu depuis quelques années un sous-produit important de cette industrie.

Le butane est extrait des gaz naturels des gisements de pétrole

Rappelons que les pétroles de nombreux gisements, parmi lesquels des gisements de toute première importance, comme ceux de Pensylvanie et une grande partie de ceux de Roumanie, sont des mélanges de carbures paraffiniques (1). Les gaz situés à la partie supérieure de ces gisements sont aussi constitués essentiellement par des mélanges d'hydrocarbures de la même série ; mais ce sont alors les termes inférieurs, c'est-à-dire ceux dont nous avons donné les formules développées, avec prédominance de méthane. Il arrive même qu'on ne recueille que des gaz, soit parce que les forages n'ont pas atteint les parties liquides, soit plutôt parce que les gaz ont été retenus par un anticlinal (2), tandis que les carbures liquides ont poursuivi leur migration dans les couches profondes. Certaines régions de l'Amérique du Nord, la Pensylvanie notamment, ont une production extrêmement abondante de ces « gaz naturels » qu'on laissait échapper dans l'atmosphère au début des exploitations ; le seul produit recherché était alors le kérosène, ou pétrole lampant (3). Mais on s'aperçut bientôt qu'on perdait ainsi une richesse considérable, et qu'après épuration le gaz naturel pouvait fournir un excellent combustible propre à toutes sortes d'usages domestiques ou industriels. On le recueillait donc, et on le distribuait comme gaz d'éclairage au moyen de canalisations. Un exemple typique de cette utilisation est celui de la ville de Pittsburg, où ce gaz naturel fut pendant longtemps le seul gaz distribué.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, p. 12.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, p. 16.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 181, p. 61.

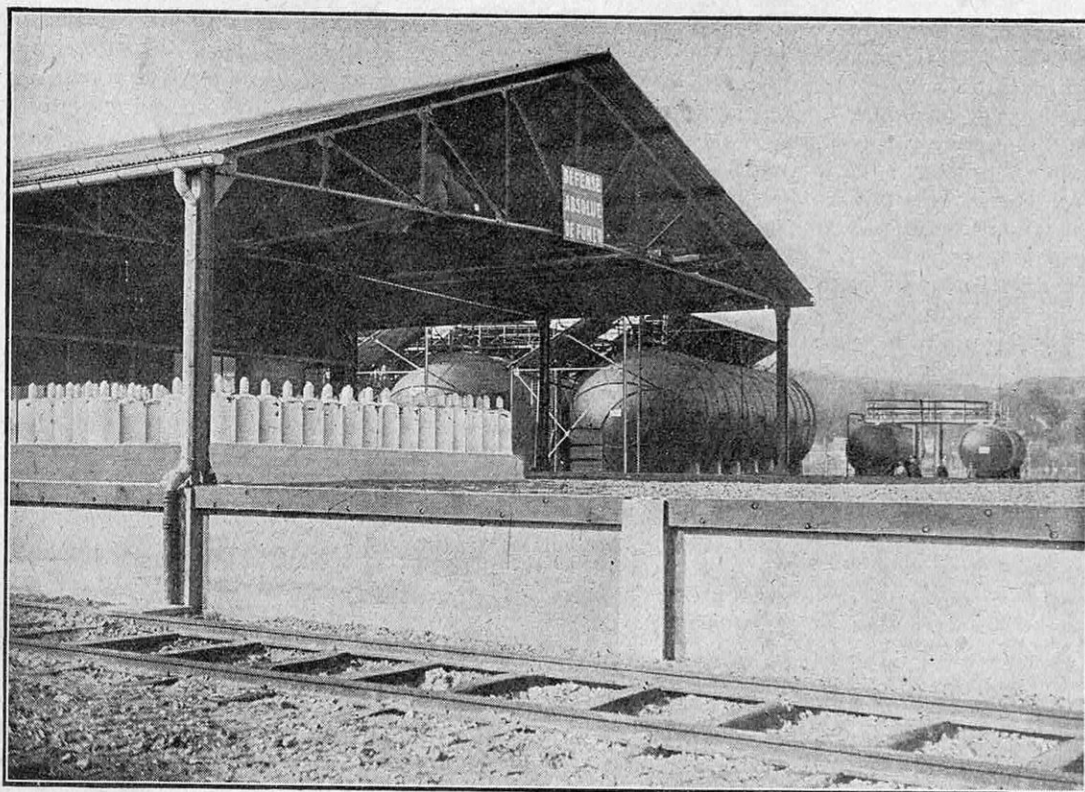


FIG. 6. — STOCKAGE DU BUTANE A L'USINE DE PETIT-COURONNE, PRÈS DE ROUEN

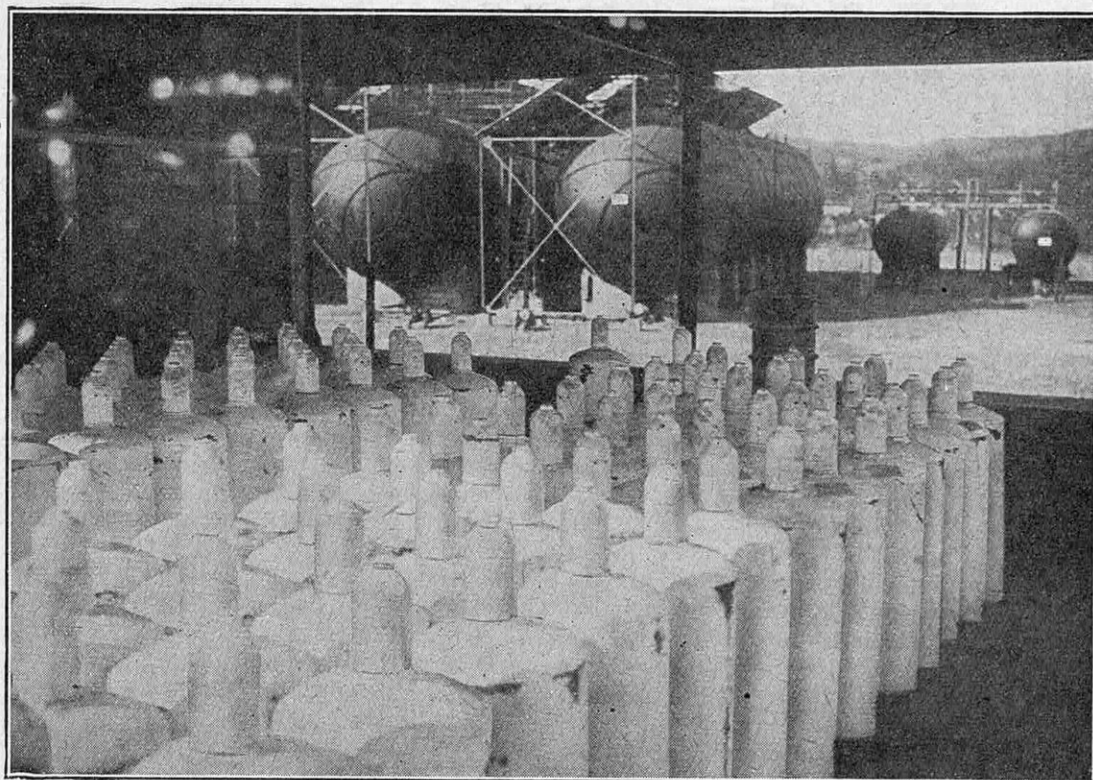


FIG. 7. — BOUTEILLES UTILISÉES POUR LE STOCKAGE DU BUTANE

D'importants réseaux de canalisations sont toujours en usage dans des districts à population dense. Mais ce n'est, en définitive, qu'une faible proportion des gaz naturels disponibles qui est utilisée ainsi.

A partir de 1903, aux Etats-Unis, on commença à traiter ces gaz naturels par compression et refroidissement pour en extraire les parties condensables sous forme d'une essence légère, la gazoline, qu'on mélangeait ensuite à l'essence de distillation. Plus tard, on améliora les procédés d'extraction de la gazoline en utilisant l'absorption par le gaz oil, l'adsorption par le noir animal, le gel de silice, ou autres corps poreux. La gazoline était récupérée, mais on abandonnait les fractions légères qui restaient à l'état gazeux.

Aujourd'hui, on extrait souvent de ces gaz résiduels le butane et le propane qu'ils

rennent, dans le détail desquels nous n'entrons pas. Disons seulement qu'on ne sépare pas le propane du butane ; on extrait alors des gazolines brutes un mélange de ces deux carbures, appelé « gazol », où prédomine le propane.

Il existe, d'ailleurs, une autre source de butane et de propane : c'est le *cracking* (1) des produits lourds du raffinage des pétroles bruts. Cette opération, et surtout le *cracking* en phase gazeuse qui est très en faveur, fournit de grandes quantités de gaz. Ce sont de l'hydrogène, des carbures éthyléniques, non saturés, doués d'affinités chimiques qui les rendent propres à des industries de synthèse, et des carbures paraffiniques où prédominent justement le propane et surtout le butane. Il semble que l'industrie américaine ait déjà utilisé cette

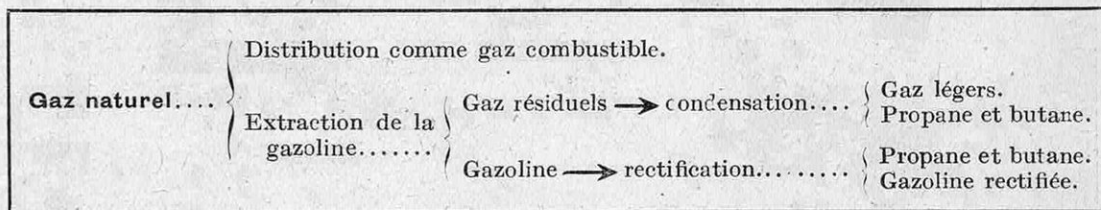


TABLEAU D'ENSEMBLE DES TRAITEMENTS DES GAZ NATURELS POUR L'OBTENTION DE LA GAZOLINE ET DU MÉLANGE BUTANE-PROPANE

contiennent, tandis que les portions difficilement condensables peuvent être utilisées sur place pour les chaufferies. Mais la gazoline retenant une grande partie du propane et surtout du butane, sa rectification fournit à la fois une essence moins volatile et des gaz utilisables séparément. Les procédés, perfectionnés et mis au point, sont exploités par de nombreuses usines américaines, dont certaines traitent plus de 800 mètres cubes de gazoline par jour. Dans une première colonne de rectification, la gazoline est refroidie jusqu'à 37° sous une pression de 17 kilogrammes par centimètre carré ; elle y abandonne le butane et le propane qui sont alors envoyés, sous la même pression, dans une seconde colonne où le butane se condense, tandis que le propane, plus volatil, reste gazeux ; on l'envoie dans un réfrigérant où il se liquéfie à son tour. Cent volumes de gazoline brute peuvent ainsi donner environ 53 volumes de gazoline rectifiée, 40 volumes de butane liquéfié et 7 volumes de propane liquéfié.

Le tableau ci-dessus, très sommaire, résume cet ensemble de traitements.

Une industrie analogue s'est développée en Pologne, avec des procédés assez diffé-

source de butane quoique les polymérisations de composés non saturés qui se produisent dans l'opération du *cracking* aient donné lieu à divers mécomptes. Il est intéressant, toutefois, de noter que la production des « gaz de pétrole » liquéfiés est susceptible de se développer chez nous, puisque la France sera bientôt un pays transformateur de pétroles bruts (2).

Quoiqu'il en soit, cette industrie a pris un essor considérable aux Etats-Unis, caractérisé par une progression très brusque à partir de 1927, comme le montrent les statistiques de la figure 3. Encore faut-il remarquer que la production de 1931 reste très en dessous des possibilités de cette jeune industrie ; même en tenant compte des imperfections des installations actuelles, M. Eugène Prévost estime que l'Amérique pourrait *découpler* cette production.

Comment on utilise et distribue le butane et le propane

Signalons pour mémoire que ces gaz de pétrole liquéfiés ont reçu diverses applica-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 126, p. 485, et n° 182, p. 164.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 182, p. 157 à 165.

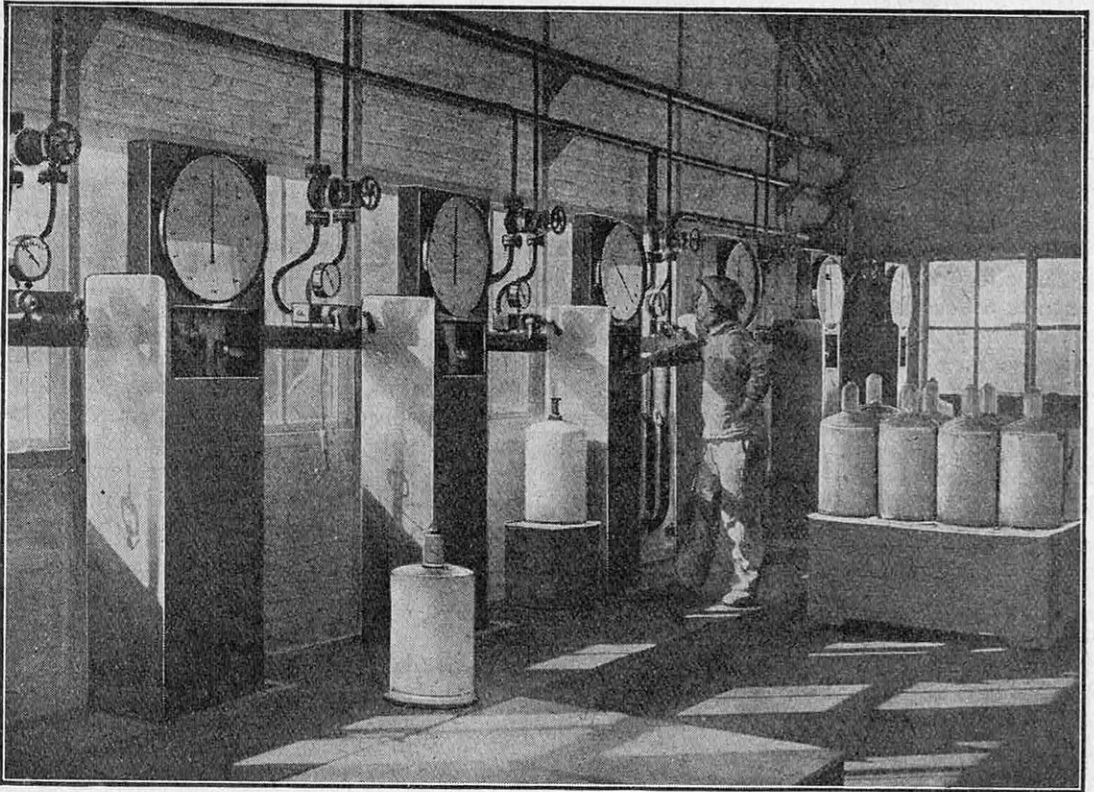


FIG. 8. — SALLE DES BALANCES ET DU REMPLISSAGE A L'USINE DE PETIT-COURONNE

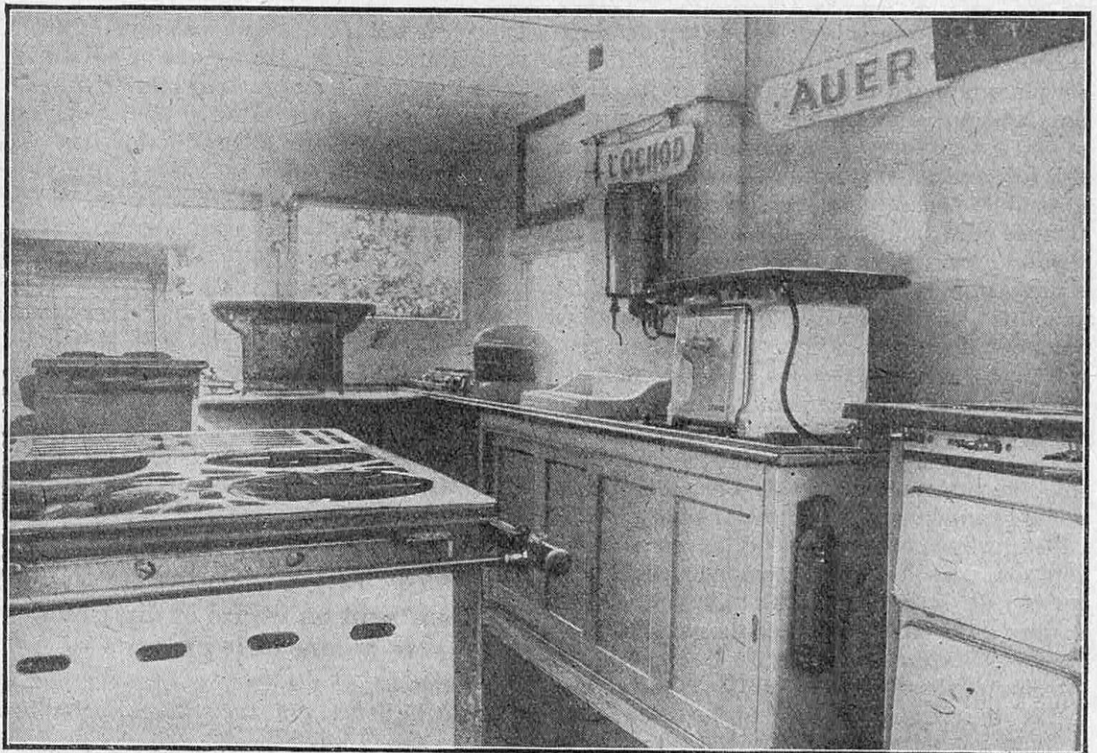


FIG. 9. — INTÉRIEUR DE LA VOITURE DE DÉMONSTRATION POUR LE BUTANE

tions accessoires : on les emploie comme solvants dans l'industrie des laques, ou pour carburer des gaz de faible pouvoir calorifique comme le gaz à l'eau ; ils servent à la préparation de quelques produits chimiques : toluol, benzol, noir de fumée, etc. On peut même envisager leur utilisation pour la traction sur rail ou sur route.

Mais, pour le moment, ils sont vendus surtout comme combustibles, destinés aux mêmes usages que le gaz de houille.

Leur mode de distribution varie suivant les circonstances. Une solution récente, et déjà très répandue en Amérique, consiste à aditionner le butane gazeux d'une quantité d'air convenable. Des mélangeurs spéciaux fournissent automatiquement un air carburé (gazaérogène) contenant 17,2 % de butane. Cette proportion dépassant largement la limite supérieure d'inflammabilité, le mélange obtenu n'est pas explosif. Il possède un pouvoir calorifique de 4.900 calories par mètre cube. Son point de rosée est assez bas pour qu'on n'ait pas à craindre de condensation par temps froid dans les canalisations qui le distribuent. Plus de quatre-vingts usines fournissent actuellement ce gaz air-butane.

En Pologne, une solution différente a été adoptée. Le gazol, dont nous avons parlé, est mélangé à du gaz intégral Strache à 3.200 calories, après épuraton de ce dernier.

Le mélange obtenu a un pouvoir calorifique du même ordre que celui du gaz de houille ; il est stocké sous pression et envoyé dans un réseau de distribution. Ainsi, le grand port de Gdynia utilise le gazol produit à Boryslaw, qui en est éloigné de 700 kilomètres.

Enfin, les gaz de pétrole liquéfiés peuvent être mis en bouteilles et transportés sous cette forme sur les lieux d'utilisation. Cette solution est très en faveur aux Etats-Unis, où, dans la Californie seulement, une centaine de petites villes sont ainsi ravitaillées en gaz de chauffage et d'éclairage. Pour les usages domestiques, les compagnies livrent surtout du propane, seul ou additionné de butane, tandis que ce dernier est surtout réservé aux applications industrielles.

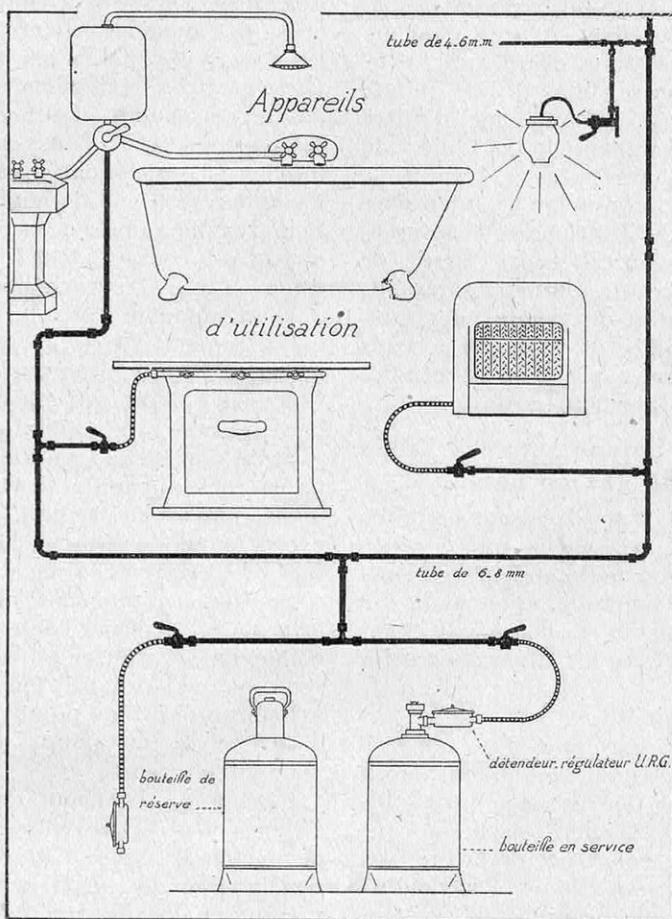


FIG. 10. — SCHEMA D'UN DOUBLE POSTE « U. R. G. » ET DE L'INSTALLATION DE QUELQUES APPAREILS D'UTILISATION

La bouteille de droite est en service ; celle de gauche est en réserve jusqu'à ce que la première soit épuisée. Remarquer les deux sortes de canalisations : l'une avec tubes de 6 millimètres de diamètre intérieur et 8 millimètres de diamètre extérieur, l'autre avec tubes de 4-6 millimètres pour les appareils à faible débit.

tion dont nous venons de parler ; mais, pour des raisons d'économie de transport et aussi de sécurité d'emploi, c'est du butane liquéfié qui est distribué.

Ce butane commercial, importé d'Amérique, provient des gaz naturels de pétrole, à l'exclusion des produits de cracking. Nous avons déjà indiqué sa composition et ses caractéristiques. Comme il est inodore, et afin de pouvoir déceler facilement les fuites éventuelles, on lui ajoute une très petite

La solution adoptée en France : le butane liquéfié en bouteilles

En France, on a adopté la dernière solu-

quantité d'un produit à odeur caractéristique, tel que le mercaptan qui a une odeur désagréable, ou encore le citral ou l'essence de jasmin qui sont des parfums.

Voici comment il est utilisé en pratique. Comme il est livré en bouteilles contenant 13 kilogrammes de liquide, chaque abonné dispose, en général, d'un poste double, constitué par deux bouteilles, munies chacune d'un détendeur régulateur, et qui sont utilisées l'une après l'autre (fig. 10). Dès qu'une bouteille est épuisée, l'abonné met l'autre en service, et fait remplacer la bouteille vide par une bouteille chargée.

Les communications entre les bouteilles et les appareils d'utilisation sont assurées par des tubes en cuivre rouge recuit de 4 et de 6 millimètres de diamètre intérieur, assemblés par des tés, des coudes, des robinets (fig. 10), munis de raccords à trois pièces, sans soudure, spécialement étudiés et assurant une étanchéité parfaite.

L'utilisation du butane est aussi facile que celle du gaz de houille

La mise en ordre de service d'une bouteille est une opération très facile qui consiste simplement à monter le détendeur sur l'orifice de sortie de la bouteille, après avoir ôté le capuchon de celle-ci, le détendeur étant en communication avec les appareils d'utilisation ; on n'a plus alors qu'à ouvrir le pointeau de la bouteille.

Dès qu'on ouvre le robinet d'un appareil d'utilisation, le détendeur-régulateur laisse écouler le gaz sous une pression invariable de 20 grammes par centimètre carré, quel que soit le débit ; cette constance de la pression ajoute encore à la souplesse et à la docilité des flammes, tout en assurant le meilleur rendement thermique possible.

Le passage du butane de l'état liquide à l'état gazeux s'effectue spontanément dans la bouteille lorsqu'elle débite du gaz, la chaleur nécessaire à la vaporisation étant simplement empruntée à l'atmosphère ambiante par l'intermédiaire de la paroi mince et conductrice de la bouteille.

La figure 10 montre l'installation d'un poste double et un certain nombre d'appareils d'utilisation : cuisinière, radiateur, chauffe-bain, lampe. Ces appareils, bien adaptés à

l'emploi du butane, sont en vente sur notre marché. Les consommateurs ont même le choix entre de nombreuses marques excellentes. Nous n'en avons d'ailleurs figuré qu'un petit nombre. Il faut y ajouter des réchauds, des grils, des rôtissoires, des percolateurs, des chauffe-eau à accumulation, des baignoires à chauffage direct, des becs de modèles divers, parmi lesquels nous devons signaler les becs et manchons *Visseaux* ; des couveuses, des chalumeaux, des fers à souder, des brûleurs Bunsen de tous genres, etc. Tous ces appareils s'allument et s'éteignent aussi facilement que les appareils à gaz de houille ; ils ont bénéficié d'emblée de tous les perfectionnements apportés à ceux-ci ; leur fonctionnement est d'une sûreté irréprochable.

D'une manière générale, le butane se prête excellentement à tous les mêmes usages que le gaz de houille, et apporte aux habitations isolées le confort qui était, jusqu'à maintenant, réservé aux populations urbaines.

Si de nombreux constructeurs ont mis au point des appareils si variés, c'est justement parce qu'ils ont compris l'intérêt exceptionnel de ce nouveau mode de chauffage et d'éclairage. Il ne s'agit pas, en effet, d'une solution imparfaite et éphémère comme celle de l'acétylène, coûteux, salissant, peu commode à préparer et, au surplus, dangereux et malodorant, mais d'une solution satisfaisante à tous points de vue et qui est actuellement au point, techniquement et commercialement.

Sans doute, beaucoup de locaux isolés, de villages et de petites villes sont déjà alimentés en chaleur et en lumière, soit par des canalisations de gaz de houille, soit par des réseaux de distribution d'énergie électrique ; mais là où ces installations font défaut le butane apporte une réelle amélioration aux conditions de la vie domestique et aux industries locales. Son introduction sur notre marché est encore trop récente pour qu'on puisse prévoir l'ampleur du développement de ses applications ; mais il semble qu'un bel avenir lui soit réservé et qu'il soit appelé, notamment, à jouer un rôle important dans le confort de nos populations rurales.

ROGER VÈNE.

LE RÉCEPTEUR DE T. S. F. NE DÉFORME PLUS LA MUSIQUE

Par C. VINOGRADOW

INGÉNIEUR RADIO E. S. E.

L'avènement du récepteur de T. S. F., reproduisant avec fidélité les sons musicaux aussi bien aigus que graves, est récent. Si l'on songe aux multiples causes de déformation susceptibles d'affecter les courants électriques mis en jeu (depuis le microphone initial jusqu'au haut-parleur final), sans oublier celles qui peuvent intervenir dans l'enregistrement et la fabrication des disques (1) pour le cas de transmissions de musique enregistrée, celles aussi provenant des perturbations atmosphériques, il faut reconnaître que les résultats acquis sont décisifs. Seule l'étude minutieuse de tous les détails des organes constitutifs d'un poste (dispositif d'alimentation sur le secteur, collecteurs d'ondes, amplificateur haute fréquence, détecteur, amplificateur basse fréquence, haut parleur) a permis d'établir des récepteurs d'une fidélité quasi absolue. Nous donnons ici une mise au point précise et complète des nombreux perfectionnements réalisés dans le domaine de la réception radiotéléphonique, dont l'ensemble a abouti à la réalisation d'appareils sensibles, puissants, sélectifs, fidèles, d'un maniement extrêmement simple, véritablement à la portée de tous : prix et qualité.

PRÉSENTATION meilleure, simplification des commandes, accroissement de la sensibilité et de la sélectivité, alimentation intégrale par le secteur, remarquable fidélité de la reproduction, telles sont les principales améliorations que les postes récepteurs de T. S. F. ont reçues au cours de ces dernières années. Le progrès accompli est immense.

Mais, pour l'usager, c'est incontestablement la fidélité de la reproduction qui concrétise l'œuvre accomplie que nous allons exposer ici, en montrant comment l'étude détaillée des divers organes a abouti à la création du récepteur d'aujourd'hui.

Les causes de déformation sont nombreuses

Si l'on considère (fig. 1) le nombre des transformations que doit subir le son original émis au studio avant d'être reproduit par le haut-parleur du poste récepteur, on comprend immédiatement toute la difficulté que représente le problème de la *fidélité de reproduction*. Depuis le microphone de la station d'émission, qui transforme les sons en courants électriques variables, les perturbations possibles se rencontrent à chaque

stade des transformations. Rien n'étant absolument parfait, les courants peuvent donc être altérés au poste d'émission. Et, si nous considérons le cas de transmissions de musique enregistrée, nous rencontrons, en plus, toutes les opérations de l'enregistrement et de la fabrication des disques, puis, leur reproduction par pick-up. De l'antenne émettrice au collecteur d'ondes récepteur, les perturbations atmosphériques viennent s'ajouter aux déformations premières. En fin, dans le récepteur lui-même, l'amplification en haute fréquence, la détection, l'amplification basse fréquence et la transformation des courants variables en ondes sonores sont autant de causes de déformation possibles. Et, pourtant, si l'on considère les résultats acquis, on ne peut qu'admirer les progrès réalisés en radiodiffusion. Il ne faut pas oublier, en effet, que les déformations provenant de ces transformations s'ajoutent, et, souvent même, géométriquement. La surprenante fidélité que nous offre le récepteur moderne est due à un grand nombre de perfectionnements apportés aux divers appareils échelonnés sur le chemin séparant le son initial du son reproduit. Nous allons examiner successivement les diverses améliorations appor-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 164, page 117.

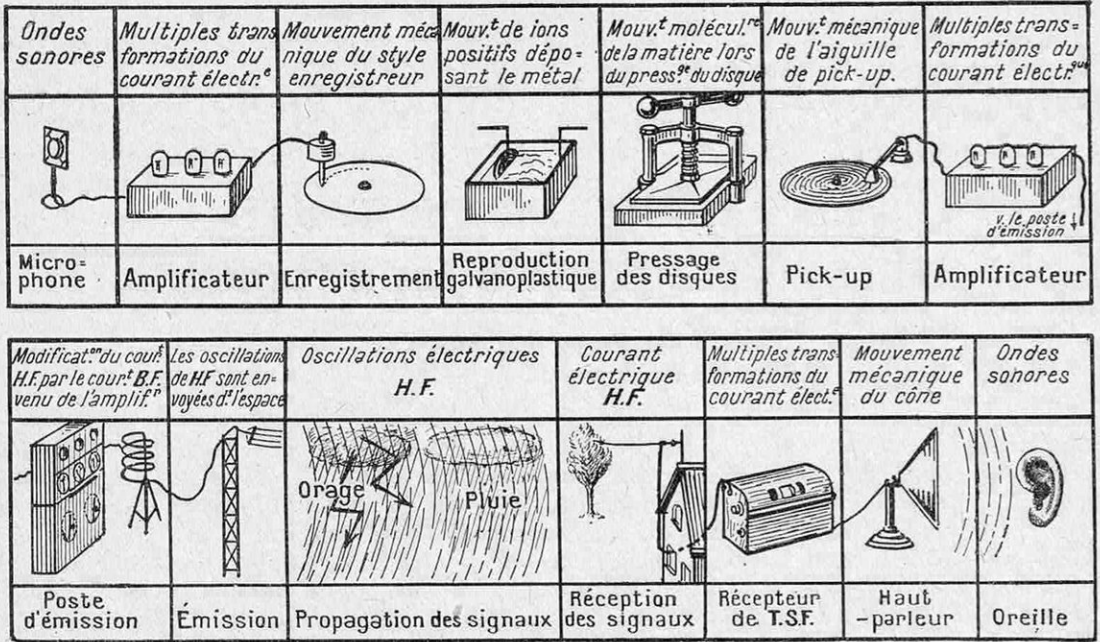


FIG. 1. — DE L'ÉMISSION A LA RÉCEPTION, LES CAUSES DE DÉFORMATION SONT NOMBREUSES. ELLES SONT SCHÉMATISÉES ICI POUR LE CAS DE LA TRANSMISSION DE LA MUSIQUE ENREGISTRÉE

tées aux postes récepteurs proprement dits. Exposons, tout d'abord, le fonctionnement d'un récepteur moderne.

Comment fonctionne un récepteur moderne

Un récepteur de T. S. F. est, on le sait, un appareil destiné à transformer les ondes électromagnétiques en courants électriques, puis en ondes sonores.

Les oscillations de haute fréquence, modulées à la station émettrice par les signaux sonores, attaquent l'antenne du poste récepteur. Cette dernière les transmet à l'amplificateur haute fréquence se trouvant à l'entrée du poste. Amplifiées par l'ensemble réalisant l'amplificateur haute fréquence, les oscillations parviennent au détecteur, qui extrait

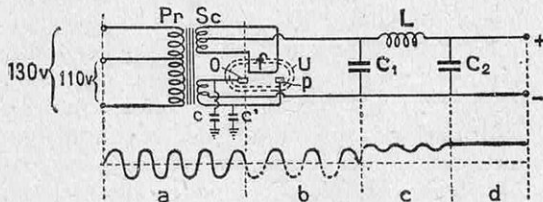


FIG. 2. — SCHÉMA D'UN DISPOSITIF D'ALIMENTATION D'UN RÉCEPTEUR PAR LE SECTEUR Ce dispositif comprend un transformateur Pr Sc, une valve U, des condensateurs C₁ C₂, une self L. Au-dessous, en a, b, c, d, formes du courant après son passage dans les différents organes.

des oscillations haute fréquence les oscillations musicales, plus lentes, et qui sont précisément celles que la modulation sonore à l'émission a incorporées aux oscillations de haute fréquence. Ces oscillations sonores, appelées de « basse fréquence », sont transmises à l'amplificateur approprié, appelé *amplificateur basse fréquence*. Renforcées par ce dernier, elles pénètrent enfin dans le haut-parleur qui les transforme en oscillations acoustiques. Quant à l'ensemble d'alimentation fournissant l'énergie nécessaire au fonctionnement du poste, c'est habituellement aujourd'hui un dispositif faisant partie du poste même qui transforme le courant de la ville en un courant utilisable par l'appareil.

Chacune des parties de l'appareil peut donc donner lieu à des déformations et, par conséquent, compromettre la fidélité de la reproduction. Nous allons examiner séparément

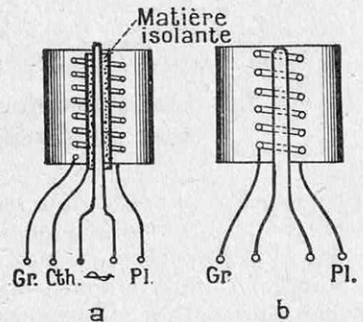


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN FILAMENT DE LAMPE DE T. S. F. A CHAUFFAGE INDIRECT (A GAUCHE) ET A CHAUFFAGE DIRECT (A DROITE)

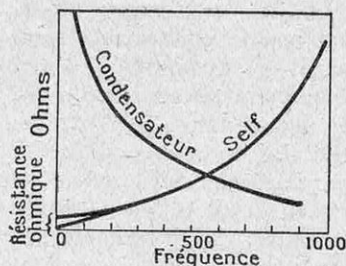


FIG. 4. — UNE SELF PRÉSENTE UNE RÉSISTANCE CROISSANTE AVEC LA FRÉQUENCE, TANDIS QU'UN CONDENSATEUR PRÉSENTE UNE RÉSISTANCE DÉCROISSANTE AVEC LA FRÉQUENCE DU COURANT

L'ensemble de ces perfectionnements a permis d'aboutir à la réalisation du poste vraiment musical.

L'alimentation par le secteur est aujourd'hui bien au point

Le dispositif d'alimentation par le secteur présente, on le conçoit, une importance particulière. Il est évident que, si ce dernier produit un courant irrégulier, tous les organes du poste fonctionneront d'une façon défectueuse et produiront des déformations qui, en s'ajoutant d'une étape à l'autre, rendront impossible toute bonne réception. L'appareil d'alimentation comporte (dans le cas du secteur alternatif) un transformateur et une valve redresseuse (fig. 2). Le courant redressé par cette dernière étant un courant pulsatoire (fig. 2), un « filtre », constitué par une self et quelques capacités, est chargé d'égaliser les pulsations pour aboutir finalement à un courant rigoureusement continu.

Les ensembles d'alimentation produisent deux sortes de courant. Le premier, que nous

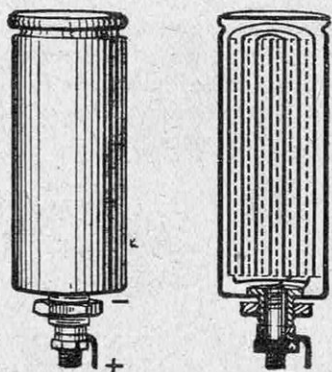


FIG. 5. — VUE ET COUPE D'UN CONDENSATEUR ÉLECTROLYTIQUE MODERNE

chaque étape du chemin parcouru par les signaux, en indiquant les déformations caractéristiques pouvant être introduites par chacune d'elles et les moyens qu'on emploie actuellement pour les atténuer, ou même les éviter complètement avec succès.

L'ensemble

de ces perfectionnements a permis d'aboutir à la réalisation du poste vraiment musical.

L'alimentation par le secteur est aujourd'hui bien au point

Le dispositif d'alimentation par le secteur présente, on le conçoit, une importance particulière. Il est évident que, si ce dernier produit un courant irrégulier, tous les organes du poste fonctionneront d'une façon défectueuse et produiront des déformations qui, en s'ajoutant d'une étape à l'autre, rendront impossible toute bonne réception. L'appareil d'alimentation comporte (dans le cas du secteur alternatif) un transformateur et une valve redresseuse (fig. 2). Le courant redressé par cette dernière étant un courant pulsatoire (fig. 2), un « filtre », constitué par une self et quelques capacités, est chargé d'égaliser les pulsations pour aboutir finalement à un courant rigoureusement continu.

Les ensembles d'alimentation produisent deux sortes de courant. Le premier, que nous

appellerons « le courant de travail » a une intensité rarement supérieure à 2/10^e d'ampère, mais, par contre, est fourni sous une tension de plusieurs centaines de volts. Son filtrage doit être absolument parfait. Le second

est un courant auxiliaire, destiné uniquement au chauffage des cathodes des lampes (filaments). Dans le cas, presque général maintenant, d'utilisation des lampes à chauffage indirect, ce courant peut être utilisé même sans être redressé, car, dans ces lampes, nul contact électrique n'existe entre l'élément chauffant et la cathode proprement dite (a, fig. 3). Dans le cas (de plus en plus rare) d'utilisation des lampes ayant les cathodes à chauffage direct (b, fig. 3), ce courant doit être aussi soigneusement filtré que le courant principal.

Quels sont les défauts d'ensemble d'alimentation pouvant entraîner une déformation de l'émission? Notons les plus importants : mauvais filtrage ; les variations du voltage du secteur ; la capacité entre les

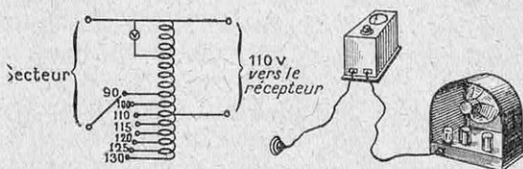


FIG. 6. — LE SURVOLTEUR-DÉVOLTEUR PERMET DE MAINTENIR CONSTANTE LA TENSION D'ALIMENTATION DU POSTE

enroulements primaires et secondaires du transformateur.

Le mauvais filtrage provient principalement de la valeur insuffisante des capacités du filtrage (C_1 et C_2 , fig. 2). En effet, l'action filtrante est basée sur le fait que le courant continu peut traverser une self, tandis qu'il ne peut pas passer par un condensateur qui lui offre une résistance infinie. Par contre, le courant alternatif, en plus de la résistance ohmique de la self, rencontre son impédance, qui est très élevée, mais passe très bien à travers une capacité, d'autant mieux que sa fréquence est plus élevée. La séparation du courant continu de l'alternatif est donc d'autant plus efficace que la self est plus grande et que la capacité est plus importante. Toutes choses égales d'ailleurs, le courant alternatif est d'autant plus facilement arrêté par le filtre que sa fréquence est plus élevée.

Il n'est pas facile d'augmenter la valeur de la self (fig. 4), car, en même temps, on augmenterait sa résistance ohmique au passage du courant et on perdrait ainsi, par la chute de tension, une grande partie du voltage fourni par la lampe redresseuse. Par conséquent, le seul moyen de rendre le filtre parfait est l'emploi de condensateurs importants. Le problème, difficile à résoudre, car les condensateurs de grande

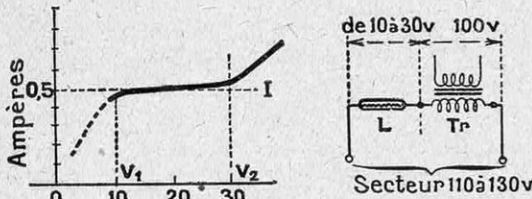


FIG. 7. — CARACTÉRISTIQUE DE LA LAMPE A HYDROGÈNE ET SON MONTAGE POUR LA RÉGULARISATION DE LA TENSION D'ALIMENTATION DU POSTE

capacité étaient très encombrants et très chers, a trouvé une solution dans l'apparition des condensateurs électrolytiques bon marché, permettant de réunir sous un faible volume des capacités considérables. La figure 5 montre un condensateur électrolytique moderne ayant une capacité voisine de 10 microfarads et pouvant supporter, avec un grand coefficient de sécurité, plusieurs centaines de volts.

Le poste récepteur étant étudié pour travailler avec une tension déterminée, il est évident que chaque variation de cette tension produirait une déformation plus ou moins grande de la réception. Malheureusement, les variations, mêmes faibles, du voltage du secteur se traduisent par des variations beaucoup plus importantes dans la tension du courant fourni par l'ensemble d'alimentation. En effet, il ne faut pas oublier que les variations du voltage du secteur agissent simultanément sur la température du filament de la valve redresseuse et sur la tension du courant présenté au redressement. Ce défaut, insignifiant pour les récepteurs installés dans les grandes agglomérations possédant des secteurs bien stables, devient très gênant pour les appareils branchés sur les secteurs de campagne présentant quelquefois des variations de tension de 15 à 25 %. Deux moyens sont utilisés pour éviter les variations des tensions fournies par le redresseur : le survolteur-dévolteur et la lampe au fer hydrogène.

Le *survolteur-dévolteur* est un simple auto-transformateur au primaire réglable par prises. Il se branche entre le secteur et le poste récepteur et permet, par le déplacement du commutateur, de maintenir constamment au secondaire la tension de 110 volts malgré les variations du secteur. (fig. 6). Un volt-mètre, branché entre quelques spires et gradué convenablement, permet à chaque moment de se rendre compte de la tension dé-

veloppée au secondaire du transformateur.

Le deuxième moyen de régularisation de la tension est basé sur l'utilisation d'une *lampe à incandescence spéciale* ayant un filament en fer placé dans une atmosphère d'hydrogène. La résistance de cette lampe augmente rapidement, dès que le courant qui la parcourt dépasse une certaine valeur (fig. 7). A partir de ce moment, et pour une certaine période, toute augmentation nouvelle de la tension aux bornes de la lampe ne produira aucun accroissement appréciable de variation du courant, car, de par sa construction même, l'augmentation de la résistance de la lampe est précisément proportionnelle à l'augmentation de la tension à ses bornes. Si nous plaçons cette lampe en série avec le primaire du transformateur d'alimentation exigeant, par exemple, un courant de 0,5 ampère sous la tension de 100 volts, la tension du secteur pourra varier de 110 à 130 volts sans que la tension aux bornes du transformateur varie (fig. 7). C'est la lampe qui absorbera le surplus de la tension fournie par le secteur.

Un autre défaut d'alimentation sur secteur est l'existence de la capacité, assez considérable, entre le primaire et le secondaire du transformateur d'alimentation (fig. 8). Les fils du secteur, dans leur parcours, sont influencés par un grand nombre de champs électriques parasites et sont souvent le siège de charges statiques irrégulières à très basse fréquence. Transmises directement, par capacité, de l'enroulement primaire à l'enroulement secondaire, ces oscillations, par suite de leur fréquence très basse, ne sont pas arrêtées par le filtre et pénètrent dans le récepteur. C'est là qu'il faut chercher l'origine de ces petits crachements ou grattements irréguliers, et, parfois, assez intenses, si souvent rencontrés dans les postes-secteur. Afin d'éviter ces bruits, les transformateurs d'alimentation modernes possèdent, entre l'enroulement primaire et les enroulements secondaires, un écran métallique mis à la terre et isolant ainsi statiquement les deux bobinages (fig. 8). Cet écran peut être

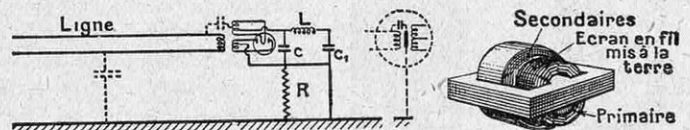


FIG. 8. - SCHÉMA MONTRANT LA CAPACITÉ NUISIBLE ENTRE LE PRIMAIRE ET LE SECONDAIRE D'UN TRANSFORMATEUR D'UN DISPOSITIF D'ALIMENTATION SUR LE SECTEUR

Au centre, transformateur avec écran mis à la terre entre primaire et secondaire. A droite, transformateur à écran.

d'ailleurs très simplement constitué par une spire de fil mise à la terre.

Pour en terminer avec l'alimentation, signalons encore la présence, dans les meilleurs récepteurs, de deux petites capacités de 0,1 microfarad branchées entre les plaques de la lampe redresseuse et la terre (fig. 2). Le but de ces petits condensateurs est d'éliminer toute décharge irrégulière pouvant se produire à l'intérieur de la valve. Ces décharges pourraient, en effet, donner naissance à des perturbations d'une fréquence qui, même imperceptible à l'oreille, est susceptible d'agir par interférence sur les signaux reçus.

Comment sont conçus les organes d'un radiorécepteur

Le souci de l'élégance de la présentation, la recherche de la simplification des réglages et du meilleur rendement ont fait abandonner presque complètement le collecteur d'ondes sous la forme d'un cadre. Les postes modernes sont munis généralement d'une antenne, qui, suivant la sensibilité du récepteur, peut varier de quelques centimètres à quelques dizaines de mètres. Malheureusement, plus l'antenne est grande, plus elle est susceptible d'amener au poste les décharges parasites à basses fréquences. Ces décharges, pénétrant dans le premier circuit oscillant, se superposent aux signaux reçus et il est impossible de les éliminer par la suite. Les recherches faites par les techniciens américains ont montré que c'est surtout la partie verticale de l'antenne qui recueille ces décharges parasites. Plusieurs systèmes de blindage et de protection ont été proposés, mais l'efficacité de ces systèmes est encore loin d'être absolue (fig. 9 et 10). Ils consistent, non à supprimer les parasites, ce qui n'est guère possible, mais à en annuler les effets en s'arrangeant pour qu'ils s'opposent dans la

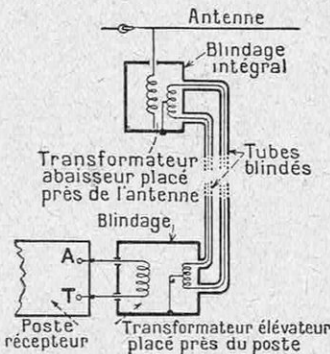


FIG. 9. — LA LUTTE CONTRE LES PARASITES ATMOSPHÉRIQUES

C'est surtout la partie verticale de l'antenne qui est sensible aux parasites atmosphériques.

Aussi, la descente d'antenne est-elle placée dans des tubes blindés et couplée à l'antenne elle-même par un transformateur-abaisseur. Un autre transformateur-élévateur est placé avant le récepteur.

descente d'antenne. Ainsi, débarrassés plus ou moins des décharges parasites, les signaux pénètrent dans le premier circuit accordé du récepteur. On sait que le signal arrive vers le récepteur sous la forme complexe de tout un faisceau d'oscillations de fréquences très voisines se groupant autour de la fréquence de l'onde porteuse. Ainsi, chaque son simple, ayant une fréquence f , nous arrive sous la forme de deux fréquences : une supérieure et l'autre inférieure de f par rapport à la fréquence de l'onde porteuse F . Par conséquent ces deux fréquences sont : $(F+f)$ et $(F-f)$. Si le son est grave, autrement dit si sa fréquence f est faible, les deux fréquences latérales seront excessivement voisines de F ; mais, par contre, si le son transmis est aigu (donc ayant une fréquence f assez élevée), les deux fréquences de transport $(F+f)$ et $(F-f)$ seront assez éloignées de la fréquence initiale F . Comme les fréquences des sons ordinairement utilisés s'échelonnent entre 0 et 3,500, on voit immédiatement que chaque transmission doit obligatoirement nous parvenir sous la forme de tout un faisceau de fréquences, tantôt très voisines de la fréquence de l'onde porteuse, tantôt pouvant s'écarter de cette dernière en plus ou moins, de 3.500 oscillations par seconde. Telle est l'origine de la fameuse bande de 7 kilocycles ($3.500 + 3.500 = 7.000$) que la conférence de Prague a réservé à chaque station (fig. 11) pour éviter les brouillages des émissions voisines.

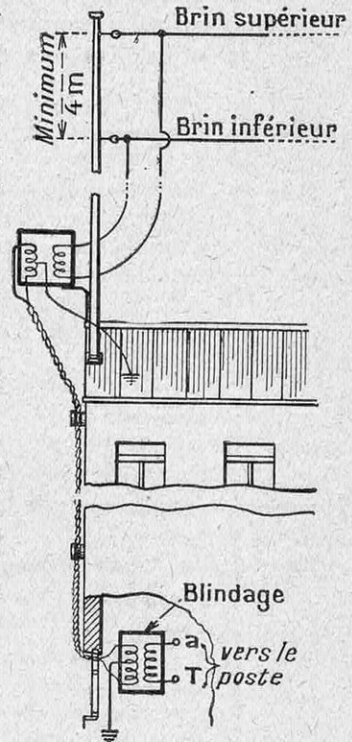


FIG. 10. — AUTRE DISPOSITIF POUR DIMINUER L'ACTION DES PARASITES ATMOSPHÉRIQUES

Le secondaire du transformateur couplant l'antenne au fil de descente est mis à la terre par son centre. Les fils de descente, torsadés, sont reliés au secondaire, de sorte que les actions des parasites dans les deux fils s'annulent.

Si le son est grave, autrement dit si sa fréquence f est faible, les deux fréquences latérales seront excessivement voisines de F ; mais, par contre, si le son transmis est aigu (donc ayant une fréquence f assez élevée), les deux fréquences de transport $(F+f)$ et $(F-f)$ seront assez éloignées de la fréquence initiale F . Comme les fréquences des sons ordinairement utilisés s'échelonnent entre 0 et 3,500, on voit immédiatement que chaque transmission doit obligatoirement nous parvenir sous la forme de tout un faisceau de fréquences, tantôt très voisines de la fréquence de l'onde porteuse, tantôt pouvant s'écarter de cette dernière en plus ou moins, de 3.500 oscillations par seconde. Telle est l'origine de la fameuse bande de 7 kilocycles ($3.500 + 3.500 = 7.000$) que la conférence de Prague a réservé à chaque station (fig. 11) pour éviter les brouillages des émissions voisines.

Comment on a concilié la sélectivité et la fidélité des récepteurs

En quittant l'antenne, les oscillations de diverses fréquences composant une émission pénètrent dans le premier circuit accordé du récepteur. La sensibilité d'un circuit accordé simple, composé d'une self et d'une capacité, tombe très rapidement, au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la fréquence de résonance, comme le montre la courbe de la figure 12. Si le circuit est accordé sur la fréquence de

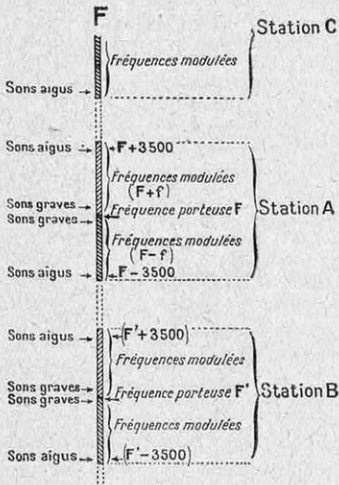


FIG. 11. — COMMENT SE PRÉSENTENT LES BANDES DE FRÉQUENCES ÉMISES PAR TROIS STATIONS VOISINES A, B, C

L'intensité de réception des fréquences extrêmes est à peine le quart de l'intensité de réception de l'onde porteuse. Comme, de plus, chaque son, même grave, est, en réalité, accompagné par des harmoniques très élevés, on comprend aisément que la réception résultante sera déformée par l'absence des sons aigus. Il suffit, évidemment, de rendre la courbe de résonance de notre circuit moins aiguë, comme le montre la figure 12. Il est certain que, de cette façon, nous recevons mieux les diverses fréquences composant l'émission; mais, hélas! nous recevons aussi, presque avec la même intensité, les fréquences extrêmes de l'émission voisine. Notre récepteur sera plus fidèle, mais ne sera plus sélectif.

Afin de remédier à l'inconvénient que nous venons d'exposer, il faudrait disposer d'un circuit accordé ayant une courbe de résonance aussi rectiligne que possible, dans le genre de la courbe purement théorique de la figure 12.

l'onde porteuse, il est évident que nous recevons très bien les fréquences voisines de cette dernière, c'est-à-dire les fréquences nous apportant les sons graves. Par contre, nous recevons très mal les fréquences extrêmes de la bande, c'est-à-dire celles nous apportant des sons aigus.

L'intensité de réception des fréquences extrêmes est à peine le quart de l'intensité de réception de l'onde porteuse. Comme, de plus, chaque son, même grave, est, en réalité, accompagné par des harmoniques très élevés, on comprend aisément que la réception résultante sera déformée par l'absence des sons aigus. Il suffit, évidemment, de rendre la courbe de résonance de notre circuit moins aiguë, comme le montre la figure 12. Il est certain que, de cette façon, nous recevons mieux les diverses fréquences composant l'émission; mais, hélas! nous recevons aussi, presque avec la même intensité, les fréquences extrêmes de l'émission voisine. Notre récepteur sera plus fidèle, mais ne sera plus sélectif.

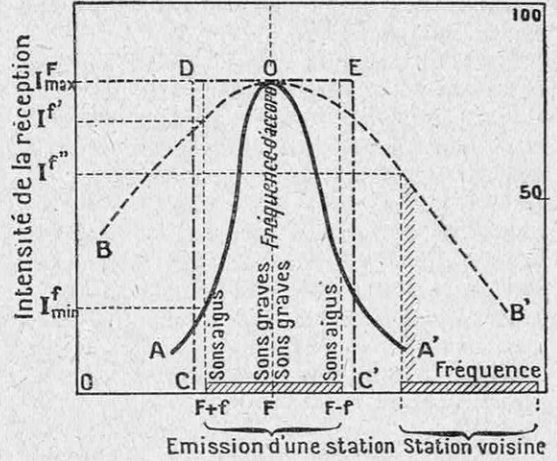


FIG. 12. — DIVERSES FORMES DES COURBES DE RÉSONANCE D'UN CIRCUIT ACCORDÉ

AA', courbe de résonance aiguë (sélectivité poussée, mauvaise réception des sons aigus); BB', courbe de résonance aplatie (bonne réception, mauvaise sélectivité); CDE C', courbe théorique parfaite de résonance.

Pour se rapprocher autant que possible de cette courbe idéale, on tend, aujourd'hui, à remplacer presque partout les circuits accordés simples par les circuits plus complexes dénommés « filtres de bande » et ayant, en effet, les courbes de résonance très voisines de la courbe théorique de la figure 12. Composés de plusieurs circuits accordés couplés plus ou moins fortement entre eux, ces filtres (fig. 14), nous donnent des courbes de résonance très satisfaisantes (fig. 13). Chaque filtre de bandes possédant plusieurs condensateurs accordables, leur emploi s'était limité, au début, à des étages à accord fixe, tels que les étages de moyenne fréquence dans les postes superhétérodynes; mais, actuellement, leur utilisation semble se généraliser, et un grand nombre de récepteurs modernes les utilisent, même pour les circuits de haute fréquence, en synchronisant les commandes de leurs multiples condensateurs variables. La figure 15 montre le schéma

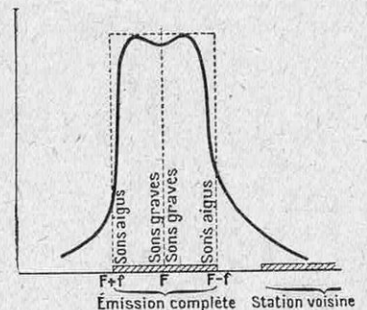


FIG. 13. — LA COURBE DE RÉSONANCE D'UN POSTE MODERNE SE RAPPROCHE DE LA COURBE PARFAITE DE LA FIGURE 12

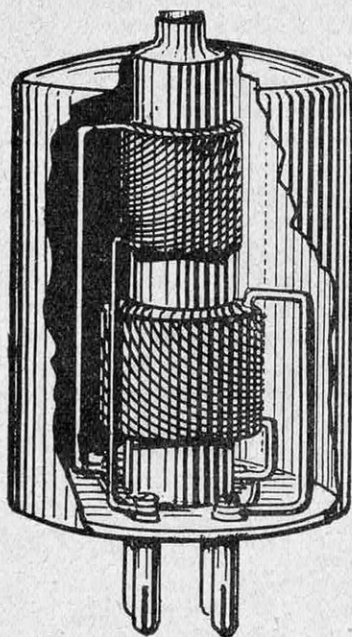


FIG. 14. — TYPE DE FILTRE D'UN RÉCEPTEUR MODERNE

de quelques « filtres de bandes » utilisés par les récepteurs modernes.

L'emploi de ces filtres permet, actuellement, d'obtenir une amplification considérable en haute et moyenne fréquence, tout en conservant, à toutes les fréquences composant une émission donnée, leurs intensités respectives.

Le rôle de l'élément *détecteur*, qu'aborde ensuite le signal reçu, consiste justement à faire apparaître les oscillations musicales contenues dans les oscillations de haute fréquence. Il est évident que, seules, les fréquences amplifiées uniformément permettront au détecteur de reproduire aussi bien les sons aigus que les sons graves.

Le fonctionnement du détecteur lui-même fut longtemps considéré comme exempt de toute déformation, et toute l'attention des techniciens était portée vers l'amélioration des circuits haute fréquence précédant le détecteur

et des circuits basse fréquence le réunissant au haut-parleur. C'est seulement après l'amélioration du rendement musical des circuits se trouvant en amont et en aval de l'ensemble détecteur que les techniciens purent se rendre compte que la détection communément utilisée était loin de la perfection, car les grandes amplitudes étaient relativement moins bien détectées que les faibles ou les moyennes. Il en résultait une reproduction un peu trop uniforme. On a remédié à cet inconvénient au moyen de lampes à deux électrodes, qui feront l'objet d'une étude ultérieure.

L'amplification en basse fréquence : liaison par transformateurs et liaison par résistances

Le signal sonore reconstitué par la détection ne possède pas, même dans les appareils les plus puissants, l'énergie suffisante pour actionner directement un haut-parleur. Un amplificateur approprié, dit « de basse fréquence », placé entre le détecteur et le haut-parleur, est chargé de donner au signal la puissance nécessaire. Ces amplificateurs se divisent en deux catégories : la première utilisant les transformateurs (fig. 16) pour relier les diverses lampes ; la seconde a recours, pour cette liaison, aux condensa-

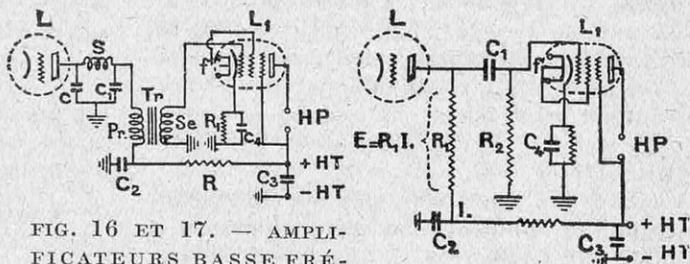


FIG. 16 ET 17. — AMPLIFICATEURS BASSE FRÉQUENCE A LIAISON ENTRE ÉTAGES, PAR TRANSFORMATEURS (A GAUCHE) ET PAR RÉSISTANCES (A DROITE)

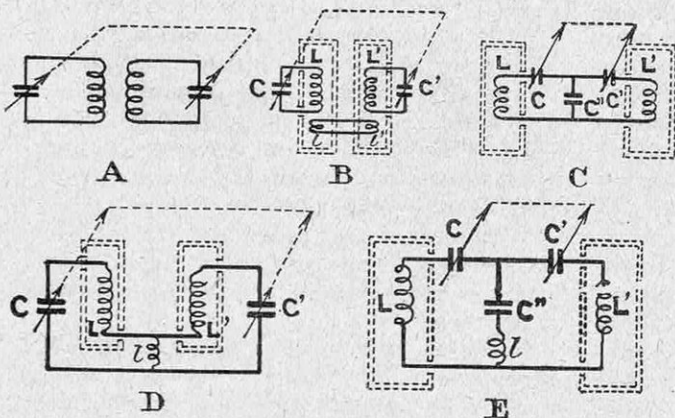


FIG. 15. — QUELQUES TYPES DE « FILTRES DE BANDES » UTILISÉS DANS LES POSTES DE T. S. F.

teurs et aux résistances (fig. 17).

Il y a quelques années encore, les transformateurs à basse fréquence utilisés dans ces amplificateurs ne reproduisaient que bien irrégulièrement les diverses fréquences musicales (fig. 18, courbe a).

Il était évidemment possible, à cette époque, d'avoir recours à des amplificateurs à « résistance » pratiquement apériodiques ; mais, malheureusement, l'emploi de ces derniers exigeait des tensions anodiques assez élevées. En effet, le courant plaque passant dans les

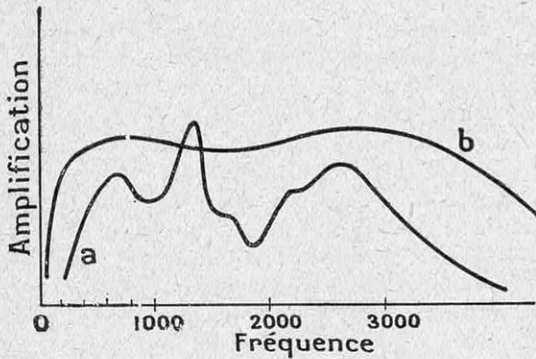


FIG. 18. — COURBES D'AMPLIFICATION DE TRANSFORMATEURS BASSE FRÉQUENCE

La courbe a, irrégulière, se rapporte à un mauvais transformateur; la courbe b, régulière, à un bon transformateur moderne.

résistances produisait une chute de tension de l'ordre d'une centaine de volts (fig. 17). Si l'on voulait conserver sur la plaque une tension convenable pour la bonne amplification, il fallait donc avoir recours à des tensions anodiques de l'ordre de 200-250 volts, bien difficiles à réaliser sur des appareils alimentés par piles ou accus. Étant obligés d'utiliser les transformateurs, les constructeurs ont amélioré très sérieusement leur qualité, et les transformateurs modernes présentent une courbe de rendement pratiquement uniforme pour toute la gamme de fréquence musicale (fig. 18, courbe b). Malheureusement, ces transformateurs utilisant des alliages de fer très coûteux sont chers, et, seuls, les appareils de prix élevés peuvent se permettre leur emploi.

Dans ces conditions, dès que la vulgarisation de l'alimentation par secteur permit d'obtenir facilement des tensions élevées, presque tous les constructeurs de postes de prix moyens ou bon marché, handicapés

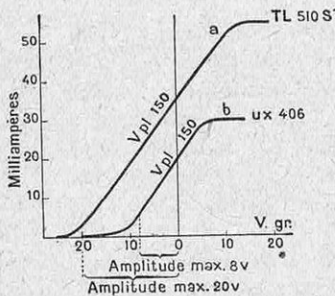


FIG. 19. — COURBES D'AMPLIFICATION DE LAMPES A BASSE FRÉQUENCE

La courbe a se rapporte à une lampe moderne; la courbe b à une lampe ancienne.

jusqu'à par l'obligation d'utiliser des transformateurs médiocres, ont adopté presque immédiatement la liaison par résistance, améliorant ainsi, d'une façon très considérable, le rendement de leurs appareils.

Les lampes

« basse fréquence » elles-mêmes ont été particulièrement étudiées. Les caractéristiques de ces lampes présentent, aujourd'hui, une grande partie rectiligne et permettent une amplification linéaire, même pour les oscillations d'une grande amplitude. Ainsi, les courbes de la figure 19, tracées à la même échelle (la courbe a pour une lampe finale moderne, et la courbe b pour une lampe utilisée dans le même but, il y a quelques années seulement), montrent clairement que la partie rectiligne de la deuxième admet au maximum des amplitudes de 8 volts, tandis que la première peut amplifier sans distorsion les oscillations de 20 à même 30 volts.

Le signal amplifié par l'ensemble basse fréquence

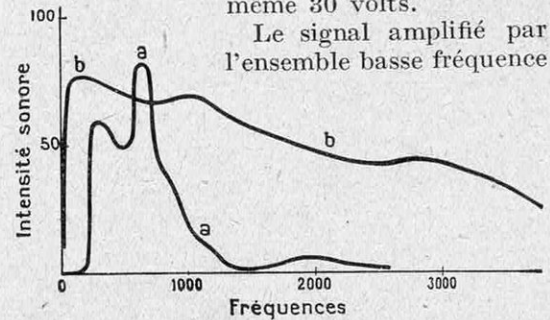


FIG. 20. — COURBE DE « RÉPONSE » DE HAUT-PARLEURS ANCIEN ET MODERNE

On voit combien le haut-parleur moderne (courbe b) reproduit fidèlement les sons de diverses fréquences, alors que l'ancien (courbe a) ne donnait ni les sons graves ni les sons aigus.

est prêt à être converti en oscillations sonores de l'air, et c'est au haut-parleur qu'incombe cette tâche.

Les perfectionnements apportés au haut-parleur

Depuis la disparition des haut-parleurs à cornet et, par suite, de l'utilisation des diffuseurs à membranes plus ou moins libres, la reproduction des sons a remarquablement progressé. Mais, c'est surtout l'apparition récente des haut-parleurs dynamiques, ou analogues, munis d'un équipage mobile léger et aperiodique, qui a assuré la reproduction presque parfaite des fréquences les plus diverses (fig. 20).

C'est le gain de sensibilité du côté des basses fréquences qui donne aux haut-parleurs dynamiques leur ton chaud et doux si apprécié.

Toutefois, l'apparition des haut-parleurs reproduisant les notes très basses a mis en évidence le phénomène du « court-circuit acoustique », qui passait inaperçu avec les haut-parleurs anciens. En effet, supposons

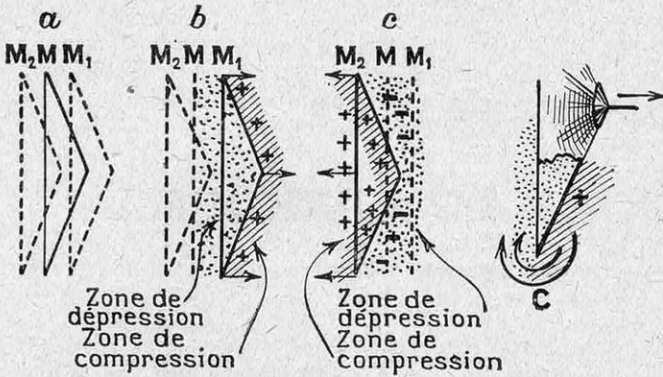


FIG. 21. — COMMENT SE PRODUIT LE PHÉNOMÈNE DU « COURT-CIRCUIT ACOUSTIQUE » DANS LES HAUT-PARLEURS A DIFFUSEURS

a) La membrane du diffuseur vibre, entre M_1 et M_2 , autour de sa position M . — b) En allant de M à M_1 , elle crée une compression derrière elle et une dépression devant elle. — c) L'inverse se produit quand la membrane va de M à M_2 . — Pour la reproduction des notes basses, les deux zones de compression et de dépression peuvent se rejoindre par-dessus le bord de la membrane et s'annuler. Aucun son n'est alors reproduit.

(fig. 21) que la membrane du haut-parleur se déplace en vibrant entre les deux positions extrêmes. Pendant la première demi-période, en se déplaçant de M à M_1 , elle va produire une zone de dépression devant et une zone de compression derrière elle (fig. 21). Pendant la deuxième moitié de la période, elle se déplacera de M à M_2 et produira une compression devant et une dépression derrière elle. C'est, d'ailleurs, ces dépressions successives qui, se propageant dans l'air, impressionnent nos oreilles. Ainsi, chaque dépression, ou compression, dure une demi-période, c'est-à-dire qu'elle reste plus long-

temps près de la membrane pour les notes graves que pour les notes aiguës. Supposons que la membrane vibre très lentement en reproduisant un son grave. Au moment où elle vient de reculer, en créant une dépression devant et une compression derrière elle (fig. 21), il peut arriver que les deux zones contraires, en se propageant dans l'air, puissent se rencontrer et s'annuler mutuellement *par-dessus le bord de la membrane*, avant même que celle-ci ait le temps de commencer la deuxième demi-période. Dans ces conditions, nul son ne se propagera dans l'air. Le cas n'est pas le même pour des fréquences élevées, car la membrane enverra dans l'espace

plusieurs ondes formées de compressions et dépressions, avant que les compressions ou dépressions du côté opposé puissent contourner son bord. Pour permettre à la membrane de reproduire les notes graves, il fallait donc allonger le chemin entre les deux faces de la membrane en entourant cette dernière

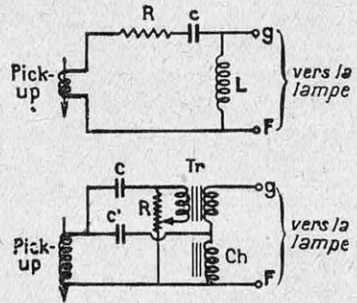


FIG. 23. — SCHÉMAS DE LIAISON D'UN PICK-UP AU POSTE RÉCEPTEUR

par un grand écran, ou « baffle ». Cet écran peut être ou plat, comme c'est le cas des haut-parleurs installés dans les salles publiques, ou avoir la forme d'un carré, comme dans les postes récepteurs. C'est la longueur $a b$ du chemin séparant les deux faces vibrantes qui détermine l'efficacité de l'écran (fig. 22). Le chemin minimum de 50 centimètres est considéré comme nécessaire pour la bonne reproduction des notes basses.

Ainsi, depuis l'antenne jusqu'au haut-parleur, les améliorations apportées ont permis d'accroître la fidélité de la reproduction. Réunies dans un récepteur vraiment moderne, elles ont abouti, enfin, à l'avènement du poste vraiment musical. A ces perfectionnements, il ne faut pas oublier d'ajouter ceux qui résultent de la commande unique, qui permettent aujourd'hui à quiconque d'effectuer sans difficulté les réglages.

C.-N. VINOGRADOV.

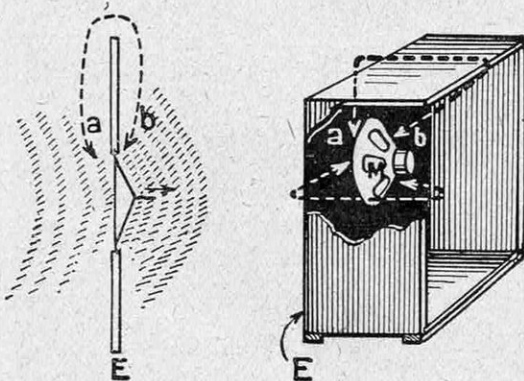


FIG. 22. — ON ÉVITE LE « COURT-CIRCUIT ACOUSTIQUE » AU MOYEN D'UN ÉCRAN E, DE SORTE QUE LE TRAJET ENTRE a ET b EST SUFFISAMMENT LONG POUR ÉVITER LE PHÉNOMÈNE INDIQUÉ FIGURE 21

L'AMÉNAGEMENT DE PARIS

LE NOUVEAU PONT DU CARROUSEL

Par Léon PONDEVEAUX

APRÈS la réfection des trois ponts sur la Seine, de Notre-Dame, de la Tournelle et de la Concorde, le pont du Carrousel, en plein centre et devant le plus beau monument de Paris, va, à son tour, être reconstruit, afin de répondre pleinement aux nécessités de la circulation des véhicules et de l'écoulement des eaux.

Le pont actuel, établi par Polonceau, de 1831 à 1834, et composé de trois arches en fonte de 47 mètres d'ouverture chacune, repose sur des piles de 4 mètres d'épaisseur et des culées en maçonnerie fondées sur des massifs de béton coulé dans des enceintes de pieux et palplanches protégées par des enrochements. Cet ouvrage, très hardi pour l'époque, est un des premiers ponts métal-

liques construits en France. Prévu pour un passage de 150 véhicules par jour, — chiffre qui nous fait sourire, — il a 12 mètres de largeur entre gardes-corps, dont 7 mètres pour la chaussée, chiffre notoirement insuffisant.

De plus, le pont du Carrousel actuel débouche, sur la rive gauche, à 38 mètres à l'aval de la rue des Saints-Pères et, sur la rive droite, à 23 mètres à l'amont des guichets du Louvre. C'est là un double inconvénient pour la circulation des voitures. Le nouveau pont doit donc être établi en face des guichets du Louvre.

On a adopté une largeur entre parapets de 33 mètres, dont 21 mètres pour la chaussée, égale à celle du nouveau pont de la Con-

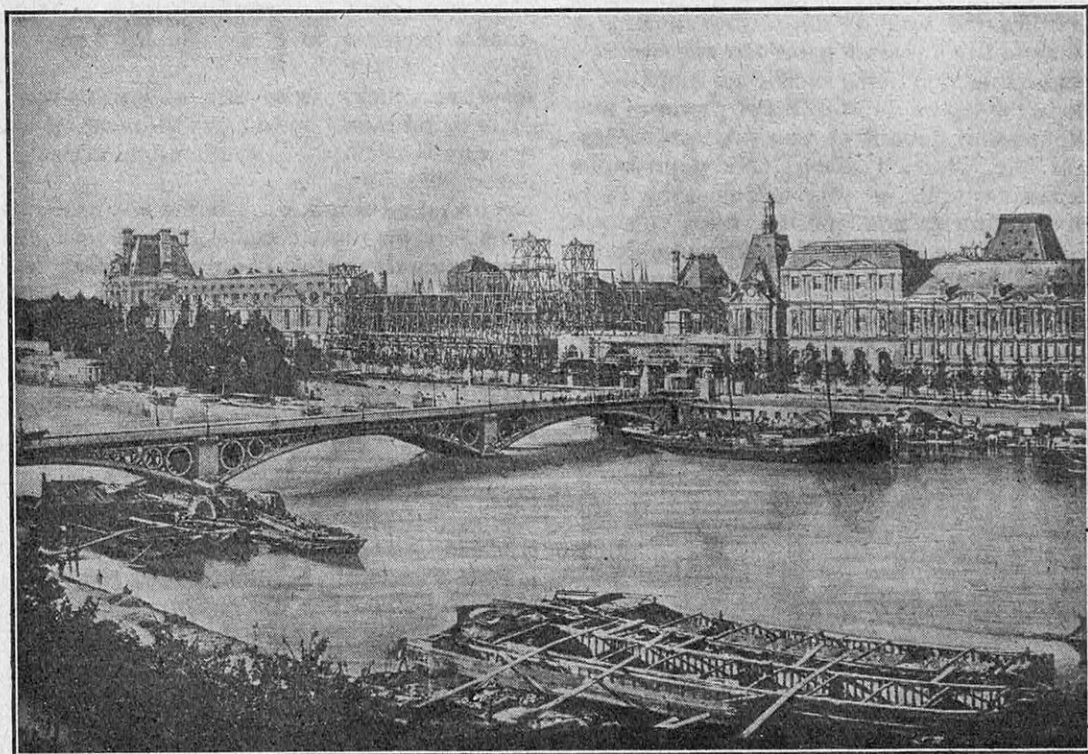


FIG. 1. — LE PONT DU CARROUSEL ACTUEL. VUE PRISE EN 1854, AU MOMENT DE LA CONSTRUCTION DES NOUVEAUX GUICHETS DU LOUVRE

corde, et 6 mètres pour chacun des trottoirs. Le pont encadrera exactement le motif central des guichets du Louvre et pourra être construit entièrement sans toucher au pont actuel. Les culées auront 62 m 70 de longueur.

En outre, le rescindement des bas ports permettra, à la fois, d'améliorer l'écoulement des eaux, par un agrandissement du lit du fleuve de 105 à 120 mètres, et d'élargir les quais, qui gagneront 6 mètres sur la rive droite et 24 mètres sur la rive gauche. Sur cette rive, un passage souterrain de 6 m 50 est prévu pour les voitures.

Un ouvrage à une seule arche jurerait avec

veau pont le même aspect que la maçonnerie.

Le nouveau pont améliorera de beaucoup la navigation et l'écoulement des crues. Les trois arches seront praticables en toute saison, alors qu'actuellement celle de gauche ne l'est qu'en basses eaux, et celle de droite jamais. En temps normal, la section d'écoulement au droit du pont passera de 427 à 524 mètres carrés, et la section aux abords de l'ouvrage, de 556 à 601 mètres carrés. Pour une crue semblable à celle de 1910, grâce au relèvement des naissances des arcs, la section d'écoulement au droit du pont passera de 1.087 mètres carrés à 1.285, et le lit mineur aux abords de l'ouvrage de

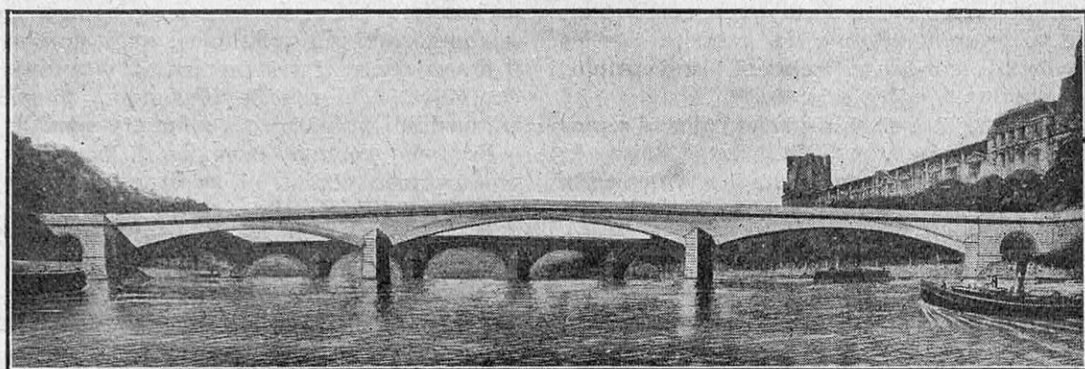


FIG. 2. — MAQUETTE DU NOUVEAU PONT DU CARROUSEL DE PARIS, DONT LA CONSTRUCTION VA ÊTRE ENTREPRISE PROCHAINEMENT

le cadre qui l'entoure. On a donc adopté un type de pont à trois arches, ayant des ouvertures et des surbaissements modérés, qui s'apparentera, par ses lignes et sa décoration, aux autres grands ponts de pierre du centre de Paris.

Les deux arches latérales auront 36 m 25 d'ouverture et 3 m 27 de flèche ; l'arche centrale sera portée, pour raison d'esthétique, à 43 mètres, avec 4 m 12 de flèche. Sur les berges, deux arcs de décharge de 4 m 70 de diamètre donneront un débouché supplémentaire à l'écoulement des crues.

C'est au béton avec placage de pierre de taille sur les parements visibles que l'on fera appel pour cette construction. Ce système présente trois avantages sur l'utilisation de la maçonnerie : prix moindre, plus grande rapidité d'exécution, nécessité d'une main-d'œuvre moins importante. Le placage en pierre de taille donnera, d'ailleurs, au nou-

veau pont le même aspect que la maçonnerie.

L'exécution des travaux est conçue de manière à ne pas gêner la circulation terrestre, puisqu'on ne touchera pas au pont actuel avant la mise en service du nouvel ouvrage ; elle ne gênera, d'autre part, la navigation que dans une mesure insignifiante.

On prévoit le complet achèvement du pont pour la fin de 1935.

La dépense prévue s'élève à 21 millions pour la reconstruction du pont proprement dite, à 4 millions 300.000 francs pour la rectification des berges, à 8 millions 400.000 francs pour l'élargissement des quais, à 2 millions 300.000 francs pour le passage souterrain de la rive gauche, soit, au total, 36 millions, dont 15 millions et demi seront au compte de l'Etat et 20 millions et demi à ceux de la Ville de Paris et du département de la Seine.

LÉON PONDEVEAUX.

LA PART DE LA SCIENCE DANS LA CRÉATION DE L'ALIMENT COMPLET

Par Jacques MAURELLE

Les recherches effectuées en laboratoire, au cours de ces dernières années, ont profondément modifié notre conception de l'aliment complet. Jadis, en effet, on ne se préoccupait que des calories que les diverses substances étaient susceptibles d'apporter à notre organisme.

Aujourd'hui, on sait que les calories seules ne suffisent pas et qu'il faut autre chose : la présence de vitamines, pour que les calories puissent être utilisées au cours du processus de la nutrition (1).

Or, on sait également que ces vitamines se comportent comme des êtres vivants, délicats, auxquels on peut ôter la vie avec une très grande facilité. Il suffit, en effet, de faire bouillir un liquide pour tuer les vitamines qu'il renferme. Dans la préparation d'un aliment complet, on s'attachera donc à ne pas

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 158, page 149.

dépasser une certaine température, voisine de 60°.

Certes, l'aliment complet devra comporter les matières albuminoïdes, les graisses, les sels minéraux indispensables ; mais, de plus, il devra contenir ces précieuses vitamines. Or, grâce à la science biologique, on sait aujourd'hui préparer ces aliments parfaits.

Prenons comme exemple l'*Ocomaltine*, produit bien connu, et assistons ensemble aux diverses opérations de sa préparation.

Nous verrons comment on a résolu heureusement ce délicat problème de l'alimentation en faisant appel à des matières premières, déjà absolument pures à leur origine et riches en substances vivantes. Nous verrons à quel judicieux traitement ces substances : orge, lait, œufs et cacao sont soumises avant de réaliser un nouveau complexe nutritif.

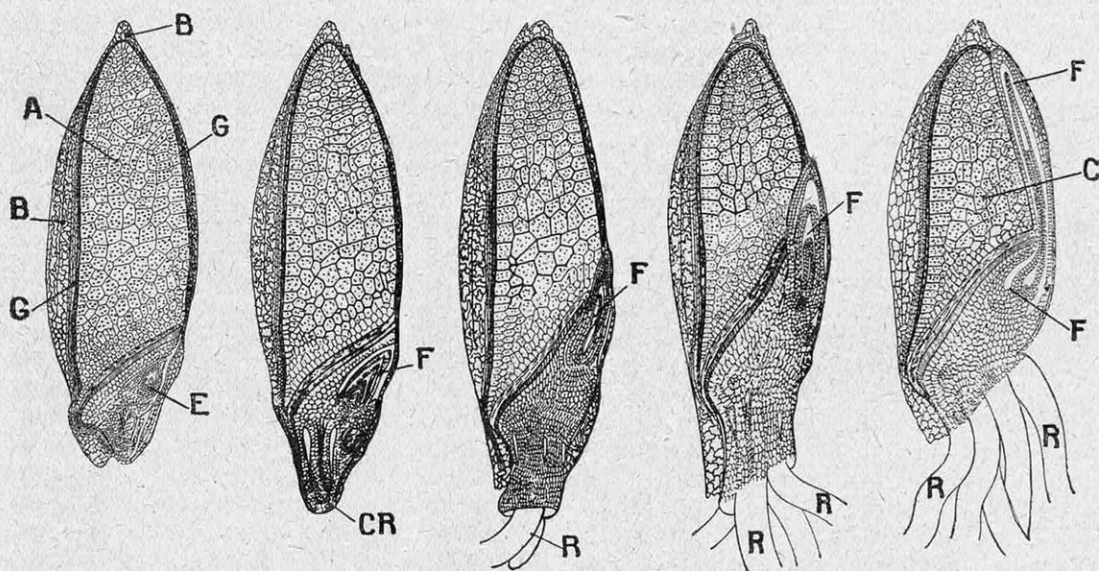


FIG. 1. — TRANSFORMATION DU GRAIN D'ORGE PENDANT LA GERMINATION

A, albumen amylicé ; B, balle ; G, gluten ; E, embryon ; F, foliole ; CR, coiffe des radicelles ; R, radicelles. — On voit que, du premier au huitième jour, la foliole atteint presque la hauteur du grain, que les radicelles s'allongent et, surtout, que les parois cellulaires C de l'albumen amylicé sont dissoutes presque jusqu'à la pointe. C'est le grain ainsi « malté », débarrassé des radicelles, qui sera utilisé.

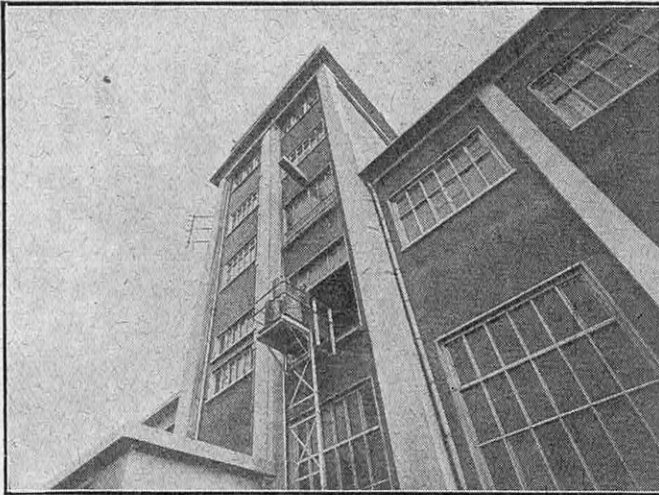


FIG. 2. — LA TOUR SILO OU LES GRAINS MALTÉS ET LE CACAO SONT EMMAGASINÉS, AVANT DE RENTRER DANS LE CYCLE DE LA FABRICATION DE L' « OVOMALTINE »

La préparation de l'extrait de malt

Voici l'arrivage des grains d'orge. Pour les malter, ils sont d'abord humectés, pendant un certain temps, par immersion dans l'eau, dans des cuves spéciales. Puis le grain est répandu en couches peu épaisses dans des salles spacieuses, dites *germoirs*, où commence, surveillé par le thermomètre et sous une aération contrôlée, le travail de la germination (fig. 1).

La durée de cette germination varie, selon la température extérieure, de neuf à douze jours. C'est là une opération extrême-

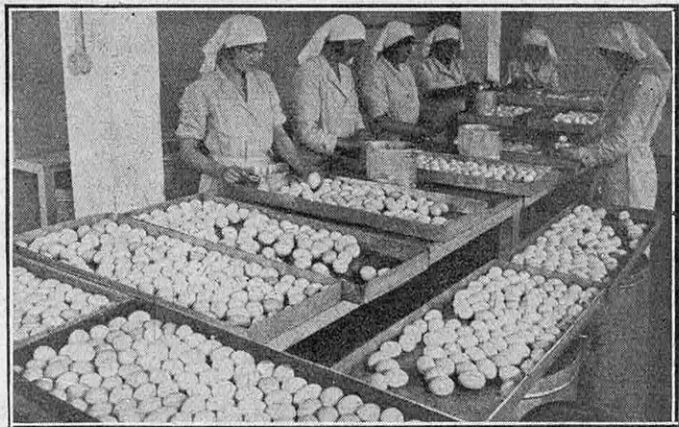


FIG. 4. — LES ŒUFS SONT CASSÉS À LA MAIN. C'EST LA SEULE OPÉRATION QUI NE SOIT PAS MÉCANIQUE

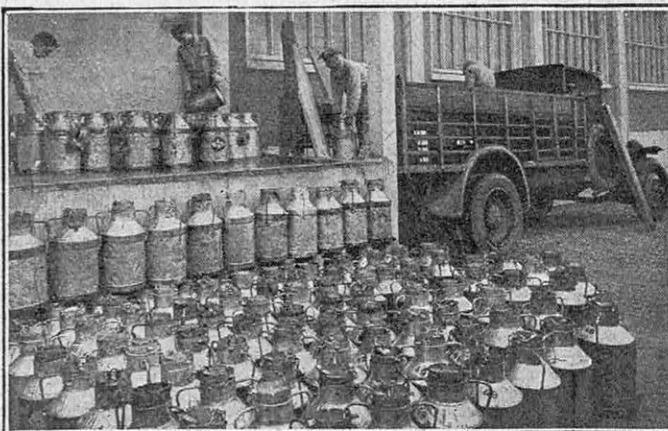


FIG. 3. — ARRIVAGE DU LAIT À L'USINE

ment délicate, qui demande une constante surveillance, puisqu'il s'agit, en l'occurrence, de suppléer la nature par la main de l'homme pour réveiller les énergies vivantes en sommeil dans le grain.

La germination terminée, les grains sont séchés à basse température et, après avoir été débarrassés de leurs radicelles par battage dans une machine appropriée, sont livrés à l'usine Ovomaltine sous le nom de malt.

Là, ce malt est aspiré dans de vastes silos, d'où il est repris, suivant les besoins de la fabrication, après avoir été pesé automatiquement, afin d'assurer les proportions établies pour la composition du produit. Après son passage sur la bascule, ce

grain est à nouveau mis « en trempé » dans d'immenses cuves où, au contact d'une eau chauffée à environ 50°, il macère le temps nécessaire à l'obtention d'une infusion. Cette infusion, dite infusion de malt, de couleur jaune clair rappelant celle du tilleul, est la première phase de la fabrication de l'extrait de malt proprement dit. On la recueille ensuite dans de grands bacs d'où elle alimente des sortes de cornues en cuivre (fig. 6), avec des voyants de verre épais, dans lesquelles elle est peu à peu réduite en sirop sous l'action

du vide et toujours à basse température.

Avec ce sirop, nous sommes en présence de l'extrait de malt, dans lequel nous retrouvons les hydrates de carbone, les sels minéraux, les vitamines et les diastases renfermés dans le grain d'orge, à l'état pur, c'est-à-dire débarrassés de tous les déchets et substances inutiles à la nutrition.

Les autres matières premières : lait, œufs, cacao

Le lait provenant des meilleures sources, à chaque instant contrôlé, fournit à l'aliment complet sa caséine, ses matières grasses, ses albuminoïdes, sa lactose.

Les œufs, de leur côté, lui apportent leurs substances phosphorées, leurs lécithines, leurs nucléines, stimulants de l'activité cérébrale et nerveuse. Ces œufs, reçus directement d'élevages importants, sont cassés à la main, puis brassés mécaniquement avant d'entrer dans l'ensemble de la masse d'où va naître l'*Ovomaltine*.

Enfin, le cacao est ajouté au produit, dans une faible proportion, pour lui communiquer son fin arôme; mais il lui apporte aussi ses matières azotées, son beurre et ses substances minérales, pour ne pas nom-

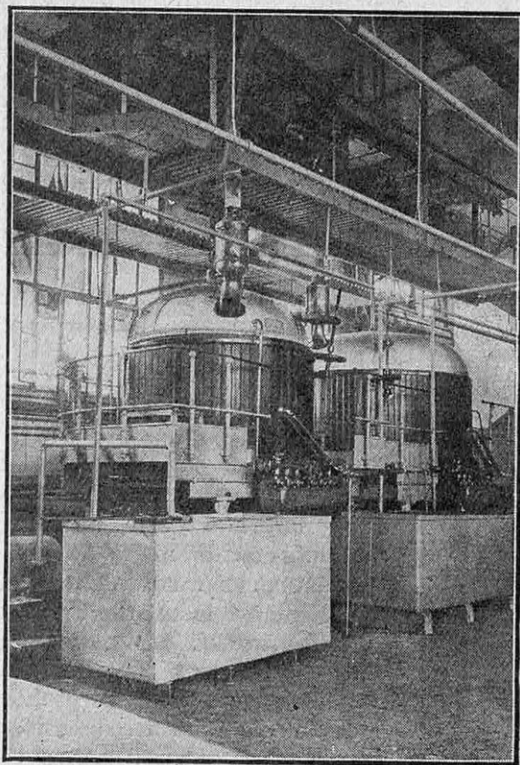


FIG. 5. — CUVES OU SE PRÉPARE L'INFUSION DU GRAIN MALTÉ DANS DE L'EAU A 50°

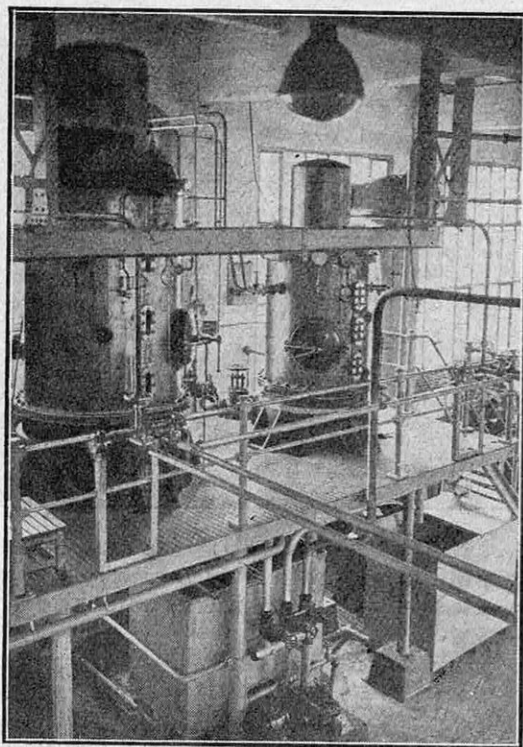


FIG. 6. — ÉVAPORATEURS UTILISÉS POUR PRÉPARER L'EXTRAIT DE MALT (A GAUCHE) ET POUR DÉSHYDRATER LE MÉLANGE EXTRAIT DE MALT, LAIT, JAUNE D'ŒUFS ET CACAO (A DROITE) VENANT DES MALAXEURS (FIG. 7)

mer le théobromine, alcaloïde qui, telle la caféine et la théine, exerce une action stimulante sur l'organisme.

La préparation de l'aliment complet

Nous voici donc en présence de l'extrait de malt, du lait, du jaune d'œuf homogénéisé et du cacao, qui vont maintenant être assemblés dans des proportions physiologiquement convenables.

Ce travail s'opère dans de grandes bassines en cuivre, à l'aide de malaxeurs et de filtres divers, et, lorsque l'émulsion est achevée dans la forme voulue, elle passe dans un nouvel ensemble de cornues où elle est évaporée et distillée.

Encore humide à son origine, le produit obtenu est introduit dans des séchoirs, qui achèvent d'en extraire les dernières traces d'humidité et la transforment en une masse cristallisée. Celle-ci passe aussitôt après dans une broyeuse spéciale, où elle est réduite en fines paillettes qui vont être livrées à la consommation. Sous cette forme, l'*Ovomaltine* est née. Elle contient les éléments nutritifs que lui fournissent les 60 % d'extrait de

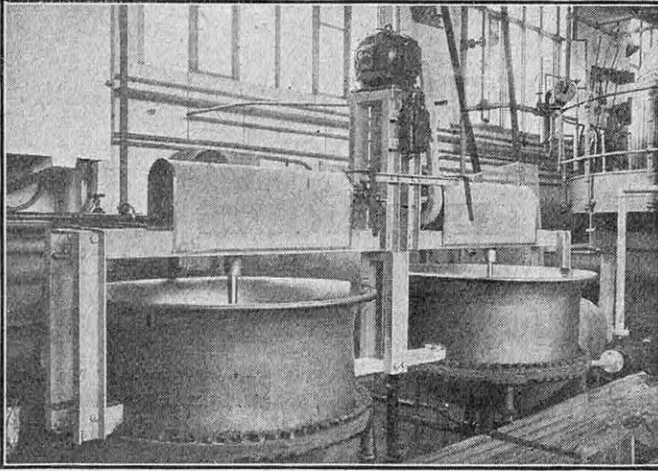


FIG. 7. — MALAXEURS DE CUIVRE OU S'OPÈRE LE MÉLANGE EXTRAIT DE MALT, LAIT, CACAO

malt, les 25 % de lait, les 5 % de jaunes d'œufs et les 8 % de cacao dont elle est faite.

Il ne reste plus, maintenant, qu'à l'amener dans l'atelier d'ensachage, où, en passant par les peseuses automatiques, elle est mise en boîtes. Celles-ci sont, à leur tour, serties sous vide pour assurer la conservation parfaite de toutes ses qualités vivantes, en même temps que l'arôme naturel de ses composants.

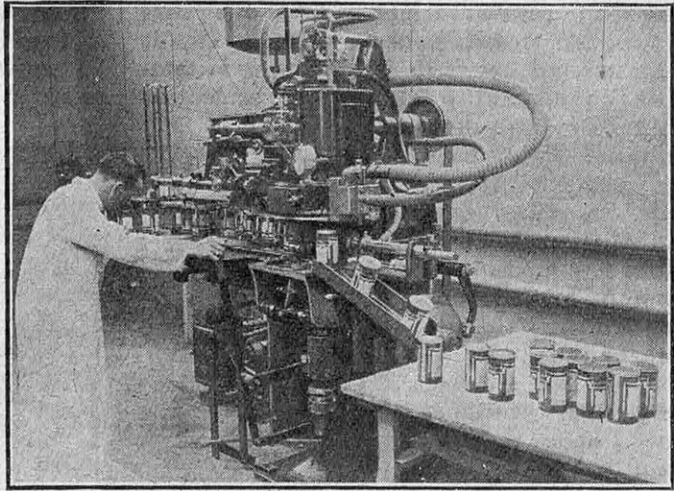


FIG. 9. — SERTISSAGE AUTOMATIQUE DES BOITES SOUS VIDE

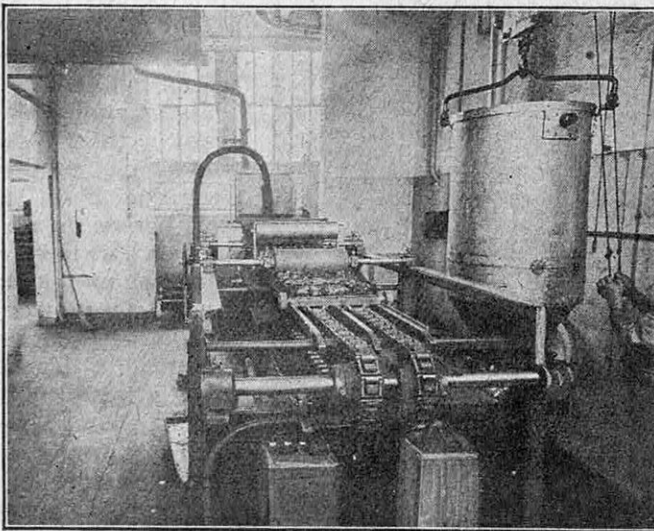


FIG. 8. — L'« OVOMALTINE » DESSÉCHÉE EST RÉDUITE EN FINES PAILLETTES. ELLE EST EMPORTÉE ALORS DANS LA TRÉMIE, A DROITE, VERS L'ATELIER D'ENSACHAGE

cun moment, les précieuses vitamines ne peuvent être détruites. Pureté absolue, activité garantie par vérification quotidienne du laboratoire de l'usine, pouvoir nutritif remarquable grâce aux matières premières utilisées, telles sont les importantes qualités de cet aliment reconstituant physiologiquement complet composé de : 70,6 % d'hydrates de carbone, 2,02 % d'eau, 3,7 % de sels minéraux, 8,2 % de graisses, 14,5 % d'albumine.

La science a donc permis de créer l'aliment complet par excellence, pour répondre aux besoins nouveaux de notre ère nouvelle, trépidante et agitée.

J. MAURELLE.

LE DÉMARRAGE AUTOMATIQUE ET PROGRESSIF DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

Par Jean MARIVAL

LA diffusion de l'emploi des machines électriques est, évidemment, liée au démarrage automatique des moteurs. Les rhéostats, généralement utilisés, sont constitués par un certain nombre de spires formant résistance électrique, que l'on introduit progressivement dans le circuit des moteurs, avant de leur envoyer la totalité du courant qu'ils doivent seulement absorber lorsque leur régime normal de marche est atteint. Or, ces spires sont métalliques et la progression de courant qu'elles essaient de réaliser s'effectue en réalité par à-coups. Elle n'existe donc que théoriquement et les moteurs qui les utilisent s'en aperçoivent à leur détrimement.

Il existe cependant un autre moyen de construire des rhéostats : c'est de plonger des électrodes dans un liquide acidulé. Plus elles seront profondément enfoncées, plus elles laisseront passer de courant. Ce système est très progressif, puisque les électrodes peuvent être animées d'un mouvement de descente plus ou moins lent.

Toutefois, ce système nécessite l'emploi d'un dispositif mécanique souvent compliqué, par con-

séquent pouvant être sujet à des défaillances.

Le principe étant cependant excellent, un ingénieur, M. René Planche, a réussi à tourner élégamment la difficulté.

Puisque, s'est-il dit, il est difficile d'assurer la plongée régulière des électrodes dans le liquide, il sera peut-être possible de les laisser fixes et de leur envoyer régulièrement et automatiquement le liquide qui les baignera progressivement.

Comment fonctionne le rhéostat électrolytique

Idée fort simple, mais dont la réalisation a nécessité cependant plusieurs années de recherches avant de se présenter avec tous les avantages que l'on était en droit d'en attendre. Voici le principe de l'appareil mis au point.

Si, dans une petite cuve à trois électrodes, en relation électrique avec les trois bornes du moteur, on fait monter peu à peu un liquide conducteur du courant, on réalisera un rhéostat de démarrage absolument parfait, parce que la montée du liquide peut être assurée par une pompe commandée par le moteur lui-même. On pourrait appeler un tel moteur : autodémar-

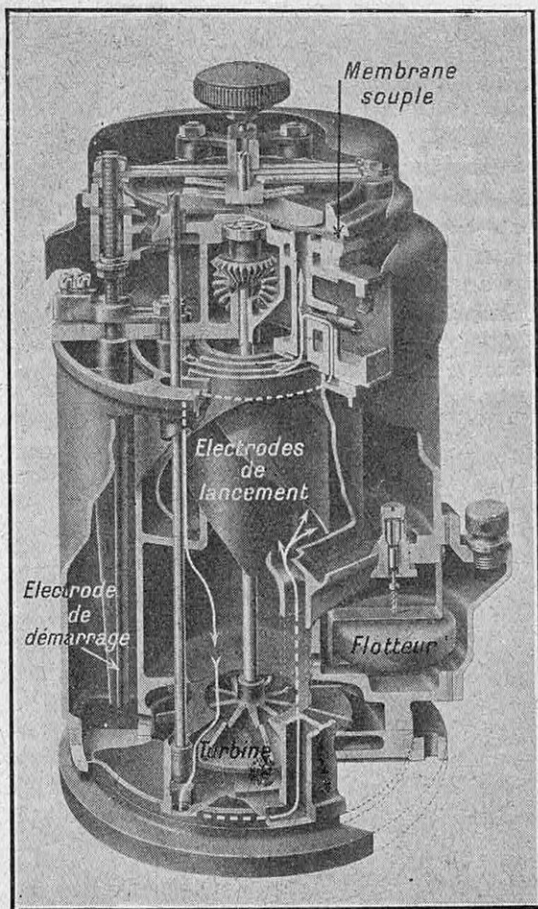


FIG. 1. — VUE D'ENSEMBLE DU DÉMARREUR POUR MOTEUR ÉLECTRIQUE DE M. PLANCHE, MONTRANT SES DIFFÉRENTS ORGANES

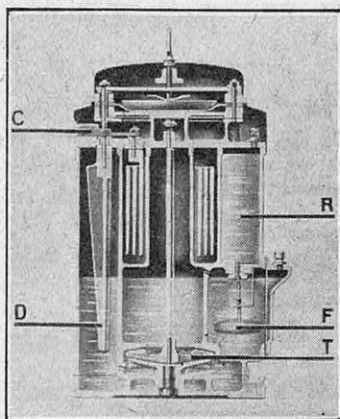


FIG. 2.
RHÉOSTAT AU REPOS, PRÊT A DÉMARRER

Moteur à l'arrêt ou sur première phase de démarrage (mise en route de la turbine T, qui, commençant seulement à tourner, ne produit pas encore de pression appréciable). L'électrolyte est au

repos, le niveau est uniforme. Le réservoir de réserve R est fermé par le flotteur F, qui se trouve noyé. Les trois électrodes de démarrage D sont seules partiellement noyées et assurent pendant la première phase de mise en route l'alimentation du moteur, auquel elles sont reliées électriquement par l'intermédiaire des cosses de départ C.

reur si le terme n'avait été employé pour réaliser une solution différente.

Ce nouveau rhéostat liquide se présente sous la forme d'une petite cuve métallique très robuste, pourvue d'un réservoir à liquide qui alimente un récipient inférieur par l'intermédiaire d'un flotteur. Dans ce dernier récipient est logée une petite turbine à axe vertical, commandée par pignons d'angles et une poulie à courroie reliée au moteur électrique dont il faut assurer le démarrage. Au-dessus du récipient inférieur

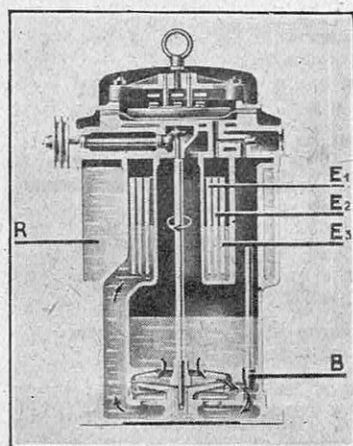


FIG. 3.
RHÉOSTAT EN PÉRIODE DE DÉMARRAGE

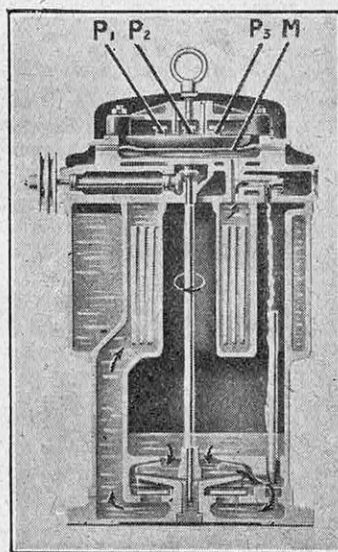
Moteur et turbine sont en rotation depuis un certain temps déjà. Les électrodes médianes E₁, E₂, E₃ sont de plus en plus noyées. La résistance électrique diminue, le moteur

accélère. Du fait de la pression produite par la turbine, la soupape de retenue inférieure est fermée ; le passage de l'électrolyte se fait par l'orifice freiné par le bouchon B, dont le réglage, commandé de l'extérieur, permet de faire varier la vitesse de montée du liquide dans le rhéostat et permet, de ce fait, de modifier la durée du démarrage.

se trouve un deuxième réservoir qui contient trois électrodes circulaires reliées aux bornes du moteur, et, à côté, un troisième récipient renferme également trois autres électrodes plus hautes que les premières et descendant en permanence dans le liquide conducteur (fig. 2).

La figure 2 montre l'appareil au repos. Le flotteur a laissé échapper une fois pour toutes la quantité de liquide nécessaire à la mise en marche ; les électrodes dites de démarrage plongent d'une faible quantité dans le liquide, assurant ainsi l'envoi d'un courant très réduit dans le moteur au moment de l'enclenchement.

FIG. 4.
RHÉOSTAT EN FIN DE DÉMARRAGE APRÈS EXÉCUTION DE LA MISE EN COURT-CIRCUIT



Le moteur est complètement lancé. Toutes les électrodes (de démarrage ou électrodes secondaires) sont complètement noyées. La pression de l'électrolyte refoulé par la pompe soulève la membrane souple supérieure M, qui court-circuite les trois phases du moteur par appui énergique contre les barrettes supérieures P₁, P₂ et P₃, reliées elles-mêmes aux cosses de départ C (fig. 1). Le surplus de l'électrolyte, refoulé, revient dans le réservoir de départ, produisant une légère circulation de cet électrolyte, ce qui égalise la température.

A cet instant, le courant éprouve une grande résistance pour traverser le peu de liquide qu'il trouve entre les électrodes ; le moteur en reçoit donc lui-même fort peu et il se met à tourner très lentement. Mais il tourne et cela suffit pour entraîner la turbine qui commence à envoyer du liquide dans la chambre des trois électrodes de lancement. Ces électrodes baignent plus complètement, la résistance du liquide diminue et le moteur reçoit plus de courant. Il tourne plus vite, précipite alors le liquide dans la chambre des électrodes supérieures, qui, enveloppées à leur tour par le flot montant, interviennent ensuite pour assurer au moteur une alimen-

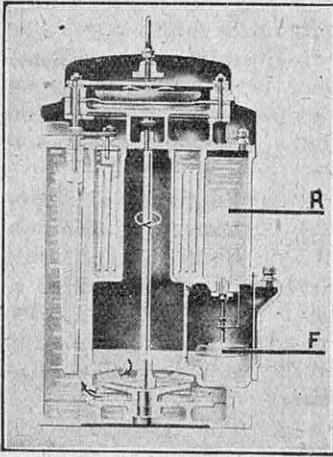


FIG. 5.
RHÉOSTAT EN
POSITION
IDENTIQUE A
LA PRÉCÉDENTE,
MONTRANT
LE NIVEAU
CONSTANT

Dans cette position de marche, identique à la précédente, le flotteur F, noyé à son niveau seulement, assure le niveau constant par prélèvement sur

la réserve R, s'il y a lieu. A remarquer aussi, dans cette vue (perpendiculaire à la précédente), que les électrodes de démarrage D se trouvent complètement noyées, de sorte que les très grandes surfaces d'électrodes D et E, ainsi baignées par l'électrolyte, donnent, dès avant mise en court-circuit, une résistance électrique pratiquement nulle, permettant à la mise en court-circuit de s'effectuer elle-même sans aucun à-coup, ni étincelle.

tation de plus en plus complète jusqu'au moment où elles sont entièrement noyées.

Le moteur tourne alors déjà très vite et la turbine continue à alimenter le réservoir supérieur. Le liquide déborde dans une chambre circulaire, vient exercer une forte pression et soulever une membrane élastique représentée en M sur la figure 4.

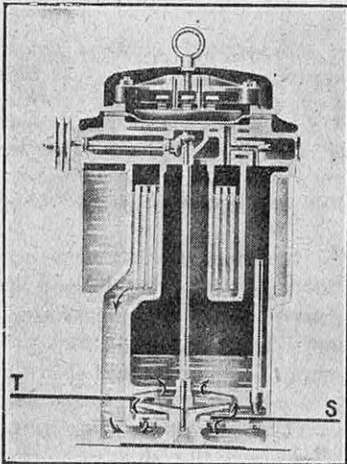


FIG. 6.
RHÉOSTAT
VENANT DE
S'ARRÊTER
MONTRANT
LE RETOUR
RAPIDE DU
LIQUIDE

Le moteur vient de s'arrêter. La turbine, qui en est solidaire, s'arrête aussi. Par suite de la suppression du pompage centrifuge, la pression de re-

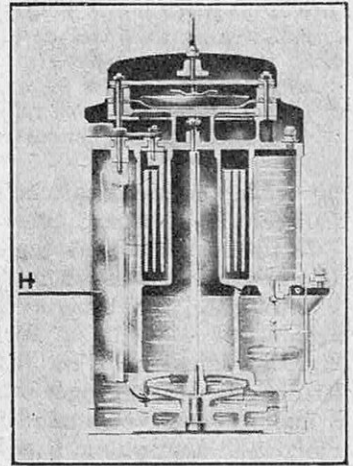
foulement se trouve supprimée. Le court-circuit décolle instantanément par son propre poids. La turbine T laisse repasser l'électrolyte, au travers de ses pales, en sens inverse de la montée. Pour assurer un large débit à ce retour, la soupape de retenue S se soulève, permettant au liquide de revenir très rapidement à son niveau primitif (fig. 1).

Cette membrane porte des barrettes métalliques qui viennent alors appuyer énergiquement sous les contacts reliés directement aux bornes du moteur. Le courant passe alors directement au moteur, mis ainsi en court-circuit, qui atteint alors son régime de marche normale. D'ailleurs, ce régime est déjà obtenu dès que les électrodes sont entièrement noyées. Puisque la résistance est devenue négligeable, au moment où le court-circuit s'établit par les contacts métalliques, aucun à-coup ne peut se produire dans l'alimentation du moteur.

Remarquons encore (fig. 5) que le flotteur, qui était entièrement submergé au moment

FIG. 7.
DISJONCTION
AUTOMATIQUE

Pour une cause fortuite (rupture d'un fusible, d'une phase, de la courroie du rhéostat, blocage de la machine, etc.), le moteur ne démarre pas. L'électrolyte contenu dans le compartiment de première phase de démarrage H s'échauffe, puis se vaporise. La vapeur produite fait pression sur la surface du liquide contenu dans ce compartiment, qui est alors refoulé, par la base, dans le compartiment du milieu limitant à une très faible intensité le courant du rotor, et, de ce fait, du stator du moteur. Ce moteur peut ainsi rester des heures entières sans aucun risque, jusqu'à ce que l'arrêt intempestif ainsi produit, ou la vaporisation lente et sans danger qui se dégage du rhéostat, appelle l'attention sur le dégât existant.



de la mise en marche, se trouve en position de fonctionnement normal, permettant simplement d'assurer la constance de niveau de l'électrolyte dans le réservoir inférieur. Et le maintien de la pression normale dans le réservoir supérieur est assuré par une ouverture qui oblige le liquide à retourner dans le réservoir de la turbine.

Admettons maintenant que le moteur s'arrête, soit pour une cause accidentelle, soit par commande. Immédiatement, la turbine s'immobilise, puisqu'elle est solidaire du moteur; le liquide abandonne alors le réservoir supérieur et fait retour au réservoir inférieur, non en empruntant l'étroit

passage que lui laisse le bouchon qui règle le débit, mais en soulevant une soupape annulaire qui constitue la base de la chambre de la turbine. Pendant le refoulement, cette soupape reste collée sur son siège en raison de la pression qu'elle supporte. Mais, dès que la turbine cesse de tourner, le sens de la pression se trouve renversé et elle se soulève pour permettre à l'électrolyte de descendre rapidement en isolant les électrodes.

Nous devons insister sur l'automatisme du fonctionnement d'un tel rhéostat. Les circuits, une fois bouclés, mettent le moteur à la disposition du rhéostat, sans aucune intervention étrangère.

Qu'il se produise un incident, comme, chaque jour presque, les usagers en rencontrent : rupture d'un fusible, d'une phase, ou même blocage de la turbine, le rhéostat intervient immédiatement de lui-même pour signaler le défaut qui vient de se produire.

Dans ce cas, en effet, l'électrolyte chauffe dans le compartiment qui contient les trois grandes électrodes de premier démarrage. Il se produit un peu de vapeur qui s'échappe par le trou d'équilibrage des pressions (déjà utilisé pour l'équilibrage des pressions du liquide). Cette vapeur pénètre dans la chambre des électrodes circulaires, exerce une pression sur le liquide et l'oblige à faire retour dans le réservoir de la turbine par une ouverture ménagée à sa base. Le moteur tourne moins vite, puisque son alimentation se trouve réduite, et il peut attendre ainsi, pendant plusieurs heures, que la cause de l'accident ait attiré l'attention.

De cette description, nous pouvons dégager les qualités de cet appareil.

Tout d'abord, il possède une grande souplesse, puisque la pompe centrifuge qui commande ses mouvements est entraînée par le moteur lui-même, qui réalise ainsi une sorte d'auto-connexion automatique et rigoureusement progressive. C'est avec une précision rigoureuse que les résistances s'éliminent par fractions infinitésimales et que, de ce fait, le courant pénètre dans l'induit sans le moindre à-coup. Il est évident, par ailleurs, que la vitesse de démarrage dépend

du couple résistant. Si ce couple est élevé, le moteur et la pompe tournent en s'acheminant lentement vers le régime normal. Si, au contraire, il est faible, le démarrage a lieu avec une rapidité beaucoup plus grande.

De plus, nous devons signaler sa grande capacité calorifique. En effet, les liquides et les métaux ont des capacités calorifiques différentes. Un litre de liquide — ou 1 kg — absorbe beaucoup plus de calories qu'un kilogramme de métal. Dans le cas présent, 10 litres — ou 10 kg — d'électrolyte ont une capacité calorifique cinq fois supérieure à celle d'une résistance métallique équivalente. En d'autres termes, 10 kilogrammes d'électrolyte absorbent autant de chaleur que 50 kilogrammes de résistance métallique.

Il résulte de ce fait que, quelle que soit la quantité de chaleur dégagée pendant un démarrage, cette chaleur sera toujours absorbée et évacuée ensuite, sans qu'un seul atome de liquide soit porté à une température plus élevée que ses voisins, en raison du brassage continu opéré par la turbine. D'ailleurs, si la température de l'électrolyte atteignait accidentellement son maximum, 100 degrés, on en serait prévenu immédiatement par un dégagement de vapeur.

Ces deux qualités essentielles du rhéostat électrolytique et sa robustesse de construction lui permettent d'affronter les conditions les plus dures. C'est ainsi que, pratiquement, le nombre des démarrages consécutifs est illimité, l'appareil se remettant au point de départ en moins de deux secondes ; de même, le temps du démarrage peut être très long, puisque la quantité de chaleur dégagée sera toujours facilement absorbée par le liquide.

Ainsi, cet appareil peut être confié à n'importe qui. Signalons, d'ailleurs, qu'il est très facile de le commander à distance, soit par boutons et relais, soit par le mouvement de la personne même qui utilise le moteur. Ainsi, le fait de s'asseoir sur une chaise ou de s'approcher du moteur peut suffire, en combinant un contact dans le siège de la chaise ou sous le plancher, pour assurer le démarrage progressif et automatique du moteur.

J. MARIVAL.

Il faut lire chaque mois dans La Science et la Vie les articles consacrés à la T. S. F. Toutes les recherches et les réalisations qui contribuent à donner à la radio-diffusion son énorme développement y sont analysées, expliquées commentées.

Comme le tirage de La Science et la Vie, le plus fort du monde, se maintient, même actuellement, c'est l'organe de propagande pour la T. S. F. le plus répandu.

NOUVELLE MACHINE UNIVERSELLE

LES constructeurs s'ingénient à rendre de plus en plus facile le travail de l'artisan, à mettre entre les mains des amateurs des machines vraiment pratiques, offrant le minimum de dangers en même temps que permettant le maximum de travaux différents.

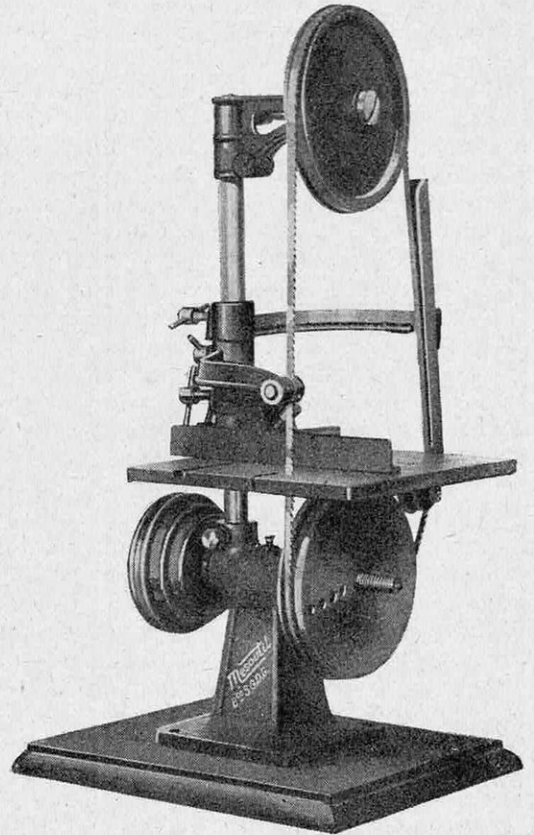
Parmi ces machines, dites « universelles », nous devons signaler une nouvelle venue qui présente des dispositifs originaux, facilitant ses transformations. Disons tout de suite qu'elle peut être utilisée pour le travail du bois ou des métaux et devenir tour à tour : scie circulaire, scie à ruban, perceuse à colonne, tour, perceuse horizontale, meule, polissoir, dégauchisseuse, toupilleuse, etc...

Le principe adopté par le constructeur est le suivant : n'utiliser que la partie de la machine correspondant au travail à effectuer si l'on a pas besoin de tous les outils à la fois ; assurer les transformations successives par de simples raccordements des pièces voulues au moyen d'un dispositif simple qui se réduit au serrage d'un écrou.

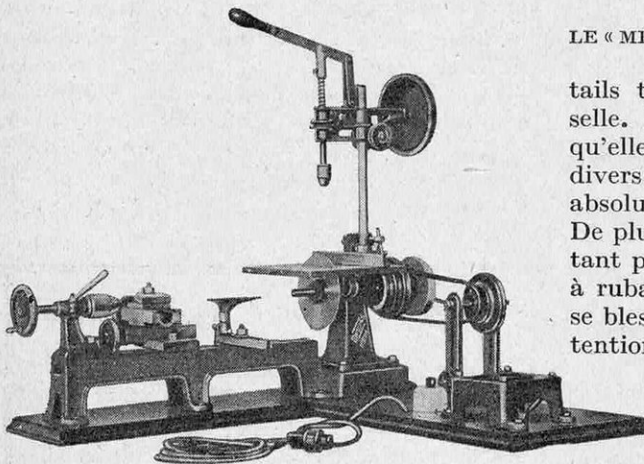
L'organe essentiel de la machine est un « touret » comportant un arbre horizontal. A une extrémité de celui-ci se trouve la scie circulaire, complètement enfermée dans un carter lorsqu'on ne l'utilise pas, et à l'autre extrémité de l'arbre sont fixées les poulies de divers diamètres, qui permettent de régler la vitesse de l'arbre commandé par un petit moteur électrique de un quart à un tiers de cheval. Enfin, le touret est surmonté d'une colonne sur laquelle peut coulisser une

table de sciage et qui peut recevoir une potence servant soit pour l'utilisation de la scie à ruban (fig. ci-dessous), soit pour les travaux de perçage. Un bâti indépendant sert pour les travaux de tournage.

Nous ne pouvons entrer ici dans les dé-



LE « MESOUTIL » UTILISÉ COMME SCIE A RUBAN



LE « MESOUTIL » AVEC TOUS SES ACCESSOIRES

tails techniques de cette machine universelle. Insistons cependant sur la sécurité qu'elle offre. Tout d'abord, la simplicité des divers organes lui assure un fonctionnement absolument sûr et une grande robustesse. De plus, grâce aux dispositifs de protection, tant pour la scie circulaire que pour la scie à ruban, il est pratiquement impossible de se blesser, à moins d'une grave faute d'inattention. Très stable, même si elle n'est pas fixée sur un établi, cette machine constitue donc bien l'outil universel indispensable à tous les artisans et les amateurs de travaux exécutés avec précision.

J. M.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Le chauffe-bains à revêtement émaillé peut être harmonisé avec la salle de bains

Le chauffe-bain se compose, on le sait, d'un dispositif assurant à l'eau une chauffe rapide, grâce à la grande surface présentée à la flamme, de robinets pour l'eau et le gaz, d'un système automatique allumage dès qu'un appel d'eau est fait au robinet desservi par l'appareil (le gaz étant tout d'abord en veilleuse), et, enfin, d'un revêtement destiné à lui donner l'aspect le plus agréable possible. Le problème posé par ce revêtement n'est pas, d'ailleurs, le plus facile à résoudre. En effet, la vapeur qui se dégage toujours au moment de la préparation d'un bain, en se condensant sur le chauffe-bain, le détériorerait s'il n'était revêtu d'un matériau inattaquable. En général, on utilise, pour cela, le cuivre oxydé, poli, nickelé ou chromé. Mais on sait que l'entretien du nickel exige des soins attentifs.

Aussi a-t-on imaginé d'utiliser l'émail, qui est absolument inattaquable et qui, de plus, peut-être prévu dans la couleur s'harmonisant le mieux à celle de la salle de bain.

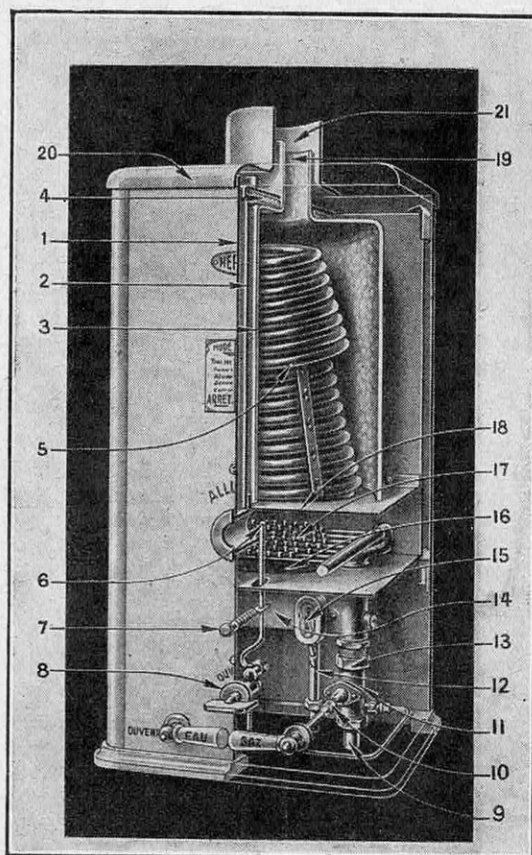
Le chauffe-bain *L'Hermine*, représenté ci-dessous, possède précisément un revêtement de cette nature. Les constructeurs, tout en conservant le dispositif intérieur de leurs appareils, l'ont habillé de métal porcelainisé. Cet habillage, ingénieusement réalisé par panneaux séparés, assemblés d'une façon très simple, permet de remplacer l'un d'eux s'il venait à être accidentellement écaillé.

Le revêtement est absolument isolé de l'intérieur, de sorte qu'en marche il reste aussi froid qu'à l'arrêt. Par conséquent, aucun travail du métal, risquant de faire craquer l'émaillage, n'est à craindre.

L'amovibilité des panneaux permet, d'ailleurs, de les changer au besoin pour en varier la couleur.

Signalons également que toute la robinetterie automatique, tout en demeurant aisément accessible, est dissimulée dans l'habillage. Cette disposition de la robinetterie a permis de placer l'alimentation et les départs, qui se font par la partie inférieure, d'une façon toujours symétrique, de sorte qu'aucun raccordement spécial n'est à prévoir. Il n'est plus besoin de prévoir une robinetterie « à droite » ou « à gauche ».

Par sa présentation élégante, son absence d'entretien, ce chauffe-bain concilie donc à la fois le souci de l'esthétique et de la sécurité.

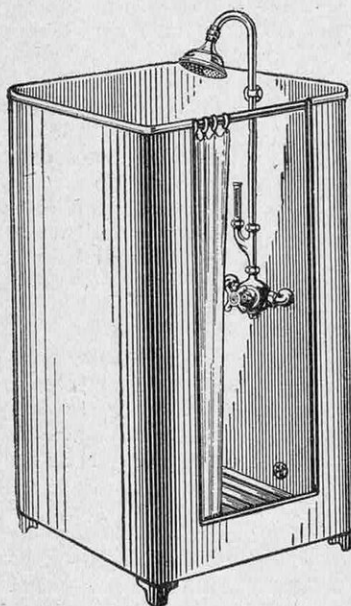


VUE EN COUPE DE « L'HERMINE »

1, corps émaillé ; 2, corps cuivre ; 3, chemise isolante ; 4, plafond isolant ; 5, serpentin ; 6, bec allumeur ; 7, tirette pour l'allumage ; 8, robinet allumeur ; 9, arrivée du gaz ; 10, démontage de la manette ; 11, robinet d'arrêt de gaz ; 12, départ de condensation ; 13, démontage du robinet de gaz ; 14, robinet automatique ; 15, mouvement visible ; 16, prise d'air ; 17, brûleur ; 18, gouttière cuivre ; 19, départ de la ventilation ; 20, couvercle ; 21, départ postiche en 132 millimètres.

Une cabine de douches qui s'installe instantanément

LE progrès de l'hygiène et du confort, qui, au cours de ces dernières années, se sont considérablement développés, ont amené les architectes à prévoir, d'une façon quasi absolue, l'installation de salles de bains dans tous les immeubles neufs. Mais, hélas ! ceux-ci ne constituent encore que l'infime minorité des maisons d'habitation, et, si l'on pouvait évaluer la proportion des appartements avec salle de bains sur l'ensemble des locaux habités, on serait bien étonné de la faiblesse du chiffre ainsi obtenu.



LA CABINE DE DOUCHES
MONTÉE, LE RIDEAU OUVERT

Cependant, des constructeurs se sont ingénies à établir des installations de salles de bains pouvant se placer dans une pièce auquel ce rôle n'était pas dévolu. On peut, aujourd'hui, disposer d'une baignoire ne tenant que peu de place et dont la vidange se fait automatiquement dans l'évier de la cuisine. Mais il paraît encore plus simple d'avoir à sa disposition une cabine de douches vraiment passe-partout, témoin celle qui figure ci-dessus. C'est une cabine en tôle laquée, constituée par des éléments démontables très faciles à transporter et pouvant passer par toutes les portes d'un appartement. Le montage, à l'endroit choisi, en est extrêmement rapide. La surface occupée par la cabine montée n'exécède pas un mètre carré.

Cette cabine comprend : le corps proprement dit, composé d'éléments mesurant 1 m 90 x 0 m 90 x 0 m 90 ; un robinet mélangeur nickelé alimentant une douche munie d'un thermomètre de contrôle de la température ; une bonde à grille pour la vidange de l'eau ; un trop-plein de sécurité ; un parquet ajouré pour l'écoulement de l'eau ; un rideau en tissu caoutchouté imperméable sur tringle nickelée fermant l'ouverture de la cabine. D'ailleurs, cette cabine peut être complétée par une autre

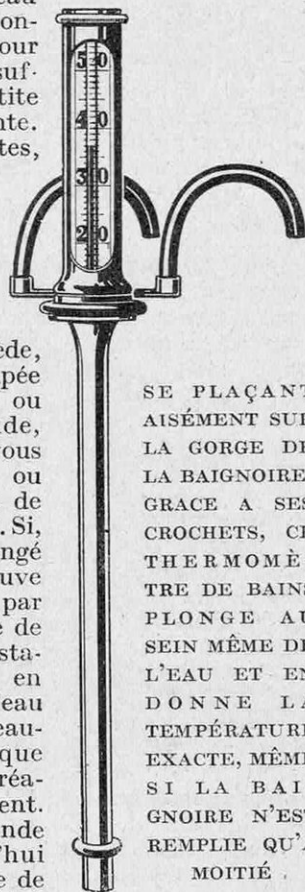
réservée au déshabillage, avec, également, un rideau caoutchouté, un parquet, des porte manteaux, etc.

Il n'est donc plus indispensable de disposer d'un local spécial pour bénéficier du confort moderne. Un coin de la chambre à coucher peut être aménagé pour l'installation de cette cabine.

Contrôlez la température de votre bain

LA sensation de chaleur ou de froid est, on le sait, toute relative, et il est impossible de mesurer, par exemple, la température de l'eau d'un bain en y plongeant la main. Pour s'en convaincre, il suffit de faire la petite expérience suivante. Prenez trois cuvettes, l'une d'eau froide, l'autre d'eau tiède, la troisième d'eau chaude. Selon que vous plongerez la main dans la cuvette d'eau tiède, après l'avoir trempée dans l'eau froide ou dans l'eau chaude, cette eau tiède vous paraîtra chaude ou froide. Il en est de même pour le bain. Si, après y avoir plongé la main, on en trouve l'eau trop chaude, par exemple, la baisse de température constatée à la main, en faisant couler l'eau froide, paraîtra beaucoup plus brusque qu'elle ne l'est en réalité, et inversement. Aussi, tout le monde dispose aujourd'hui d'un thermomètre de bain. Celui-ci n'est autre qu'un thermomètre ordinaire muni d'un flotteur afin qu'il surnage. Dans ces conditions, on ne contrôle que la température de la surface de l'eau et, de plus, la lecture n'en est guère pratique.

Aussi a-t-on imaginé un thermomètre spécial, représenté ci-dessus, dont la graduation, située hors de l'eau, est toujours très visible. Comme on le voit sur le cliché, ce thermomètre comporte un long tube qui plonge au milieu de l'eau de la baignoire. Deux crochets permettent de le fixer aisément sur la gorge de la baignoire. Afin de ne pas rayer l'émail de celle-ci, toutes les



SE PLAÇANT
AISÉMENT SUR
LA GORGE DE
LA BAIGNOIRE,
GRACE A SES
CROCHETS, CE
THERMOMÈ-
TRE DE BAINS
PLONGE AU
SEIN MÊME DE
L'EAU ET EN
DONNE LA
TEMPÉRATURE
EXACTE, MÊME
SI LA BAI-
GNOIRE N'EST
REPLIE QU'A
MOITIÉ.

Deux crochets permettent de le fixer aisément sur la gorge de la baignoire. Afin de ne pas rayer l'émail de celle-ci, toutes les

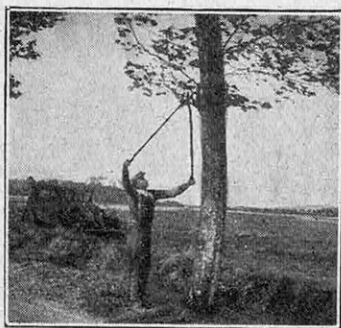
autres qu'un thermomètre ordinaire muni d'un flotteur afin qu'il surnage. Dans ces conditions, on ne contrôle que la température de la surface de l'eau et, de plus, la lecture n'en est guère pratique.

parties qui viennent en contact avec lui sont garnies de caoutchouc.

Ainsi, on peut lire instantanément, et avec précision, la température moyenne de l'eau, même si la baignoire n'est remplie qu'à moitié. Dans certaines circonstances, où des bains sont ordonnés à des températures déterminées, c'est là un accessoire indispensable.

Un outil pratique pour l'élagage des arbres, la taille des haies, etc.

LES cisailles à main que l'on utilise généralement pour tailler les haies, couper les branches d'arbres, etc., obligent l'opérateur à se rapprocher de son travail, par suite de la faible dimension de leurs



DEUX APPLICATIONS DE L'« OUTIL-RURAL »

poignées. Il est donc indispensable d'utiliser une échelle dans la plupart des cas, et l'on sait que l'installation de celle-ci, en terrain varié, ne va pas sans de grandes difficultés. Son instabilité rend même l'opération dangereuse. Par ailleurs, les sécateurs montés à l'extrémité d'un long manche et dont la lame mobile est commandée par un pied, ne peuvent couper que des branches fort minces.

Le problème a été résolu cependant pour l'outil dont nos photographies représentent deux applications. Le *Rural-outil* se compose, en effet, de machoires très fortes, entièrement forgées à la main et montées à l'extrémité de manches tubulaires de 1 m. 30 de long environ. Il permet de couper des branches dont la section atteint 45 millimètres. Ainsi, un homme moyen peut atteindre aisément une hauteur de plus de 3 mètres, sans utiliser d'échelle. La longueur des bras de levier, constitués par les manches de l'outil, accroissent dans de grandes proportions la force de l'opérateur.

Ainsi, l'entretien des parcs, des jardins est grandement facilité. Mais cet outil, grâce au

crochet biseauté et affûté qu'il comporte, permet également d'enlever par une section nette, les bourgeonnements indésirables. Il suffit de donner un coup sec, de bas en haut. De même, en immobilisant un des deux bras de cet outil, d'une façon quelconque, on peut débrancher rapidement de petits rondins (charbonnette, allume-feu). Enfin, les ouvriers électriciens, pour dégager les lignes électriques aériennes, peuvent couper les branches d'arbre à distance.

Nouveau compte-gouttes sans capsule de caoutchouc

LE compte-gouttes est aujourd'hui d'un usage courant. Malheureusement, il arrive trop souvent qu'au moment de l'utiliser, la petite poire en caoutchouc, qui, comprimée entre les doigts, fait sortir l'air du tube de verre et qui, en reprenant sa forme initiale, aspire le liquide dans lequel ce tube est plongé, refuse tout service. On sait, en effet, que le caoutchouc « vieillit », qu'il durcit à la longue et qu'il perd ainsi ses belles qualités de souplesse. De plus, il est toujours délicat d'assurer au compte-gouttes un débit régulier, un petit mouvement nerveux suffisant pour faire tomber plusieurs gouttes à la fois.

Le compte-gouttes ci-contre, imaginé par le docteur Bengué, supprime ces petits inconvénients. En effet, sur le tube de verre est fixé un petit manchon métallique comportant un pas de vis extérieur. Un capuchon, également métallique et fileté intérieurement, se visse sur le manchon. Il est évident qu'il suffit de dévisser le capuchon, le tube étant plongé dans le liquide, pour aspirer celui-ci et que, d'autre part, il est très facile d'assurer un débit très régulier de gouttes en revissant lentement le capuchon.

V. RUBOR.



LE COMPTE-GOUTTES SANS CAOUTCHOUC

Adresses utiles pour les « à côté » de la science

Chauffe-bains : ANCIENS ETABLISSEMENTS BLANCHÈRE, 100, rue de la Roquette, Paris (11^e).

Cabine de douches : M. LEMÉTAIS, 117, avenue Daumesnil, Paris (12^e).

Thermomètre de bains : APPROVISIONNEMENTS MÉCANIQUES, 117, avenue Daumesnil, Paris (12^e).

Outil pratique : SOCIÉTÉ GÉNÉRALE AGRICOLE, 44, rue du Louvre, Paris (1^{er}).

Compte-gouttes : Docteur BENGUÉ, 16, rue Ballu, Paris (9^e).

CHEZ LES ÉDITEURS ⁽¹⁾

LES CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES, par *C. Roy-Pochon*. 1 vol. 74 pages, 28 illustrations. Prix franco : France, 9 fr. 75 ; étranger, 11 fr. 50.

Exposé clair des principes du fonctionnement des cellules photoélectriques et de leurs applications au film sonore, à la transmission des images, comme appareils de mesure (photométrie, opacimétrie, colorimétrie).

GUIDE DE DÉPANNAGE DES POSTES DE T. S. F., par *M. Avril*. 1 vol. 32 pages, illustré. Prix franco : France, 6 fr. 50 ; étranger, 8 fr. 25.

Etude méthodique de toutes les opérations permettant de localiser une panne et de vérifier tous les organes utilisés dans les récepteurs de T. S. F.

LES RÉCEPTEURS MODERNES DE T. S. F., par *P. Hémarquinier*, 6 fascicules. Prix franco, par fascicule : France, 6 fr. 50 ; étranger 8 fr. 25.

Ces fascicules traitent successivement : de l'évolution et du choix des radiorécepteurs ; des organes de réception et accessoires modernes ; des récepteurs simples ; des récepteurs sensibles ; des postes superhétérodynes ; des postes-secteur et amplificateurs phonographiques. L'ensemble, dont les trois premiers fascicules ont paru, constituera un précis vraiment au point de la construction moderne d'amateur.

(1) Les ouvrages annoncés dans cette rubrique peuvent être adressés par *La Science et la Vie* au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués.

TRAITÉ D'ANALYSE PAR LES RAYONS ULTRAVIOLETS FILTRÉS, par *G. Bernheim et M. Guyot*, 1 vol. 360 pages, 137 figures. Prix franco : France, 43 francs ; étranger, 47 francs.

Après avoir indiqué rapidement les moyens de production des rayons ultraviolets, les filtres, les appareils et leur fonctionnement, les auteurs étudient les méthodes rationnelles d'examen, le moyen de chiffrer et de définir les colorations de fluorescence et leurs applications à l'analyse qualitative, quantitative, volumétrique et spectrophotométrique.

PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE, par *A. Maitre*. 1 vol., 177 pages, illustré. Prix franco : France, 26 fr. 75 ; étranger, 29 fr. 50.

L'auteur explique, dans cet ouvrage, le principe de la stéréoscopie, les opérations courantes, étudie le choix du format et le rôle de l'écartement des objectifs. Les théories stéréoscopiques sont ici clairement et simplement présentées, et des planches spécialement établies permettent de comprendre immédiatement le phénomène stéréoscopique. De nombreux conseils pratiques suivent les théories.

LA SURDITÉ, SON REMÈDE, par *le docteur Rajan*. Prix franco : France, 3 francs.

Le docteur Rajan résume, dans un opuscule qui vient de paraître, ses récentes conclusions concernant la surdité, son origine et ses remèdes.

Il indique les nouvelles découvertes faites au cours de ces dernières années dans le domaine de la surdité, démontrant qu'il ne s'agit plus là d'une infirmité incurable.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis...	{ 1 an 45 fr.	{ 6 mois... 23 —		Envois recommandés....	{ 1 an 55 fr.	{ 6 mois... 28 —
---------------------------------	---------------------	------------------	--	------------------------	---------------------	------------------

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.

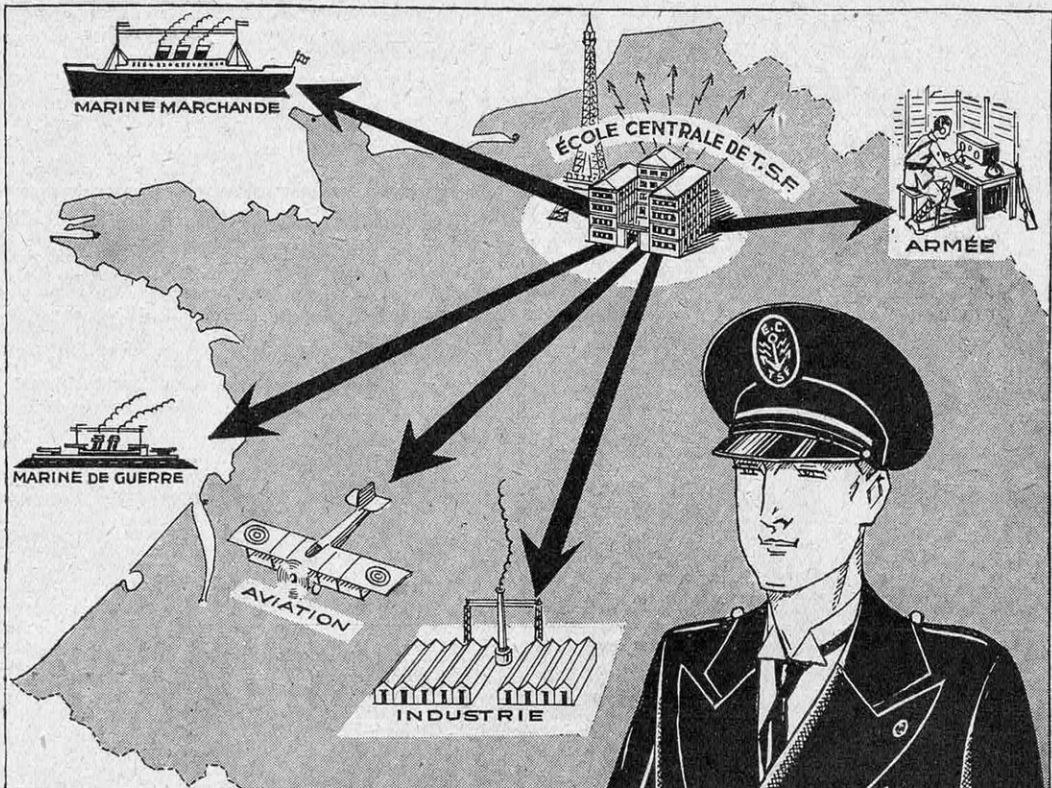
Envois simplement affranchis...	{ 1 an 80 fr.	{ 6 mois... 41 —		Envois recommandés....	{ 1 an 100 fr.	{ 6 mois... 50 —
---------------------------------	---------------------	------------------	--	------------------------	----------------------	------------------

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis...	{ 1 an 70 fr.	{ 6 mois... 36 —		Envois recommandés....	{ 1 an 90 fr.	{ 6 mois... 45 —
---------------------------------	---------------------	------------------	--	------------------------	---------------------	------------------

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, Rue de la Lune - PARIS (2^e)

Toutes les préparations

PROFESSIONNELLES. - Radiotélégraphistes des Ministères et Grandes Administrations ; Officiers-Radio de la Marine Marchande ; Sous-Ingénieurs-Radio ; Chefs-Monteurs ; Radio-Opérateurs des Stations de T. S. F. Coloniales.

MILITAIRES :

Génie. - Chef de Postes et Elèves Officiers de Réserve.

Aviation. - Breveté Radio.

Marine. - Breveté Radio.

*Durée moyenne des études 5 à 10 mois
Placement et incorporation assurés*

Cours du jour et du soir et par correspondance
Demander renseignements pour la nouvelle session du 4 Avril 1933



E. Paroche

La seule crème qui vous permettra de vous raser vite et agréablement, sans blaireau, savon ni eau, est le « **FLUIDEX** », produit français. Exigez le « **FLUIDEX** » et, si vous ne pouvez l'obtenir chez votre fournisseur habituel, demandez un tube au Laboratoire ANEX, 63, Grande-Rue, Montrouge (Seine), qui vous l'enverra franco contre 9 francs. C.C.P. Paris 1173-35.

Chez vous
et facilement
avec le rinceau
électrique
GALVANIC-SOL
vous pouvez

NICKELÉ **ARGENTÉ**
DORÉ tous objets
métalliques

Nouveaux modèles sur secteurs lumière
Types industriels, avec polissage mécanique

SOLÈRE, 22 et 24, rue Fontaine-au-Roi, PARIS

RÉFÉRENCES MONDIALES
DEMANDER NOTICE "S"

ON DEMANDE A ACHETER procédé original et économique pour fabrication acide sulfurique à partir sulfate de calcium ou sulfate sodium. Faire toutes propositions détaillées, avec documentation et preuves, au Bureau de LA SCIENCE ET LA VIE, n° 241.

DRAGOR
Élévateur d'eau à godets pour puits profonds et très profonds A la main et au moteur. - Avec ou sans refoulement. - L'eau au 1^{er} tour de manivelle. Actionné par un enfant à 100 m. de profondeur. - Incongelabilité absolue. - Tous roulements à billes. - Contrairement aux autres systèmes n'utilise pas de poulie de fond. - Donné 2 mois à l'essai comme supérieur à tout ce qui existe. - Garanti 5 ans.

Elévateurs DRAGOR
LE MANS (Sarthe)
Pour la Belgique :
39, allée Verte - Bruxelles

Voir article, n° 83, page 446.

PLUS DE GACHIS!

Un interrupteur économise votre courant et vos lampes. Avec lui vous n'oubliez plus d'éteindre vos lampes.

Indispensable pour le contrôle de l'éclairage de cave, water-closets, placards, greniers, T. S. F., etc. Le SEUL permettant un montage de tableau de contrôle, chambre d'hôtel, vraiment efficace.

Etab. R. TALMON 55, rue de l'Ermitage
PARIS-XX°

S. G. A. S.
ing.-constr. br. s. g. d. g.
44, r. du Louvre, PARIS

"VOLT-OUTIL" (Marque)
Qui que vous soyez, artisan ou amateur, VOLT-OUTIL s'impose chez vous si vous disposez de courant lumière. Il forme 20 petites machines-outils en une seule. Il perce, scie, tourne, lime, meule, polit, etc., bois et métaux pour 20 centimes par heure.

NOTICE FRANCO

RURAL-OUTIL FAIT LA 523
GRANDE TOILETTE
DES ARBRES
IL COUPE LES
BRANCHES DE 4^m JUSQU'À 3^m
AU-DESSUS DE SOL

4 USAGES INÉDITS
il supprime.
échelle, serpe, égoïne, seie à rondins. LONG. 1^m30

FRANCO GABE 235^m CONTR. REMB^m

TOUT POUR LE JARDIN

L'ARROSEUR IDÉAL E. G.
pour tous débits et toutes pressions, donne l'arrosage en rond, carré, rectangle, triangle et par côté, il est garanti inusable et indé réglable.

Le Pistolet IDÉAL E. G.
Le Râteau souple IDÉAL E. G.
Le Pulvérisateur LE FRANÇAIS
Seringues et toute robinetterie pour l'eau
Breveté S. G. D. G.
Et^s GUILBERT, Tél. Molitor 17-76
Notice franco sur demande

160, Av. de la Reine, BOULOGNE 9/SEINE

Recherches des Sources, Filons d'eau
Minerais, Métaux, Souterrains, etc.

par les
DÉTECTEURS ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

L. TURENNE, ING. E. C. P.
19, RUE DE CHAZELLES, PARIS-17°

Vente des Livres et des Appareils
permettant les contrôles.

POMPES - RÉSERVOIRS
ÉLECTRICITÉ - CHAUFFAGE

TRÉSORS CACHÉS

Tous ceux qui désirent connaître le secret du pendule et des corps radiants nous demanderont la notice du "MAGNETIC REVEALATOR" contre 2 francs en timbres Permet de découvrir sources, gisements, trésors, minerais etc.
SWEERTS FRÈRES Dep^t 52
36^m RUE DE LA TOUR D'Auvergne, PARIS 9^e

INVENTEURS
Pour vos
BREVETS

Adressez-vous à : **ROGER PAUL**, Ingénieur-Conseil
35, rue de la Lune, PARIS (2^e) Brochure gratis!



La "RéBo"

Petite Machine à Calculer

FAIT TOUTES OPÉRATIONS
Vite - Sans fatigue - Sans erreurs
INUSABLE - INDÉTRAQUABLE

En étui portefeuille façon cuir..... 50 fr.
En étui portefeuille beau cuir. 75 fr.
Socle pour le bureau..... 18 fr.
Bloc chimique spécial..... 8 fr.
Modèle en étui cuir, avec socle
et bloc (Recommandé)..... 100 fr.

Envoi immédiat, franco contre remb., en France

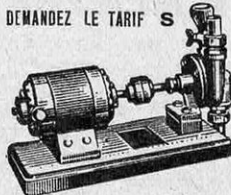
Etranger: Paiement d'avance, port en sus, 4 fr. par machine ou par socle

S. REYBAUD, 37, rue Sénac, MARSEILLE

(CHÈQUES POSTAUX 90-63)

La Pompe Electrique SNIFED

remplacera avantageusement votre pompe à main et vous donnera l'eau sous pression automatiquement.



Groupe n° 1
110 ou 220 volts

675 FR.

Pour 1.000 litres heure à 20 mètres d'élévation totale.

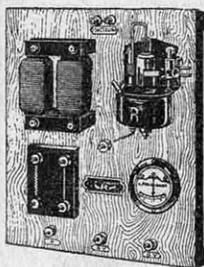
⊗ Pompes SNIFED ⊗

44, rue du Château-d'Eau - PARIS-X^e

CHARGER soi-même ses ACCUMULATEURS
sur le Courant Alternatif devient facile
avec le

CHARGEUR L. ROSENGART

B^{TE} S G. D. G



MODÈLE N°3. T.S.F.
sur simple prise de
courant de lumière
charge toute batterie
de 4 à 6 volts sous 5 ampères

SIMPLICITÉ
SÉCURITÉ
ÉCONOMIE

Notice gratuite sur demande
21, Champs-Élysées - PARIS

TÉLÉPHONE ÉLYSÉES 66-60

10 ANS D'EXPERIENCE.
60.000 APPAREILS
EN SERVICE

COLIS EXPRESS



TRANSPORT PAR TRAINS
EXPRESS OU RAPIDES
LIVRAISON EN GARE
OU A DOMICILE ■
MÊME LE DIMANCHE

*Renseignements dans les gares
du réseau de l'Etat*

CONSERVATION parfaite des ŒUFS

PAR LES

COMBINÉS BARRAL

Procédé reconnu le plus simple
et le plus efficace
par des milliers de clients.

5 COMBINÉS BARRAL
pour conserver 500 œufs

FRANCO A DOMICILE 11 FRANCS

Adresser les commandes avec un mandat-
poste, dont le talon sert de reçu, à
M. Pierre RIVIER, fabricant des Combiniés
Barral, 8, villa d'Alésia, PARIS-14^e.

PROSPECTUS GRATUITS SUR DEMANDE



PUBL. C. BLOCH

FULGATOR

41, rue des Bas - Asnières (Seine)
Téléphone : Grésillons 18-91

fabrique la **Poignée interruptrice**
(Brevetée S. G. D. G.)

s'adaptant sur tous modèles de
FERS A REPASSER ÉLECTRIQUES

Demandez la notice S. — Remise de 5 0/0 pour toute
commande accompagnée de ce Bon.

PUBL. C. BLOCH

LA SURDITÉ

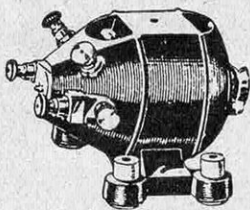
SON REMÈDE

Le DOCTEUR RAJAU résume, dans un opuscule qui vient de paraître, ses récentes conclusions concernant la Surdité, son origine et ses remèdes. Il indique les nouvelles découvertes faites dans le domaine de la Surdité, démontrant qu'il ne s'agit pas, là, d'une infirmité incurable.

Demandez, dès aujourd'hui, la brochure illustrée à
DESGRAIS, 140, rue du Temple, PARIS
Envoi contre **3 francs** en timbres-poste

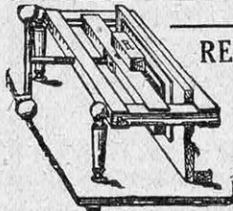
LE MICRODYNE

Le plus petit moteur industriel du monde



MOTEURS UNIVERSELS
DE FAIBLE PUISSANCE

L. DRAKE, Constructeur
240 bis, Bd Jean-Jaurès
BILLANCOURT
Téléphone : Molitor 12-39



RELIER tout SOI-MÊME
avec la RELIEUSE-M REDIEU
est une distraction
  la portée de tous

Outillage et Fournitures générales
Notice illustrée franco contre 1 fr.
V. FOUB RE & LAURENT,   ANGOULEME

Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée

Côte d'Azur

**LA MONTAGNE ET LA MER
HIVER COMME  T **

Il est une région dont le roi Léopold de Belgique disait : « C'est une section terrestre du Paradis. »

Cette région, c'est la **Côte d'Azur**.

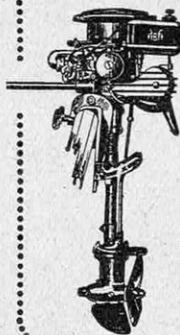
L'hiver, on y cueille des fleurs à proximité de la mer, tant la température est clémente ; l'été, on n'y souffre pas de la chaleur, parce que les brises marines tempèrent l'ardeur des rayons solaires.

Pays de rêve, où les fêtes de toutes sortes se succèdent sans interruption, et où toutes les distractions sont offertes aux visiteurs : théâtres, casinos, stades de sports, links de golf, champs de courses. Quant aux hôtels, vous en trouverez à tous les prix.

PROPULSEURS HORS-BORD

ARCHIM DES

MOTEURS A RÉGIME LENT
POUR TOUS BATEAUX
Plaisance - Tourisme - Transport



MIEUX QUE PROMESSES ! ! !
ARCHIM DES offre
VINGT ANS D'EXPÉRIENCE
DE NOMBREUSES RÉFÉRENCES
UNE GARANTIE D'UN AN

Adoptés par la Marine, les Eaux et Forêts, les Ponts et Chaussées, les Colonies.

— DEMANDER NOTICE 23 A —
"ARCHIM DES"
27, Quai Augagneur, LYON

LE MEILLEUR
ALIMENT M LASS 

8 GRANDS PRIX
8 HORS CONCOURS
MEMBRE DU JURY
DEPUIS 1910

PAIL'MEL



POUR CHEVAUX
ET TOUT BÉTAIL

USINE FONDÉE EN 1901   TOURY  URE & LOIR,
Reg. Comm. Chartres B. 41

ASSURO

EXTINCTEUR AUTOMATIQUE

garanti 10 ans sur facture non seulement contre tous vices de fabrication, mais aussi au point de vue étanchéité et bon fonctionnement.

ÉTEINT TOUT EN UNE SECONDE

ASSURO

42, rue de Paradis, PARIS-X 

Nouvelle Loupe binoculaire réglable à écartement pupillaire variable

(Brevetée France et Etranger)



L. BERLAND

Opticien-Const^r

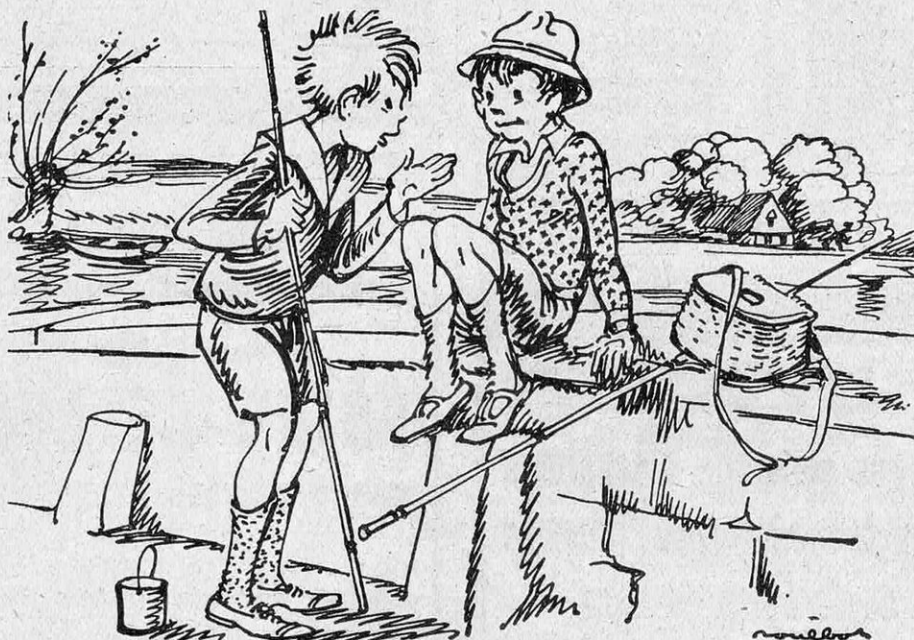
 TR CHY

(Seine-et-Oise)

Chèques post.
527.87 Paris

PERMET tous travaux et examens à la loupe par la vision simultanée des deux yeux, donne une netteté et un relief parfaits avec plusieurs grossissements. **Laisse les deux mains libres.** Supprime toute fatigue. — Appareil type laboratoire, complet, avec 3 gross^{is}, enbo te bois et mode d'emploi, **65 fr.** Le même appareil pliant, type luxe de poche, en boîte métal et mode d'emploi, **100 fr.** Supp^r pour frais d'envoi, France et Colon., 1 fr. 50; ou contre rembourse^{nt}, 3 fr.

PUBL. C. BLOCH



- Mais, mon vieux, y a des poissons qui ont des dents, n'aurait-on pas à pêcher au Dentol ?

Le **DENTOL**, eau, pâte, poudre, savon, est un dentifrice à la fois souverainement antiseptique et doué du parfum le plus agréable. Créé d'après les travaux de Pasteur, il est tout particulièrement recommandé aux fumeurs. Il laisse dans la bouche une sensation de fraîcheur très persistante.



Dentol

Dépôt général :

Maison FRÈRE, 19, rue Jacob - Paris

CADEAU Pour recevoir gratuitement et franco un échantillon de **DENTOL** il suffit d'envoyer à la Maison FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris, son adresse exacte et bien lisible, en y joignant la présente annonce de *La Science et la Vie*.

LE ROBINET-FILTRE**SENÉE**

se pose instantanément,
donne à la fois
l'eau brute et l'eau
**parfaitement
stérilisée.**

Demandez notice aux

Etab. SENÉE

49, rue de la Chine, Paris (20^e)

Tél. : Ménilmontant 45-44

CHEMINS DE FER PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

Voyages collectifs d'acheteurs en vue de la réunion de Printemps de la Foire de Lyon

A l'occasion de sa réunion de Printemps 1933 qui se tiendra du 9 au 19 mars, la Foire de Lyon organise, avec la collaboration des Compagnies de Chemins de fer et des Groupements de commerçants des principales villes de France, des voyages collectifs d'acheteurs.

Le succès remporté depuis plusieurs années par cette initiative lui a prouvé qu'elle avait trouvé là la plus heureuse formule pour permettre aux commerçants de faire, chaque année, à la Foire de Printemps un voyage utile, agréable et peu coûteux. Tous ceux qui ont participé à l'un de ces voyages ont remporté de Lyon et de leur visite à la Foire un souvenir enthousiaste.

En mars prochain, des caravanes de commerçants viendront ainsi à Lyon de **Metz, Nancy, Strasbourg, Mulhouse, Belfort, Epinal, Lille, Charleville, Nantes, Tours, Limoges, Bordeaux, Angoulême, Bourges, Nevers, Toulouse, Pau, Toulon, Paris, Avignon.**



**TIMBRES-POSTE AUTHENTIQUES
DES MISSIONS ÉTRANGÈRES**

Garantis non triés, vendus au kilo
Demandez la notice explicative
au Directeur de l'Office des
Timbres-Poste des Missions, à
PIBRAC, près Toulouse
(Haute-Garonne)

Chemins de fer Paris-Lyon-Méditerranée

INDUSTRIELS COMMERÇANTS, TOURISTES

faites une visite à la

FOIRE DE LYON

vous en retirerez le plus grand profit

**INAUGURATION
d'un Palais de l'Alimentation**

Au moment où l'économie générale est en voie de transformation, ce grand marché d'échantillons est appelé, de plus en plus, à rendre de précieux services au commerce et à l'industrie.

Cette année encore, la **Foire de Lyon** poursuit ses agrandissements et ses aménagements; c'est ainsi que la manifestation de **Printemps 1933** sera marquée par une nouvelle inauguration: celle du **Palais de l'Alimentation**.

Les producteurs se rendent compte de cet effort et adhèrent nombreux à la prochaine réunion.

Les stands; construits en ciment armé, permettront, grâce à une vaste glace, une vue facile des échantillons présentés; les façades constitueront un ensemble architectural parfaitement harmonieux. Les rangées de stands seront réunies entre elles par des passages couverts vitrés, entièrement dallés, de sorte que les visiteurs, une fois entrés dans le groupe, en pourront visiter tous les stands à l'abri des intempéries.

Les acheteurs avisés ne manqueront pas de s'y rendre; il auront non seulement la possibilité de visiter une manifestation dont la renommée s'étend sur le monde entier, et de conclure des marchés directement avec les producteurs, mais aussi celle de voir en détail une ville d'art et d'histoire qui, par les richesses de ses musées, le charme de ses environs et l'excellence de sa cuisine, se place au premier rang des grands centres touristiques de la France.

CHEMINS DE FER DE L'EST ET D'ALSACE ET DE LORRAINE

LES VOSGES A SKI

En vue de développer la pratique des sports d'hiver dans les Vosges, les Chemins de fer de l'Est et d'Alsace et de Lorraine mettent en vigueur, jusqu'au 31 mars 1933, un tarif de billets d'aller et retour individuels de fin de semaine de toutes classes, avec réduction de 40 % sur les prix doublés des billets simples.

Ces billets, délivrés au départ de Paris et des principales gares des réseaux de l'Est et d'Alsace et de Lorraine, sont à destination fixe ou facultative. Ils permettent d'atteindre les principaux centres de sports d'hiver des Vosges, notamment le *Hohwald* (600 mètres), le *Champ du Feu* (1.099 mètres), le *Struthof* (710 mètres), le *Lac Blanc* (1.054 mètres), *Gérardmer* (675 mètres), la *Schlucht* (1.139 mètres), le *Hohneck* (1.361 mètres), le *Markstein* (1.240 mètres), le *Grand Ballon* (1.424 mètres), le *Ballon d'Alsace* (1.242 mètres).

Grâce aux billets à destination facultative, les voyageurs peuvent parcourir à ski une partie de la montagne et prendre le train du retour à une gare autre que la gare d'arrivée du voyage d'aller.

La validité des billets délivrés au départ de Paris va du vendredi (ou avant-veille de fêtes légales) à midi, au mardi (ou surlendemain de fêtes légales) à midi. Des validités spéciales sont prévues au départ des autres gares.

Les articles de sports, skis, luges, etc., à l'exception des bicyclettes, peuvent être acceptés comme bagages enregistrés avec franchise de 20 kilogrammes par voyageur.

Pour renseignements complémentaires et délivrance des billets au départ de Paris, s'adresser : Bureau de renseignements de la gare de Paris-Est, Bureau de Tourisme de la gare de Paris-Est et Agence des Chemins de fer d'Alsace et de Lorraine, place Saint-Augustin, Paris (8^e).

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

M. Léon EYROLLES, C. * I., Ingénieur-Directeur

12, rue Du Sommerard et 3, rue Thénard | Polygone et Ecole d'Application
PARIS (V^e) | CACHAN, près Paris

1° ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE

RECONNUE PAR L'ÉTAT, AVEC DIPLOMES OFFICIELS D'INGÉNIEURS

1.200 élèves par an - 143 professeurs

CINQ SPÉCIALITÉS DISTINCTES :

- | | |
|--|---|
| 1° Ecole supérieure des Travaux publics : Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics ; | 3° Ecole supérieure de Mécanique et d'Electricité : Diplôme d'Ingénieur-Mécanicien-Electricien ; |
| 2° Ecole supérieure du Bâtiment : Diplôme d'Ingénieur-Architecte ; | 4° Ecole supérieure de Topographie : Diplôme d'Ingénieur-Géomètre. |
| 5° Ecole supérieure du Froid industriel : Diplôme d'Ingénieur des industries du Froid.
Cette Ecole est placée sous un régime spécial | |

Le titre d'Ingénieur diplômé de l'Ecole permet, en se faisant inscrire à une Faculté des Sciences, de concourir pour le grade
d'INGÉNIEUR-DOCTEUR

(Décret du 13 février 1931 et Arrêté ministériel du 31 mars 1931)

SECTION ADMINISTRATIVE pour la préparation aux grandes administrations techniques.
(Ingénieurs des Travaux publics de l'Etat, Services vicinaux, Ville de Paris, etc.)

Les Concours d'admission ont lieu, chaque année, en deux sessions. Pour l'année scolaire 1933-1934, ils auront lieu : Pour la première session, du 17 au 26 juillet ; pour la seconde, du 27 septembre au 6 octobre.

2° L' "ÉCOLE CHEZ SOI"

(ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE)

25.000 élèves par an - 173 professeurs spécialistes

La première Ecole d'enseignement technique par correspondance fondée en Europe, il y a 42 ans, et la seule qui s'appuie sur une Ecole de plein exercice, aussi indispensable à l'enseignement par correspondance que le Laboratoire l'est à l'Usine

DIPLOMES ET SITUATIONS AUXQUELS CONDUIT L'ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE
" L'ÉCOLE CHEZ SOI " :

- 1° **Situations industrielles** : Travaux publics - Bâtiment - Electricité - Mécanique - Métallurgie - Mines - Topographie - Froid industriel ;
- 2° **Situations administratives** : Ponts et Chaussées et Mines - Postes et Télégraphes - Services vicinaux - Services municipaux - Génie rural - Inspection du Travail - Travaux publics des Colonies - Compagnies de chemins de fer, etc., etc...

NOTICES, CATALOGUES ET PROGRAMMES SUR DEMANDE ADRESSÉE A L'

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS

12 et 12 bis, rue Du Sommerard, PARIS (V^e)

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

Editions d'ouvrages techniques de tout premier ordre soigneusement choisis et souvent professés :
Catalogue gratuit sur demande, 3, rue Thénard, Paris (5^e).

Apprenez à Dessiner

Rendez plus brillante votre situation

Créez-vous une source de profits en apprenant à dessiner



Croquis remarquable de vie et de naturel qu'un de nos élèves a exécuté après quelques mois d'étude seulement.

DANS l'exercice de votre profession, n'avez-vous pas senti parfois que si vous saviez dessiner, vous réussiriez mieux ? A l'heure actuelle n'est-il pas sage de s'assurer, par la connaissance d'un métier auxiliaire, soit une source supplémentaire de profits, soit l'accès d'une nouvelle carrière dans le cas où votre situation actuelle viendrait à vous manquer ?

Vous pouvez, si vous le voulez, devenir en quelques mois un bon dessinateur. Pour peu que vous ayez de bonnes dispositions naturelles et qu'un talent, ignoré de vous-même, sommeille en vous, vous deviendrez un artiste véritable, vous serez capable de faire votre carrière dans une des nombreuses branches du dessin, telles que : dessin d'illustration pour livres et journaux, de publicité, d'affiches, de mode ; décoration ; catalogues ; caricature ; etc.

Cela vous sera permis grâce à l'Ecole A. B. C. qui, par sa lumineuse méthode, basée sur des principes modernes et absolument nouveaux, a mis l'enseignement du dessin à la portée de tous.

Grâce à elle, vous pourrez, sans abandonner vos occupations quotidiennes, quels que soient votre âge et votre résidence, suivre les cours pratiques de l'A. B. C. et recevoir les conseils personnels d'artistes professionnels éminents.

Vous avez aujourd'hui une occasion unique de prendre une décision dont dépendra peut-être votre avenir.

LETTRES D'ÉLÈVES

« Je reconnais avoir trouvé dans le cours A. B. C. une méthode excellente. Aussi mon enthousiasme pour ce cours est-il absolu. Je n'ai qu'un regret, c'est de ne pas m'y être abonnée plus tôt. »

M^{me} du Chastel, Paris.

« Bien que n'ayant encore exécuté qu'un tiers de votre cours, j'ai déjà un réel plaisir à vous dire l'intérêt que j'y prends. Tout y semble harmonieusement organisé et fait pour éveiller l'intérêt, développer la personnalité et l'esprit d'initiative de l'élève, grâce à la variété, la gradation des difficultés et l'heureuse disposition du travail. »

Mr. Gylden, Tours.

COMPLÉTEZ ET POSTEZ CETTE CARTE AUJOURD'HUI

IL VOUS SERA ENVOYÉ GRATUITEMENT
UN LUXUEUX ALBUM ILLUSTRÉ
CONTENANT TOUS LES RENSEIGNEMENTS

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN
12, Rue Lincoln — Paris

Veillez m'envoyer, gratuitement et sans engagement de ma part, votre Album illustré par vos élèves, contenant tous renseignements sur la méthode A. B. C.

Nom

Adresse

Ville..... Départ^t.....

Dans quelle revue avez-vous trouvé cet encart ?



Ce que les Maîtres français pensent de l'Ecole A. B. C. de Dessin

Abel FAIVRE, le maître humoriste, parle en ces termes :

« Je tiens à vous exprimer mes compliments. Il est impossible qu'un aspirant aux Beaux-Arts ne trouve pas dans la variété de vos leçons la voie personnelle où il devra s'engager et les moyens les plus propres à assurer une réussite rapide. Comptez sur ma sympathie pour votre œuvre. »

Georges AURIOL, le délicieux écrivain-imagier, traduit ainsi son opinion :

« ...C'est ici que l'A. B. C. apparaît comme un véritable bienfaiteur. A tous les amoureux du crayon, il apprend à déchiffrer la Nature, à comprendre ses proportions, ses formes, ses espaces, à traduire ses beautés. Il donne à tous la formule du *Sésame, ouvre-toi*, l'accès à la caverne merveilleuse où gît le trésor. »

René VINCENT, dont tout le monde connaît les élégants dessins, s'exprime ainsi :

« J'ai vu à votre exposition, sur les murs et dans vos albums, des choses pleines d'intérêt, et je dois dire que j'en ai éprouvé une réelle et agréable surprise. Vos collaborateurs m'ont tracé les grandes lignes de votre enseignement et elles m'ont paru très judicieuses ; les résultats, du reste, parlent en leur faveur. »



ABEL FAIVRE

GEORGES AURIOL

RENÉ VINCENT



DES ELÈVES QUI ONT REUSSI

Situation dont je vis largement

« Lorsque je m'inscrivis au cours A. B. C., je n'avais, à vrai dire, aucune notion de ce qu'était le dessin. Chaque leçon si mesurée, les excellents conseils des professeurs me firent voir l'intelligent et le sensible des êtres et des choses. Le total de ces leçons dirigées vers un résultat pratique me permit de me faire une situation dans l'art commercial dont je vis largement et qui me promet de plus belles perspectives pour l'avenir. » *M. Arestein*

De sérieux avantages pécuniaires

« Ce qui fait, à mon avis, la grande valeur du cours A. B. C., c'est que les leçons sont orientées vers un but d'utilisation pratique de ce que l'on apprend. »
« Ceci m'a permis de devenir artiste publicitaire professionnel et de tirer de cette occupation si intéressante de sérieux avantages pécuniaires. »

M. R. Auger



Croquis exécuté par un élève de l'A.B.C.

CARTE POSTALE

Affranchir

à

o fr. 40

Monsieur le Directeur
ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN

12, Rue Lincoln, 12

PARIS (8^e)

UNE RÉFÉRENCE INATTENDUE

Dans le numéro de l'**ILLUSTRATION** du 16 Janvier 1932, **M. Jacques BASCHET**, l'éminent critique, écrivait ces quelques lignes tout à l'éloge de l'Ecole A. B. C. :

« On a pu sourire, au début de cette méthode de dessin qui prétendait former des talents par correspondance. Cela paraissait une gageure. Devant le succès grandissant, il a bien fallu admettre que cette idée répondait à un besoin... L'Ecole A. B. C. reçoit de partout des essais, d'humbles enluminures comme des œuvres déjà mûres où s'affirment des dons. Elle conseille, elle aiguille, forme, développe les qualités et la personnalité. »