

France et Colonies : 4 fr.

N° 199 - Janvier 1934

# LA SCIENCE ET LA VIE



*Magasin de la Vie*

# LA CARRIÈRE DE VÉRIFICATEUR DES POIDS ET MESURES <sup>(1)</sup>

## La Fonction

Le service des Poids et Mesures a pour but d'assurer la loyauté des transactions commerciales.

La mission peut se résumer ainsi :

- 1° Maintenir l'emploi exclusif d'un seul système de mesures : le système métrique décimal ;
- 2° Vérifier les instruments de mesure neufs, avant leur mise en vente ;
- 3° Contrôler périodiquement les instruments de mesure en service chez les commerçants et industriels, et ordonner la réparation des instruments défectueux ;
- 4° Surveiller l'emploi des appareils de mesure dans le débit des marchandises et réprimer les fraudes quantitatives.

A ce rôle, à la fois technique et répressif, s'ajoute un rôle fiscal : taxation des poids et mesures possédés par les personnes assujetties à la vérification. Le service des Poids et Mesures est aussi chargé de la surveillance des appareils susceptibles d'être employés à la frappe des monnaies, et ses agents sont compris parmi ceux qui peuvent relever les infractions aux règlements concernant la police du roulage.

## Avantages de la carrière

**Travail intéressant.** — Le travail des Vérificateurs des Poids et Mesures présente un réel intérêt. L'étude des dispositifs nouveaux et souvent très ingénieux employés dans les appareils de mesure (exemple : balances et bascules automatiques, appareils de pesage continu sur transporteurs, distributeurs d'essence automatique, etc.), est une des plus attrayantes pour un esprit curieux et amateur de mécanique. La visite des usines assujetties au contrôle du Vérificateur lui permet d'acquérir une foule de notions utiles sur les produits fabriqués, les machines employées, les procédés de fabrication, etc.

**Travail sain.** — La profession réunit, dans une juste proportion, l'exercice physique et le travail de bureau, pour le plus grand bien de la santé des agents.

**Déplacements en automobile.** — Pour effectuer leurs tournées dans les communes rurales, les Vérificateurs ont une carte de circulation sur les chemins de fer (2<sup>e</sup> classe), mais beaucoup d'entre eux possèdent une automobile et il est question d'augmenter les indemnités actuelles pour frais de tournées, de manière à généraliser ce mode de transport. A noter que l'Administration met à la disposition des agents chargés du contrôle des distributeurs d'essence, une voiture 10 ch, conduite intérieure.

**Indépendance.** — Le Vérificateur des Poids et Mesures est, dans sa circonscription, un véritable Chef de Service. Jouissant d'une grande indépendance, il organise ses tournées comme il l'entend, sous la seule réserve d'en faire approuver l'itinéraire par l'Inspecteur Régional.

**Considération.** — Le Vérificateur jouit d'une grande considération près des industriels et commerçants d'une part, près du public, d'autre part. Pour les premiers, il est le conseiller technique qui renseigne sur la valeur et l'exactitude des instruments ; pour le second, il est le défenseur des intérêts du consommateur, l'agent qui veille au bon poids et à la bonne mesure. Le Vérificateur a d'ailleurs le sentiment d'assurer une tâche utile et il en éprouve une légitime satisfaction qui a bien son prix.

**Choix d'un poste.** — L'Administration s'est efforcée jusqu'ici de donner, dans la plus large mesure, satisfaction aux agents qui demandent à être nommés dans une région de leur choix. Lorsqu'un Vérificateur se trouve dans un poste à sa convenance, il peut y passer toute sa carrière, s'il le désire, car l'avancement n'entraîne pas un changement de résidence : la classe de l'agent est attachée à la personne et non au poste occupé.

**Congés.** — Comme tous les fonctionnaires, les Vérificateurs des Poids et Mesures ont droit à trois semaines de congé par an.

En cas de maladie, ils peuvent obtenir trois mois de congé à plein traitement et trois mois à demi-traitement.

**Emoluments (1).**

**Avancement (1).**

**Retraite (1).**

---

(1) La nature de la fonction de Vérificateur des Poids et Mesures aux Colonies est la même que celle de Vérificateur des Poids et Mesures en France. Pour le Maroc, les limites d'âge sont de 21 à 40, ou plus, suivant les services militaires. **AUCUN DIPLOME EXIGÉ.** Renseignements gratuits par l'Ecole Spéciale d'Administration, 28, boulevard des Invalides, Paris, 7<sup>e</sup>.

# étrennes agréables

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 toujours 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 portative.

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.**

SOCIÉTÉ ANONYME FRANÇAISE

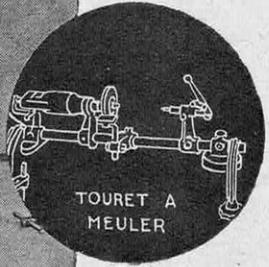
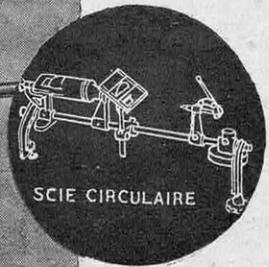
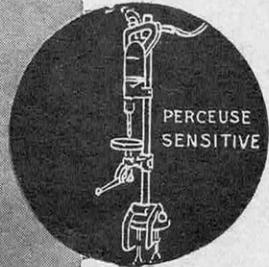
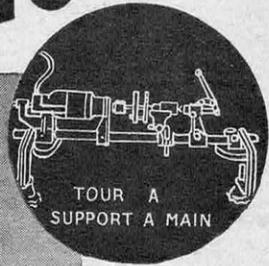
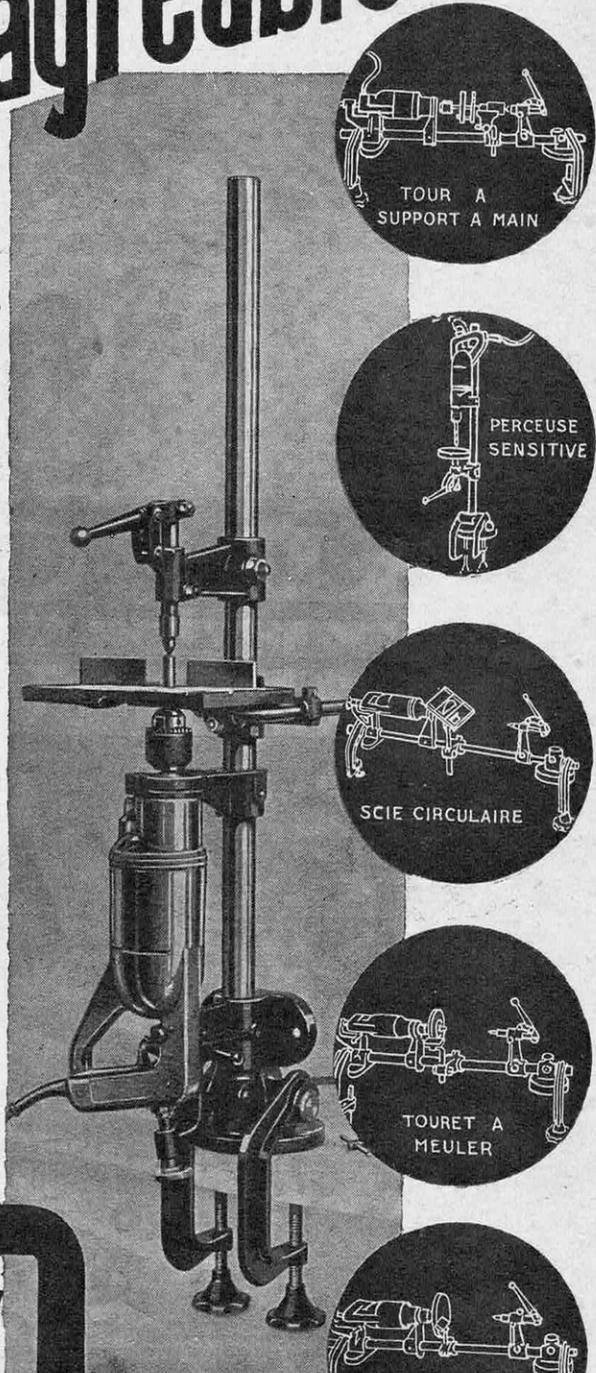
# RENÉ VOLET

VALENTON (Seine-et-Oise)

MAGASIN DE VENTE

20, avenue Daumesnil, Paris (12<sup>e</sup>)

Téléphone : DORIAN 64-89



TOUPIE OU MACHINE A LIMER





**GRATUIT...** Si votre fils n'a pas encore le bel album Meccano qu'il se hâte de nous le demander (service 50) en joignant son adresse et celles de 3 camarades. Il le recevra gratis et franco.

## La même boîte MECCANO peut servir à plusieurs

● Meccano est un jeu très simple, et qui permet cependant les constructions les plus complexes. On peut y jouer seul, ou à deux, trois et même davantage. Et quand le papa y joue aussi, c'est encore plus passionnant.

● Si vous avez plusieurs bonheurs à contenter cette année, chez vous, choisissez, pour chacun des enfants dans la gamme des 14 boîtes Meccano, à partir de 7 fr. 50, celle qui convient le mieux à son âge. Ils pourront ainsi combiner leurs jeux ou s'amuser à part, suivant leur humeur. Meccano sème partout la joie. Faites-en l'expérience. Offrez à votre fils un Meccano - vous en serez récompensé.



# MECCANO

78-80, RUE RÉBEVAL - PARIS (XIX<sup>e</sup>)

BREVETÉ  
LUMIÈRE et HERCK

# Chermis

LE CHAUFFAGE

SANS FEU  
SANS FLAMME  
SANS FUMÉE  
SANS ODEUR  
SANS GAZ NOIR

PAR CATALYSE DE L'ESSENCE

CATALOGUES & NOTICES  
FRANCO SUR DEMANDE A  
SOCIÉTÉ LYONNAISE  
DE  
RÉCHAUDS  
CATALYTIQUES  
28<sup>bis</sup>, ROUTE DES SOLDATS  
LYON-S<sup>t</sup>CLAIR (Rhône) FRANCE

AGENCE ET DÉPÔT POUR PARIS  
L. PELLETIER  
44, RUE DE L'ANFOY  
PARIS 6<sup>e</sup>

# "La vie radiieuse"

AVEC LE FAMEUX 5 LAMPES

## Sonorette

Le poste portatif, plus petit et plus léger qu'une trousse de voyage, mais sélectif, musical et si puissant qu'il a pu être équipé avec une prise de pik-up pour phono. Toutes les qualités des postes Sonora se trouvent réunies dans ce poste miniature 5 lampes superhétérodyne.

### SÉLECTIVITÉ

C'est un compagnon idéal qui sera partout prêt à vous transmettre les émissions des stations européennes importantes, sur grandes et petites ondes. Facile à transporter, facile à installer, telles sont les deux caractéristiques du « SONORETTE ».

MARCHANT SUR TOUS  
COURANTS ALTERNATIFS  
OU CONTINUS  
DE 100 A 230 VOLTS

A CRÉDIT

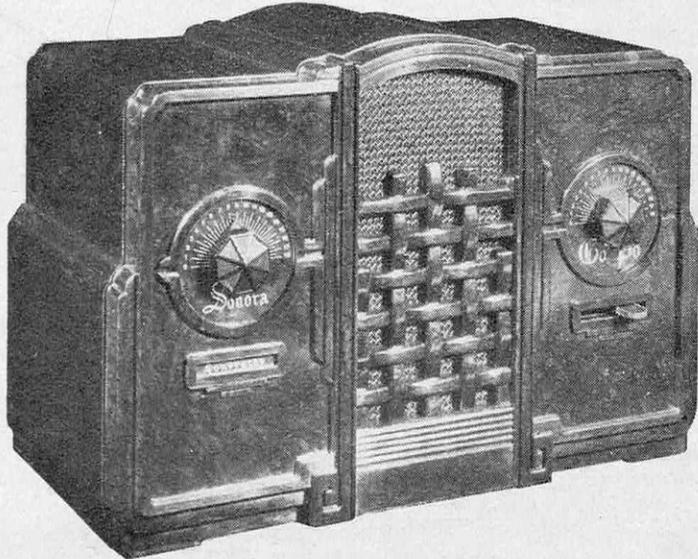
**90 fr.**

PAR MOIS

90 fr. à la commande  
90 fr. à la livraison  
et DIX mensualités

PRIX AU COMPTANT

**995 fr.**



# PHOTO-HALL

5, RUE SCRIBE - PARIS (9<sup>e</sup>)

CATALOGUE GRATUIT ET FRANCO SUR DEMANDE



Maître  
des  
Ondes

LA PLUS BELLE NOUVEAUTÉ  
DE LA SAISON

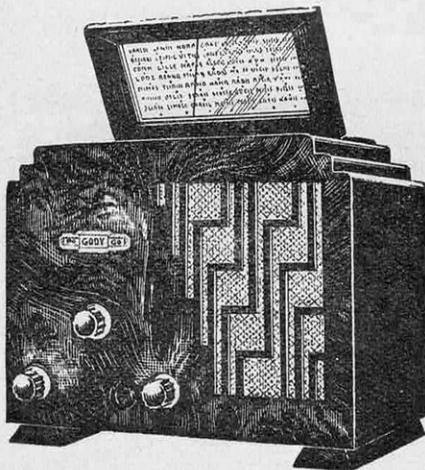
**Le cadran PSYCHÉ**

SE TROUVE DANS

**LA GAMME GODY**

qui comprend des  
Modèles superhétérodyne depuis

**1.250 francs**



Cadran lumineux à lecture directe, modèle psyché à  
miroir d'une visibilité et clarté incomparables. Inter-  
changeable instantanément (Breveté S. G. D. G.)

Catalogues et tous renseignements franco

**Etablissements GODY**

USINE ET BUREAUX :

à **AMBOISE** (Indre-et-Loire)

SUCCURSALE :

24, boulevard Beaumarchais, **PARIS**

**AVEC UN GODY,  
JAMAIS D'ENNUIS!**



*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  
boursé 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 tou-  
jours sur vos appareils la marque ERA.

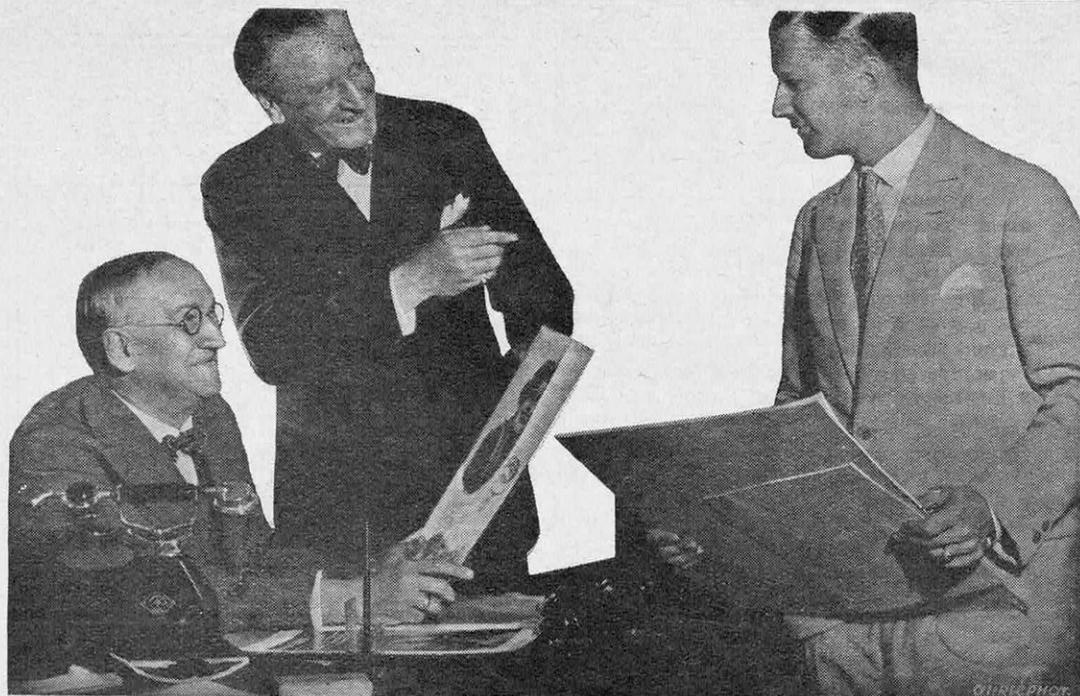
EN VENTE PARTOUT

**MOTEURS  
ERA**

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



Pub. R. I. Dupuy



# Il ne l'avait pas dit qu'il savait dessiner!

« Voici notre jeune accusé, Monsieur le Directeur, Son crime est très net : il a du talent et nous l'a laissé ignorer.

« J'ai fait cette découverte samedi dernier dans le métro, par hasard. A l'autre bout de ma voiture, ce garçon griffonnait je ne sais quoi dans le creux de sa main, avec un bout de crayon. Je parvins derrière son épaule et vis défilier quelques pages de son carnet de croquis : des silhouettes élégantes ou humoristiques, un portrait plus poussé de grosse dame...

« Je pus voir chez lui toute sa collection : dessins à la plume, au crayon, au pinceau, — scènes de rue, paysages, compositions décoratives, essais de publicité, tout témoignait d'une imagination débordante. Beaucoup de goût et d'observation...

— C'est qu'il y a très peu de temps que j'ai dessiné, Monsieur le Directeur ; trois mois à peine.

— Trois mois ? Comment diable avez-vous fait ?

— J'avais toujours voulu dessiner, mais les tristes leçons d'école m'avaient découragé. Récemment, j'ai voulu savoir ce que vaut la Méthode A. B. C. de Dessin. La brochure m'a intéressé. J'ai pris un cours : c'est pour moi une révélation formidable. Mille petits secrets que l'on ne peut découvrir tout seul, un plaisir constant. J'expédie mes devoirs à mon professeur — un artiste réputé — j'ai reçu ses réponses et corrections avec un véritable enthousiasme.

Les difficultés qui m'arrêtaient sont mortes. Tout me paraît simple, et pourtant je m'aperçois que j'ai appris déjà tout un métier...

— Et quand comptez-vous avoir terminé ?

— Dans quelques mois.

— Bien. — Laissez-moi ces esquisses, elles serviront. Continuez sérieusement, et montrez-moi chaque fois ce qui peut intéresser la Maison. A la fin de votre cours, revenez me trouver. Je vous donnerai le moyen d'utiliser vos talents et d'améliorer votre situation. »

Un luxueux album illustré est offert, gratuitement et sans aucun engagement, à toute personne qui en fait la demande, la renseignant complètement sur la méthode A. B. C. de Dessin qui a déjà permis à tant et tant de se réaliser. Il suffit d'envoyer le coupon ci-dessous.

POSTEZ CE COUPON SANS RETARD

**ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN, Studio B 4  
12, rue Lincoln, 12 (Champs-Élysées), Paris (8<sup>e</sup>)**

Monsieur le Directeur,

Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans engagement pour moi, un album Le dessin par la méthode A. B. C., entièrement illustré, m'apportant tous les détails désirables sur cette méthode.

NOM.....

Profession..... Age.....

ADRESSE.....

# 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 27 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° 67.704**, 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° 67.708**, 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° 67.712**, 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° 67.719**, 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° 67.724**, 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° 67.730**, 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° 67.736**, 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° 67.743**, 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° 67.753**, 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° 67.755**, 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° 67.760**, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.  
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

**BROCHURE N° 67.767**, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

**BROCHURE N° 67.774**, 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'Ecriture, etc.  
(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

**BROCHURE N° 67.779**, 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° 67.784**, 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.)

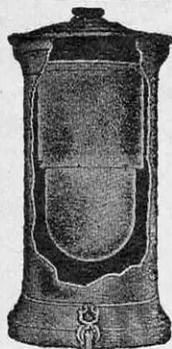
**BROCHURE N° 67.790**, concernant l'enseignement complet de la musique : Musique théorique (Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition), Musique instrumentale (Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, 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° 67.797**, 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<sup>e</sup>)



Protégez-vous des Epidémies

**FILTRE PASTEURISATEUR**

**MALLIÉ**

Premier Prix Montyon  
Académie des Sciences

**PORCELAINE D'AMIANTE - FILTRES DE MÉNAGE**

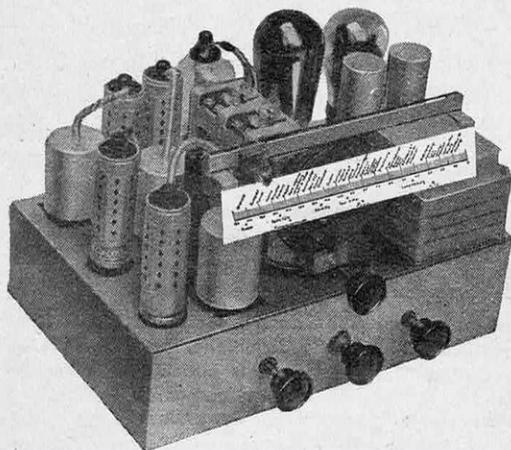
DANS TOUTES BONNES MAISONS D'ARTICLES DE MÉNAGE  
et 155, rue du Faubourg-Poissonnière - PARIS (9<sup>e</sup>)

PUBL.-ELGY

## Véritable antifading **R. S. 8**

DÉCRIT DANS CE NUMÉRO

**Superhétérodyne ultra-moderne à 7 lampes plus 1 valve  
à grande sensibilité et parfaite qualité musicale**



Montage de grande classe  
à stabilité de son absolue



APPAREIL FOURNI SOUS TROIS FORMES SUIVANTES :

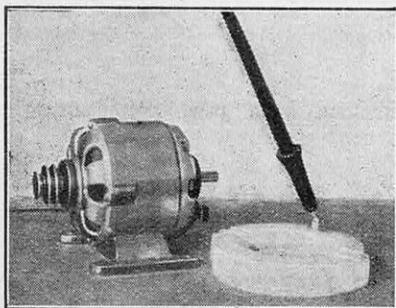
- 1° Soit tout monté en ébénisterie de luxe à prix très bas ;
- 2° Soit en châssis câblé complet avec lampes ;
- 3° Soit en pièces détachées, prêt à être monté par tout sans-filiste.



Demandez renseignements, notice technique,  
devis et plan de câblage gratuitement  
(Joindre deux timbres de 50 centimes pour frais d'envoi)

**Et<sup>s</sup> RADIO-SOURCE, 82, avenue Parmentier, Paris-11<sup>e</sup>**

Télégr. : SOURCELEC-119 — Chèques Post. Paris 664-49 — Téléphone : ROQUETTE 62-80, 62-81



EXPÉDITIONS FRANCO FRANCE ET COLONIES

## ÉTRENNES 1934

**Pour 125 francs !!**

**UN MOTEUR ÉLECTRIQUE INDUSTRIEL SILENCIEUX**

fonctionnant sur le courant lumière monophasé  
(50 périodes). Pas de collecteur ; pas de balais ;  
aucun entretien. Ne produit pas de parasites !  
Tension : de 100 à 125 volts. - Vitesse : 1.400  
tours-minute. - Puissance absorbée : 36 watts.

C'EST UNE PRODUCTION DE LA

**Sté Am<sup>e</sup> de Constructions Électriques MINICUS**  
5, rue de l'Avenir, GENNEVILLIERS (Seine)

# *Il y a EN VOUS un élément de succès que nul autre ne possède*

## VOUS AVEZ UNE VALEUR SOCIALE UNIQUE

Dans le monde des affaires comme dans la science et dans les arts, partout, ce qu'on réclame à grands cris, c'est l'**ORIGINALITÉ**.

Si vous prenez l'initiative à laquelle le monde vous sollicite, il vous rétribuera... et généreusement. Mais si vous laissez dormir votre originalité, il n'aura que faire de vous.

Jamais deux personnes identiques n'ont existé. Il y a en vous quelque qualité que vous êtes seul à posséder. Vous avez ainsi une valeur sociale unique qui ne demande qu'à se révéler.

Qu'attendez-vous pour vous équiper ? Une situation déjà brillante vous attend : partez à sa recherche.

## NOUS VOUS AIDERONS A LA TROUVER

Nous vous fournirons gratuitement toutes informations; demandez notre brochure explicative, vous la recevrez sans engagement de votre part.

# SYSTÈME PELMAN

**80, boulevard Haussmann (service 18), PARIS-8<sup>e</sup>**

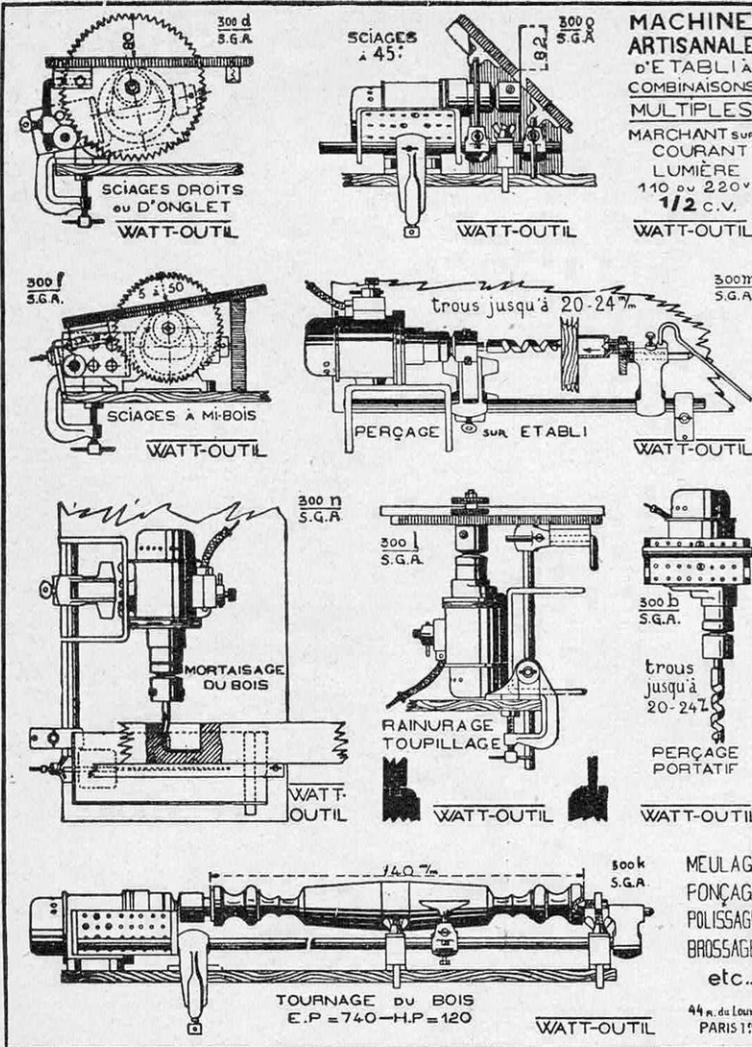
LONDRES  
DUBLIN

NEW-YORK  
AMSTERDAM

DURBAN  
MELBOURNE

DELHI  
CALCUTTA

*Sous la Direction effective de Professeurs de Facultés et d'Hommes d'Affaires expérimentés*  
40 ANS D'EXPÉRIENCE MONDIALE DANS TOUTES LES CLASSES DE LA SOCIÉTÉ



**300 d S.G.A.**  
SCIAGES DROITS ou D'ONGLET  
WATT-OUTIL

**300 o S.G.A.**  
SCIAGES à 45°  
WATT-OUTIL

**300 f S.G.A.**  
SCIAGES à MI-BOIS  
WATT-OUTIL

**300 m S.G.A.**  
trous jusqu'à 20-24<sup>m</sup>  
PERÇAGE SUR ETABLI  
WATT-OUTIL

**300 n S.G.A.**  
MORTAISAGE DU BOIS  
WATT-OUTIL

**300 l S.G.A.**  
RAINURAGE TOUPILLAGE  
WATT-OUTIL

**300 b S.G.A.**  
trous jusqu'à 20-24<sup>m</sup>  
PERÇAGE PORTATIF  
WATT-OUTIL

**500 k S.G.A.**  
MEULAGE  
FONÇAGE  
POLISSAGE  
BROSSAGE  
etc..  
44, rue du Louvre  
PARIS 1<sup>er</sup>

**TOURNAGE du BOIS**  
E.P. = 740 - H.P. = 120  
WATT-OUTIL

# WATT-OUTIL

à la portée de tous, se fixe sur établi et permet :

**SCIAGES** jusqu'à 80<sup>m</sup>/<sub>m</sub> d'épaisseur, droits, mi-bois, d'onglet, 45°;

**PERÇAGES** jusqu'à 20<sup>m</sup>/<sub>m</sub> en position fixe ou portative;

**TOURNAGES** jusqu'à 740<sup>m</sup>/<sub>m</sub> de longueur;

## TOUPILLAGE RAINURAGE

MORTAISAGE, PONÇAGE, etc.

Prix d'étrennes, strictement limité à fin janvier 1934 :

**2.000 FR.** en ordre de marche : plus de 130 pièces

Decrit par *La Science et la Vie* de janvier 1934.

Autres machines artisanales pour amateurs et artisans :

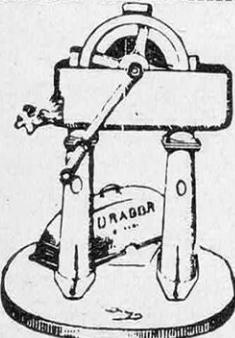
**MÉCANOUTIL : 800 fr.**

**VOLT-SCIE : 970 fr.**

**VOLT-OUTIL, etc.**

**S.G.A.S.** Ingénieurs-Construct. br. S.G.D.G.

**44, rue du Louvre, 44  
PARIS-1<sup>er</sup>**



**DRAGOR**  
Elévateur d'eau à godets pour puits profonds et très profonds A la main et au moteur. - Avec ou sans refoulement. - L'eau au 1<sup>er</sup> 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 l'article, n° 83, page 446.

**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<sup>e</sup>

**Vente des Livres et des Appareils  
permettant les contrôles.**

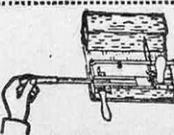
**POMPES - RÉSERVOIRS  
ÉLECTRICITÉ - CHAUFFAGE**

**MANUEL-GUIDE GRATIS**

# INVENTIONS

OBTENTION de BREVETS POUR TOUS PAYS  
Dépôt de Marques de Fabrique

**H. BOETTCHER fils, Ingénieur-Correspondant, 21, Rue Cambon, Paris**



**NOUVELLE MACHINE A CIGARETTES**  
Economise 50 % de tabac, 200 cigarettes à l'heure, emploie le papier en tubes dont la composition neutralise la nicotine - **PRIX : 95 fr.** - Notice gratuite

**MACHINES à CYLINDRES, depuis 45 fr.**

**LEMAIRE, Fabric., 5, r. Scribe, Paris** En vente partout

# ... Il part pour Hollywood ...

*diriger les services étrangers de sa Maison*

**parce qu'il parle couramment l'Anglais !**



CHACUN employé s'était efforcé d'être celui qui représenterait la Maison à Hollywood. Non seulement la ville mondiale du cinéma et sa beauté ensoleillée les attirait, mais les appointements étaient les plus élevés de la Maison. Et voilà que ce poste si envié était confié à Paul, l'un des plus jeunes employés, Paul dont personne n'aurait sérieusement soutenu les chances !

Le Directeur général fit connaître ouvertement le motif de sa décision : Paul était un polyglotte excellent et parlait plusieurs langues avec une pureté d'accent irréprochable, qu'il devait à la Méthode Linguaphone.

Cette petite histoire vraie devrait vous faire réfléchir. Vous aussi, vous pouvez apprendre chez vous n'importe quelle langue sans

professeurs coûteux, par la Méthode Linguaphone, création tout à fait moderne. Renseignez-vous, ne manquez pas d'examiner ce moyen de devancer vos concurrents et vos supérieurs. Demandez le beau volume illustré Linguaphone qui vous sera adressé gratuitement et sans aucun engagement pour vous, et qui vous renseignera complètement sur cette méthode si simple et si amusante.

ENVOYEZ CE COUPON SANS RETARD

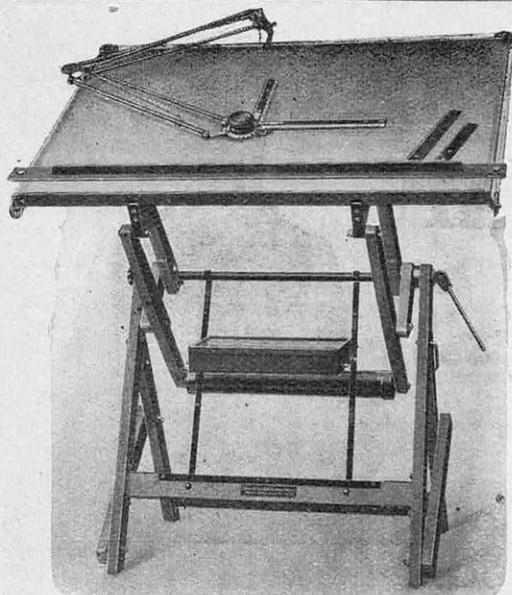
**INSTITUT LINGUAPHONE, Annexe B 4  
12, rue Lincoln, 12 (Champs-Élysées), Paris (8<sup>e</sup>)**

Monsieur le Directeur,

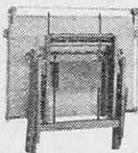
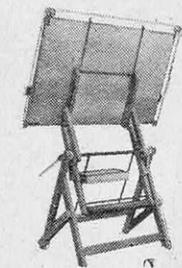
*Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans engagement pour moi, un volume illustré Linguaphone m'apportant tous les détails désirables sur la Méthode Linguaphone d'enseignement des langues vivantes. Les langues qui m'intéressent sont.....*

NOM.....

ADRESSE.....



## 15 JOURS A L'ESSAI sans aucun engagement



N'hésitez pas à profiter de l'offre exceptionnelle qui vous est faite.

### NOTRE TABLE UNIC-STUDIO

vous est offerte 15 jours à l'essai sans aucun engagement pour vous.

Nous vous l'expédions franco de port et d'emballage et, en cas de non-convenance, il vous suffira de nous la retourner à nos frais.

Documentez-vous aujourd'hui même sur la gamme de nos différents modèles. Notices détaillées sur demande.

## LA TABLE A DESSINER UNIC

VOUS PROCURERA

PRÉCISION - CONFORT - RENDEMENT

### ÉTABL<sup>TS</sup> L. SAUTEREAU

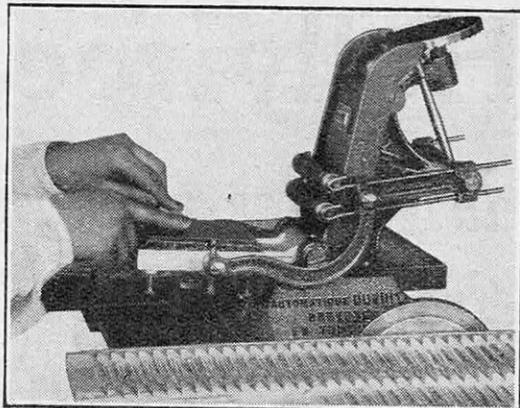
Magasin d'Exposition - Service Commercial  
68. Avenue Parmentier, PARIS XI<sup>e</sup> - Roq. 76-44  
Usine à Pierrefitte (Seine) - Téléphone 28

:- SUPPRIMEZ VOS ÉTIQUETTES :-  
IMPRIMEZ DIRECTEMENT VOS PRODUITS

L'AUTOMATIQUE

## DUBUIT

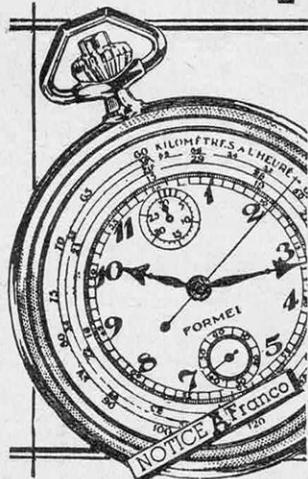
imprime sur toute surface 1.800 objets à l'heure :  
marques, caractéristiques, références, prix, etc.



Présentation plus moderne  
Quatre fois moins cher que les étiquettes  
Nombreuses références dans toutes les branches de l'industrie

Machines DUBUIT, 62 bis, r. St-Blaise, PARIS-20<sup>e</sup>  
TÉL. : Roquette 19-31

## CHRONOGRAPHE FORMEL



INDISPENSABLE  
à l'automobiliste et à tous  
les sportsmen. - indique  
constamment l'heure  
exacte et permet tous  
les chronométrages au  
cinquième de seconde.  
**GARANTI 10 ANS**

Références: Etat, Chemins de fer de l'Est, Ville de Paris, etc...

Vente exclusive :

Horlogerie E. BENOIT  
60, Rue de Flandre, PARIS  
Chèque postal 1373-06

Modèles de luxe en  
Chromé..... 970 Frs  
Argent..... 335 Frs  
Or ..... 1400 Frs

# Des MUSCLES en 30 JOURS! NOUS LE GARANTISSONS

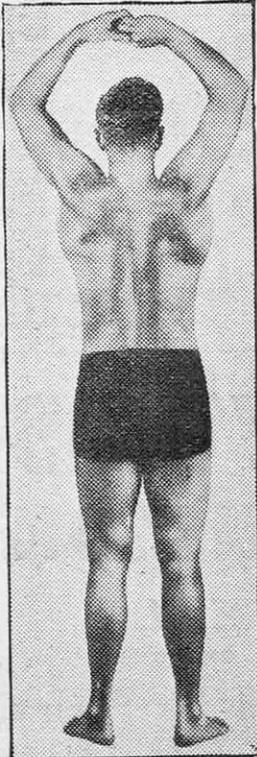
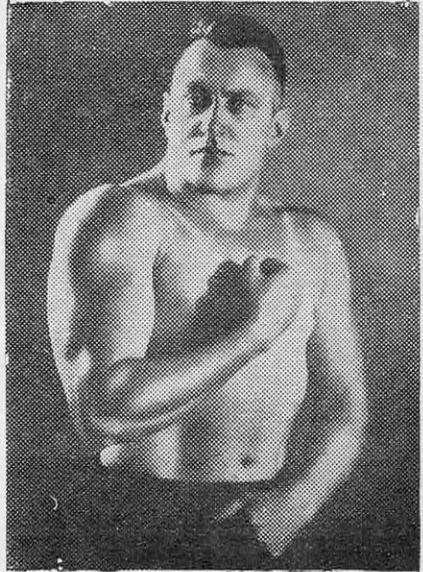
C'est avec juste raison qu'on nous appelle les « Constructeurs de muscles ». En trente jours, nous pouvons transformer votre corps d'une manière que vous n'auriez jamais crue possible. Quelques minutes d'exercice chaque matin suffisent pour augmenter de 4 centimètres les muscles de vos bras et de 12 centimètres votre tour de poitrine. Votre cou se fortifiera, vos épaules s'élargiront. Avant même que vous vous en aperceviez, les gens se retourneront sur votre passage. Vos amis se demanderont ce qui vous est arrivé. Peu importe que vous ayez toujours été faible ou mince : nous ferons de vous un homme fort, et nous savons que nous pouvons le faire. Nous pouvons non seulement développer vos muscles, mais encore élargir votre poitrine et accroître la capacité de vos poumons. A chaque respiration, vous remplirez entièrement vos poumons d'oxygène, et votre vitalité ne sera pas comparable à ce qu'elle était auparavant.

**ET EN CENT CINQUANTE JOURS.** — Il faut compter cent cinquante jours pour mener à bien et parfaire ce travail ; mais, dès le trentième jour, les progrès sont énormes. Au bout de ce temps, nous vous demandons simplement de vous regarder dans une glace. Vous verrez alors un tout autre homme. Nous ne formons pas un homme à moitié. Vous verrez vos muscles se gonfler sur vos bras, vos jambes, votre poitrine et votre dos. Vous serez fier de vos larges épaules, de votre poitrine arrondie du superbe développement obtenu de la tête aux pieds.

**NOUS AGISSONS ÉGALEMENT SUR VOS ORGANES INTÉRIEURS.** — Nous vous ferons heureux de vivre !

Vous serez mieux et vous vous sentirez mieux que jamais vous ne l'avez été auparavant. Nous ne nous contentons pas seulement de donner à vos muscles une apparence qui attire l'attention : ce serait du travail à moitié fait. Pendant que nous développons extérieurement vos muscles, nous travaillons aussi ceux qui commandent et contrôlent les organes intérieurs. Nous les reconstituons et nous les vivifions ; nous les fortifions et nous les exerçons. Nous vous donnerons une joie merveilleuse : celle de vous sentir pleinement en vie. Une vie nouvelle se développera dans chacune des cellules, dans chacun des organes de votre corps, et ce résultat sera très vite atteint. Nous ne donnons pas seulement à vos muscles la fermeté dont la provenance vous émerveille, mais nous vous donnons encore l'ÉNERGIE, la VIGUEUR, la SANTÉ. Rappelez-vous que nous ne nous contentons pas de promettre : nous garantissons ce que nous avançons. FAITES-VOUS ADRESSER par le DYNAM INSTITUT le livre GRATUIT : **Comment former ses muscles.** Retournez-nous le coupon ci-dessous dès aujourd'hui. Ce livre vous fera comprendre l'étonnante possibilité de développement musculaire que vous pouvez obtenir. Vous verrez que la faiblesse actuelle de votre corps est sans importance, puisque vous pouvez rapidement développer votre force musculaire avec certitude.

Ce livre est à vous : il suffit de le demander. Il est gratuit, mais nous vous prions de bien vouloir joindre 1 fr. 50 en timbres-poste pour l'expédition. Une demande de renseignements ne vous engage à rien. Postez le bon dès maintenant pour ne pas l'oublier.



**BON GRATUIT A DÉCOUPER OU A RECOPIER**  
DYNAM INSTITUT (Service V1), rue La Condamine, 14, PARIS (17<sup>e</sup>)

*Veillez m'adresser gratuitement, et sans engagement de ma part, votre livre intitulé : **Comment former ses muscles**, ainsi que tous les détails concernant votre garantie. Ci-inclus 1 fr. 50 en timbres-poste pour les frais d'expédition.*

Nom : .....

Adresse : .....

# LE COKE DE GAZ

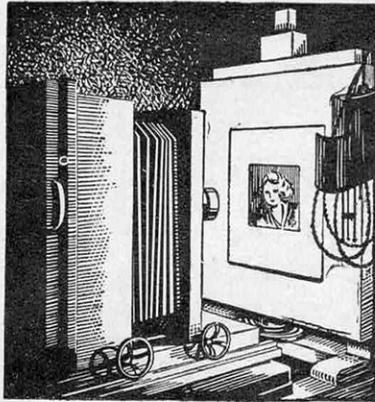
## supprime les fumées

ADRESSEZ-VOUS AUX SOCIÉTÉS GAZIÈRES

**GALVANOPLASTIE CLICHERIE TYPOGRAPHIE PUBLICITAIRE CLICHES STEREOTYPIQUES CHROMES**

PHOTO GRAVURE

Les Clichés de "La Science et la Vie" sont exécutés par les Établissements Laureys depuis sa fondation.



# LAUREYS FRÈRES

Annonceurs vous avez tout intérêt à vous adresser à notre Établissement.

**17, RUE D'ENGHEN, PARIS-10° TÉL. PROVENCE 99-37**

## Nouvelle Loupe binoculaire réglable

à écartement pupillaire variable

(Brevetée France et Etranger)



**L. BERLAND**

Opticien-Const'

**ÉTRÉCHY**

(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. **La seule les deux mains libres.** Supprime toute fatigue. — Appareil type laboratoire, complet, avec 3 grossis., en boîte bois et mode d'emploi, **65 fr.** Le même appareil pliant, type luxe de poche, en boîte métal et mode d'emploi, **100 fr.** Suppl' pour frais d'envoi, France et Colon., 1 f 50; ou contre rembour., 3 fr.

# BREVETS D'INVENTION

**A. J. VAREILLE**

INGÉNIEUR - CONSEIL

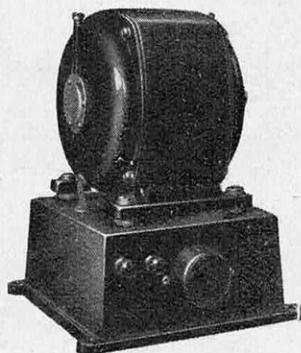
10, PLACE DE LA PORTE-CHAMPERRET, 10  
PARIS-XVII<sup>e</sup> (Tél. : Galvani 49-56)

# MOTEURS ÉLECTRIQUES MONOPHASÉS

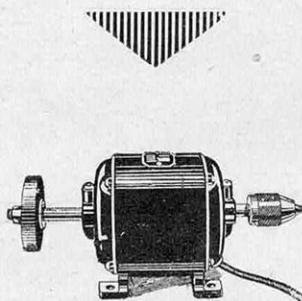
1/200° A 1/2 CV

TOUTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES ET DOMESTIQUES

.....  
 DÉMARRANT EN CHARGE — SANS ENTRETIEN — SILENCIEUX  
 — VITESSE FIXE — NE TROUBLANT PAS LA T. S. F. —



Moteur 3 vitesses



Petit touret pour affûtage et perçage



Touret pour mécanicien-dentiste

**R. VASSAL**, INGÉNIEUR-CONSTRUCTEUR

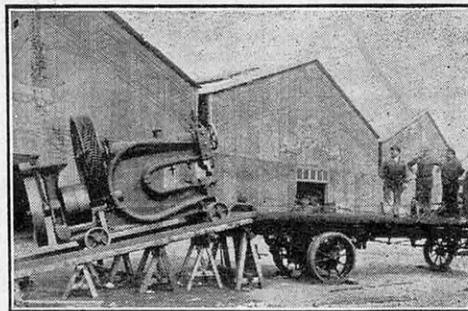
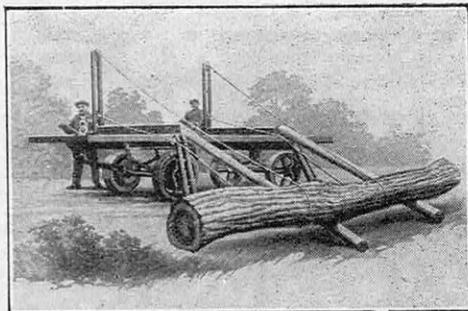
13, rue Henri-Regnault, SAINT-CLOUD (S.-&-O.) - Tél. : Val d'Or 09-68

## TREUIL- HALEUR **R. L. C.**

Breveté S. G. D. G. France et Etranger. - Appareil de manutention idéal à applications multiples. - S'utilise indistinctement dans la position verticale, horizontale et plan incliné. - Se fait à une ou plusieurs vitesses, à bâtis acier et flasques tôle, suivant l'application. - Système breveté de dévidage instantané du câble et de la chaîne. - Frein à main. - Frein automatique. - Système breveté d'accrochage et d'enlèvement instantané.

**MINIMUM D'EFFORT — MAXIMUM DE RENDEMENT**

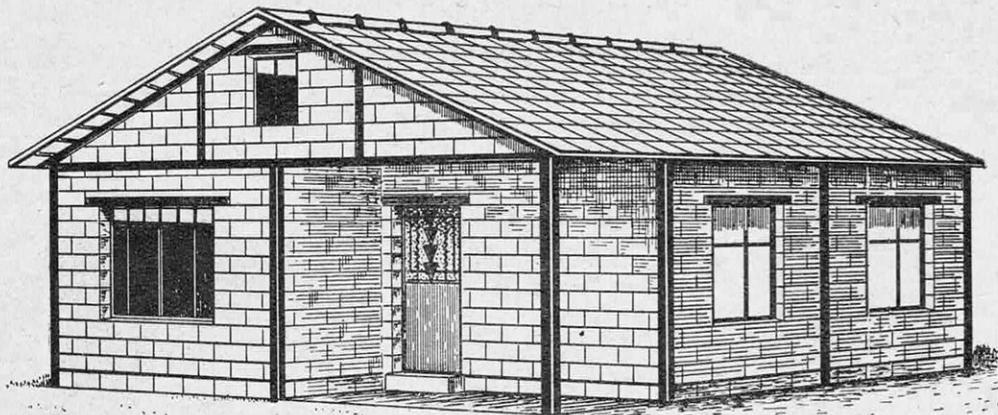
Minimum : de poids, 38 kg. ; d'encombrement, 42×41×31 cm. ; d'effort manivelle, 14 kg. pour 1.000 kg. de traction, maximum de rendement.



..... Voir la description page 92 .....

**LARMIGNAT & LE MONNIER**, Inv.-Const<sup>rs</sup>, 134, rue Sadi-Carnot, VANVES (Seine)

## Habitations « bon marché », mais confortables

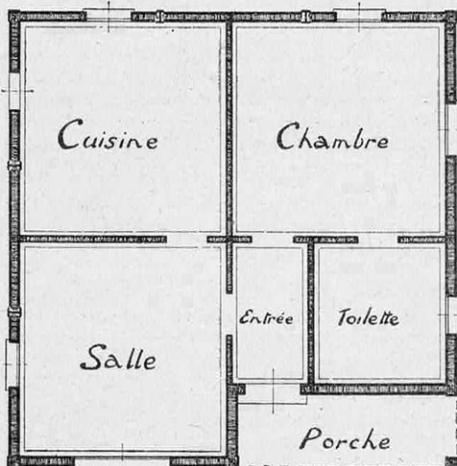


Il nous est souvent arrivé, chers lecteurs, de répondre à un propriétaire qui nous pose la question suivante :

« Voulez-vous me dire ce que coûterait une petite maison de trois pièces? Je possède un terrain qui fait 10 mètres sur 10 mètres, et je voudrais y édifier une maison qui serait habitable toute l'année. Il me faut une chambre, une salle, une cuisine et une toilette. Je pourrais monter la construction moi-même, à condition que vous me donniez les plans. »

Quelle devrait être notre réponse à cette question? D'abord, il n'est pas dans notre rôle de prétendre livrer des maisons tout entières. Nous sommes constructeurs, notre matière première est l'acier, notre ingéniosité s'exerce en dessinant les **ossatures métalliques** de maisons. Nous fabriquons également les portes et fenêtres métalliques et les persiennes métalliques.

Le propriétaire qui utilise et qui apprécie notre travail est celui qui aime travailler lui-même, ou qui dispose d'un ouvrier intelligent. Il nous fait faire sa charpente et ses menuiseries, — nous livrons à son gré la toiture et le plafond, — nous lui donnons une machine pour faire ses agglomérés. Il n'a pas besoin d'autre chose et se fait une habitation au **tiers** du prix ordinaire.



Prenons, par exemple, la petite maison que représente le dessin ci-dessus. Elle est d'une popularité extraordinaire et d'une réussite parfaite. Elle est fort goûtée aux colonies aussi. Elle se fait en toute grandeur voulue. Voici le coût, en 7 mètres sur 7 mètres sur 3 mètres :

Charpente métallique complète. . . . .	2.442 »
7 croisées métalliques à deux vantaux, complètes avec les persiennes métalliques et accessoires. . . . .	2.450 »
1 grande porte d'entrée, en panneaux à double emboîtement, avec grille de décor. . . . .	292 »
Toiture complète en fibrociment ondulé, avec toutes les pannes métalliques et accessoires de pose, la toiture pouvant être également en tuiles. . . . .	1.715 »
Machine à faire les agglomérés, faisant des blocs de l'épaisseur voulue. . . . .	464 »
<b>Total. . . . .</b>	<b>7.363 »</b>

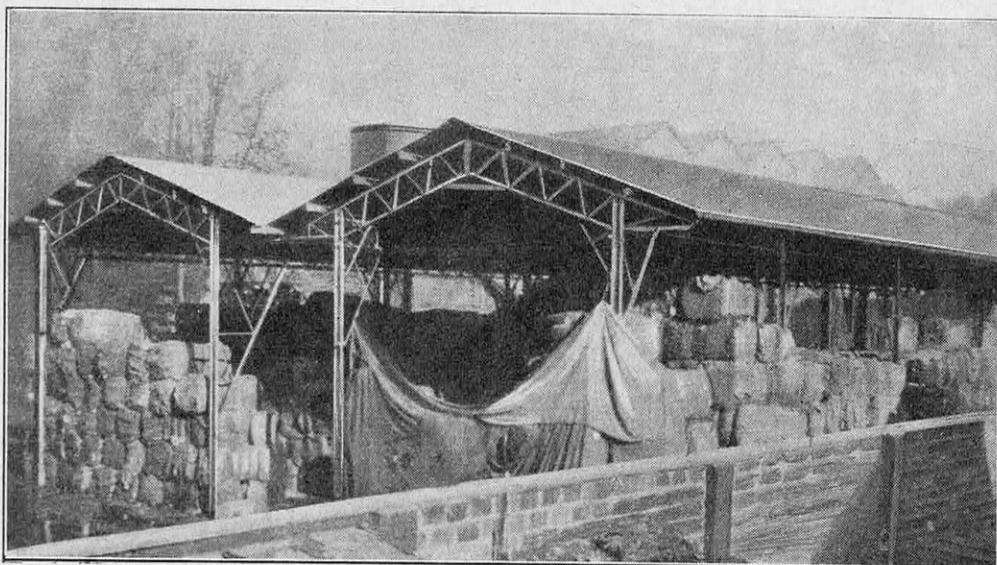
Le supplément de prix, pour l'emballage maritime, le cas échéant, et les frais de mise sur bateau, est de 5 %.

Pouvez-vous faire mieux, chers lecteurs? Mettons, si vous voulez, 1.200 francs pour les agglomérés des parois et des cloisons et ajoutez encore 1.800 francs pour le plafond, le plancher et les portes intérieures : vous ne faites que 10.000 francs en tout. Et vous aurez une maison habitable toute l'année et qui sera **confortable**.

Encore une chose. Si vous désirez agrandir un jour vous commanderez une travée supplémentaire. Vous êtes sûr de la trouver, car toute notre fabrication est rigoureusement standardisée. Elle n'est pas non plus limitée à 7 mètres de large ; nous faisons toute largeur voulue entre 5 et 12 mètres. Faites-nous donc l'honneur de nous consulter au sujet de votre projet. Ce serait dommage de ne pouvoir réussir à vous rendre des services.

**Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs**  
Aux Ateliers de la Couronne, 6 bis, PETIT-QUEVILLY-LÈS-ROUEN (Seine-Inf.)

# La SÉRIE 39 emmagasine du coton



La photographie que nous avons le privilège de soumettre à nos lecteurs représente la **Série 39**, employée comme **magasin de balles de coton**. Elle a bien d'autres emplois, — tout autour de Rouen, elle abonde, — garages, salles de fêtes, hangars industriels et agricoles, et bien d'autres. Si jamais, chers lecteurs, vous venez à Rouen dans l'idée d'étudier notre travail sur place, ce ne sera pas en atelier que vous le verrez, mais dans les usines, les fermes et les propriétés autour de Rouen et dans les environs. Avertissez-nous de votre visite, et nous dresserons, à votre intention, une liste de constructions susceptibles de vous intéresser.

En attendant, revenons à notre magasin de coton qui se trouve installé dans la Filature des Etablissements de **Ménibus**, à Déville-lès-Rouen. Notre bâtiment est vaste ; il occupe 18 mètres sur 30 mètres et se fait en deux nefs ayant 6 mètres entre poteaux, avec des auvents de 1 m. 50 de chaque côté.

Une particularité de cette construction est la forme spéciale du chéneau central, qui assure le drainage de la toiture au point de jonction des deux bâtiments, ce point de jonction étant situé aux extrémités des auvents.

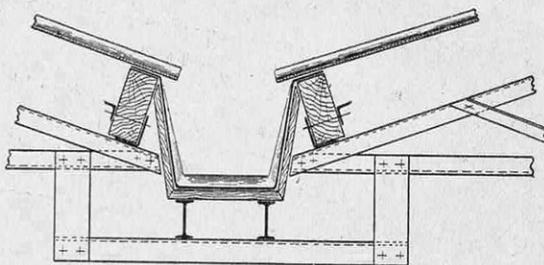
Cette forme de chéneau est intéressante. Elle permet d'abord une installation très peu coûteuse, facile à poser, tout en ayant la solidité nécessaire pour permettre à un homme de marcher dans le chéneau pour en effectuer le nettoyage.

L'ensemble du magasin de balles de coton des Etablissements de **Ménibus** n'a pas dépassé **30.000 francs**, et c'est un joli bâtiment. Il abrite

8.000 balles de coton, dont les entrées et les sorties se font de trois à quatre fois par an — donc un **loyer** de 10 centimes par balle, chiffre absolument insignifiant.

En effet, la construction métallique n'est pas coûteuse. Aujourd'hui, les cours des matières premières sont raisonnables, la main-d'œuvre est accessible ; la clientèle, tout en exigeant du beau travail, est mieux servie que pendant les « jours de splendeur » de 1929, où il y avait une telle affluence de travail qu'on avait à peine le temps d'étudier minutieusement les projets et d'en soigner l'exécution. Aujourd'hui, on travaille bien.

Faites-nous donc, chers lecteurs, le plaisir de nous soumettre votre projet. Demandez d'abord la brochure de la **Série 39**, afin de vous mettre au courant de notre fabrication. Elle vous sera gracieusement envoyée par retour du courrier.



**Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs**  
Aux Ateliers de la Couronne, 6 bis, PETIT-QUEVILLY-LÈS-ROUEN (Seine-Inf.)

# RÈGLES A CALCULS DE POCHE MARC

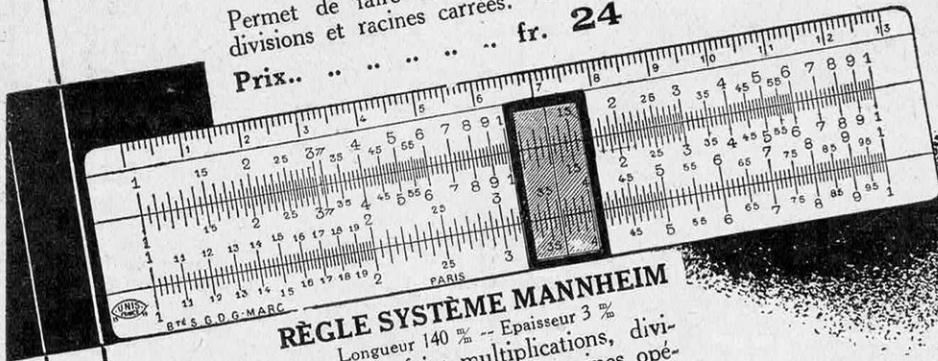
ÉTUDIÉES POUR VOTRE POCHE  
et aussi indispensables que votre stylo



**RÈGLE SCOLAIRE**  
Longueur 140 <sup>mm</sup>/<sub>mm</sub> -- Epaisseur 3 <sup>mm</sup>/<sub>mm</sub>

Permet de faire les multiplications,  
divisions et racines carrées.

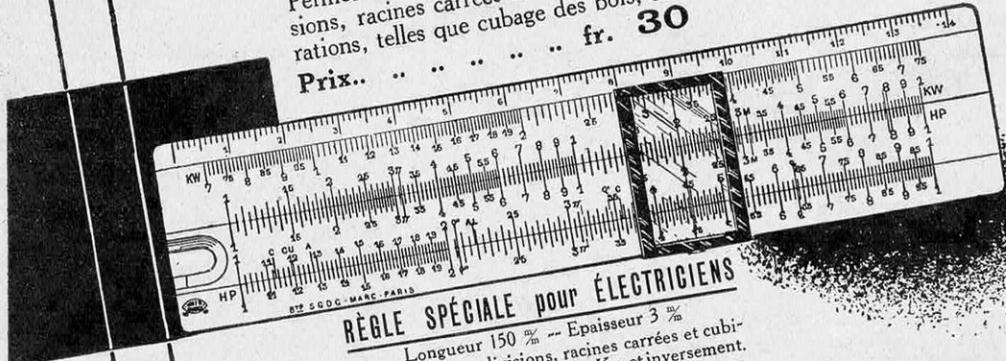
Prix.. . . . fr. 24



**RÈGLE SYSTÈME MANNHEIM**  
Longueur 140 <sup>mm</sup>/<sub>mm</sub> -- Epaisseur 3 <sup>mm</sup>/<sub>mm</sub>

Permet de faire multiplications, divi-  
sions, racines carrées et certaines opé-  
rations, telles que cubage des bois, etc.

Prix.. . . . fr. 30



**RÈGLE SPÉCIALE pour ÉLECTRICIENS**  
Longueur 150 <sup>mm</sup>/<sub>mm</sub> -- Epaisseur 3 <sup>mm</sup>/<sub>mm</sub>

Multiplications, divisions, racines carrées et cubi-  
ques, transformation de HP en Kw et inversement.  
Calculs de rendement de moteurs et dynamos,  
résistance et chute de tension. Poids d'une barre  
d'acier, d'un fil de cuivre ou d'aluminium, circon-  
férence et surface latérale d'un cylindre.

Prix.. . . . fr. 36

**DÉTAIL :** MAISONS D'APPAREILS DE PRÉCISION  
PAPETIERS - LIBRAIRES - OPTICIENS  
**GROS EXCLUSIVEMENT :**  
**CARBONNEL & LEGENDRE**  
12, rue Condorcet, PARIS (9<sup>e</sup>) — Tél. : Trudaine 83-13

La cellule photoélectrique est aujourd'hui multiforme pour répondre à ses multiples applications . . . . .	Jean Labadié. . . . .	3
<i>Voici une mise au point précise des progrès réalisés par la cellule photoélectrique, dont les merveilleuses propriétés ont permis de résoudre les plus délicats problèmes du laboratoire et de l'industrie et ont transformé jusqu'à notre manière de vivre.</i>		
Les pluies d'étoiles filantes sont bien faciles à expliquer. . . . .	L. Houlevigie . . . . .	14
<i>Les nombreuses observations effectuées depuis un demi-siècle ont démontré que les étoiles filantes ne sont que des débris de comètes qui traversent, deux fois par an, les couches élevées de notre atmosphère. La pluie du 9 octobre dernier n'était pas une nouveauté.</i>		
Les nouvelles lampes « multiples de T. S. F. ont considérablement amélioré le radiorécepteur moderne. . . . .	C. Vinogradov . . . . .	19
<i>Non seulement le rendement électrique du poste de T. S. F. a été remarquablement accru, mais encore son rendement acoustique a été notablement amélioré, grâce à la notion du « relief musical ». C'est la dernière conquête de la radiodiffusion.</i>		
L'alcool absolu est maintenant un produit industriel. Pourquoi ? Afin de répondre à l'utilisation de l'alcool, de plus en plus considérable (carburant alcool-essence notamment), de nouveaux procédés ont été mis au point pour le fabriquer à l'état pur exigé par ses applications industrielles.	Armand Courtier . . . . .	27
Ce que nous a appris à son retour la mission française de l'« Année Polaire ». . . . .	Victor Jougla. . . . .	36
<i>Les observations effectuées au Groenland pendant douze mois sont susceptibles de faire progresser la géophysique. Le chef de la mission française avait exposé ici son programme en août 1932 (n° 182).</i>		
L'industrie moderne repose sur la précision mécanique : elle a engendré la « grande série ». . . . .	André Charmeil. . . . .	42
<i>La fabrication en « grande série » a permis d'abaisser les prix de revient et d'accélérer la production. Elle exige la confection de pièces rigoureusement interchangeables. Le contrôle de l'usinage n'est possible que grâce à des instruments de mesure de haute précision, pour comparer, par exemple, des longueurs au cent millième de millimètre près.</i>		
Pour mettre à l'abri du danger aérien nos réserves en combustibles liquides . . . . .	H. Pelle des Forges . . . . .	51
<i>Seuls, des réservoirs enterrés permettent d'assurer avec sécurité l'approvisionnement en combustibles liquides nécessaire à notre marine nationale. Qu'avons-nous fait jusqu'ici pour nous défendre ?</i>		
Sur le Colorado va se dresser le plus grand barrage du monde . . .	Jean Marchand. . . . .	61
<i>Le barrage Hoover permettra de capter près de 2 millions de ch, d'irriguer 800.000 hectares de terres arides et d'alimenter en eau potable plus de 2 millions d'habitants. Cet ensemble sera unique au monde.</i>		
Pourquoi l'Allemagne s'intéresse à notre fusil-mitrailleur. . . . .	Lieut.-colonel Reboul. . . . .	69
<i>L'excellent type de fusil-mitrailleur de l'armée française, nouvellement amélioré, présente d'intéressantes particularités, que les services de renseignements de l'étranger cherchent à connaître.</i>		
La chimie organique a donné à l'industrie des verres incassables. Nés en Allemagne, les verres organiques sont aujourd'hui répandus dans le monde entier. Aussi transparents que le verre à base de silice, mais incassables, ils sont couramment utilisés dans la fabrication des glaces de sécurité, des verres optiques et de nombreux objets décoratifs. Ils font partie de ce vaste domaine des matières plastiques que nous explorerons prochainement ici.	E. de Berg. . . . .	72
Les aciers inoxydables et semi-inoxydables dans l'industrie. . . . .	Pierre Devaux . . . . .	76
<i>Ils ont remplacé le grès, le verre, les émaux, etc., dans la fabrication des récipients et des tuyauteries de l'industrie chimique.</i>		
Un réel progrès de l'accumulateur électrique. . . . .	J. M. . . . .	82
Les « A côté » de la science. . . . .	V. Rubor . . . . .	88

Pour alimenter en eau les formidables usines de 2 millions de chevaux qui seront créées au pied du barrage « Hoover », sur le Colorado (Etats-Unis), d'immenses tunnels de dérivation ont été creusés dans le roc. Des tronçons de tubes d'acier soudés, de 9 mètres de diamètre, revêtent l'intérieur de ces tunnels. Les 120 kilomètres de soudures effectuées ont été contrôlés d'une façon permanente au moyen de 159.000 radiographies exécutées avec l'appareil à rayons X représenté en exploration sur la couverture de ce numéro (voir l'article, page 61). C'est là un exemple unique d'un contrôle scientifique appliqué en grand et qui a nécessité une dépense de l'ordre de 5 millions de francs.

*Nous informons nos lecteurs que l'emboîtement nécessaire à la reliure des nos 193 à 198, parus de juillet à décembre 1933 et qui constituent le tome XLIV de La Science et la Vie, est en vente à nos bureaux, au prix de 5 francs, et de 6 francs avec la table des matières. Il peut être expédié franco, en France et aux colonies, au prix de 5 fr. 50 et de 6 fr. 50 avec table. Pour l'étranger, ajouter à ces derniers prix 1 franc pour supplément de port. Tous les emboîtages parus antérieurement peuvent être fournis au même prix. La Table générale des matières des vingt premières années de « La Science et la Vie » (nos 1 à 186) est en vente à nos bureaux, au prix de 20 francs; franco, France et colonies, 22 fr. 95; Etranger, 25 francs.*



LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE A CONQUIS LE DOMAINE DE L'AUTOMATISME

*Voici un exemple pris parmi cent autres : un escalier roulant se met en marche quand une personne traverse un faisceau de rayons infrarouges (en réalité invisible, mais qui a été concrétisé sur la figure) dirigé sur une cellule photoélectrique, et ne s'arrête que lorsque la personne a atteint le palier supérieur.*

# 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<sup>e</sup> — Téléph. : Provence 15-21

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

*Copyright by La Science et la Vie, Janvier 1934, R. C. Seine 116.544*

Tome XLV

Janvier 1934

Numéro 199

## LA CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE EST AUJOURD'HUI MULTIFORME POUR RÉPONDRE A SES MULTIPLES APPLICATIONS

Par Jean LABADIÉ

*Le vaste champ d'utilisation des cellules photoélectriques s'étend de plus en plus dans tous les domaines de la science et de l'industrie. Employées, en effet, dans les laboratoires pour la photométrie et la spectrophotométrie (1), elles forment, d'autre part, la cheville ouvrière du cinéma sonore (2) et de la télévision (3). Elles servent, enfin, à de multiples applications telles que : mirage des œufs, triage des cigares, décompte des colis (4), défense contre le vol, réglage automatique de l'éclairage urbain (5), signalisation et commande automatiques des trains (6), etc. Il ne faudrait pas s'imaginer qu'il existe un modèle unique de cellule pouvant convenir à des cas aussi différents. C'est pourquoi on a été amené à créer des types de cellules des plus divers, dont le fonctionnement est basé, d'ailleurs, sur des principes différents : cellules photo-résistantes, photovoltaïques, photoélectriques proprement dites, à vide ou à gaz, etc. Nous montrons ici comment fonctionnent ces différentes cellules en indiquant, pour chaque type, les applications vraiment merveilleuses auxquelles elles répondent plus spécialement.*

**S**il'on admet (et c'est difficilement contestable) que l'industrie a pour fin d'amplifier le rendement du travail corporel de l'homme, et même de s'y substituer entièrement par l'automatisme, dans certains cas, des machines, quel industriel du siècle dernier aurait osé prévoir que l'œil lui-même pût un jour bénéficier de cette règle et trouver dans la cellule photoélectrique un substitut intégral, opérant automatiquement, avec une sensibilité d'ailleurs infiniment plus grande que celle de la rétine ? Quatre-vingts pour cent des cellules photoélectriques aujourd'hui en service fonctionnent dans le cinéma parlant.

Mais la fonction de la cellule photoélectrique ne cesse de s'étendre. Elle sert à mirer les œufs, à trier les cigares, à déceler un incendie, à compter des colis, à barrer la route aux cambrioleurs, à doser l'éclairage des villes. Elle sera demain la cheville ouvrière de la télévision et les laboratoires, où elle est née pour des fins scientifiques pures, ne sauraient plus se priver de ses services en photométrie.

Quel est, du point de vue de la physique moderne, le fonctionnement exact de cet organe magique ? par quelles conjonctions de l'expérience et de la théorie a-t-il vu le jour et a-t-il progressé ? Comment on le fabrique et quel est son avenir ? Nous allons l'examiner avec toute la brièveté et, autant que possible, toute la clarté qu'exige cette Revue.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 176, page 163.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 150, page 461.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 183, page 179.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 186, page 433.

(5) Voir *La Science et la Vie*, n° 190, page 301.

(6) Voir *La Science et la Vie*, n° 186, page 436.

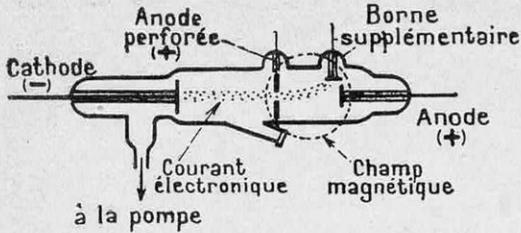


FIG. 1. — SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DU TUBE DE LÉNARD A RAYONS CATHODIQUES  
L'émission des électrons jaillissant entre la cathode et l'anode est influencée par l'éclaircissement. (Cet appareil est celui dans lequel Lénard a montré, le premier, la nature des rayons cathodiques, en faisant agir sur leur faisceau mince, diaphragmé par une anode perforée, un champ magnétique qui les défectait vers la borne supplémentaire agissant en détectrice du phénomène.)

### La photocellule théorique

Pour bien comprendre notre sujet, il est nécessaire d'avoir présentes à l'esprit deux notions capitales qui sont à la base des théories physiques les plus modernes : celle de *photon* et celle d'*électron*.

Toute onde lumineuse se « matérialise », désormais, aux yeux du physicien par un grain d'énergie, un « corpuscule de lumière », le photon. Ainsi, toute quantité de lumière se conçoit comme une projection de photons, d'une mitraille de photons.

D'autre part, toute manifestation électrique revient, aux yeux de ce même physicien, à un mouvement de corpuscules d'électricité, les électrons, qui sont les constituants des atomes matériels, au sein desquels ils tournent à la manière des planètes d'un système solaire.

Chaque fois, par conséquent, qu'un flux de lumière vient toucher la matière, une collision se produit entre photons et électrons. Les mouvements des électrons s'en trouvent modifiés et il en résulte une « manifestation électrique » que nous laissons volontairement indéterminée pour l'instant. Tout appareil capable de traduire cette manifestation en courant utilisable méritera le nom de cellule photoélectrique, plus exactement de « photocellule ».

Le phénomène est d'ailleurs « réversible », en ce sens que les mouvements des électrons sont à l'origine de la lumière et de la façon la plus évidente, pour nous borner à cet exemple, dans une ampoule à filament électrique. Le mouvement des électrons à l'intérieur du filament se traduit par un rayonnement lumineux.

De même qu'il existe plusieurs dispositifs capables de transformer l'électricité en

lumière et qui méritent tous le nom de « lampes », de même sont très divers les dispositifs photoélectriques méritant le titre de « photocellules ».

« Photorésistantes » ou « photoconductrices », « photovoltaïques » et « photoélectriques » proprement dites, nous allons rencontrer tour à tour chacune de ces espèces en commençant par la dernière venue qui est aussi la plus représentative du phénomène fondamental : *transformation de l'énergie lumineuse en électricité pure*.

### La cellule « photoélectrique » dans la famille des tubes à vide

La cellule photoélectrique est, en effet, le plus subtil des instruments qui, sous le nom de « tubes à vide », mettent en jeu l'électricité sous sa forme la plus épurée, un courant d'électrons.

Les électrons, qui, à l'état normal, gravitent sur leurs orbites atomiques ou qui, allant d'un atome à l'autre à l'état de demi-liberté, créent de la sorte un courant électrique au sein d'un conducteur, peuvent atteindre un suprême degré de liberté en quittant définitivement leur support matériel pour faire, à l'état isolé, leur chemin dans l'espace. Cette libération exige que l'espace entourant la matière traitée soit plus ou moins *vide*.

Elle peut s'obtenir par trois moyens distincts :

1° Une tension électrique suffisante, appliquée aux deux électrodes du tube à vide, fait jaillir de la matière constituant la cathode les corpuscules essentiellement négatifs que sont les électrons. C'est le procédé par lequel Lénard a révélé les « rayons cathodiques »

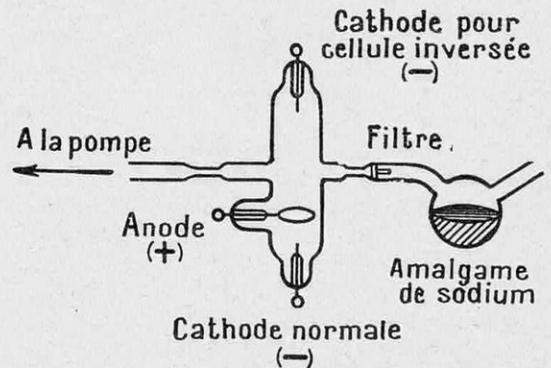


FIG. 2. — LA PREMIÈRE CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE RÉALISÉE PAR ELSTER ET GEITEL

Le corps photosensible n'est autre qu'un amalgame de sodium. Les électrons émis sont canalisés par la tension établie entre anode (+) et cathode (-), celle-ci pouvant agir suivant l'un ou l'autre des emplacements figurant sur le schéma.

mis en œuvre par M. Crookes dans les tubes à rayons X ;

2° Si le corps métallique est porté à l'incandescence dans le vide, les électrons s'échappent encore. Il suffit de polariser leur courant en opposant une anode à la cathode incandescente émettrice, filament chauffé mis en œuvre dans les kénotrons et les lampes triodes. C'est le procédé utilisé dans les lampes triodes ;

3° Enfin, la lumière peut suffire, en frappant la cathode pour en faire jaillir le flux électronique. Et c'est l'effet « photoélectrique » proprement dit qu'utilisent les photocellules « à vide ».

On aperçoit ainsi l'étroite filiation de la cellule photoélectrique et des autres « tubes à vide », dont la technique ne quittera vraisemblablement jamais plus les trois modalités que nous venons de rappeler. Historiquement, l'ordre d'apparition des trois espèces de tubes n'a pas été aussi bien ordonné. Bien avant l'invention des tubes électroniques à incandescence, deux physiciens allemands : J. Elster et H. Geitel, construisirent, en 1892, la première cellule photoélectrique à vide. C'était un tube de verre vidé d'air aussi complètement que possible, avec deux électrodes dont la négative (cathode) était faite d'un métal alcalin amalgamé (voir fig. 2). Les physiciens constatèrent que si on éclairait cet amalgame, les « rayons cathodiques » (identifiés plus tard à un flux d'électrons) commençaient à jaillir sous une tension électrique très inférieure à celle qu'il était nécessaire d'appliquer pour obtenir le même résultat dans l'obscurité parfaite.

La graduation de l'expérience, c'est-à-dire la notation de l'intensité du courant fourni par le tube en fonction de la tension appliquée, sous un éclairage déterminé, aboutit à l'établissement du premier de ces graphiques qui « caractérisent » aujourd'hui toute photocellule, ses courbes caractéristiques.

Naturellement, les physiciens furent con-

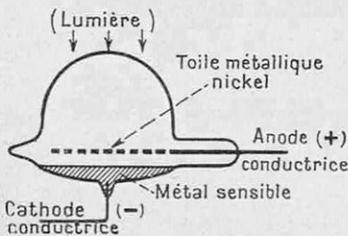


FIG. 3. — CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE DE CAMPBELL

Le corps photosensible formant cathode est disposé en couche plane, au lieu de

tapisser la paroi sphérique d'une ampoule classique. Les formes de l'ampoule influent beaucoup, en effet, sur les courbes caractéristiques de la cellule.

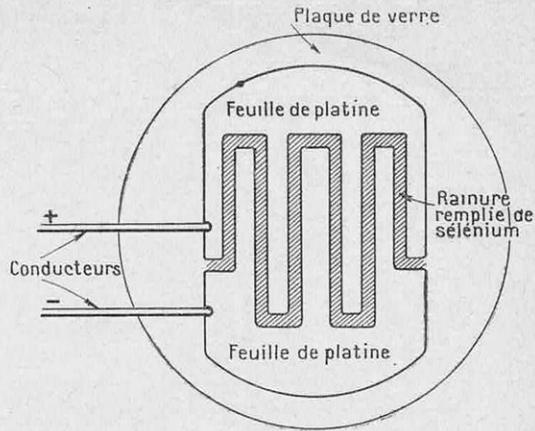


FIG. 4. — UNE CELLULE AU SÉLÉNIUM

On aperçoit la rupture de connexion ménagée par une rainure entre les deux conducteurs qui vont à la pile. Cette rainure est remplie de sélénium, qui, illuminé, assurera le passage du courant et qui, obscurci, le coupera à nouveau, — avec autant de nuances dans la résistance au passage du courant qu'il y en aura dans l'illumination.

duits à varier l'éclairage, non seulement en intensité, mais encore avec des longueurs d'ondes différentes de la lumière appliquée. Elster et Geitel déterminèrent ainsi le domaine de « photosensibilité » de leur tube. Ce domaine s'étendait à la plus grande partie du spectre visible.

### Les photocellules « à gaz »

Les mêmes auteurs furent également conduits à étudier l'influence du degré de vide sur l'effet photoélectrique obtenu.

Ils constatèrent qu'une atmosphère d'hydrogène, maintenue dans l'ampoule à la pression de 3 centimètres et demi de mercure (pression infime relativement à l'atmosphère dans laquelle nous vivons, mais très considérable au regard du physicien), accroissait l'intensité du courant photoélectrique. La cause de cet accroissement ne fait aucun mystère : les électrons émis par la cathode dans une atmosphère gazeuse « ionisent » ses molécules. Celles-ci émettent de nouveaux électrons qui entrent dans le courant général de convection allant de la cathode à l'anode (1). De ce fait, le courant porte davantage d'électricité : il devient plus intense. Cet avantage ne va pas, d'ailleurs, sans un accroissement de l'« inertie » du courant.

Autrement dit, dès qu'il se « matérialise » tant soit peu, ne fut-ce qu'en empruntant ce support impalpable des molécules gazeuses raréfiées, le courant électrique présente une inertie analogue à celle qui, dans

(1) Des ions positifs (molécules privées d'un électron) circulent en sens inverse de l'anode à la cathode.

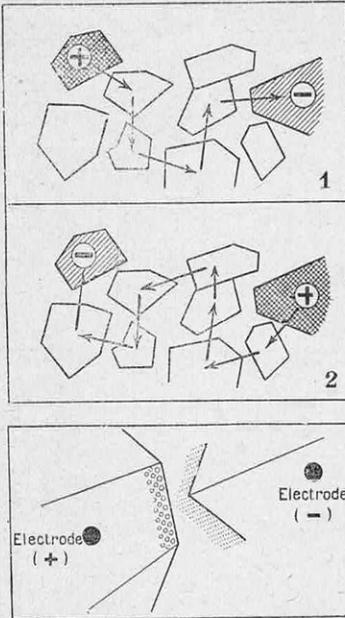


FIG. 5. — LE MÉCANISME INTERNE DE LA CELLULE PHOTORÉSISTANTE A INFRAROUGE (FOURNIER)

Les cristaux de sel de thallium forment des « contacts imparfaits ». L'induction de l'onde lumineuse sur le cristal, qui est dissymétrique, provoque l'accumulation d'électrons suivant certaines axes de ce dernier. La tension

électrique (+) (-), appliquée par une pile, déclenche le passage des électrons entre les cristaux.

un conducteur métallique, s'appelle « self-induction ». Une cellule à atmosphère gazeuse ne réagira donc pas avec la même souplesse qu'une cellule à vide, aux alternances rapides d'éclairage lumineux, telles que celles de fréquence musicale que le film sonore met en jeu.

Dans la photocellule « à gaz », le courant « photoélectrique » nous apparaît donc dans un état moins pur que dans la cellule « à vide » ; il a perdu sa forme de courant purement « électronique » ; il est devenu un courant d'« ions », c'est-à-dire d'électrons associés aux molécules gazeuses.

### Les cellules « photorésistantes » ou « photoconductrices »

Adressons-nous maintenant aux corps solides. Par irradiation lumineuse du solide, les électrons planétaires de ses atomes peuvent être chassés hors de leur orbites normales sans atteindre toutefois, à l'indépendance totale, c'est-à-dire à une projection libre dans l'espace supposé vide. Ces électrons, circulant d'un atome à l'autre, au sein du corps matériel, y produisent un courant électrique pour peu qu'on applique au conducteur une tension qui facilite l'écoulement de ce courant électronique sur la chaîne atomique.

C'est ainsi qu'une parcelle de sélénium (métalloïde de la famille du soufre) intercalée dans un circuit faiblement électrisé ne laisse

pas passer le courant. Mais si on la soumet à une irradiation, le courant passe avec une intensité qui croît en fonction de la lumière appliquée, suivant une courbe « caractéristique » de la photocellule.

Nous avons ainsi réalisé une cellule « photoconductrice » ou « photorésistante », suivant le point de vue auquel on se place. Elle permet de moduler un courant en fonction de variations lumineuses.

Un effet photoélectrique du même genre n'est autre que celui qui assure le passage du courant à travers le cohéreur de Branly (tube à limaille de fer) sous l'influence des ondes hertziennes. Ces ondes « lumineuses » géantes libèrent les électrons atomiques du fer et leur permet de passer d'un grain de limaille à l'autre (sous l'effet d'une tension électrique appliquée au tube). Les grains de limaille juxtaposés formaient des contacts insuffisants pour le passage du courant (contacts imparfaits). Les ondes hertziennes aident les électrons à les franchir.

A une échelle beaucoup plus réduite : étalons en surface dans une ampoule de verre, entre deux électrodes, certains sels de thallium cristallisés ; appliquons une tension aux électrodes. Le courant ne passe pas. Eclairons le sel de thallium par des rayons infrarouges. Le courant passe. Les

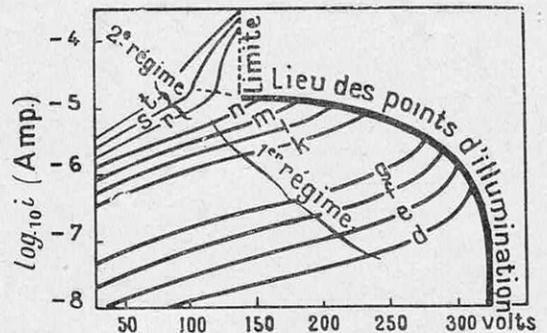


FIG. 6. — COURBES CARACTÉRISTIQUES D'UNE CELLULE PHOTOÉLECTRIQUE

Si nous portons en abscisses la tension appliquée à la cellule, et en ordonnées l'intensité (mesurée en logarithmes de l'ampérage) du courant qu'elle fournit sous un éclairage donné, nous obtenons pour chaque degré d'éclairage (...d, e, f, g, ...k, l, m, n...) une courbe spéciale dite « caractéristique à un point d'illumination ». C'est le point de tension, auquel, sous l'éclairage envisagé, la cellule s'illumine à la façon d'un tube à gaz : elle devient une « lampe ». La série des points d'illumination forme une ligne continue qui s'arrête elle-même brusquement à une certaine limite verticale. Les courbes (r, s, t) s'incurvent alors vers le haut et le rendement de la cellule se trouve accentué : c'est le « 2<sup>e</sup> régime » de fonctionnement, découvert par le physicien français Dunoier.

cristaux minuscules de thallium, juxtaposés par contacts imparfaits, ont joué le même rôle que la limaille de fer dans le cohéreur de Branly, et les ondes infrarouges, à leur échelle, ont joué celui des ondes hertziennes. Ce dispositif de cellule « photoconductrice » a été réalisé par M. Fournier (1).

### Cellules « photovoltaïques »

Faisons dissoudre certains sels dans un milieu acide au sein duquel plongent deux électrodes. Cela peut donner une « pile » électrique, la pile classique, l'ancêtre, celle de Volta. Mais cela peut aussi ne rien donner du tout.

Pour qu'un « courant » passe d'une électrode à l'autre, il faut que les molécules salines en suspension dans le milieu « électrolyte » possèdent une certaine charge électrique. En d'autres termes, il faut qu'elles soient « ionisées ». Comme les ions en milieu gazeux déjà rencontrés dans les cellules « à gaz », les ions en milieu liquide se forment par échanges d'électrons entre la cathode et les molécules dissoutes.

Si les électrodes sont l'une en cuivre et l'autre en zinc, et l'électrolyte de l'eau acidulée, l'échange est spontané. Si les électrodes sont l'une de cuivre oxydé (cathode), l'autre de plomb (anode) et l'électrolyte une solution de nitrate de plomb, il n'y a pas d'échange d'électrons entre l'oxyde de cuivre et les molécules de nitrate dissoutes. Mais si nous éclairons cette « fausse pile », elle devient aussitôt une pile effective. Les électrons se mettent en mouvement. Les « ions » liquides se forment et donnent lieu à un courant de convection : les ions négatifs (molécules chargées d'un électron) se mettent en mouvement de la cathode vers l'anode et les ions positifs (molécules privées d'un électron) vont en sens inverse.

Nous retrouvons au sein d'un liquide,

(1) V. La Science et la Vie, n° 136, page 348.

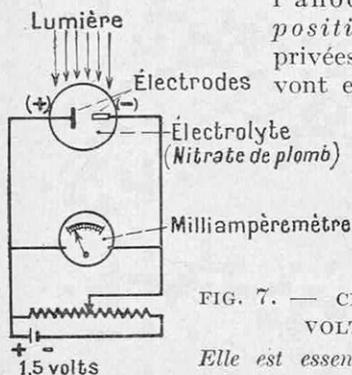


FIG. 7. — CELLULE PHOTOVOLTAÏQUE

Elle est essentiellement constituée par un cylindre de verre (vu ici en coupe) contenant deux électrodes spéciales plongées dans un électrolyte également spécial. C'est là une « pile » latente, qui ne fonctionne que si on l'éclaire et dont l'intensité de courant est proportionnelle à l'éclairement imposé.

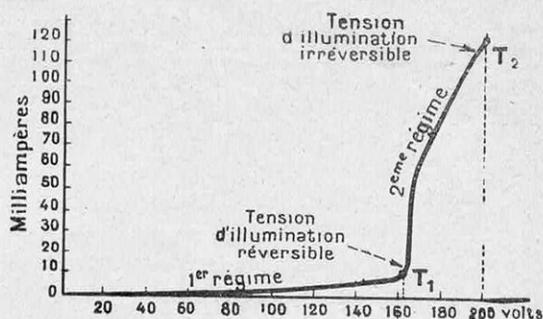


FIG. 8. — COURBE CARACTÉRISTIQUE MONTRANT, POUR UN ÉCLAIREMENT DONNÉ, L'ÉNORME ACCROISSEMENT DE COURANT (MILLIAMPÈRES) QUI CORRESPOND A UN ACCROISSEMENT DE TENSION RELATIVEMENT FAIBLE. Ce phénomène (2<sup>e</sup> régime) se révèle entre deux points dits, l'un, de tension d'illumination réversible, et l'autre, de tension d'illumination irréversible.

avec des molécules solides comme supports électriques, exactement le même phénomène que dans les photocellules à milieu gazeux. Et nous sommes en possession d'une cellule « photovoltaïque ».

La parenté évidente d'une telle cellule avec la pile classique nous permet de prévoir que le courant se produira ici avec une intensité notablement supérieure à celle qu'il prend dans les autres espèces de cellules. Sans aucun adjuvant, sans aucune tension appliquée de l'extérieur, une cellule photovoltaïque peut fournir un courant suffisant pour actionner directement un relais de télécommande.

Inutile d'ajouter que l'effet d'« inertie » sera, dans ces photocellules, encore plus élevé que dans les photocellules à gaz. On ne saurait les appliquer aux modulations de grande fréquence.

### Les meilleurs corps photoélectriques

Ayant parcouru le cycle des dispositifs physiques capables de créer l'effet photoélectrique, nous devons dire un mot des corps sensibles utilisés dans les photocellules.

Ce que nous avons dit de l'instabilité des électrons dans les atomes et du rôle joué par ceux-ci dans l'effet photoélectrique, la physique est aujourd'hui capable de nous fournir d'utiles indications pour rechercher les corps les plus sensibles.

M. Einstein a donné une équation reliant l'énergie lumineuse absorbée par le corps, dans le phénomène photoélectrique, et l'énergie de l'électron libéré.

L'électron exige d'abord une dépense d'énergie préalable simplement pour être arraché à l'attraction atomique. Cette

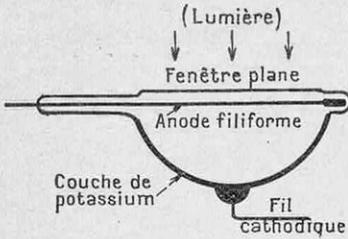


FIG. 9. — PHOTOCÉLULE DUNOYER

Elle est établie pour fonctionner en « 2<sup>e</sup> régime ». On remarquera la disposition sphérique de la matière photosensible et la forme plate de l'anode.

énergie de libération, ou « travail d'extraction », est aujourd'hui connue pour tous les corps simples. L'onde lumineuse devra donc porter en elle un minimum d'énergie capable de faire face à ce travail, — après quoi tout le supplément d'énergie de l'onde s'emploiera à imprimer de la vitesse à l'électron libéré, — c'est-à-dire à fabriquer le courant d'électrons qui alimente une photocellule.

L'énergie lumineuse charriée par chaque onde dépend de sa longueur : c'est ainsi que les rayons ultraviolets pourront libérer des électrons fort stables, tels que ceux des atomes de nickel. Il y aura donc un effet photoélectrique « ultraviolet nickel ». Mais le jaune, par exemple, restera sans effet sur ce même métal. Par contre, la lumière jaune libérera fort bien les électrons de certains corps alcalins, moins bien liés que ceux du nickel à leurs orbites atomiques. En résumé, l'équation d'Einstein (1) permet de savoir si, contre une longueur d'onde lumineuse déterminée, tel ou tel coup lâchera ou non ses électrons et, si c'est oui, quelle vitesse, c'est-à-dire quelle énergie posséderont ces corpuscules.

On voit que les meilleurs corps photosensibles seront ceux dont « le travail d'extraction » est le plus faible. Le tableau ci-contre donne une liste choisie de tels corps, avec (exprimé en volts) le travail d'extraction caractérisant chacun d'eux.

La tension appliquée aux électrodes de la cellule est, d'ailleurs, destinée à faciliter le travail d'extraction. Si même on pousse la tension assez haut, la libération peut s'effectuer, avons-nous vu, hors du secours lumineux : c'est ce qui advient quand, dans le vide, naissent les rayons cathodiques et quand, en milieu gazeux, celui-ci s'illumine. Il suit de là que la tension applicable à une cellule donnée, notamment à une cellule à gaz, ne peut croître impunément. Vient

(1) Cette équation s'écrit :  $\frac{1}{2} m v^2 = (h\nu) - P$ .

Autrement dit : la force vive de l'électron libéré égale l'énergie  $(h\nu)$  du photon que l'onde porte avec elle moins l'énergie  $P$  dépensée à l'extraction atomique de l'électron.

	Volts		Volts
Lithium.....	2,3	Césium.....	1,36
Sodium.....	1,82	Calcium.....	1,4
Potassium.....	1,55	Strontium....	2
Rubidium.....	1,45	Baryum.....	1,7

TABEAU DES CORPS PHOTOSENSIBLES

un moment où la cellule s'illumine à la manière d'un tube de Geissler : à ce moment, on a atteint la « tension critique d'illumination » (voir le graphique ci-joint).

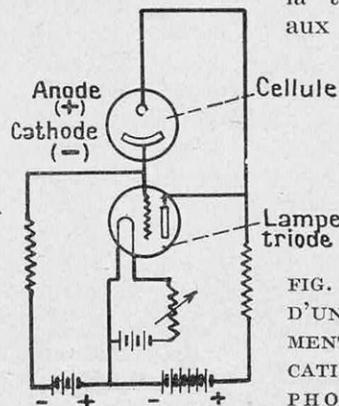
Sans aller plus loin dans la théorie de l'effet photoélectrique et dans les conditions de son exploitation par la cellule, nous voyons combien ce délicat instrument se trouve, dès maintenant, étudié et, par conséquent, spécialement établi, dans chaque cas, pour les fins industrielles qu'on lui assigne.

### Le problème de l'amplification

Les meilleures photocellules « à gaz » donnent un courant dont l'intensité ne dépasse pas 1 dix-millième d'ampère sous un flux lumineux d'un « lumen » (1) et la cellule à gaz constitue déjà un amplificateur de courant, lequel n'est autre que le gaz lui-même, ainsi que nous l'avons souligné. Les cellules à vide ne donnent, pour le même éclairage, que des courants de 1 à 10 millièmes d'ampère (microampères).

Dans la pratique (film parlant), la photocellule modulatrice reçoit parfois moins de 1 dixième de lumen. Le courant résultant varie de 1 centième à 1 dixième de microampère. Il faut donc l'amplifier plusieurs milliers de fois si on prétend l'appliquer à un haut-parleur.

Pour cela, il faut introduire la cellule dans un circuit électrique comportant des lampes triodes. Mais, alors, nous intervenons dans la tension appliquée aux électrodes de la cellule, tension dont la valeur et



(1) Le lumen, unité de flux, représente le flux lumineux émis par une bougie dans l'unité d'angle solide.

FIG. 10. — SCHÉMA D'UN DISPOSITIF ÉLÉMENTAIRE D'AMPLIFICATION DU COURANT PHOTOÉLECTRIQUE

Une lampe triode montée sur la photocellule, comme l'indique le schéma, permet d'amplifier les variations du courant photoélectrique.

la constance sont capitales pour son fonctionnement régulier.

Sans approfondir plus avant, nous mesurons toute la délicatesse du problème de l'amplification du courant fourni par les photocellules. Ceci nous explique que le film sonore, basé sur la modulation lumineuse d'une cellule (par les variations d'opacité d'un film), ait mis si longtemps à atteindre une perfection qui n'est d'ailleurs, encore présentement, que relative.

La modulation photoélectrique du film sonore, tablant sur des fréquences musicales, offre du même coup, à l'amplification le courant alternatif favorable au bon rendement des lampes triodes. Mais si la photocellule est destinée à actionner un relais (électroaimant), sur un simple signal lumineux (ouvert ou fermé), donc par courant continu, l'amplification est plus délicate : l'action de la cellule sur la grille de la lampe amplificatrice exige un réglage très précis, souvent instable.

Aussi, chaque fois que c'est possible, on transforme en pulsations le débit continu d'une photocellule, pour faciliter l'amplification du courant. Le moyen le plus commode est de faire tourner à grande vitesse un disque obturateur (à fentes) sur le flux de lumière en avant de la cellule. C'est le procédé qu'utilisa M. Dauvillier, au cours de l'« Année polaire », pour mesurer la lumière aurorale avec sa photocellule géante. On introduit par là une « fréquence porteuse ». Des fréquences porteuses de 100.000 périodes par seconde peuvent être obtenues, par un moyen purement électrique, en associant à la cellule une véritable lampe triode émettrice, dont les ondes débitent sur ses électrodes.

Un autre procédé consiste à introduire dans le circuit de la photocellule enregistreuse, une photocellule auxiliaire soumise à un éclairage alternatif de haute fréquence (lampe à néon formant tube à décharge oscillante). On peut encore, par un montage spécial, créer une photocellule « auto-oscillante ».

Nous ne saurions nous étendre davantage sur ce problème de l'amplification. Nous désirons seulement indiquer son importance souvent méconnue.

### La fabrication des photocellules est d'une technique très variée

Les formes des ampoules photoélectriques auxquelles sont parvenus les constructeurs sont extrêmement variées. Nous en donnons quelques-unes.

La matière photosensible utilisée comme cathode est toujours pratiquement un métal alcalin : potassium, sodium, lithium, rubidium, coesium. L'introduction de ce métal

dans l'ampoule et son rassemblement sur la cathode, exclusivement, exigent une technique savante qui diffère avec la forme de l'ampoule et la nature du métal : tantôt, on agit par vaporisation du métal, tantôt par l'intermédiaire d'une solution. On peut même introduire le métal alcalin (sodium, potassium) à travers la paroi de l'ampoule préalablement vidée (grâce à la « conductibilité électrolytique » du verre) et plongée dans un bain d'un sel du

métal à introduire. Parfois encore, l'on recourt à une réaction chimique provoquée à l'intérieur même de l'ampoule, afin d'obtenir le dépôt métallique.

Les cellules à gaz varient de sensibilité selon le gaz utilisé, qui est, en général, un gaz neutre (argon). L'introduction de l'hydrogène a pour effet de sensibiliser la couche cathodique alcaline : Elster et Geitel l'avaient déjà signalé.

### L'effet Dunoyer

Un des progrès les plus récents acquis dans la construction des photocellules est dû à la découverte d'un physicien français, M. Dunoyer, professeur à la Sorbonne. « L'effet Dunoyer » consiste en ceci :

Si on établit la courbe « caractéristique » d'une cellule à gaz qui montre l'accroissement de l'intensité du courant fourni en fonction de la tension appliquée aux électrodes, on trouve un point de tension  $T^1$

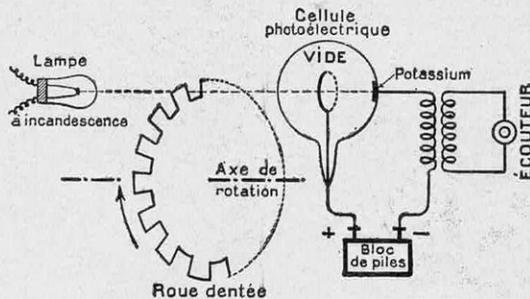
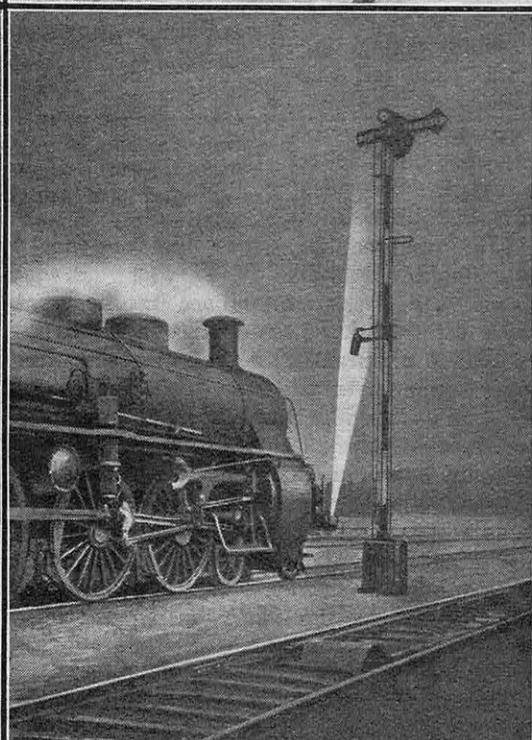
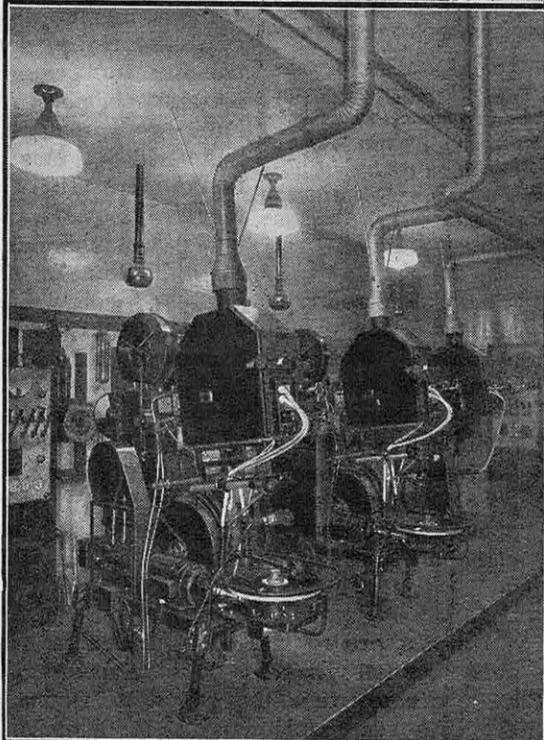
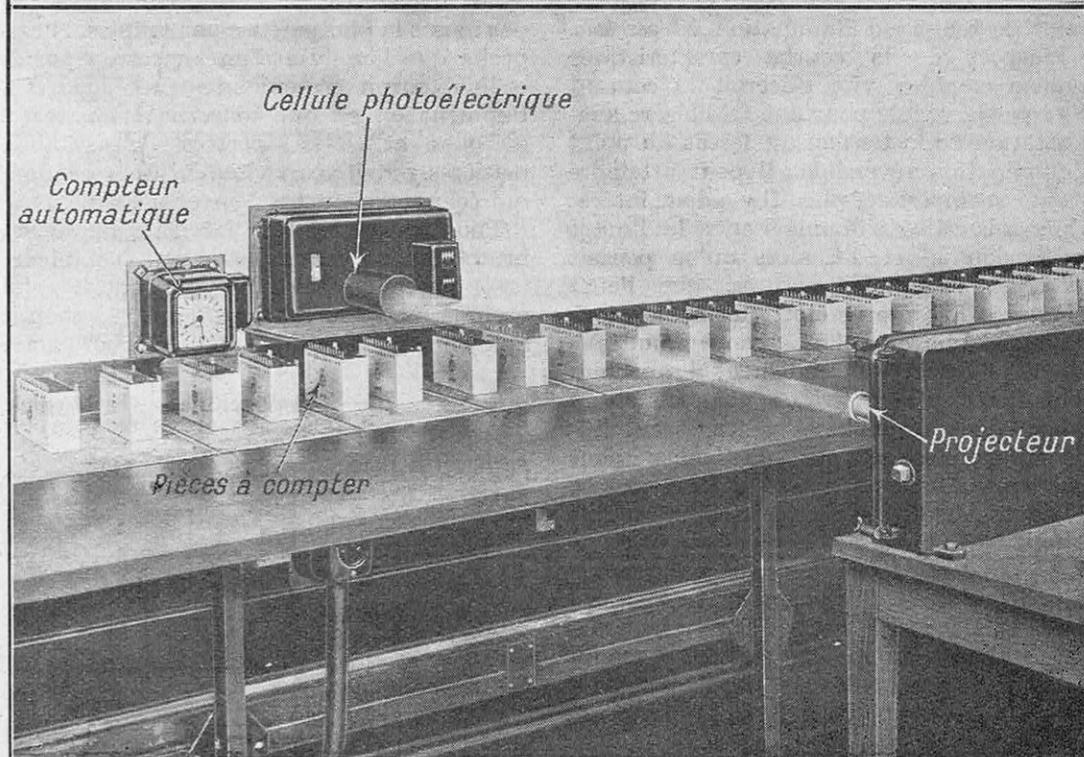
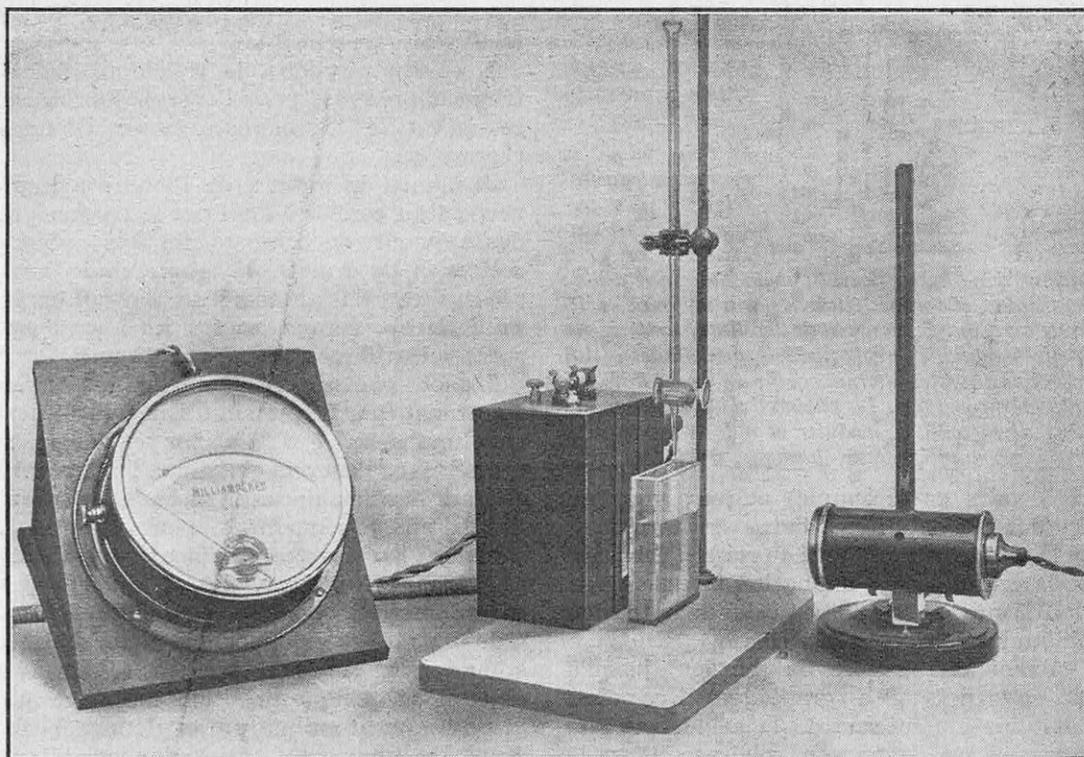


FIG. 11. — TRANSFORMATION DU COURANT PHOTOÉLECTRIQUE EN COURANT ALTERNATIF

*Pour obtenir une meilleure amplification, il convient de transformer en courant alternatif le courant continu (même variable) de la photocellule. On y parvient aisément en faisant tourner un disque obturateur en roue dentée entre la source lumineuse et la cellule. On peut brancher un amplificateur à triodes sur le circuit ainsi établi (ici, en vue de produire une fréquence musicale).*



QUELQUES APPLICATIONS DES CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES DANS DIFFÉRENTS DOMAINES  
 En haut à gauche, la télévision... telle qu'elle sera réalisée probablement d'ici peu. En haut à droite, une cellule photoélectrique qui, suivant l'intensité lumineuse ambiante, sert à régler l'éclairage public. En bas à gauche, une cabine de projection pour le cinéma sonore. Enfin, en bas à droite, la commande automatique de l'arrêt d'une locomotive par une cellule photoélectrique.



## AUTRES APPLICATIONS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES DES CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES

En haut, une cellule (à droite, sur la figure) est utilisée pour l'analyse chimique d'une solution. Le « titrage » de celle-ci est obtenu par la mesure de son « opacité ». En bas, une application industrielle : le décompte automatique de certains objets. Ceux-ci se déplacent sur une bande mobile, et leur passage devant le faisceau des rayons allant à la cellule fait fonctionner automatiquement un compteur.

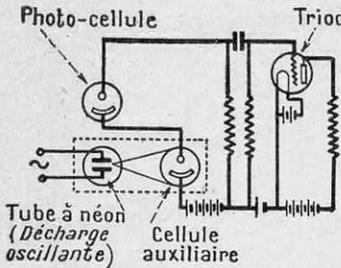


FIG. 12. — DÉCHARGE OSCILLANTE APPLIQUÉE A LA PHOTOCELLULE

Si l'on soumet le courant photoélectrique à des fréquences ultrasoniques, on peut

insérer dans le circuit de la phot cellule une cellule auxiliaire, elle-même éclairée par une lampe oscillante au néon. Le courant de la cellule auxiliaire se greffe à celui de la phot cellule principale, et lui imprime ainsi les alternances d'un courant de haute fréquence constante. La phot cellule principale n'a plus alors qu'à le moduler et à le transmettre à un amplificateur classique, à triodes.

(165 volts par exemple) auquel, pour un éclairage déterminé, l'atmosphère interne de la cellule s'illumine. Si on coupe l'éclairage de la cellule, son illumination interne cesse. On dit que le point  $T^1$  est celui de la tension d'illumination réversible. (fig. 8.)

Accroissons encore la tension jusqu'à 202 volts (point  $T^2$  du graphique) : à ce point, l'illumination interne de la cellule persiste même si on coupe son éclairage. C'est le point de tension d'illumination irréversible.

L'aspect de la courbe caractéristique montre combien vite s'accroît le courant livré par la cellule pour une très légère augmentation de la tension au-dessus du point d'illumination réversible. Il peut atteindre 100 microampères et plus. Il y a donc intérêt à laisser la cellule s'illuminer entre les limites de tension  $T^1$  et  $T^2$ , alors qu'on pensait autrefois, faute de mesures, que l'effet d'illumination interne était nuisible à priori.

L'utilisation de l'effet Dunoyer multiplie par 50 et par 100 le rendement des cellules photoélectriques « à vide » et abaisse, du même coup, le nombre des étages amplificateurs nécessaires, en particulier pour actionner le haut-parleur en cinéma sonore.

Ajoutons que, dans cette dernière application, — de beaucoup la plus répandue, — M. Dunoyer a perfectionné l'éclairage de la phot cellule en supprimant la « fente » jusqu'ici nécessaire pour diaphragmer le faisceau lumineux modulé par le film sonore et en lui substituant un filament rectiligne au sein de l'ampoule éclairante, filament dont l'image est projetée sur la bande sonore par un objectif approprié.

### Les applications pratiques des phot cellules

Nous pouvons les diviser en trois classes :

1° les mesures scientifiques ; 2° les signaux

télémechaniques ; 3° les applications industrielles proprement dites.

I. — En physique, la cellule photoélectrique représente, pour l'énergie lumineuse, ce qu'est le thermomètre pour l'énergie thermique.

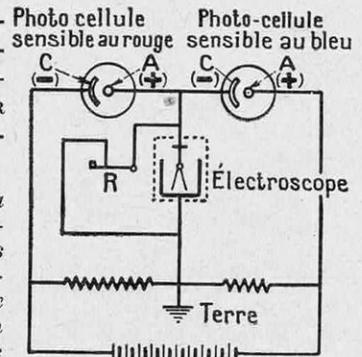
Jusqu'ici, la mesure de l'intensité lumineuse était confiée à l'œil par le truchement des appareils de comparaison dits « photomètres ». Désormais, la phot cellule remplace l'œil ; la photométrie devient enfin « objective », comme toutes les autres mesures scientifiques. Et c'est rationnel.

L'effet photoélectrique relie mathématiquement (par l'équation d'Einstein) l'énergie lumineuse, qualifiée par sa longueur d'onde, avec l'énergie cinétique, le « travail » courant des machines. La mesure de l'intensité d'un rayonnement peut désormais s'étendre au spectre lumineux qui va de l'infrarouge à l'ultraviolet. Mais une difficulté surgit : la cellule, comme l'œil, possède une rétine personnelle, le métal sensible adopté pour son établissement. Pour être objectif, et quelque précision théorique que la physique atomique puisse donner à son égard, ce nouveau facteur n'en complique pas moins la photométrie par cellules. N'empêche que l'analyse d'un « spectre » par la cellule fournit d'étonnantes précisions (notamment en ce qui concerne les spectres d'étoiles et... les spectres de certaines matières nutritives « vitaminisées » ou non) qui échapperaient totalement à l'œil.

Pour ce qui est de l'intensité lumineuse brute des faisceaux à lumière complexe, un montage différentiel, analogue à celui qu'indique notre schéma figure 13, aboutit aux mêmes résultats que le photomètre

FIG. 13. — MONTAGE PHOTOMÉTRIQUE DIFFÉRENTIEL PAR CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES

Afin de corriger la différence de sensibilité que les diverses matières photosensibles opposent aux couleurs variées, on monte deux cellules particulièrement sensibles : l'une, au rouge, l'autre, au bleu. La lumière, dont il s'agit de mesurer l'intensité reçue par les deux cellules ensemble, donnera un effet photoélectrique propre, qui se mesurera par une déviation de l'électroscope monté en équilibre sur les deux courants photoélectriques (rouge et bleu).



oculaire, mais dans un domaine élargi, comme nous avons dit, de l'infrarouge à l'ultraviolet.

De plus, la précision métrique dépasse tout ce que l'œil pouvait donner par une appréciation sujette aux facultés de l'observation. Cette précision, dans l'évaluation de la puissance éclairante des lampes, est de l'ordre de 1/2 pour cent.

Le pouvoir réflecteur d'une substance minérale, l'opacité de telle autre, la densité d'une solution, se mesurent aujourd'hui couramment par le moyen de photocellules.

II. *Le montage des signaux avertisseurs.* — C'est un jeu que d'imaginer une signalisation fonctionnant par cellules photoélectriques.

Un faisceau lumineux,

placé sur le balast, peut faire stopper une locomotive munie d'une photocellule qui enregistre cette lumière au passage et actionne un relais qui déclenche les freins du convoi. Des faisceaux infrarouges tendus sur miroir, autour d'une maison de campagne, comme autour d'un coffre-fort, annoncent par carillon le passage d'un cambrioleur, dont le corps interrompt ces faisceaux, ne fut-ce qu'une seconde.

Un bout de sélénium, intercalé dans le circuit du klakson d'un poids lourd et placé à l'arrière du véhicule, reçoit le « coup de phare » d'une auto qui veut passer. Le klakson résonne et le camionneur, averti, prend sa gauche.

Voulez-vous compter des paquets à grande vitesse? Faites-les défilé sur un tapis roulant, de manière à couper un faisceau lumineux tendu sur une photocellule. Celle-ci déclenchera un déclic pour chaque paquet « vu »; l'appareil totalisera. S'il s'agit d'œufs, la cellule, mesurant leur degré d'opacité, indiquera, en plus de leur nombre, ceux qui ne sont pas frais. S'il s'agit de cigares, elle les classera en trente-trois teintes correspondant à leur qualité, de l'avis des amateurs, alors qu'une bonne ouvrière ne distinguait que six ou huit teintes différentes.

Voulez-vous du travail de « finesse », par exemple la vérification de la taille d'un engrenage? Faites tourner la roue dentée

devant un faisceau de lumière; celle-ci rase le profil des dents. Si l'une d'elles n'est pas au gabarit, la photocellule stoppe l'appareil pour marquer la rectification à effectuer.

La liste de semblables applications est, en principe, illimitée.

III. *Applications industrielles.* — Mais c'est dans le film sonore que la cellule photoélectrique a donné, dès maintenant, toute la mesure de sa puissance « industrielle ». Toute l'industrie du cinéma a été révolutionnée depuis qu'en marge du film visuel une bande de 3 millimètres a été réservée à la modulation « photoélectrique » d'un haut-parleur (1). Nul doute que ce mode d'enregistrement et de reproduction du son n'empête un jour sur le phonographe.

Et la transmission des images elles-mêmes par fil télégraphique, ou par T. S. F., est devenue possible grâce à la cellule photoélectrique modulant le courant ou l'onde

des variations d'intensité ponctuelles des dites images. Tout le monde sait aujourd'hui ce qu'est

la téléphotographie (2). En dix minutes, un événement photographié à Londres se trouve reproduit sur papier sensible à Paris.

Il ne reste plus qu'un pas à franchir, à effectuer cette transmission d'images en 1 dixième de seconde par cliché, pour réaliser la télévision intégrale. Ici encore, la photocellule, sans inertie, devance les possibilités de l'onde hertzienne porteuse. Celle-ci ne peut encore suivre le rythme de la modulation photoélectrique aux fréquences qu'exige la transmission instantanée d'une image convenablement étendue. Mais la photocellule fournit, dès maintenant, cette modulation.

La télévision intégrale se réalisera certainement un jour, mais s'étendra ensuite au rayonnement invisible infrarouge (rayons calorifiques) qui, traduit en visible par photocellules appropriées, ne sera pas autre chose que la vision nocturne.

JEAN LABADIÉ.

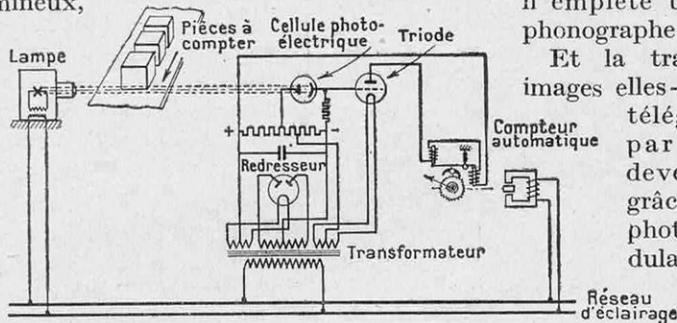


FIG. 14. — SCHÉMA DE LA MACHINE PHOTOÉLECTRIQUE A COMPTER LES PAQUETS

Chaque fois que le faisceau lumineux éclairant la cellule est obturé par le passage de l'un des corps à compter, la photocellule actionne le déclic d'un compteur automatique.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 153, page 179.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 158, page 91.

# LES PLUIES D'ÉTOILES SONT BIEN FACILES A EXPLIQUER

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

*Les pluies d'étoiles filantes qui se reproduisent chaque année aux mêmes époques, viennent encore d'attirer récemment l'attention du public. Aujourd'hui, la nature de ce phénomène semble scientifiquement élucidée. Les multiples observations effectuées depuis un demi-siècle ont, en effet, confirmé l'hypothèse géniale de l'astronome italien Schiaparelli, suivant laquelle les étoiles filantes ne sont que des débris de comètes, égaillés sur les orbites de ces astres, et qui, deux fois par an, lorsque la Terre coupe ces orbites, traversent les couches élevées de notre atmosphère. A cet égard, la magnifique pluie d'étoiles du 9 octobre dernier semble due à des débris d'une comète découverte en 1900, et qui, déjà, en 1920 et 1926, avait donné naissance à des pluies du même genre. Cette comète, en voie de désagrégation, est seule responsable du phénomène qui fit couler beaucoup d'encre et est cependant si simple à expliquer.*

La nature nous a offert, dans la nuit du 9 au 10 octobre dernier, un incomparable spectacle : durant plus de trois heures, les filets lumineux ont ruisselé dans le ciel ; M. Quéniisset, à l'Observatoire Flammarion, estime à une cinquantaine de mille le nombre des étoiles filantes qui furent ainsi visibles dans le ciel de Juvisy ; il faudrait, sans doute, multiplier ce nombre par dix mille pour recenser tous les astéroïdes qui ont, cette nuit-là, traversé notre atmosphère. Cette grande « leçon d'Univers » a appris au public ce que les astronomes n'ignorent pas, à savoir que l'espace où se meuvent les planètes, où sont suspendues les étoiles fixes, n'est pas un morne désert ; il contient, en réalité, à peu près autant de matière condensée (sous forme d'étoiles) que de matière dispersée à l'état de nébuleuses, de nuées cosmiques, d'astéroïdes infinitésimaux, voire même de molécules et d'atomes isolés ; et tous ces grains matériels, aussi bien que les plus imposants soleils, sont asservis aux lois de la gravitation ; chacun d'eux, attirant et attiré, poursuit sa voie dans le ciel.

Nos premières connaissances précises sur la nature des étoiles filantes sont dues à deux

« amateurs », deux étudiants de Göttingen, Brandes et Benzenberg, qui, en 1798, déterminèrent la hauteur à laquelle elles fuserent dans le ciel et la vitesse qui les anime ; ils

constatèrent (et ces résultats ont été confirmés depuis par la méthode photographique, plus commode et plus précise) que la plupart des météores s'allument vers 120 kilomètres d'altitude pour s'éteindre entre 70 et 80 kilomètres, leur vitesse, par rapport à la Terre, étant comprise entre 15 et 70 kilomètres à la seconde. D'autre part, ces corpuscules lumineux ont été recueillis, du moins ceux qui, n'ayant pas été complètement brûlés, sont tombés sur le sol ; on en trouve, par exemple, au fond de certains lacs ou sur la neige immaculée du Groenland et des hauts plateaux du Thibet ; ils apparaissent alors sous forme de grains, formés en majeure partie de fer et de nickel, dont les contours ont été arrondis par la fusion ; leur composition chimique les rattache aux météorites et aux bolides, beaucoup plus gros,

qui, de temps à autre, viennent traverser notre atmosphère et auxquels cette Revue a déjà consacré trois articles (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 56, page 459, n° 66, page 429, et n° 189, page 191.

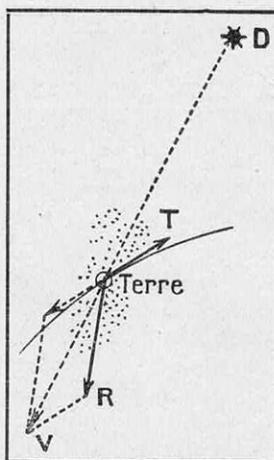


FIG. 1. — LA VITESSE APPARENTE DES ÉTOILES FILANTES

La vitesse  $T$  de la Terre sur son orbite se compose avec celle de l'essaim  $R$  pour donner une résultante  $V$ , qui donne la direction du radiant en  $D$ .

Il n'y a aucun doute que les étoiles filantes ne soient dues au passage de ces grains de matière cosmique à travers l'atmosphère, mais les causes de leur illumination momentanée sont encore mal éclaircies ; l'opinion courante est que leur échauffement est dû au frottement contre l'air, suivi d'une combustion, totale ou partielle, lorsqu'ils arrivent au contact de l'oxygène ; d'autres mettent en cause l'échauffement de l'air lui-même, comprimé en avant de l'astéroïde, et estiment que la lumière produite provient de cet air rendu incandescent ; d'ailleurs, on observe assez souvent, derrière l'étoile filante, une traînée lumineuse persistante, qui change de couleur et se déforme lentement, comme une banderolle agitée par le vent. Ces apparences mal expliquées nous attestent la complexité du phénomène, et il convient d'en réserver l'explication à une science mieux informée.

En temps ordinaire, les étoiles filantes semblent partir de tous les coins du firmament ; elles sont peut-être dues à des astéroïdes égarés, venus des confins du ciel avec une vitesse de 42 kilomètres à la seconde, que l'attraction solaire a captés et qui tournent autour de lui, suivant une parabole, pour s'en retourner ensuite à l'infini d'où ils arrivent. De ces météores sporadiques, on observe, en moyenne, une

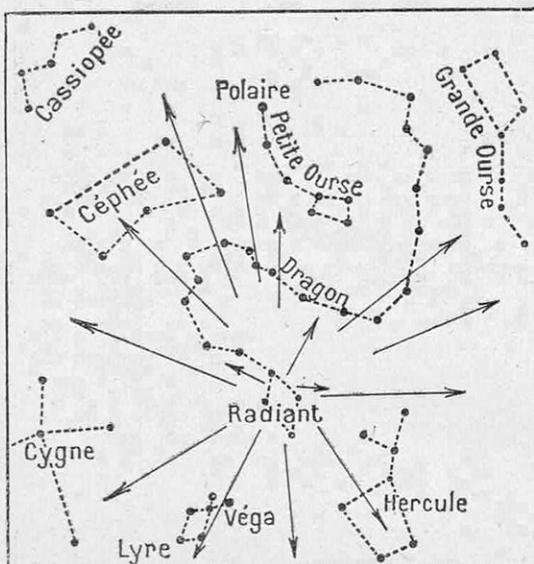
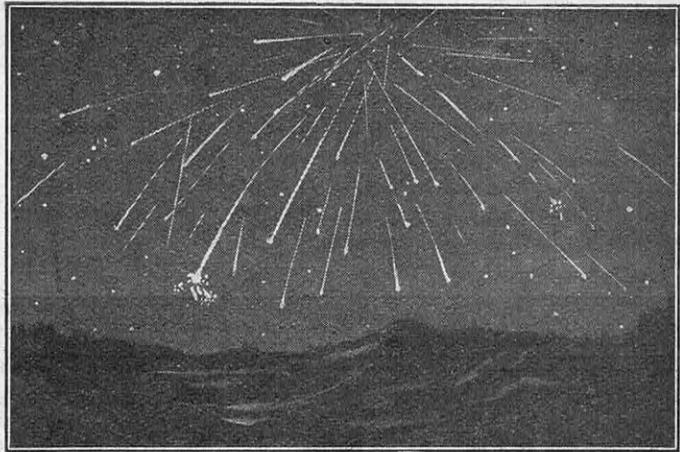


FIG. 2. — CARTE CÉLESTE MONTRANT LA POSITION DU « RADIANT » DU 9 OCTOBRE 1933



(Extrait de *Le Ciel et l'Univers*, par l'abbé MOREUX.)

FIG. 3. — LA GRANDE PLUIE D'ÉTOILES FILANTES DU 27 NOVEMBRE 1870, VUE PAR UN TÉMOIN

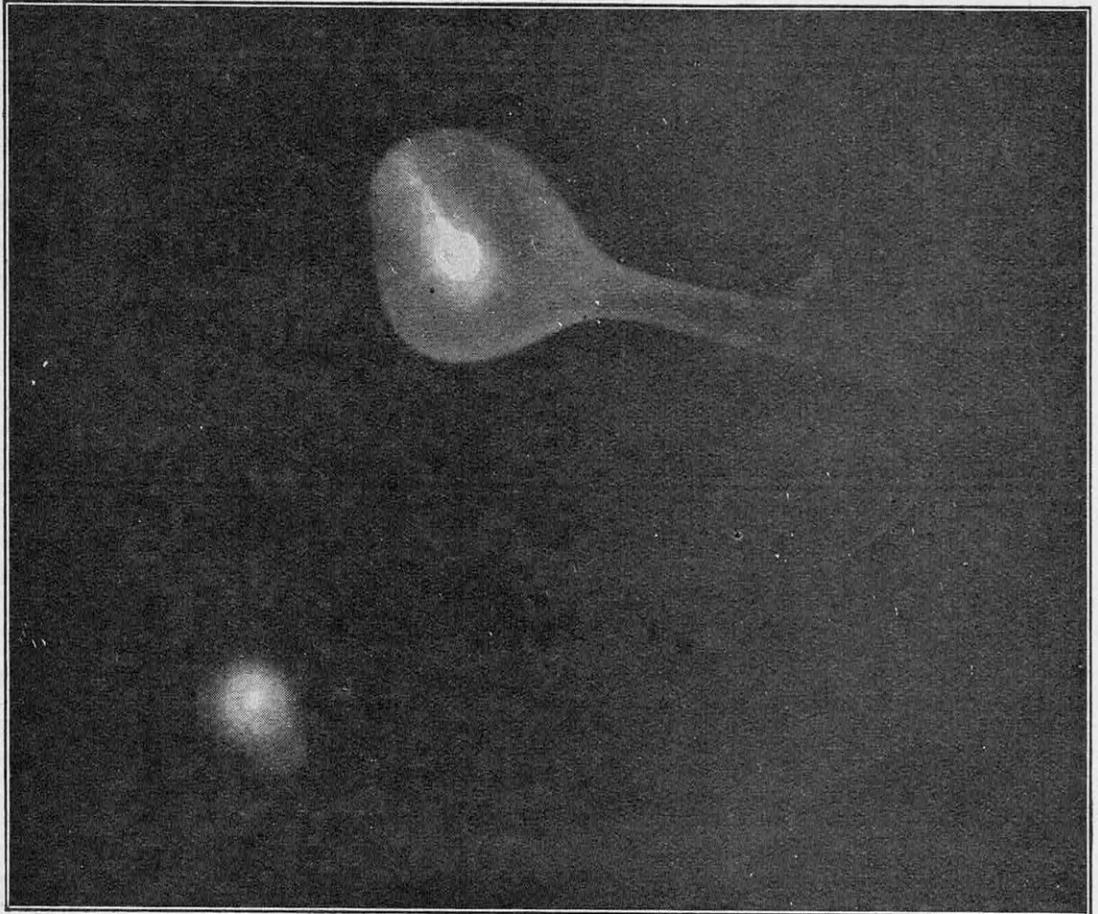
dizaine par heure, et leur observation n'a pas été inutile, car elle a fourni une preuve de plus de la rotation de la Terre : sur 1.000 de ces étoiles filantes, il en vient, en moyenne, 373 de l'Est, 118 de l'Ouest, 263 du Nord et 247 du Sud. La prédominance très nette des apparitions vers l'Est ne peut s'expliquer que si la Terre tourne, car la vitesse qui anime alors l'observateur l'entraîne à la rencontre des astres errants, si bien qu'il en rencontre davantage dans le sens de la marche qu'en sens contraire ; de même un promeneur, sur une place où des gens s'agitent en tous sens, est choqué également sur sa droite et sur sa gauche, mais plus fréquemment en avant qu'en arrière, et aussi plus brutalement, car sa vitesse propre s'ajoute à celle de ceux qu'il rencontre ; si Galilée avait fait cette simple observation, il aurait pu, avec plus de raison encore, affirmer la rotation de la Terre.

Mais, en dehors de ces apparitions irrégulières d'étoiles filantes, on constate, de temps à autre, un phénomène plus ordonné ; c'est alors, comme le 9 octobre dernier, une averse d'astéroïdes lumineux, dont les trajectoires prolongées vont toutes passer par un même point du ciel, comme si quelque explosion céleste projetait en tous sens des débris enflammés ; un tel centre d'émission se nomme un *radiant* ; l'averse dernière avait pour radiant la tête du Dragon, grande constellation de notre ciel qui s'enroule autour de la Petite Ourse du côté opposé à l'étoile Polaire (fig. 2).

Cette apparence résulte simplement d'un effet de perspective ; lorsque nous regardons une voie de chemin de fer, les quatre rubans d'acier parallèles nous semblent converger vers un point unique. De même, si on observe

un radiant dans la tête du Dragon, cela signifie que la Terre est assaillie par un essaim d'astéroïdes dont les directions apparentes, toutes parallèles entre elles, vont passer par cette constellation ; et, comme cette direction est la même, vue de Rome, de Paris ou de Léningrad, les observateurs des divers pays verront les filets lumineux diverger du même radiant, bien qu'ils

de Bristol, W. F. Denning, a publié un catalogue de ces radiants ; il en a recensé 4.500 ; on en trouve chaque jour de nouveaux, et le nombre en serait plus grand encore si on pouvait effectuer des observations suivies sur toute l'étendue du globe. En moyenne, on compte six à sept radiants en activité simultanée, ce qui veut dire que six à sept courants de corpuscules se croisent, chacun



(Extrait de *Le Ciel et l'Univers*, par l'abbé MOREUX.)

FIG. 4. — DÉDOUBLEMENT DE LA COMÈTE DE BIELA, LE 19 FÉVRIER 1846

n'observent pas les mêmes étoiles filantes.

Revenons sur ce raisonnement, volontairement simplifié, pour préciser ce qu'on entend par *vitesse apparente* ; considérons (fig. 1) un essaim de corpuscules, en marche dans une direction d'ensemble, avec une vitesse  $R$  ; cette vitesse se compose avec celle  $T$ , qui anime alors l'observateur terrestre, pour donner la vitesse apparente  $V$ , et c'est cette vitesse dont la direction passe alors par le radiant figuré en  $D$ .

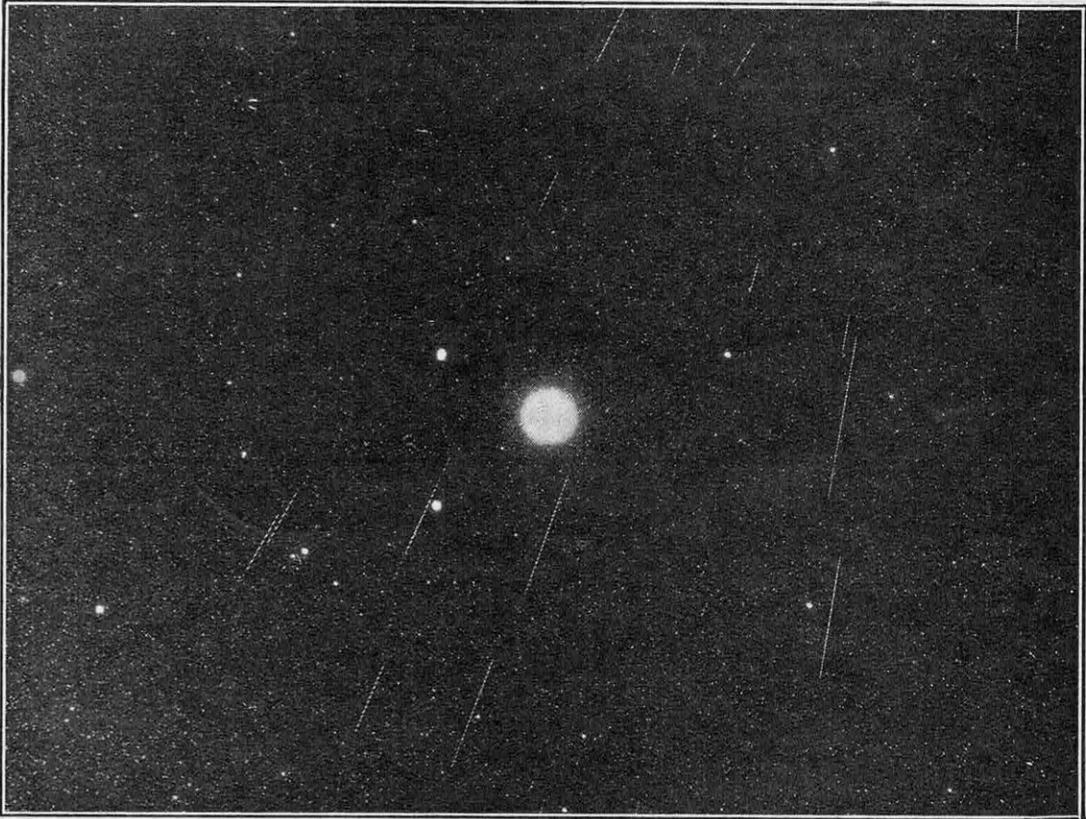
Done, autant de radiants, autant de courants météoriques ; le savant observateur

suivant sa route, en chaque point du ciel ; et ceci nous montre, une fois de plus, quelle vie intense anime les espaces qu'on appelait jadis « le vide interplanétaire ».

Nous venons de constater un certain nombre de faits. Il faut maintenant tâcher de les expliquer. D'où proviennent ces essaims errants ? Quelle voie suivent-ils et comment se sont-ils formés dans le ciel ? Le problème n'aurait peut-être jamais été résolu sans l'intuition géniale du grand astronome italien Schiaparelli. Mais nous connaissons aujourd'hui la réponse : les

essaims d'astéroïdes, générateurs des étoiles filantes, proviennent de la désagrégation des comètes, dont les débris continuent à se mouvoir sur la trajectoire primitive. Les comètes périodiques sont, comme on sait, des fonctionnaires du système solaire, qui (sauf lorsqu'elles sont dérangées au passage par Jupiter) décrivent régulièrement des orbites elliptiques, dont le Soleil occupe un des foyers ; leur type le plus parfait est

d'hui la cause : lorsque l'astre vagabond s'approche du Soleil, il reçoit de lui un rayonnement qui porte son noyau à l'incandescence et sans doute à la fusion ; à mesure que sa température s'élève, on voit au spectroscopie apparaître les raies du sodium, puis celles du fer et du nickel, ce qui prouve que la météorite génératrice distille dans le vide, en dégageant des gaz et des vapeurs qui nourrissent son appendice caudal. Ces



(PHOTO F. QUENISSET.)

FIG. 5. — LES DIX-HUIT TRAJECTOIRES D'ÉTOILES FILANTES PHOTOGRAPHIÉES LE 9 OCTOBRE 1933 A L'OBSERVATOIRE FLAMMARION, A JUVISY

la fameuse comète de Halley, dont la période est de soixante-seize ans ; depuis l'an 240 avant notre ère, elle a été observée vingt-huit fois, et cette longue série a prouvé un fait commun à tous ces astres errants : c'est que les comètes vieillissent et s'usent, d'ailleurs plus ou moins vite ; les premières apparitions de la comète de Halley avaient frappé les hommes par leur éclat ; progressivement, aux passages de 1682, de 1759, de 1835, l'astre s'était fait moins brillant et moins chevelu ; et ceux qui l'ont observé en 1910 ont pu se convaincre qu'il s'était réduit à un éclat très modeste.

De cette usure, nous comprenons aujourd'hui

vapeurs se condensent ensuite en un brouillard formé de fines gouttelettes, qui sont les poussières cosmiques dont nous constatons l'existence ; ces granules météoriques, émis à des moments différents, subissent inégalement l'attraction solaire et, par un mécanisme que Schiaparelli a expliqué, s'égaillent le long de la trajectoire elliptique ; s'ils la remplissaient tout entière, la Terre les rencontrerait chaque année lorsqu'elle passe au même point de sa course autour du Soleil ; en réalité, l'essaim météorique s'étend surtout au voisinage de l'astre générateur, tantôt en avant, tantôt en arrière ; et c'est ainsi que la poussière produite par

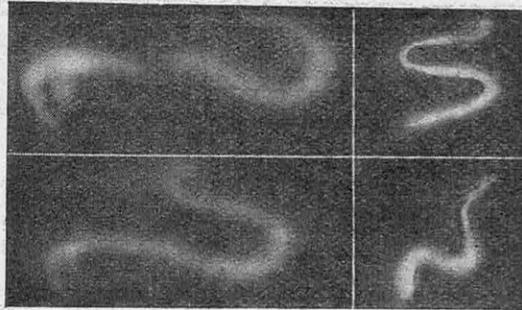
la comète de Halley, rencontrant notre atmosphère, a produit, aux mois de mai des années 1910, 1911 et 1912, les averses météoriques des *Aquarides*.

Mais l'exemple le plus fameux et le plus probant est fourni par la comète de Biela ; cet astre, dont la période est de six ans sept mois, avait été observé en 1826 et 1832, ce qui avait permis de déterminer ses éléments et de prévoir son retour ; en 1846, il était visible dans d'excellentes conditions, quand, un soir, sa tête parut s'allonger en forme de poire ; dix jours plus tard, elle s'était dédoublée en deux comètes de dimensions inégales et qui restèrent quelque temps réunies dans une sorte de pont lumineux ; pendant quatre mois, on vit les deux astres cheminer parallèlement, mais leur distance s'était accrue progressivement jusqu'à atteindre cinquante rayons terrestres. Six ans plus tard, en 1852, on les retrouva, marchant toujours côte à côte, mais leur distance avait décuplé ; en 1859 et 1865, aux époques attendues pour leur retour, on ne vit rien ; mais le 27 novembre 1872, jour calculé du passage au voisinage de la Terre, notre globe fut salué par une éblouissante averse d'étoiles filantes, et le phénomène s'est reproduit depuis, à intervalles réguliers, bien qu'avec des intensités variables : c'est la pluie des *Andromédides*, ainsi nommées parce que leur radiant se trouve dans la constellation d'Andromède.

D'autres concordances symptomatiques ont été également constatées : les *Perséides*,

ou larmes de saint Laurent, dont le radiant est dans la constellation de Persée et qui illuminent la Terre entre le 9 et le 14 août, sont les débris de la comète de Tuttle ; l'essaim des *Léonides*, qui semble jaillir de la constellation du Lion, entre le 14 et le 18 novembre, a pour origine la comète de Tempel ; c'est ce radiant qui a donné, en 1833, une telle pluie d'étoiles filantes qu'un paysan américain pensait que toutes les étoiles du ciel étaient tombées à terre cette nuit-là !

D'après ces précédents, l'origine de la dernière averse météorique devait être cherchée dans une comète périodique ; l'accord s'est fait entre les astronomes pour mettre en cause celle qui fut découverte en 1900, par M. Giacobini, astronome à l'Observatoire de Paris ; tous les six ans et demi environ la comète Giacobini fait le tour



(D'après A. Guillemin.)

FIG. 5. — MÉTAMORPHOSE D'UNE TRAINÉE MÉTÉORIQUE EN L'ESPACE DE QUATORZE MINUTES, OBSERVÉE PAR LE P. SECCHI

du Soleil ; elle a été revue en 1913 et, cette année encore, observée par le professeur Schorr, mais son éclat va sans cesse en diminuant et elle n'est plus visible, au télescope, que comme une étoile minuscule de quinzième grandeur. Elle a semé ses débris le long de sa trajectoire elliptique, où la Terre en est saupoudrée au voisinage du 10 octobre ; déjà, en 1920 et 1926, des pluies d'étoiles filantes avaient été observées, rayonnant de la constellation du Dragon ; cette année, notre globe a traversé une région plus dense de l'essaim météorique, et c'est ainsi que nous avons été gratifiés d'un phénomène d'une incomparable beauté. Dorénavant, à cette même date, il faudra tourner les yeux vers le ciel.

L. HOULLEVIGUE.

Le Président Caillaux, à la Commission des Finances du Sénat, a affirmé à plusieurs reprises que le budget national était surtout en déficit par suite de toutes les dépenses extérieures qu'il supporte, en particulier du fait des 75 « Offices », dits « nationaux ». Sur ces 75 Offices, 26 ont été créés depuis 1926 ! (Rapport Jacquier, au Sénat.) Ces Offices, soumis ou non au contrôle de l'Etat, réclament chaque année un budget de 15 milliards 20 millions ! (Bailly.) A ce prix, quels sont donc les services rendus notamment par : l'Office National des Recherches Scientifiques et Industrielles et des Inventions ; l'Office National Industriel de l'Azote ; l'Office National Météorologique ; l'Office National Scientifique et Technique des Pêches Maritimes ; l'Office National des Combustibles Liquides ? Et nous nous contentons — dans ce magazine scientifique — de ne mentionner ici que ceux ayant un caractère sois-disant scientifique et technique... Alors que la Science, sous toutes ses formes, tend, par ses applications, à abaisser les prix de revient et par suite celui de la vie, des dépenses inconsidérées viennent en annuler l'effet bienfaisant et grever d'impôts excessifs Travail et Production.

# LES NOUVELLES LAMPES « MULTIPLES » DE T. S. F. ONT CONSIDÉRABLEMENT AMÉLIORÉ LE RADIORÉCEPTEUR MODERNE

Par C. VINOGRADOW

INGÉNIEUR RADIO E. S. E.

*Devant la présentation extérieure à peu près uniforme du poste moderne de T. S. F., on pourrait croire que sa technique est parvenue, elle aussi, à un stade quasi définitif. Il n'en est rien cependant, et son évolution est, au contraire, continue, grâce aux progrès incessants de la lampe à électrodes multiples (1). C'est ainsi qu'aujourd'hui un quatre lampes permet d'obtenir de meilleurs résultats qu'un sept lampes construit il y a seulement quelques années. C'est d'ailleurs grâce à ces perfectionnements que l'on a pu établir les postes miniatures, les postes fonctionnant indifféremment sur courant continu ou alternatif, les postes spéciaux alimentés par la batterie d'une voiture automobile. Mais, en dehors de la recherche du meilleur rendement électrique, celle du meilleur rendement acoustique a également préoccupé les constructeurs de tous pays. C'est ainsi que l'on a abouti récemment à la notion du relief musical, soit au moyen de deux haut-parleurs (l'un pour les sons graves, l'autre pour les sons aigus), soit au moyen de tuyaux acoustiques de diverses longueurs. L'industrie française de la T. S. F., naguère fort en retard sur l'étranger, a su s'inspirer de l'expérience américaine, et nous espérons qu'elle fera mieux encore dans un prochain avenir.*

**L**E Salon de T. S. F. de Paris, les expositions de Berlin et de Londres, qui le précèdent de quelques semaines, nous permettent, à la fin de chaque année, de passer en revue les progrès de l'industrie radioélectrique et, en même temps, de nous rendre compte des tendances générales dans l'établissement des appareils récepteurs.

Tout d'abord, au point de vue de leur aspect extérieur, on constate une standardisation de plus en plus accentuée. La stabilisation des formes extérieures des postes, commencée depuis un ou deux ans, a été énergiquement poursuivie et, actuellement, il semble que, les recherches étant provisoirement abandonnées, le radiorécepteur est en train de se cristalliser dans sa forme définitive.

Mais si, au point de vue de la présentation des postes, il règne une certaine monotonie et si presque toutes les ébénisteries appartiennent à un même type devenu classique, il n'en est pas de même des schémas intérieurs des appareils. Les bureaux d'études des divers constructeurs rivalisent en ingéniosité et les schémas les plus compliqués sont couramment utilisés. Les postes,

même souvent les plus simples, sont dotés d'un grand nombre de perfectionnements et avantages techniques qui, l'année passée encore, étaient considérés comme un luxe presque inutile.

Stabilisation de l'aspect extérieur, d'une part, amélioration constante du rendement grâce à l'emploi des inventions les plus récentes, d'autre part, telles sont les deux tendances caractéristiques de la radio-industrie européenne actuelle.

## Vers la standardisation de l'aspect extérieur des postes modernes

Une ébénisterie plus ou moins grande, portant sur sa face avant une large ouverture couverte par un tissu décoratif et masquant le haut-parleur, protégé presque toujours par une grille en bois ou en métal, tel est l'aspect général du récepteur de 1934. Seuls, les dessins de ces grilles sont excessivement variés et semblent jouer le même rôle « identificateur » que la forme du radiateur dans la carrosserie automobile.

Au-dessous ou à côté du haut-parleur se trouve le cadran de réglage avec son index. A signaler le grand effort tenté pour rendre plus faciles les recherches des stations. L'an-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 192, page 465.

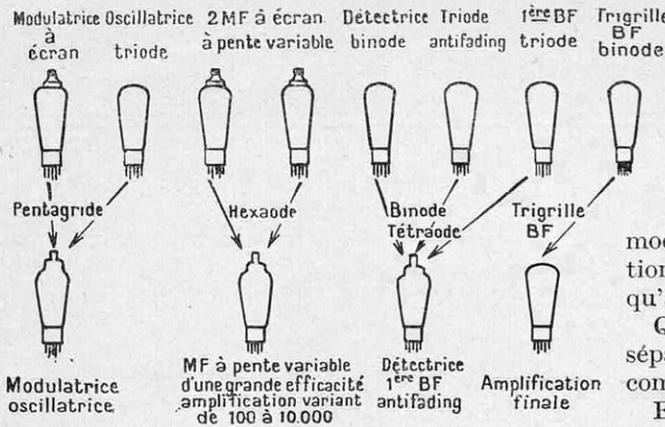


FIG. 1. — COMMENT, AVEC QUATRE LAMPES MODERNES, ON PEUT OBTENIR LE MÊME RÉSULTAT QU'AVEC HUIT LAMPES ANCIENNES, GRACE AUX LAMPES « MULTIPLES » UTILISÉES AUJOURD'HUI

ancien cadran à divisions purement numériques a vécu et la presque totalité des postes portent les indications directes en noms des stations, accompagnés souvent d'une échelle étalonnée en longueurs d'onde.

dessous de 100 mètres a obligé les constructeurs à accroître le nombre des gammes pouvant être reçues par les postes ; on ajoute une ou deux gammes couvrant les ondes entre 20 et 80 mètres. Ainsi, le bouton changeant les gammes doit avoir, dans un poste moderne, non seulement deux positions, comme c'était le cas général jusqu'à ce jour, mais au moins trois.

Quant aux récepteurs à haut-parleur séparé ou à cadre extérieur, ils ont complètement disparu.

En résumé, les postes modernes se présentent sous deux aspects différents. Les uns conservent la disposition traditionnelle du haut-parleur au-dessus du cadran de réglage : cette forme, adoptée par la plupart des constructeurs pour

leurs postes à grand nombre de lampes, reste la forme classique du récepteur familial. Les autres se présentent sous l'aspect de coffrets un peu longs ayant l'ouverture du haut-parleur, non au-dessus, mais à côté du

Type de la lampe	Utilisation principale	Nombre d'électrodes	Schéma de montage
Lampe diode-triode.....	Détectrice + amplificatrice triode ...	4	Figure 2
Diode-tétracode .....	Détectrice + amplificatrice à écran..	5	— 3
Trigrille haute-fréquence à forte pente .....	Amplificatrice ou détectrice.....	5	— 4
Trigrille haute-fréquence à pente variable.....	Amplificatrice ou modulatrice .....	5	— 5
Hexaode .....	Amplificatrice à pente variable ou modulatrice.....	6	— 6 et 7
Pentagrid (5 grilles).....	Modulatrice oscillatrice.....	7	— 8
Valve biplaque à chauffage indirect .....	Redresseur pour poste tous courants.	5	— 9

TABLEAU DES PRINCIPALES LAMPES UTILISÉES AUJOURD'HUI

Enfin, à côté du cadran, généralement au-dessous, se trouvent les deux ou trois boutons de réglage. La standardisation de plus en plus grande des postes modernes a amené presque tous les constructeurs à adopter la même disposition des organes de commande. On peut dire que cette dernière diffère aussi peu d'un appareil à l'autre que la disposition des leviers et pédales dans les voitures automobiles de diverses marques. Ainsi le bouton central est ordinairement destiné à l'accord du récepteur ; un des deux boutons latéraux commande le renforcement, et l'autre le changement des gammes des longueurs d'onde. A ce propos, signalons que l'augmentation du nombre des stations émettrices travaillant sur ondes courtes au-

système de réglage. Cette forme, lancée l'année dernière au Salon de Londres, semble avoir une certaine vogue et est utilisée par les radiorécepteurs de puissance moyenne.

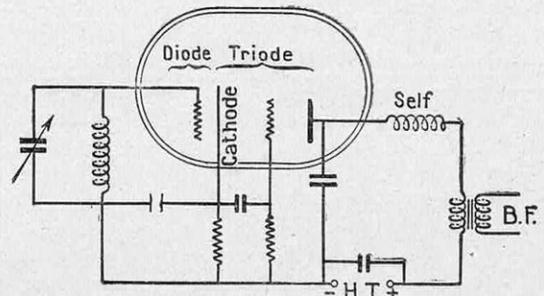


FIG. 2. — SCHÉMA D'UTILISATION D'UNE LAMPE DÉTECTRICE DIODE-TRIODE

Mais, à côté des postes classiques ayant des dimensions moyennes, que nous venons de décrire, on rencontre, cette année, aussi bien à Paris qu'à Londres ou Berlin, un grand nombre d'appareils miniatures à peine plus grands que deux boîtes à cigares adossées l'une à l'autre.

Mis en vogue par les Américains, ces récepteurs ne sont devenus réalisables que grâce à l'emploi des nouveaux types de lampes, et également, il faut le dire, grâce à certains sacrifices consentis sur la musicalité du récepteur.

Etant des appareils de voyage par excellence, ces derniers peuvent marcher indistinctement sur le courant alternatif ou sur le courant continu, et certains même sur

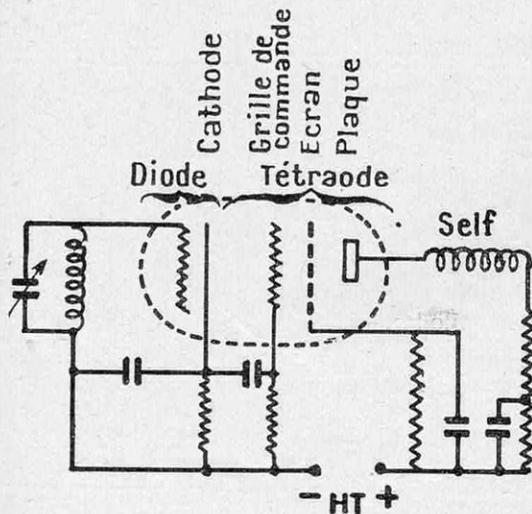


FIG. 3. — SCHÉMA D'UNE DIODE-TÉTRAODE (DÉTECTRICE PLUS AMPLIFICATRICE A ÉCRAN)

le courant des batteries des voitures par l'emploi des adaptateurs spéciaux ainsi que nous le verrons.

### Voici la technique des postes modernes

Les progrès réalisés par la technique radioélectrique sont intimement liés à ceux réalisés dans la construction des lampes de T. S. F. En effet, les divers perfectionnements, qui rendent les postes actuels si supérieurs à leurs prédécesseurs, sont presque exclusivement basés sur l'emploi des lampes nouvelles à grand nombre d'électrodes intérieures.

Le tableau de la page 20 indique les types de lampes employés actuellement d'une façon courante par les constructeurs.

Certaines de ces lampes, telles que les diodes-triodes, diodes-tétraodes et les tri-grilles haute fréquence ont été déjà décrites

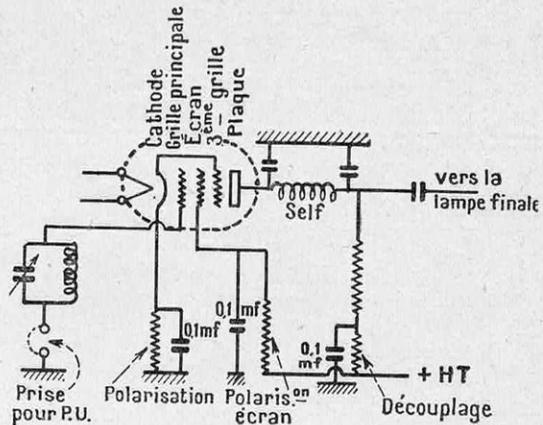


FIG. 4. — MONTAGE D'UNE TRIGRILLE HAUTE FRÉQUENCE A FORTE PENTE (AMPLIFICATRICE OU DÉTECTRICE)

dans *La Science et la Vie* (1). Nous avons également décrit les lampes métalliques Catkin (2) qui, tout en ayant les caractéristiques des bonnes lampes ordinaires, sont remarquables par leur conception mécanique. Nous allons maintenant examiner l'emploi des lampes hexaodes et « penta-grid », les dernières venues de la grande famille des lampes de réception.

Le principal avantage de ces lampes à électrodes multiples est leur rendement élevé pour des fonctions bien déterminées. Ceci permet couramment d'utiliser dans les montages une seule lampe nouvelle à la place de deux anciennes, tout en améliorant le rendement de l'ensemble. Ainsi, un récepteur à sept lampes, dont le schéma était très utilisé la saison passée peut fonctionner,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 192, page 465.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 197, page 398.

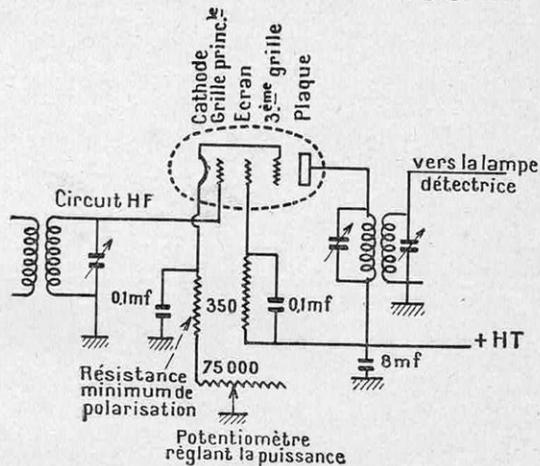


FIG. 5. — TRIGRILLE HAUTE FRÉQUENCE A PENTE VARIABLE (UTILISÉE COMME AMPLIFICATRICE OU MODULATRICE)

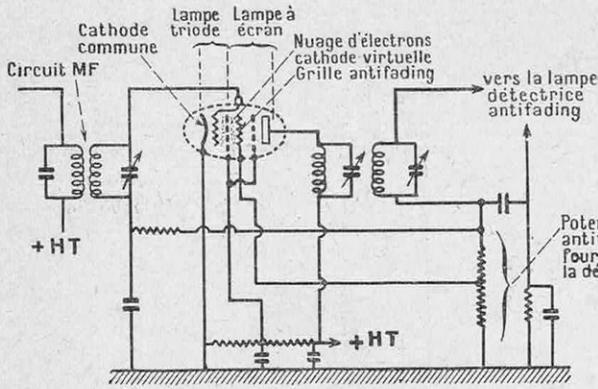


FIG. 6. — UTILISATION D'UNE LAMPE HEXAOÏDE AMPLIFICATRICE A PENTE VARIABLE

selon le même montage, avec quatre lampes seulement (fig. 1). En effet, la lampe « pentagrid », ou une hexaode modulatrice, remplacera les lampes modulatrice et oscillatrice; la lampe hexaode remplacera les deux lampes moyenne fréquence à pente variable et, enfin, une binode-tétraode remplacera la binode et la première lampe basse fréquence.

L'utilisation des lampes à grand coefficient de rendement et la simplification du schéma qui en résultait ont permis la réalisation des postes miniatures.

### Comment fonctionnent les postes miniatures tous secteurs

Les postes miniatures utilisent soit le schéma à amplification directe, soit celui de montage à changement de fréquence ou superhétérodyne. Ce dernier montage est grandement facilité par l'utilisation des nouvelles lampes « pentagrid », genre 2A7 ou 6A7 américaines, assurant une grande stabilité liée à une sensibilité très élevée, ce qui est très important pour un poste à câblage serré et à nombre de lampes restreint (fig. 8).

L'intérêt principal de ces postes miniatures réside dans la possibilité de les faire fonctionner directement sur le secteur, aussi bien sur le courant alternatif que sur le courant continu. C'est là une particularité favorable à la diffusion des postes entièrement portatifs : ils fonctionnent partout.

En effet, les cathodes de ces lampes sont chauffées indirectement et les éléments chauffants sont prévus pour travailler sous 6 volts chacun, et même la valve

de redressement sous 25 volts (1). La tension nécessaire pour le chauffage d'un poste à quatre lampes est donc de  $(4 \times 6 \text{ v}) + 25 \text{ v} = 49$  volts environ. Le secteur fournissant normalement 110, le surplus est absorbé par une résistance spéciale mise en série avec les éléments chauffants (fig. 10).

Cette figure donne le schéma d'alimentation d'un poste « tous courants ». La borne *a*, en amont de la résistance d'absorption, est le point (+HT) de l'installation, et toutes les plaques y sont réunies par l'intermédiaire de l'espace cathode-plaque de la valve et de la self du filtre C.

La borne *b* est considérée comme la borne (-HT) du système et les cathodes des lampes y sont réunies. Examinons le fonctionnement du poste sur le courant continu, en réunissant la borne *a* au pôle positif et la borne *b* au pôle négatif de la canalisation électrique. Un courant passera par la résistance d'absorption *R* et les filaments des lampes, assurant le chauffage des cathodes. Une différence de potentiel de 110 volts existant entre *a* et *b*, le courant traverse la valve, se dirige vers les plaques des lampes et, ensuite, vers les cathodes, qui, comme nous l'avons dit, sont réunies à la borne négative de l'en-

(1) Ces chiffres, exacts pour les lampes américaines, n'ont rien d'absolu et nous avons des lampes européennes pouvant être chauffées sous 18 et même 110 volts, ce qui ne change en rien le principe de fonctionnement.

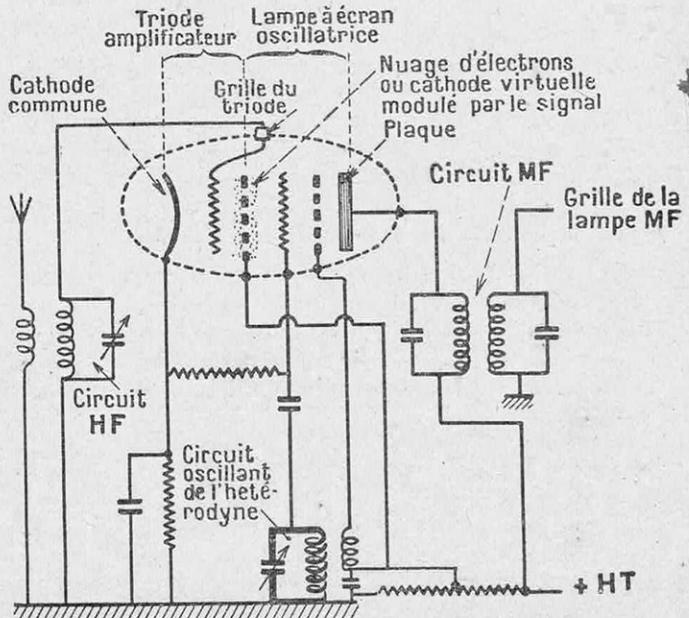


FIG. 7. — SCHÉMA DE MONTAGE D'UNE LAMPE HEXAOÏDE UTILISÉE COMME MODULATRICE

semble (1). La valve ne s'opposera nullement au passage du courant, car son espace interne est conducteur du moment que sa plaque est positive, comme c'est le cas, par rapport à sa cathode. Autrement dit, le poste fonctionnera normalement et la valve jouera à peine le rôle d'une résistance supplémentaire.

Au contraire, si on inverse le sens du courant, les filaments seront bien chauffés, mais le poste ne fonctionnera pas. En effet, à ce moment, les cathodes de la lampe seront reliées à la borne positive et la valve isolera les plaques de la borne négative, ne pouvant pas laisser passer le courant dans le sens cathode-plaque (fig. 10).

Que se passera-t-il, enfin, si nous réunissons le poste à un secteur alternatif ? Les filaments seront toujours parcourus par le courant et les cathodes seront chauffées aussi bien pendant les alternances positives que négatives. Par contre, le courant haute tension traversera la valve uniquement pendant les alternances positives, la valve isolant le secteur des plaques pendant les alternances négatives. Mais, grâce à la présence du filtre C, qui se chargera pendant les alternances positives et se déchargera pendant les alternances négatives, un courant haute tension permanent sera fourni aux plaques, et le poste fonctionnera normalement.

### Radiorécepteurs pour automobiles

Installer à demeure, dans une voiture automobile, un récepteur susceptible de fonc-

(1) Nous supposons ici, comme on le fait d'ordinaire, que le courant va du + au -, alors qu'en réalité les électrons issus des cathodes vont du - au +.

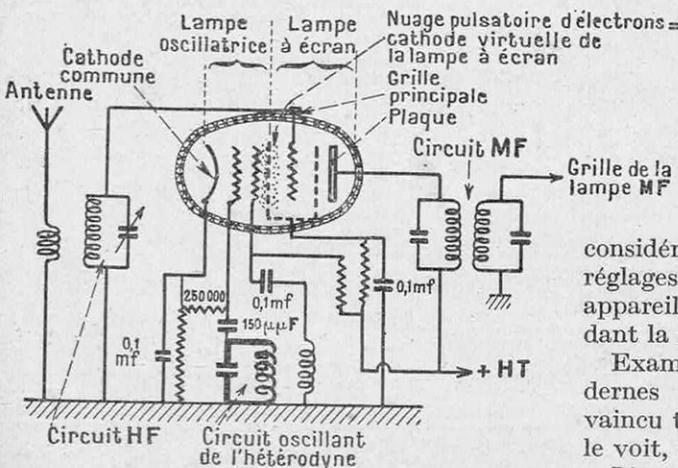


FIG. 8. — LAMPE PENTAGRID (CINQ GRILLES) REMPLAÇANT LES LAMPES MODULATRICES ET OSCILLATRICES DES MONTAGES ORDINAIRES

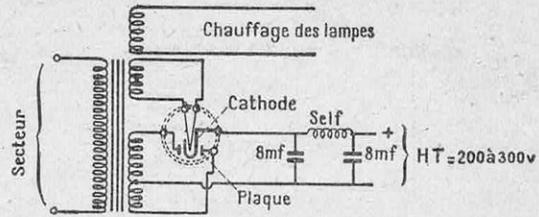


FIG. 9. - SCHÉMA DE MONTAGE D'UNE VALVE BIPLAQUE A CHAUFFAGE INDIRECT POUR POSTES FONCTIONNANT SUR TOUS COURANTS

tionner même pendant la marche, soulevait un certain nombre de difficultés.

Tout d'abord, il faut neutraliser le champ électrique parasite produit par le système d'allumage de la voiture, qui serait la cause d'un bruit continu, intolérable, dès que la voiture roulerait à plus de 20 kilomètres à l'heure. Ce problème a été résolu par la mise à la masse des blindages enroulant les connexions et par l'emploi de petites résistances et capacités amortissant les circuits et arrêtant tout rayonnement de l'énergie électrique.

L'alimentation de ces postes posait également un délicat problème. En effet, il ne fallait pas songer à alimenter les lampes à chauffage direct par les batteries de la voiture, ces dernières n'ayant pas le voltage requis par les filaments et, de plus, ayant une tension variant sous l'influence de la génératrice branchée directement à leurs bornes. La question était encore plus difficile à résoudre si on désirait obtenir à bord la haute tension nécessaire pour l'alimentation des plaques des lampes.

La question d'encombrement présentait aussi une difficulté sérieuse, car la place disponible était très faible et les dimensions des appareils considérables. L'emplacement de l'antenne n'était pas non plus facile à trouver. En effet, les postes étaient relativement peu sensibles et le collecteur d'ondes devait avoir un développement considérable. Enfin, la complication des réglages interdisait toute manœuvre des appareils par le conducteur lui-même pendant la marche de la voiture.

Examinons maintenant comment les modernes récepteurs pour automobiles ont vaincu toutes ces difficultés, qui, comme on le voit, sont loin d'être négligeables.

L'apparition des lampes nouvelles à grande sensibilité a permis de réduire le nombre d'étages d'amplification et a rendu possible la construction de postes puissants,

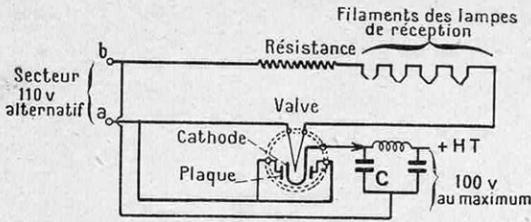


FIG. 10. — MONTAGE D'UN POSTE MINIATURE FONCTIONNANT SUR TOUS COURANTS

aux dimensions assez réduites pour être logés aisément derrière le tableau de bord de la voiture.

La sensibilité accrue des appareils a résolu, en même temps, la question de l'emplacement d'antenne, qui se résume actuellement en quelques fils isolés tendus sous le plafond de la voiture. Notons qu'en Amérique un grand nombre de fabricants d'automobiles vendent leurs voitures avec des antennes déjà installées à l'intérieur du plafond.

L'utilisation des lampes à chauffage indirect, à éléments chauffants prévus pour 6 volts, a permis de brancher les lampes directement sur la batterie de la voiture. Les variations de tension de cette dernière, grâce au chauffage indirect, n'ont plus aucune influence sur le fonctionnement du poste.

La simplification des réglages se réduisant, en principe, aux manœuvres de deux boutons seulement, celui d'« accord » et celui de « sensibilité », le réglage du poste peut être fait par le conducteur lui-même.

Quant à l'alimentation haute tension, elle fut résolue par l'utilisation de convertisseurs spéciaux transformant le courant fourni par la batterie de la voiture en un courant haute tension nécessaire pour le poste. Deux systèmes d'alimentation haute tension sont employés actuellement.

Le premier utilise un véritable petit convertisseur tournant, comprenant un petit moteur fonctionnant sous 6 volts et une petite génératrice à courant continu fournissant directement la tension de 200 ou 250 volts nécessaire pour le poste. Le tout est enfermé dans une boîte étanche et trouve place ordinairement sous le plancher de la voiture.

Le deuxième a recours à un vibreur et à une véritable bobine de Ruhmkorff. Le courant alternatif à voltage élevé, produit ainsi dans l'enroulement secondaire, est redressé par une valve dont la cathode est chauffée indirectement par le courant de la batterie du bord. Le courant ainsi redressé est ensuite égalisé par un filtre ordinaire, composé de deux capacités électrolytiques et une self de choc (fig. 11).

Les radiorécepteurs pour automobiles donnent actuellement des résultats très satisfaisants. Leur consommation, fournie par les batteries de la voiture, ne dépasse pas celle d'un phare ordinaire, et la sonorité est très suffisante pour pouvoir entendre les émissions nettement et fortement, même pendant la marche de la voiture.

### Comment on obtient le « relief musical »

Si la technique de la T. S. F. a réalisé d'importants progrès dans le domaine purement électrique, les problèmes d'ordre acoustique n'ont pas non plus été négligés.

Ainsi, on a pu remarquer la tendance de plus en plus grande de remplacer le haut-parleur unique par un ensemble de deux ou trois reproducteurs accordés chacun sur une bande distincte des fréquences acoustiques. Voici pourquoi : la reproduction de la musique, et surtout de la musique d'orchestre, par un seul haut-parleur enlève aux phrases musicales leur transparence et rend la musique « plate ». Il est facile, d'ailleurs, de s'en rendre compte en comparant, par exemple, l'impression donnée par l'écoute d'un orchestre véritable avec celle procurée par l'audition d'un disque ou d'un haut-parleur. En utilisant plusieurs haut-parleurs « accordés », on rétablit, dans une certaine mesure, le « relief musical », ce qui rend l'écoute beaucoup plus agréable.

Lorsque, en effet, nous écoutons un orchestre, les instruments occupant chacun une place déterminée, les divers sons nous parviennent de directions différentes. Le chant et l'accompagnement, le son des violons et le roulement de la grosse caisse nous parviennent par des chemins différents, et, seule, notre oreille fait la synthèse de tous les sons reçus (fig. 12).

Le cas n'est pas le même pour la reproduction de la musique par un haut-parleur unique (fig. 13). Les sons nous parviennent tous de la même direction, et il nous serait impossible de situer les différents instruments dans l'espace.

On ne peut pas mieux comparer la diffé-

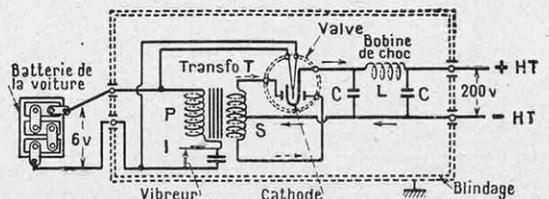


FIG. 11. — SCHÉMA D'ALIMENTATION TOTALE D'UN RÉCEPTEUR DE T. S. F. AU MOYEN DE LA BATTERIE D'UNE AUTOMOBILE

rence existant entre l'audition directe et celle due à un haut-parleur unique qu'en évoquant la différence existant entre une photographie ordinaire et la vision directe d'un paysage.

On pourrait, évidemment, remédier à ce manque de relief en utilisant un nombre de haut-parleurs sensiblement égal à celui des instruments de l'orchestre. En accordant chaque haut-parleur par un filtre ne laissant passer qu'une bande assez étroite des fréquences, et en disposant ces haut-parleurs dans un ordre convenable les uns par rapport aux autres, on pourrait créer une illusion presque parfaite. Ce moyen est, évidemment, inutilisable en pratique parce que trop complexe. En réalité, des résultats très satisfaisants sont obtenus déjà avec trois ou même deux haut-parleurs, dont

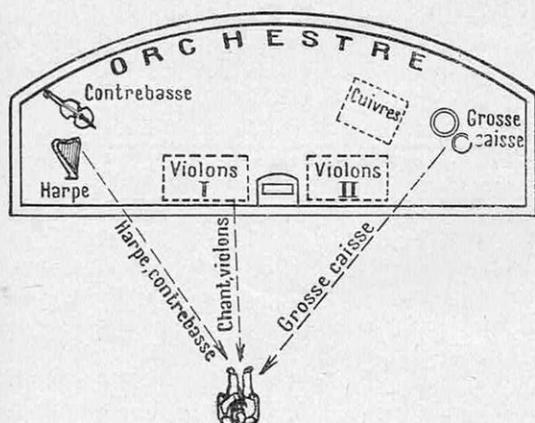


FIG. 12. — L'AUDITEUR QUI ÉCOUTE UN ORCHESTRE REÇOIT LES DIFFÉRENTS SONS DE DIVERSES DIRECTIONS

l'un transmet uniquement les sons graves, l'autre les sons aigus et le troisième les sons ayant une hauteur moyenne. L'emploi du troisième haut-parleur n'est pas obligatoire, mais permet d'élargir la gamme des fréquences reçues en écartant plus loin l'une de l'autre les deux gammes extrêmes. Il est évident (fig. 14) qu'en écoutant la musique reproduite par deux haut-parleurs ainsi « jumelés », nous entendrons les sons graves venir d'un point de l'espace et les sons aigus de l'autre et, par conséquent, nous ressentirons le « relief musical ».

L'audition d'un haut-parleur unique étant comparable à l'examen d'une photographie, l'audition de deux haut-parleurs jumelés doit être comparée à l'impression que produit l'examen d'une vue stéréoscopique donnant à l'observateur l'impression de vivre réellement dans le paysage qu'il regarde.

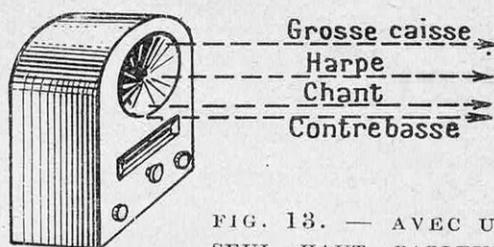


FIG. 13. — AVEC UN SEUL HAUT-PARLEUR, TOUS LES SONS PROVIENNENT DU MÊME POINT, D'OU MANQUE DE « RELIEF MUSICAL »

Mais on peut aussi employer un seul haut-parleur, si, par un moyen quelconque, on sépare, à la sortie de ce dernier, les sons graves des sons aigus. En faisant ensuite parvenir vers l'auditeur chaque groupe de sons d'une direction différente, on créera, pour ce dernier, la même impression de relief que dans le cas des haut-parleurs multiples.

### Haut-parleur dynharmonique

Ce problème, bien difficile pourtant, est résolu par le haut-parleur « dynharmonique », qui fut une des grandes nouveautés du Salon de Paris (fig. 15). Ce haut-parleur est basé sur le phénomène de la résonance acoustique.

Un haut-parleur dynamique possédant une gamme de reproduction très étendue est placé entre deux chambres acoustiques, de telle façon que l'une d'elles se trouve en communication avec la face avant et l'autre avec la face arrière de la membrane du haut-parleur.

Les parois extérieures de chaque chambre portent des tubes de résonance de différents diamètres et longueurs. Certains de ces tubes sont ouverts, d'autres fermés à l'une des extrémités.

On sait, et c'est d'ailleurs le principe même de l'orgue, que les tubes ont la pro-

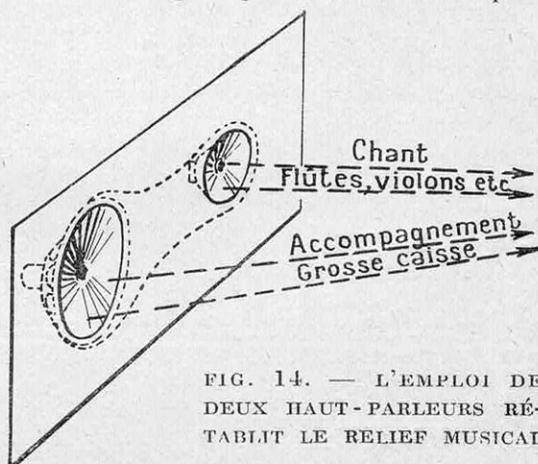


FIG. 14. — L'EMPLOI DE DEUX HAUT-PARLEURS RÉTABLIT LE RELIEF MUSICAL

priété de renforcer les sons dont la longueur d'onde sonore a un certain rapport avec la longueur du tube même. Les tubes fermés renforcent les sons dont la longueur d'onde est quatre fois plus grande que leur longueur propre, et les tubes ouverts ceux dont la longueur d'onde est deux fois la distance entre leurs extrémités. En plus, pour un diamètre convenable, le tube fermé renforcera, en même temps que le son fondamental, les harmoniques impaires de ce dernier, tandis que le tube ouvert fera accompagner le son fondamental par ses harmoniques paires. En choisissant convenablement la longueur et le diamètre des tubes, les constructeurs du haut-parleur dynharmonique ont réalisé un résonateur complexe, couvrant une gamme très étendue de fréquences musicales.

On conçoit facilement que chaque son reproduit par le haut-parleur ne fera vibrer l'air que dans certains tubes et ne produira aucune

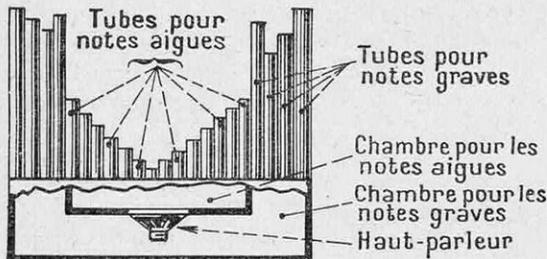


FIG. 15. — UN SEUL HAUT-PARLEUR, COMBINÉ AVEC DES TUYAUX SONORES DE LARGEURS DIFFÉRENTES, DONNE ÉGALEMENT LE RELIEF MUSICAL

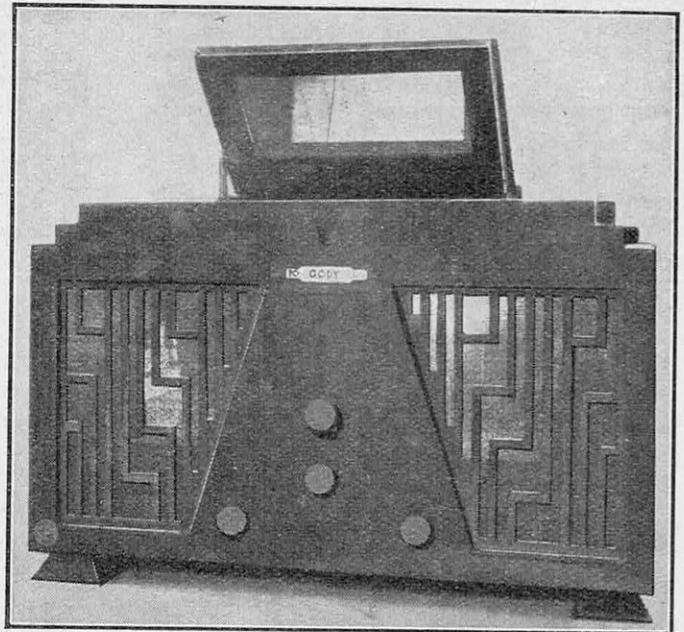


FIG. 16. — RÉCEPTEUR MODERNE « GODY » A DEUX HAUT-PARLEURS, MUNI DU « CADRAN PSYCHÉ »

Grâce à la glace à inclinaison variable, on peut lire instantanément et facilement les noms des stations reçues.

action sur les autres. De cette façon, chaque son nous parvient par un chemin différent et on peut ainsi situer dans l'espace chaque sonorité.

Telles sont les nouveautés intéressantes qui caractérisent le radiorécepteur de 1934 : montages simplifiés, antifading, postes « tous secteurs », lampes robustes et puissantes, musicalité sans cesse accrue, etc.

Il faut constater, dans ce domaine, que les constructeurs français, qui, naguère encore, étaient en retard sur l'industrie étrangère, ont su mettre à profit l'expérience étrangère et ont réussi à égaler la construction étrangère.

C.-N. VINOGRADOW.

Suivant la récente affirmation du député Mandel, à la tribune de la Chambre, un grand constructeur de l'aviation étrangère lui a rapporté ce qui suit :

En Allemagne, la Luft Hansa vient de commander aux Etablissements Junkers 50 avions trimoteurs utilisables pour les reconnaissances à grande distance et pour le bombardement. La Société Heinkel vient de recevoir également une commande de 100 avions de combat, à deux observateurs, capables d'emporter des bombes et pouvant se déplacer à la vitesse de 350 kilomètres à l'heure.

C'est un avion de ce modèle qui a accompli, le 3 novembre dernier, le voyage Berlin-Séville en 8 heures, à la moyenne de 350 kilomètres à l'heure.

Enfin, une autre Société, la Bayerische-Werke, fabrique actuellement 100 moteurs de 700 ch, d'après une licence américaine.

L'orateur a ajouté qu'il y a actuellement en Allemagne dix-huit firmes spécialisées dans l'aviation, alors qu'il n'en existe que huit en Angleterre...

# L'ALCOOL ABSOLU EST MAINTENANT UN PRODUIT INDUSTRIEL

Par Armand COURTIER

*L'utilisation industrielle de l'alcool, notamment son mélange à l'essence à laquelle il confère des propriétés intéressantes, déjà signalées ici (1), a ouvert à ce produit des débouchés inespérés. Suivant une loi économique inéluctable, la demande a provoqué d'importants perfectionnements dans la fabrication de l'alcool, qui doit être livré absolument pur. Après la fermentation des jus sucrés, le traitement des matières amylacées, voici que le bois se révèle comme une source importante d'alcool (25 à 30 litres par 100 kilogrammes de sciure). La synthèse chimique, elle aussi, est mise en œuvre pour la préparation de l'alcool, soit par l'intermédiaire du carbure de calcium, soit par récupération des gaz de fours à coke. Quant à l'obtention de l'alcool pur, elle dérive toujours de la distillation fractionnée. Ici encore, un progrès important a été réalisé par l'utilisation de mélanges dits « azéotropiques », qui permettent d'extraire économiquement l'alcool absolu de solutions aqueuses diluées et d'en préparer des quantités suffisantes pour satisfaire à tous les besoins industriels.*

L'ALCOOL éthylique, dont l'origine de la fabrication remonte aux temps les plus reculés de l'antiquité, a uniquement servi, pendant des siècles, sous forme de vins d'abord, puis ensuite de liqueurs et eaux-de-vie, de panacée et surtout de régal aux peuples d'autrefois. Mais, après les travaux de Saussure, Gay-Lussac et Dumas, qui mirent au jour ses propriétés physico-chimiques, des débouchés s'ouvrirent pour lui dans l'industrie chimique alors naissante. La parfumerie, l'industrie des vernis, la préparation des poudres sans fumée, des papiers photographiques, l'éclairage, le chauffage consommèrent des quantités sans cesse croissantes d'alcool.

Survient la guerre de 1914 : il faut des poudres ; on fabrique de l'alcool à outrance, tant et si bien qu'à la fin des hostilités, le Service des poudres en possède des stocks énormes. Afin de les écouler, on envisage l'emploi de l'alcool pour la production de la force motrice. Alors s'effectuent de nombreuses études en vue de cette utilisation. Elles conduisent à des résultats inespérés : non seulement l'alcool pur peut être mélangé à l'essence sans aucun inconvénient, mais, bien plus, il valorise les qualités de cette dernière (1). Ce nouveau débouché, d'une importance difficilement mesurable au moment où l'usage des moteurs à combustion s'exacerbe de toutes parts, provoque le perfectionnement des procédés de fabrication de l'alcool.

Ils se divisent en deux parties bien dis-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 180, page 503.

tinctes : d'une part, la production de solutés alcooliques plus ou moins dilués, soit par diverses techniques de fermentation, soit par synthèse ; d'autre part, la concentration des liqueurs par distillation, afin d'obtenir l'alcool pur.

## Préparation de l'alcool par fermentation

Rappelons que la fermentation alcoolique, aussi vieille que le monde, et considérée, dans les anciens livres de chimie, comme un processus naturel familier, consiste essentiellement à transformer en alcool le sucre retiré des végétaux, merveilleux accumulateurs de l'énergie solaire.

Toutes les plantes, utilisées comme matières premières, ne contiennent pas les sucres libres capables de fermenter ; plusieurs demandent une préparation spéciale, dénommée saccharification, qui a pour but de transformer en sucres fermentescibles certains éléments contenus dans ces végétaux. Aussi, les conditions de travail varieront avec les matières premières utilisées. Celles-ci peuvent être classées en trois groupes différents :

Les matières sucrées, qui, en général, peuvent subir directement la fermentation alcoolique ; les matières amylacées et les celluloses, qui demandent une saccharification avant de pouvoir fermenter.

### *Fermentation des matières sucrées, base de la fermentation alcoolique*

En 1766, Cavendish reconnut que les liqueurs sucrées pouvaient seules fermenter. Lavoisier établit, en 1789, une équation

assez approchée de la fermentation de ces liquides ; puis Colin, en 1816, soupçonna l'existence des levures, tandis que Berzélius voyait déjà, dans la fermentation, une action catalytique. En 1857, Pasteur commence ses mémorables recherches. Il montre, à l'aide d'expériences magistrales, ne prêtant à aucune équivoque, la véritable nature de la fermentation. Les levures qu'il découvre, êtres vivants monocellulaires, transforment en alcool le glucose et le lévulose provenant des matières sucrées : fruits, racines de certaines plantes (betteraves, carottes, navets, topinambours), feuilles et tiges de plantes exotiques (cannes à sucre, agaves, palmiers, érables à sucre, asphodèles), etc., après qu'elles ont été broyées et mises à digérer dans l'eau.

Le processus de cette réaction, encore

dements, demande des soins aseptiques, il est vrai, assez élémentaires.

Pour entretenir la vie active de la levure, nécessaire à la réussite de la fermentation, il faut veiller au maintien de la bonne température, à la richesse en principes nutritifs et à la composition convenable du liquide où elle travaille.

La levure, par elle-même, ne fait fermenter que le glucose et le lévulose, deux sucres de constitutions très voisines. Par contre, elle laisserait inattaqué le sucre ordinaire ou saccharose des mélasses — sirops résiduels de la fabrication du sucre ordinaire, employés souvent à la préparation de l'alcool — si elle ne secrétait un produit particulier, une « diastase » appelée « zymase », véritable catalyseur organique qui a la propriété de fixer une molécule d'eau sur la saccharose pour fournir le

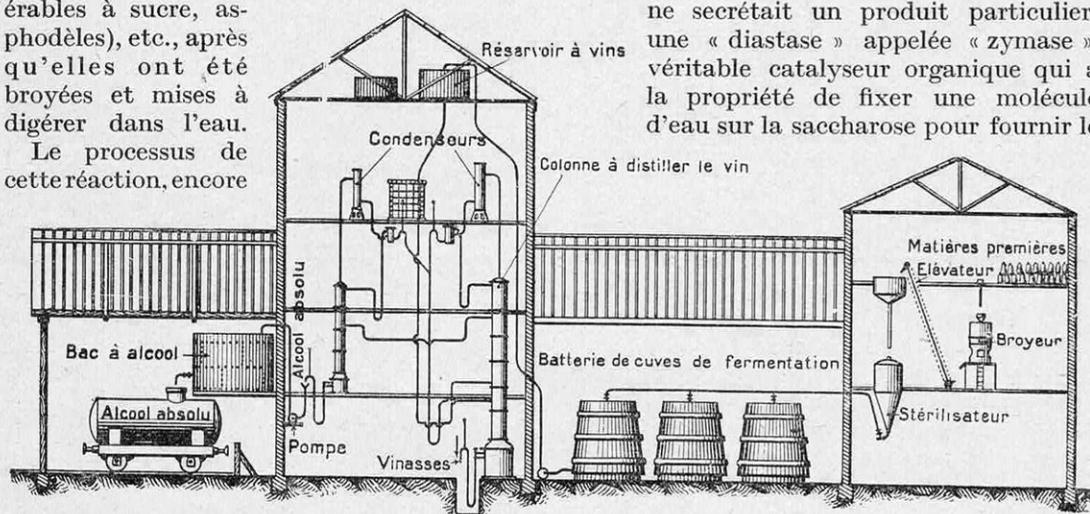


FIG. 1. — SCHÉMA D'UNE INSTALLATION COMPLÈTE DE FABRICATION DE L'ALCOOL A PARTIR DES MATIÈRES PREMIÈRES TELLES QUE BETTERAVES ET GRAINES

mal expliqué, se traduit par les résultats suivants : une molécule-gramme de glucose (180 grammes) donne deux molécules-grammes d'alcool éthylique ou éthanol (92 grammes), avec dégagement de deux molécules-grammes de gaz carbonique (88 grammes, soit sensiblement 45 litres de gaz). Ce dégagement de gaz agite violemment la masse, d'où le nom « fermentation ».

Le glucose ou l'alcool, en forte proportion, arrêtent la fermentation ; aussi, les « vins » (ainsi s'appellent toutes les liqueurs obtenues après fermentation) ne dépassent-ils jamais une concentration d'alcool supérieure à 10° Gay-Lussac (1). Des organismes parasites, tels les ferments butyriques, acétiques, etc., gênent, ou même annihilent l'activité des levures. Il s'ensuit que la fermentation des solutions sucrées, pour donner de bons ren-

« sucre interverti », mélange de glucose et de lévulose transformé en alcool par la levure.

Ce fut Buchner qui découvrit, en 1897, la « zymase », ou « suc de levure », et ses propriétés particulières.

Une autre diastase, « l'amylase », possède une importance capitale dans la fermentation des matières amylacées.

#### *Le traitement des matières amylacées consiste à les transformer en sucre fermentescible*

Les graines de céréales (blé, avoine, orge, maïs, riz), de légumineuses (fèves, pois, lentilles, haricots), les fruits du châtaignier, du marronnier, du chêne, les racines de certaines plantes (carotte, rhubarbe, manioc, jalap), les tubercules des pommes de terre, des patates, topinambours, réduits en farine, ou broyés, et mis à macérer dans l'eau, abandonnent de l'amidon ou de la fécule (ce der-

(1) Les degrés Gay-Lussac (G. L.) représentent la concentration volumétrique. La concentration pondérale est évaluée en %.

nier terme désigne spécialement le produit retiré des organes souterrains). La formation de l'amidon paraît être due à l'action de la chlorophylle sur le gaz carbonique et l'eau, sous l'influence de la lumière, avec dégagement d'oxygène.

L'amidon, terme qui signifie « farine obtenue sans meule », vu au microscope, a l'apparence de granules d'aspect différent avec chaque espèce de plante qui lui a donné nais-

« amylo-mices », qui saccharifient les matières amylo-acées, et des levures, qui transforment en alcool le sucre obtenu.

Signalons une troisième technique capable de conduire à la saccharification des matières amylo-acées : le traitement par les acides minéraux dilués. Ce procédé, qui a, d'ailleurs, l'inconvénient d'utiliser des réactifs de valeur non négligeable, tombe en désuétude pour ce genre de travail. Par contre, il est

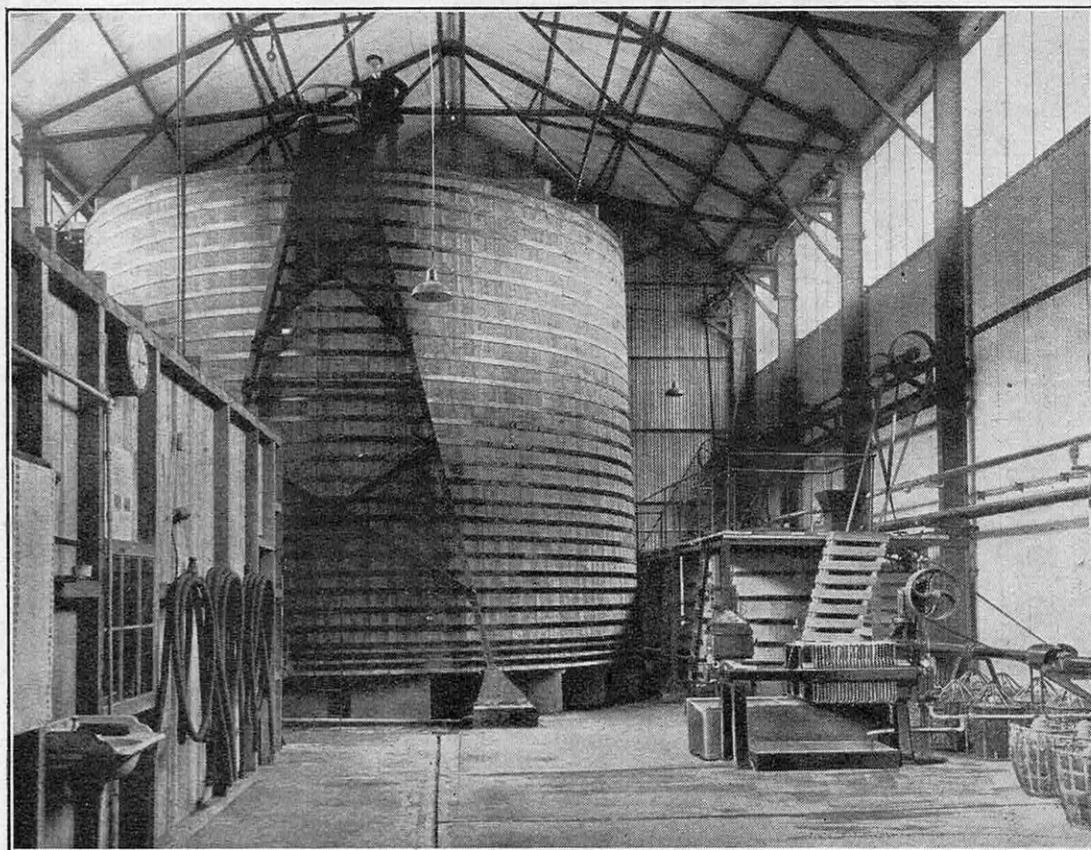


FIG. 2. — CUVE EN BOIS UTILISÉE EN DISTILLERIE POUR LA FERMENTATION

sance. Il se transforme en maltose, qui, lui-même, se dédouble, par hydrolyse (1), en glucose fermentescible, sous l'action de « l'amy-lase », principe actif du malt ou orge germée.

Néanmoins, sans passer par l'intermédiaire du malt, on effectue maintenant la saccharification de l'amidon par les « amylo-mices », moisissures microscopiques dont la sélection est due au docteur Calmette. Cette technique, d'ailleurs, la plus employée, évite la dépense de malt ; il suffit d'ajouter au moût contenant les produits broyés des

utilisé, faute de mieux, pour la saccharification du bois, comme nous allons le voir.

***Le bois, par l'intermédiaire des celluloses qu'il contient, peut fournir du sucre fermentescible***

La constitution des celluloses, qui abondent dans tous les tissus végétaux, se rapproche beaucoup de celle de l'amidon ; aussi, la saccharification de la cellulose a-t-elle hanté l'esprit de nombreux chercheurs. Il suffisait, en effet, de perfectionner le mode opératoire de l'expérience classique de Bracconnet conduisant à l'obtention du sucre

(1) L'hydrolyse de produits organiques consiste à fixer sur leur molécule une ou plusieurs molécules d'eau. Ce qui peut provoquer leur dédoublement.

de chiffons ! Enfin, après de nombreux travaux, souvent infructueux, une méthode rustique et économique semble sur le point de prendre un développement considérable, capable de donner aux déchets de bois un nouvel et important débouché. Il s'agit de la méthode Scholler, qui permet de transformer le bois en sucre capable de subir la fermentation alcoolique. Les premières installations de fabrication semi industrielle, montées récemment, donnent d'excellents résultats. Il ne serait pas utopique de prédire, pour un avenir prochain, un prix très faible de l'alcool préparé à partir du bois, car 100 kilogrammes de sciure, supposée sèche, peuvent fournir 25 à 30 litres d'alcool éthylique.

de calcium, que l'eau décompose en fournissant l'acétylène.

Celui-ci, à son tour, fixe, par catalyse, une molécule d'eau pour donner l'aldéhyde acétique, ou éthanal, qui absorbe de l'hydrogène en présence de catalyseur et se transforme ainsi en alcool éthylique. C'est là, certes, un bel exemple de synthèse, abandonné, cependant, dès la cessation des hostilités, à cause du prix de revient prohibitif.

Par contre, un deuxième procédé synthétique, dont le développement actuel montre la valeur, consiste à récupérer, des gaz issus des fours à coke (gaz d'éclairage) et à trans-

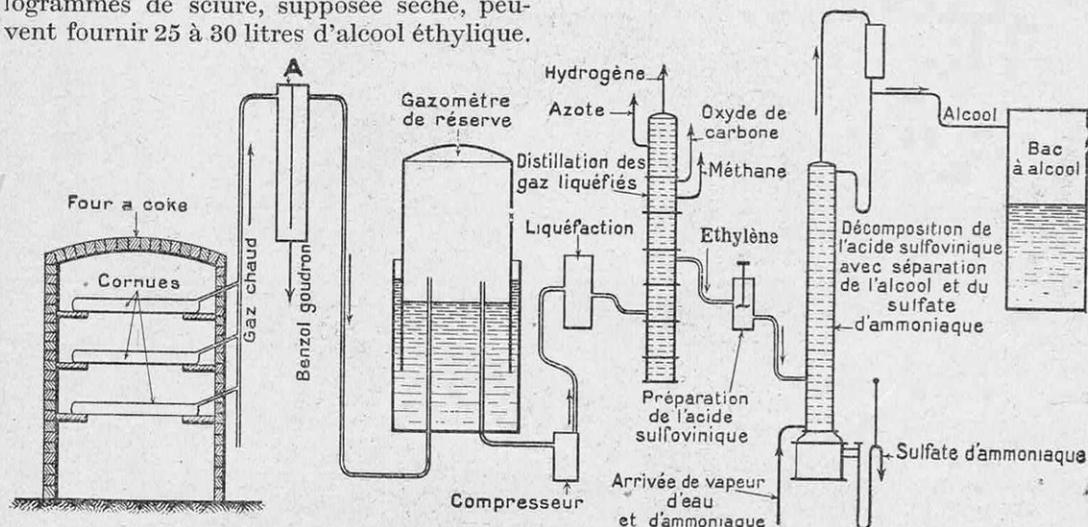


FIG. 3. — SCHEMA D'UNE INSTALLATION COMPLETE DE FABRICATION D'ALCOOL PAR SYNTHESE, A PARTIR DES GAZ DE FOURS A COKE OBTENUS PAR DISTILLATION DE CHARBON

### Préparation de l'alcool par synthèse

Pendant que plusieurs savants mettaient au point la saccharification du bois, il se développait un autre procédé de fabrication de l'alcool, la synthèse, dont l'origine date de 1857, époque à laquelle Berthelot obtint l'alcool éthylique à partir des éléments : carbone, hydrogène, oxygène. Ce résultat, très intéressant au point de vue scientifique, ne peut faire espérer, malgré tout, le développement industriel d'un tel procédé, parce que l'énergie dépensée grève trop fortement le prix de revient. Toutefois, pendant la guerre, alors qu'il fallait de l'alcool à tout prix pour le Service des poudres, on a préparé l'alcool de synthèse par l'intermédiaire du carbure de calcium.

#### Obtention d'alcool par l'intermédiaire du carbure de calcium

On sait que le charbon réagit sur la chaux, au four électrique, pour donner le carbure

former en alcool l'éthylène qu'ils contiennent, à raison de 1 à 2 %.

#### Production d'alcool par récupération de l'éthylène des gaz dégagés des fours à coke

Cette technique se base sur une suite de réactions très simples, connues depuis fort longtemps.

L'éthylène réagit sur l'acide sulfurique, pour donner l'acide sulfovinique, qui, saponifié par l'eau, fournit l'alcool éthylique. L'acide sulfurique se trouve régénéré.

Si le principe de cette fabrication semble élémentaire, il a fallu, néanmoins, toute la perspicacité de techniciens réputés pour effectuer la mise au point de ce procédé. En effet, une difficulté technique réside dans la composition complexe des gaz sortant des fours à coke, parce qu'il apparaît difficile d'en extraire l'éthylène. Ensuite, la dilution exagérée de l'acide sulfurique, régénéré dans la réaction, rend désavantageuse sa récupération,

Le premier obstacle a été vaincu grâce à la liquéfaction et à la distillation des gaz, qui permettent de séparer, à l'état sensiblement pur, les principaux constituants et, en particulier, l'éthylène. La seconde difficulté a été tournée habilement en neutralisant l'acide sulfurique dilué par l'ammoniac, préparé, d'autre part, avec l'hydrogène retiré des gaz liquéfiés en même temps que l'éthylène. On obtient ainsi du sulfate d'ammoniac, qui est, comme on le sait, un excellent engrais.

Dans de telles conditions, l'alcool revient à un faible prix. On obtient, presque gratuitement, 16 kilogrammes d'alcool par tonne de houille, soit le double de la quantité de benzol obtenu par les anciens procédés. Il apparaît donc indubitable que les fabriques de coke trouvent un avantage appréciable dans la récupération de l'éthylène dégagé des fours.

Cependant avec de tels résultats, cette fabrication ne peut être développée dans le seul but de fournir l'alcool nécessaire à la locomotion automobile, parce que l'écoulement des produits principaux de la carbonisation de la houille limite cette obtention d'alcool.

Aussi ce procédé ne risque-t-il pas de concurrencer la fermentation des matières de provenance végétale, qui reste un moyen économique pour plusieurs raisons. D'abord, la fermentation ne nécessite aucune énergie d'un prix de revient élevé. Les levures, comme tous les êtres vivants, fournissent

économiquement leur travail, à condition qu'on prenne quelques précautions relatives à leur santé. Ensuite, dans un prochain avenir, des matières premières de vil prix et sans cesse renouvelées par les soins de la nature, telles les agaves, les asphodèles, les plantes alcoogènes de nos colonies, ou le bois de nos forêts, pourront nous pourvoir, à bon compte,

d'alcool nécessaire à nos besoins. Toutefois, l'usine de fermentation, « la distillerie », demande un aménagement rationnel, afin de réduire au minimum les manipulations qui ne manquent pas de grever le budget des dépenses. Les efforts ont été orientés dans cette voie, et les frais de préparation n'augmentent pas, aujourd'hui, considérablement le prix de revient de l'alcool.

Quoi qu'il en soit, les procédés d'obtention d'alcool par fermentation ou par synthèse ne fournissent que des solutions aqueuses diluées d'alcool. Par conséquent, une pu-

rification est nécessaire afin d'obtenir l'alcool pur. Ce travail s'effectue par distillation.

### La distillation fractionnée est à la base de la fabrication de l'alcool pur

On sait que pour séparer aussi complètement que possible, par distillation, un mélange de deux liquides, comme l'eau et l'alcool, on opère par « distillation fractionnée », au moyen d'une colonne de distillation.

Celle-ci consiste essentiellement en un

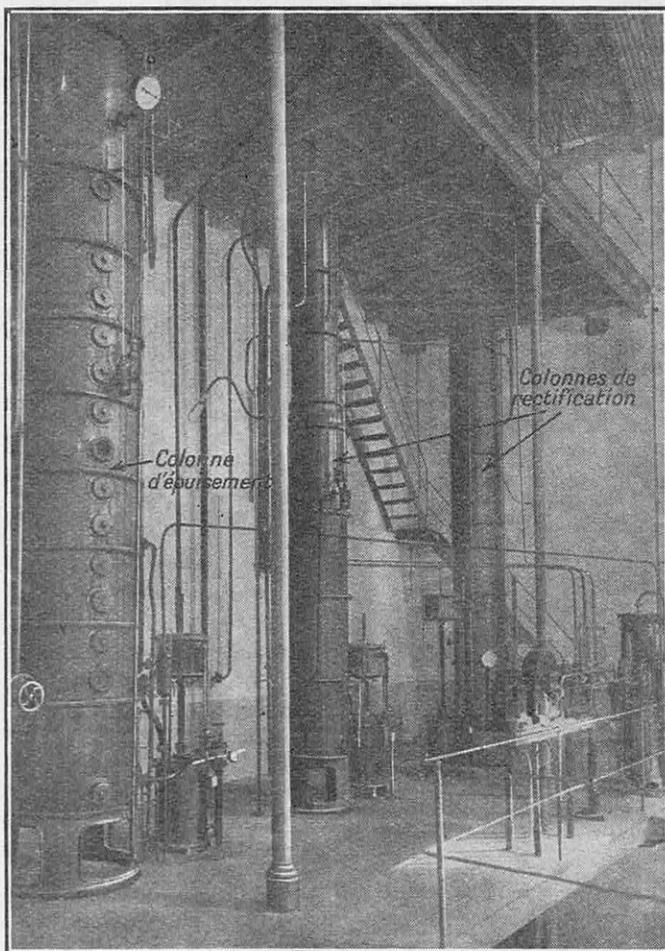


FIG. 4. — COLONNE D'ÉPUISEMENT ET COLONNES DE CONCENTRATION INSTALLÉES DANS UNE DISTILLERIE MODERNE POUR L'OBTENTION DE L'ALCOOL ABSOLU

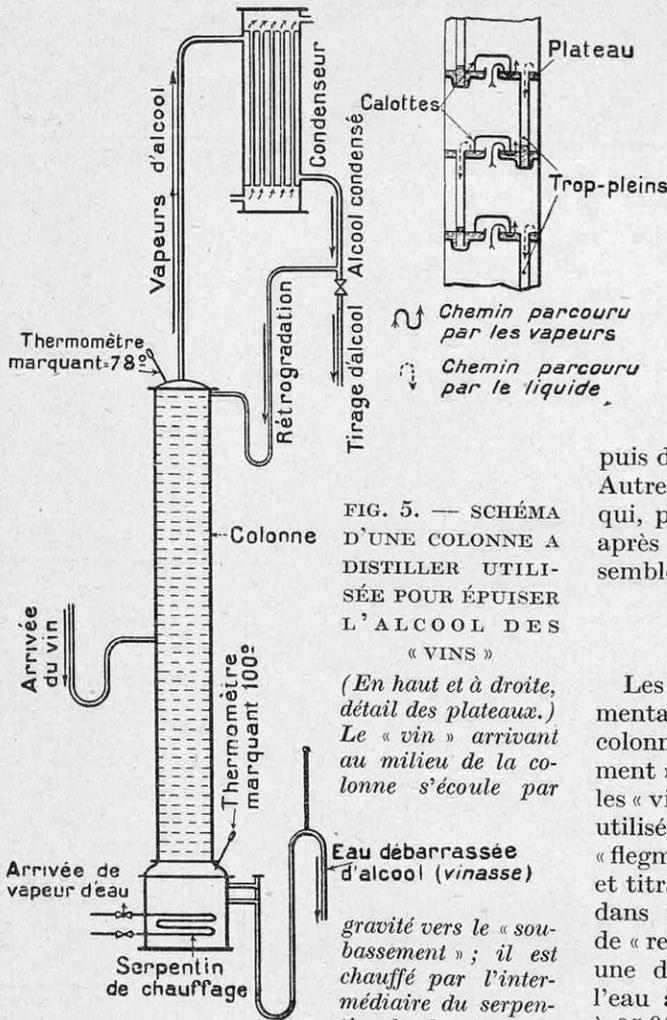


FIG. 5. — SCHÉMA D'UNE COLONNE A DISTILLER UTILISÉE POUR ÉPUISE L'ALCOOL DES « VINS »

(En haut et à droite, détail des plateaux.) Le « vin » arrivant au milieu de la colonne s'écoule par

gravité vers le « soubassement » ; il est chauffé par l'intermédiaire du serpentin de chauffage où circule de la vapeur d'eau. Le liquide bout, les vapeurs s'élèvent dans la colonne et font bouillir le liquide que contient chaque plateau. A chacun d'eux, les vapeurs se concentrent en alcool. Finalement, au sommet, on obtient de l'alcool concentré, qui est condensé dans le « condenseur » (faisceau de tuyaux parcourus extérieurement par les vapeurs d'alcool et intérieurement par de l'eau froide). On tire une partie de l'alcool concentré ; l'autre partie, renvoyée dans la colonne par la rétrogradation, sert à maintenir constamment du liquide sur les plateaux. Du soubassement s'écoulent les « vinasses ». Les colonnes à distiller sont des appareils fort importants qui peuvent atteindre parfois 10 à 15 mètres de hauteur et 1 à 2 mètres de diamètre. On chauffe à l'aide de la vapeur, afin d'éviter les incendies que pourrait occasionner le chauffage direct par le gaz par exemple.

tuyau, de diamètre atteignant parfois 1 m 50 à 2 mètres, dans lequel des plateaux sont placés de distance en distance (voir schéma fig. 5). Chaque plateau fait l'office d'un alambic. On chauffe, au soubassement, le liquide en réserve, il bout ; sa vapeur s'élève

et porte à l'ébullition le liquide contenu dans le premier plateau. A son tour, ce liquide bout, et sa vapeur chauffe celui du plateau supérieur ; finalement, de proche en proche, tout le liquide maintenu sur les plateaux se trouve porté à l'ébullition. A mesure que la vapeur s'élève, le mélange eau-alcool devient plus riche en alcool ; en définitive, au sommet de l'appareil, on condense, dans le « condenseur », un alcool très concentré, dont le titre dépend de l'efficacité de la colonne à distiller.

La distillation des « vins » a subi, depuis dix ans, des perfectionnements énormes. Autrefois, on obtenait péniblement un alcool qui, par surcroît, était impur. Aujourd'hui, après plusieurs étapes successives, on arrive, semble-t-il, au summum de la perfection.

### Les méthodes anciennes de distillation des « vins »

Les « vins », provenant des cuves de fermentation, s'écoulaient dans une première colonne à distiller, la colonne d'« épuisement ». Elle permettait de séparer : à la base, les « vinasses », liquides plus ou moins boueux utilisés comme engrais ; au sommet, les « flegmes », contenant la totalité de l'alcool et titrant 80° à 90°. Ces « flegmes », conduits dans une deuxième colonne, dite colonne de « rectification », fournissaient, moyennant une dépense de chauffage convenable, de l'eau à la base et, au sommet, de l'alcool à 95 %, dit « alcool rectifié ».

Cependant, quelle que fût la dépense de combustible consentie pour chauffer la colonne, la concentration de l'al-

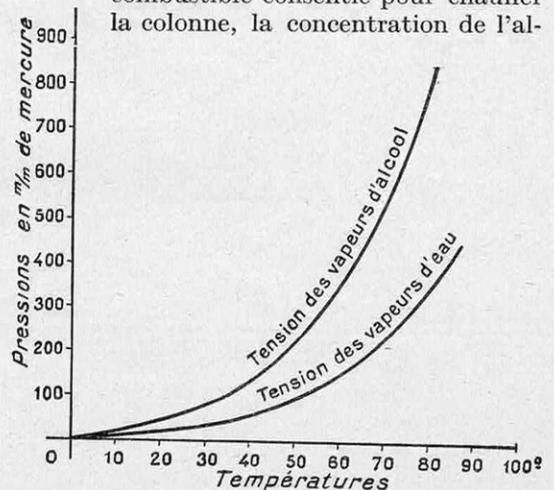


FIG. 6. — LA DIFFÉRENCE ENTRE LES TENSIONS DE VAPEUR DE L'ALCOOL ET DE L'EAU PERMET LA SÉPARATION DES DEUX LIQUIDES PAR DISTILLATION ET RECTIFICATION.

cool obtenu ne dépassait pas 95 %. Cette méthode de distillation ne permet pas de dépasser ce titre, parce que l'alcool pur, ou « absolu » (point d'ébullition 78°3), bout plus haut que le mélange formé par 95 % d'alcool et 5 % d'eau (point d'ébullition 78°2).

On s'est contenté, pendant longtemps, de ce résultat ; toutefois, les besoins actuels de l'industrie et, surtout, l'utilisation de l'alcool comme carburant exigent l'obtention d'alcool « absolu » ; pour cela, on songea tout d'abord à déshydrater l'alcool à 95 %

éteinte prend place dans la fabrication du papier. Cette méthode occasionne des pertes importantes en alcool. Elle devient dangereuse, à cause des risques d'explosion, si le travail s'effectue sous pression, comme on l'a proposé pour augmenter l'efficacité et la rapidité du travail.

Les sels déshydratants, tels l'acétate de soude ou de potasse, utilisés en solution dans l'alcool absolu, auraient donné des résultats semi-industriels assez intéressants. Toutefois, ces corps déshydratants retiennent

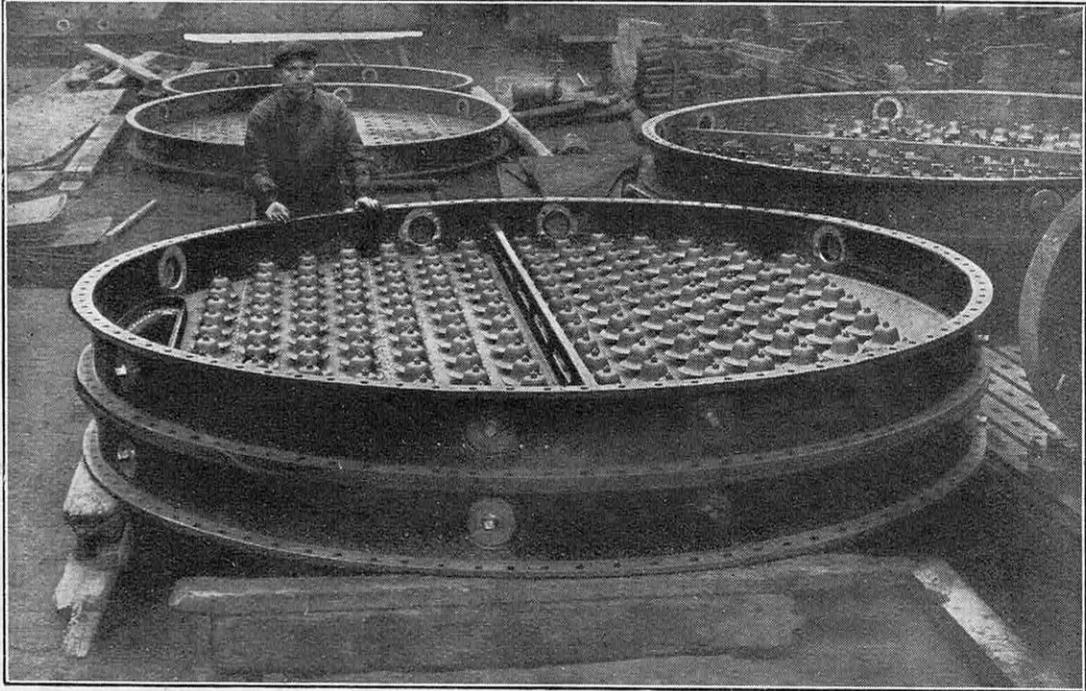


FIG. 7. — PLATEAU D'UNE COLONNE DE DISTILLATION

Sur ce plateau sont installées 152 calottes de distillation. A gauche, on aperçoit l'orifice de l'unique « trop-plein » par où s'écoule le liquide restant après distillation.

par divers procédés. Puis il apparut, ensuite, plus avantageux de déshydrater les flegmes. Enfin, une nouvelle technique permet d'obtenir, en une seule opération, l'alcool « absolu » à partir des « vins ».

#### Obtention d'alcool pur ou « absolu » par déshydratation de l'alcool à 95 %

Cette voie fut la première empruntée industriellement, parce que la première utilisée au laboratoire. Pour cela, on se contentait de traiter l'alcool à 95 % par un corps déshydratant. La chaux vive, corps tout indiqué pour cet usage, s'emploie encore en Suède, dans certaines papeteries récupérant l'alcool, parce que la chaux

forcément l'eau avec beaucoup d'avidité. Ils sont, de ce fait, très difficiles à régénérer ; cela rend le procédé incommode et coûteux.

Seules, les méthodes de déshydratation par distillation, dites méthodes « azéotropiques », connaissent un succès considérable. 95 % de la production mondiale d'alcool absolu sont déshydratés par distillation « azéotropique ».

#### Méthodes « azéotropiques » : procédés modernes d'extraction de l'alcool absolu des solutions aqueuses diluées

Young a établi le premier, en 1902, le principe de ces méthodes, mais l'alcool absolu qu'il obtenait par son procédé reve-

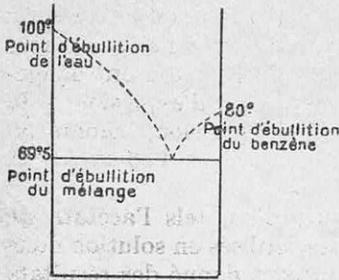


FIG. 8. — LE POINT D'ÉBULLITION DU MÉLANGE EAU-BENZÈNE EST INFÉRIEUR A CELUI DU BENZÈNE, LIQUIDE LE PLUS VOLATIL DU MÉLANGE

que, seulement en 1923, M. Guinot, reprenant avec sagacité ces expériences, fit des remarques fondamentales qui déterminèrent la mise au point des « méthodes azéotropiques » actuelles. Elles se basent sur les phénomènes suivants : quand on distille un mélange de deux liquides insolubles, de l'eau et un hydrocarbure (benzène, essence de pétrole, par exemple), le point d'ébullition de ce mélange est inférieur à celui du liquide qui bout le plus bas. Ainsi, l'eau (point d'ébullition 100°) et le benzène (point d'ébullition 80°) donnent un « mélange azéotropique » dont le point d'ébullition se situe à 69.5°. Ce mélange décante en deux couches, après distillation, puisque les liquides sont insolubles ; le benzène se sépare de l'eau, il décante en couche supérieure.

Le phénomène devient plus compliqué si, au lieu d'eau pure, on ajoute au benzène de l'alcool à 95 % bouillant à 78.2°. Il se forme encore un mélange azéotropique (point d'ébullition 64.9°), mais, cette fois, il contient 7,4 % d'eau, 74,1 de benzène et 18,5 % d'alcool. Ce mélange, dit « ternaire », parce qu'il contient trois constituants, se sépare également en deux couches ; la couche inférieure contient la presque totalité de l'eau avec un peu d'alcool ; la couche supérieure est formée de benzène contenant de l'alcool à peine humide.

Supposons alors que nous alimentions une colonne à distiller avec un mélange en proportion convenable de benzène et d'alcool à 95 %. Le mélange « azéotropique ternaire », qui bout le plus bas, se dirige vers le sommet de la colonne ; il arrache l'eau à l'alcool, qui s'écoule vers le soubassement, pour la transporter au sommet de la colonne, où elle vient se placer en couche inférieure, après conden-

naît fort cher. Son invention n'était qu'une curiosité de laboratoire, qu'il a, d'ailleurs, léguée comme telle. En 1914, Kubierschky tenta de perfectionner cette technique. Il interpréta mal le phénomène, et ses tentatives échouèrent, tant et si bien

sation et décantation dans le décanteur. Cette couche inférieure est évacuée. Le benzène de la couche supérieure, renvoyé dans la colonne, vient de nouveau s'approprier une nouvelle ration d'eau qu'il conduit rapidement au sommet de la colonne, tel un guide laborieux transporte au sommet du col les touristes paresseux. Finalement, il reste, dans le soubassement, de l'alcool anhydre, l'« alcool absolu ».

Il suffit donc de charger une fois pour toutes une colonne à distiller, munie d'un décanteur, de benzène, ou plutôt de benzène additionné d'essence de pétrole, qui lui donne de la « vigilance », pour que l'alcool rectifié alimentaire, distillé dans cette colonne, se sépare en alcool absolu tiré à la base et en

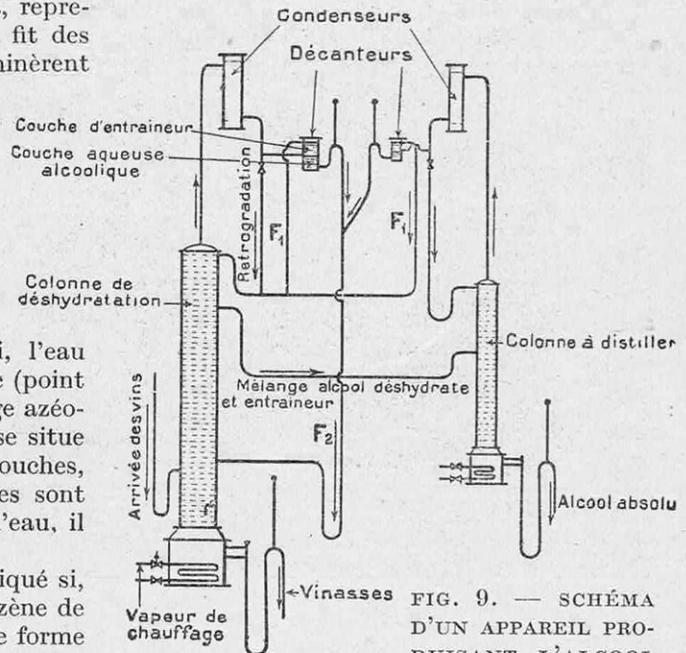


FIG. 9. — SCHÉMA D'UN APPAREIL PRODUISANT L'ALCOOL

ABSOLU DIRECTEMENT A PARTIR DES « VINS »

Dans la colonne de déshydratation, l'eau des « vins » s'écoule vers la base de la colonne sous forme de « vinasses » ; les vapeurs d'alcool s'élèvent, elles rencontrent l'« entraîneur », liquide aux propriétés analogues au benzène, mis dans la colonne une fois pour toutes. Ce produit forme avec l'eau, qui demeure encore avec l'alcool, un mélange azéotropique hétérogène ; ce mélange condensé passe au décanteur où il se sépare en deux couches. L'« entraîneur » est retourné au sommet de la colonne ; la couche inférieure aqueuse, contenant un peu d'alcool entraîné, est renvoyée vers la base de la colonne. Un peu avant le sommet de la colonne, le mélange d'alcool déshydraté et d'entraîneur est tiré et dirigé dans une petite colonne accessoire servant à séparer l'alcool absolu de l'entraîneur. Les toutes dernières traces d'eau se trouvent séparées après condensation et décantation. C'est le dernier cri de la préparation de l'alcool absolu.

eau souillée d'alcool, qui sera récupéré dans une colonne accessoire.

Néanmoins, cette technique, comme les méthodes aux sels déshydratants, exige une nouvelle manipulation de l'alcool; elle occasionne donc une perte supplémentaire, inévitable dans toute manipulation importante. Aussi a-t-on pensé d'abord à déshydrater directement les « flegmes » provenant des colonnes d'« épuisement ».

Cette dernière technique est actuellement encore la plus employée. Elle permet d'obtenir l'alcool absolu, avec un appareillage simple, en deux opérations successives. De plus, un montage un peu différent de l'appareil permet de purifier et de déshydrater des « flegmes » très impurs.

### **La technique la plus moderne pour l'obtention de l'alcool absolu à partir des « vins »**

Cependant, les techniciens encore insuffisamment satisfaits, ou plutôt insatiables de progrès, ont poursuivi les perfectionnements. Une nouvelle technique est née. En une seule opération, elle permet d'obtenir l'alcool « absolu » à partir des « vins » les plus dilués.

L'appareillage comprend deux colonnes à distiller, dont le schéma, figure 9, représente le montage.

Les « vins » sont « épuisés » dans la partie inférieure de la première colonne, et les « vinasses » s'écoulent au soubassement. La zone supérieure de la colonne, où se concentre l'alcool, est chargée, une fois pour toutes, d'un liquide « entraîneur » analogue au benzène. Cet « entraîneur » débarrasse très rapidement l'alcool de l'eau qu'il contient encore et la transporte dans le décanteur, d'où elle est ramenée, afin d'épuisement en alcool, vers la base de la colonne.

Dans cette région, où travaille l'« entraîneur », l'alcool se trouve presque déshydraté; il suffit alors d'extraire une partie du liquide, mélange d'alcool presque anhydre et d'entraîneur, pour l'envoyer dans la deuxième colonne qui permet de séparer, à la base, l'alcool absolu et, au sommet, l'« entraîneur » et les dernières traces d'eau

qu'un tuyau ramène du décanteur vers la base de la première colonne.

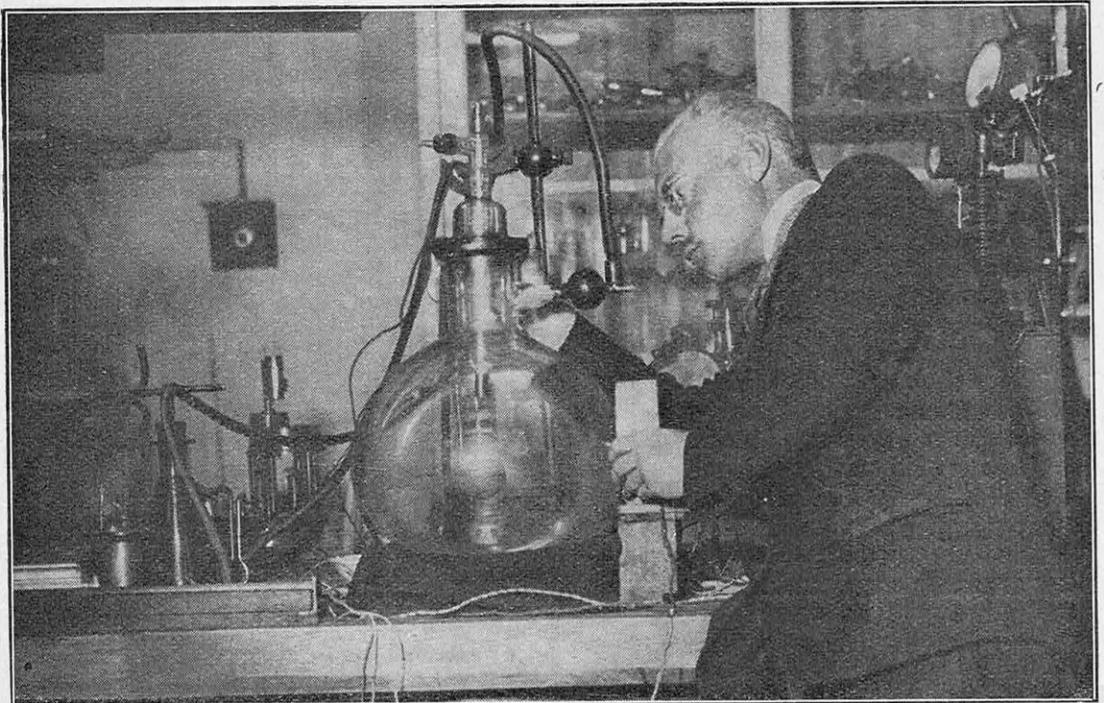
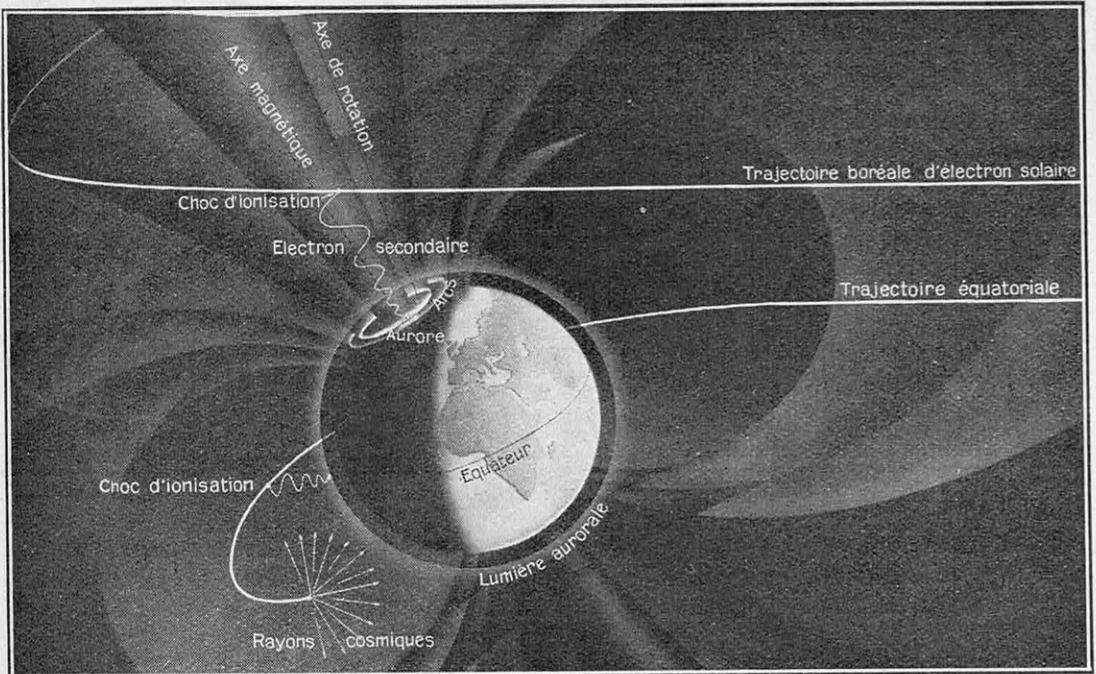
Cet appareillage, aussi facile à conduire que celui produisant de l'alcool à 95 %, fournit l'alcool absolu avec une dépense de combustible souvent inférieure à celle nécessaire à la production d'alcool à 95 %, parce que la déshydratation s'obtient gratuitement, et que les calories dépensées s'utilisent rationnellement. D'autre part, un avantage incontestable réside dans la grande pureté de l'alcool, obtenu sans dépense supplémentaire de vapeur de chauffage. Ainsi, des « flegmes » synthétiques, d'odeur nauséabonde, ont pu fournir un alcool utilisable en pharmacie.

D'ailleurs, le développement sans cesse croissant pris par ce procédé, encore tout récent, montre l'intérêt qu'y attachent les industriels. Et, d'ici quelques années, tout l'alcool absolu, déjà produit presque en totalité par des méthodes « azéotropiques », précurseurs de la récente technique que nous venons d'exposer brièvement, sera préparé directement à partir des « vins », non seulement parce que la dépense de chaleur et les pertes d'alcool sont réduites ainsi au minimum, mais aussi à cause de sa simplicité et du faible prix de revient de l'appareillage.

Ainsi, les divers moyens de préparation de l'alcool — soit la fermentation alcoolique des sucres provenant, ou des matières sucrées, ou de la saccharification des plantes amylacées de nos cultures agricoles, ou, enfin, par suite de récentes découvertes, de la saccharification du bois de nos inépuisables forêts métropolitaines ou coloniales; soit la synthèse qui permet de récupérer les sous-produits échappés au cours des traitements subis par la houille, en vue de son utilisation métallurgique — complétés d'une purification par les méthodes distillatoires modernes, où toute calorie dépensée l'est rationnellement, permettent d'obtenir l'alcool absolu à un prix très réduit, en vue de son utilisation comme carburant, dont l'avenir est plein d'intérêt.

ARMAND COURTIER.

Une partie de l'illustration de cet article a été fournie par les Etablissements BARDET.



M. A. DAUVILLIER RECONSTITUANT DES AURORES BORÉALES AU LABORATOIRE

En haut : le mécanisme photoélectrique des aurores selon M. Dauvillier. Les électrons solaires, captés par le champ magnétique terrestre (dont les lignes de force sont matérialisées ici en larges volutes), alors que leur vitesse est presque égale à celle de la lumière, libèrent des électrons dans les molécules gazeuses de la très haute atmosphère terrestre. Ces électrons secondaires, arrivés à 80-120 kilomètres d'altitude, rencontrent une atmosphère dont la densité est de l'ordre de celle des tubes à vide. Il se produit alors, par une seconde ionisation, l'effet lumineux classique qui constitue l'aurore polaire. Quand la molécule est frappée de plein fouet, il se produit un rayon cosmique. — En bas : le savant physicien reconstitue, dans le vide d'un gros ballon contenant une sphère aimantée (terrella), l'illumination aurorale.

# CE QUE NOUS A APPRIS A SON RETOUR LA MISSION FRANÇAISE DE L'« ANNÉE POLAIRE »

Par Victor JOUGLA

*Nous avons exposé ici (1), sous la signature même du lieutenant de vaisseau Habert, chef de la mission française de l'« Année polaire », le but que poursuivait cette organisation scientifique internationale en vue d'accroître nos connaissances dans tous les domaines de la science sur les régions arctiques. D'ores et déjà, nous sommes en mesure de donner à nos lecteurs les principaux résultats acquis, susceptibles de faire progresser la géophysique (2).*

LA mission scientifique française de l'« Année Polaire » est rentrée du Groenland avec un bagage d'observations et de mesures dont on ne saura l'exacte valeur que plus tard. Ces mesures et observations doivent être, en effet, rassemblées et confrontées par le bureau de cette entreprise internationale, lequel bureau aura à connaître non seulement des résultats obtenus par les diverses missions expédiées dans le cercle polaire, mais encore des observations parallèles effectuées partout ailleurs et jusqu'en plein Sahara, à Tamanrasset, par exemple. Puisqu'il s'est agi d'une auscultation d'ensemble du globe terrestre dans ses manifestations électriques, magnétiques, météorologiques, on conçoit que l'observation ne pouvait pas se limiter à la calotte polaire.

Toutefois, c'est aux abords du pôle que se trouvent, en toute certitude, les clefs de certaines énigmes concernant la constitution et les accidents de la très haute atmosphère. La raison en est simple : l'atmosphère polaire est le siège de phénomènes lumineux spontanés. Et les aurores boréales semblent rigoureusement adaptées par la nature aux méthodes d'investigation des laboratoires modernes, qui se ramènent presque toujours au cadre de l'optique physique.

L'aurore boréale illumine la haute atmosphère suivant la « technique » des tubes à gaz raréfié. C'est elle qui, par conséquent, peut et doit répondre à mille questions précises que nous allons examiner d'après les résultats personnellement obtenus par M. A. Dauvillier, l'éminent physicien, collaborateur de M. Maurice de Broglie, qui était

l'un des membres et le doyen de l'expédition française de l'« Année Polaire ».

## Le mécanisme photoélectrique de l'aurore boréale

Nous rappellerons succinctement la théorie des aurores telles que *La Science et la Vie* l'a déjà exposée ici (1). Leur cause originelle a été reconnue par le physicien Störmer, professeur à l'Université d'Oslo, d'une manière irrécusable. Comme tout corps incandescent placé dans le vide, le soleil inonde l'espace d'un flux continu d'électrons. Ces électrons, captés par le champ magnétique terrestre, produisent dans le gaz raréfié de la haute atmosphère, les effets ordinaires d'ionisation, c'est-à-dire d'illumination.

L'originalité de M. Dauvillier a été de « creuser » le phénomène comme on dit au laboratoire. Il a soumis au calcul les vitesses des électrons solaires et recherché leurs points d'émission à la surface de l'astre incandescent. Ces points sont les « grains de riz » ordinairement agglomérés en « facules » : ce sont là de véritables « taches cathodiques » rigoureusement analogues à celles qui, sous un potentiel beaucoup moindre, fournissent les électrons ionisants à la surface du mercure dans les tubes à vide bien connus, à lumière bleue. Le champ électrique solaire a été évalué par M. Dauvillier à environ 10 milliards de volts, ce qui correspond à une vitesse des électrons solaires, dans l'espace, égale à celle de la lumière moins 30 centimètres.

Mais ce premier résultat numérique entraînait aussitôt la révision de la théorie de Störmer, dont les électrons sont loin d'avoir cette vitesse. Et ceci fut l'occasion de retrou-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 182, page 125.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 178, page 296.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 179, page 383.

ver dans la très haute atmosphère, aux différents échelons du vide que représente son ascension théorique, *tous les phénomènes photoélectriques sans exception*, depuis la luminescence aurorale (entre 80 et 120 kilomètres d'altitude) produite par l'ionisation d'un gaz à vide relativement « peu poussé », jusqu'aux rayons cosmiques, lesquels ne sont autres que des rayons X ultra-durs produits par le plein choc des électrons solaires sur les molécules gazeuses d'azote jouant le rôle d'anticathode, à une altitude de plusieurs milliers de kilomètres, c'est-à-dire dans un vide « extrêmement poussé ». M. Dauvillier a montré que les « demi-chocs » des électrons frôlant ces molécules ultra-rare leur arrachaient des électrons secondaires qui, eux, possédaient les vitesses requises par la théorie des aurores et qui, captés par le champ magnétique, descendaient, en effet, jusqu'à 120 et 80 kilomètres, allumer les splendides enseignes lumineuses célestes, ainsi que les arcs permanents de lumière dits « arcs de Nordenskjöld ».

### Le « quart aux aurores » de la mission polaire

Jamais des conditions d'observation aussi confortables n'avaient égalé celles dans lesquelles opéra la mission française, quant aux aurores boréales.

Le poste de la mission était surmonté d'un kiosque émergeant du toit de la station.

Dans cette cheminée, l'homme de quart aux aurores jouissait de toutes les calories rejetées par le chauffage central intérieur, en sorte que, par temps calme et malgré 30 degrés de froid, cet observateur pouvait se contenter d'un chandail pour tout vêtement. Il avait pour mission de noter la position, la fréquence et l'intensité du phénomène,

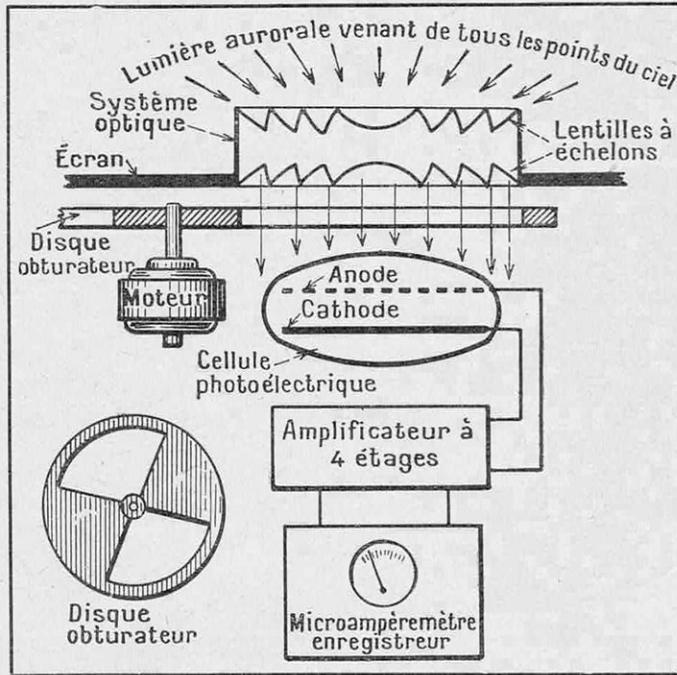


FIG. 1. — SCHÉMA DE L'APPAREIL SERVANT A MESURER L'INTENSITÉ DES AURORES POLAIRES

*La lumière aurorale venant des quatre coins du ciel était recueillie et condensée par un système optique de lentilles à échelons, qui l'envoyait sur une cellule photoélectrique géante. Un disque obturateur, tournant à grande vitesse entre le système optique et la cellule, transformait le courant produit par la cellule en courant alternatif, donc amplifiable. L'amplificateur à quatre étages multipliait celui-ci par 3 millions, en sorte que non seulement l'intensité de la lumière était traduite par un microampèremètre enregistreur, mais encore un haut-parleur (non représenté ici) avertissait en klaxon quand le phénomène atteignait une certaine intensité.*

lorsqu'une aurore particulièrement intense déclenchait son « orage de lumière ». La figure ci-dessus indique le fonctionnement schématique de cet appareil : la lumière céleste était concentrée par un système optique de grande ouverture (lentilles à échelons) sur une cellule photoélectrique géante dont le courant, amplifié 3 millions de fois par quatre étages de lampes, alimentait un microampèremètre enregistreur — en sus du haut-parleur avertisseur. On pouvait ainsi suivre et enregistrer commodément toutes les phases des phénomènes.

d'ouvrir et de fermer le spectrographe braqué en permanence sur le ciel durant un mois entier et seulement aux heures de nuit absolue. L'observation des aurores commença à la mi-septembre, terminée à la mi-avril, a couvert la totalité du temps, à quelques centièmes près — treize des membres de la mission se sont relayés à ce poste.

D'autre part, un appareil, spécialement inventé par M. Dauvillier, enregistrait automatiquement l'intensité de la lumière aurorale et avertissait par un haut-parleur (jouant le rôle de klaxon),

### Ce que lit le savant dans le ciel des aurores boréales

Les courbes enregistrées ont montré que l'intensité lumineuse de l'aurore pouvait varier de 1 à 10.000, ce dernier nombre s'appliquant aux phénomènes *les plus courts*.

D'autre part, le graphique n'est pour ainsi dire jamais descendu à zéro. Le phénomène est donc à peu près continu, mais d'intensité variable, à Scoresby-Sund. Il est continu et d'intensité constante dans la zone d'Ang-Mangsalik, au sud de Scoresby-Sund : c'est la latitude à laquelle stationne l'arc lumineux de Nordenskjöld qui constitue le phénomène *normal* de lumière polaire, analogue au « temps calme » de l'atmosphère (1).

La statistique des observations a permis de définir une activité aurorale quotidienne analogue à l'activité magnétique, l'une et l'autre se manifestant d'ailleurs parallèlement à l'activité solaire. La statistique permet également de mesurer les variations diurnes, c'est-à-dire de déterminer la plus grande probabilité du maximum d'aurores.

Le spectre de l'aurore boréale a confirmé une fois de plus que la haute atmosphère terrestre ne contient que de l'azote et peut-être un peu d'oxygène. Mais l'hydrogène, que l'on imaginait naguère occuper les zones situées immédiatement au-dessus de la stratosphère (elle-même limitée aux environs de l'altitude 85 kilomètres), cet hydrogène n'existe pas. Ce gaz a depuis longtemps quitté la Terre, et c'est dommage, car si la haute atmosphère était composée d'hydrogène à partir de 200 kilomètres, ainsi qu'on le pensait, le « wagon-fusée » des astronautes chers à M. Esnault-Pelterie pourrait théoriquement la traverser sans s'échauffer démesurément. Maintenant que nous savons que les plus hautes zones atmosphériques ne contiennent que de l'azote, aucun espoir n'est permis ; la fusée sera portée au rouge et fondue avant d'avoir atteint la vitesse limite exigée pour l'évasion terrestre (11.800 mètres-seconde).

Par contre, l'observation des nuages phosphorescents, que toute aurore laisse après elle et qui flottent dans les remous des vents « stratosphériques », a permis de conclure à l'extension de la stratosphère jusqu'aux environs de 200 kilomètres d'altitude. En outre, au sein de cette stratosphère agrandie, la loi de décroissance de la densité gazeuse (et par conséquent de la pression) en fonction de l'altitude révèle des anomalies en parfait désaccord avec la loi classique de Laplace qui,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 179, page 383.

jusqu'ici, réglait la dépression atmosphérique aux yeux du physicien.

### Le problème de l'ozone atmosphérique semble résolu

Voici encore de l'inédit. On sait que l'air contient de l'ozone (oxygène condensé :  $O^3$ ) en quantités variables. On attribua longtemps aux rayons ultraviolets solaires la formation de cette molécule spéciale d'oxygène, qui exige une dépense d'énergie.

Le dosage quotidien de l'ozone atmosphérique, effectué au laboratoire de Scoresby-Sund, a montré que l'ozone pris au sol existe dans la zone aurorale, à un taux dix fois plus élevé qu'aux basses latitudes. La théorie des aurores de M. Dauvillier permettait de prévoir ce fait. L'ozone « est en réalité un produit électrique » résultant de l'ionisation de l'oxygène atmosphérique, suivie d'une condensation à laquelle pourvoit l'énergie des électrons solaires.

### Le champ électrique terrestre et la conductibilité atmosphérique

La présence à la station de Rosevinge (Scoresby-Sund) d'un physicien aussi expérimenté que M. Dauvillier, concomitante avec l'existence d'un chauffage central et d'un « secteur » électrique (fourni par un groupe Diesel), c'est-à-dire, en un mot, de presque tout le confort moderne des laboratoires, a permis de réaliser des mesures électriques de haute précision qui n'avaient jamais été faites à ces hautes latitudes. Et, malgré les difficultés d'isolement résultant du voisinage de la cuisine et d'un poêle, c'est-à-dire de vapeur d'eau et de poussières, M. Dauvillier parvint à mesurer d'infimes courants électriques.

La « conductibilité électrique » de l'atmosphère n'a rien révélé de spécial.

Le « champ électrique » de l'atmosphère, enregistré de deux stations différentes, a révélé les variations diurnes bien connues.

De ces facteurs : *conductibilité* et *champ électrique*, on déduit les caractéristiques du courant qui circule constamment entre la Terre (—) et la couche d'Heaviside (+). Ce courant, qui embrasse l'atmosphère terrestre, correspondrait, pour toute la planète, à 1.200 ampères, sous 300.000 volts. Très peu de chose en somme. Les variations de ce courant sont d'origine purement météorologiques ; les aurores ne poussent pas leur influence jusqu'au ras du sol.

Les courants telluriques proprement dits (d'un point à un autre du sol), ont été mesurés, aussi, par M. Rothé. Il semble que ces



FIG. 2. — LA STATION DE LA MISSION POLAIRE FRANÇAISE A ROSEVINGE  
*Deux maisons communiquant par un couloir. Dans celle du premier plan étaient les laboratoires. Le kiosque qui la surmonte servait d'observatoire à l'homme « de quart aux aurores ».*

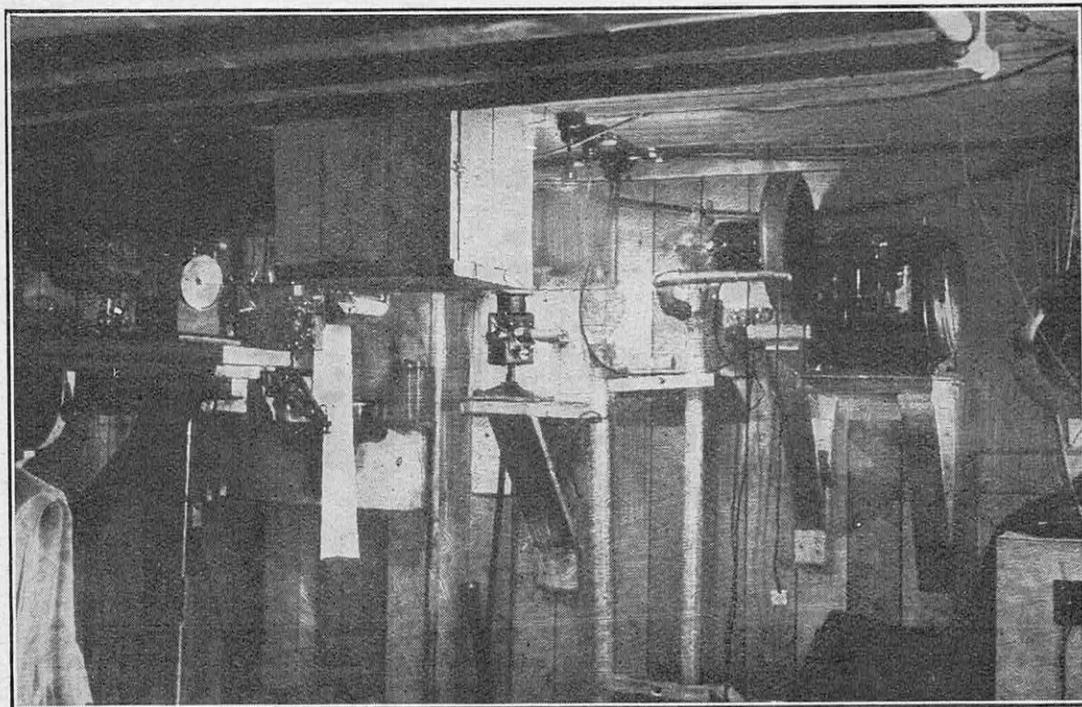


FIG. 3. — VOICI LE LABORATOIRE DE LA STATION DE ROSEVINGE (SCORESBY-SUND)  
*Au plafond, le serpentin de chauffage. Entre autres instruments, à droite, on aperçoit l'appareil automatique à mesurer l'intensité des aurores, dont le schéma est donné sur la figure 1.*

courants résultent de l'effet d'induction dans le sol des mouvements des charges électriques apportées dans la haute atmosphère par les phénomènes auroraux.

Les expériences radioélectriques, effectuées sous la direction du lieutenant de vaisseau Donguet, consistèrent à mesurer la hauteur de la couche ionisée d'Heaviside par réflexion d'ondes hertziennes. Celles-ci, émises par la station principale, étaient reçues à la station d'altitude (800 mètres) située à 5 kilomètres plus loin. Ces opérations n'allèrent pas sans de grosses difficultés. Nous ne les détaillerons pas plus que les travaux météorologiques du capitaine Habert, chef de la mission. Notre sujet est plus limité.

### Un grand pas dans la connaissance des rayons cosmiques

D'après la magnifique conception de M. Dauvillier, la haute atmosphère, soumise au bombardement des électrons solaires, doit donner tous les phénomènes des tubes à vide, depuis la luminescence aurorale jusqu'aux rayons X qui, de très haute fréquence, s'appellent en l'occurrence rayons cosmiques.

Les observations rapportées du Groenland obligent le physicien à élargir encore son hypothèse et à considérer non pas seulement les électrons solaires, mais encore les électrons émis par les étoiles, surtout par les étoiles géantes qui, soleils plus jeunes, possèdent un champ d'émission électronique d'une tension beaucoup plus élevée. Si la tension des électrons solaires est de l'ordre de 10 milliards de volts, les électrons stellaires sont d'un voltage encore plus élevé, à tel point que les électrons *secondaires*, issus de l'ionisation qu'ils provoquent dans la très haute atmosphère, possèdent eux-mêmes une tension de l'ordre du demi-milliard de volts. Ce sont ces nouveaux éléments que M. Dauvillier fait intervenir dans son nouveau travail théorique sur les aurores et les rayons cosmiques.

Quant à la mesure effective du mystérieux rayonnement, elle a été effectuée au moyen de deux chambres d'ionisation chargées d'argon à 100 atmosphères, gracieusement fournies par M. Georges Claude. Le fonctionnement de ces appareils diffère peu de celui des appareils similaires utilisés par le

professeur Piccard (1), dans la stratosphère, et, avant lui, par Kolhörster, au-dessus des glaciers de montagne. Les rayons cosmiques ionisent le gaz en vase clos proportionnellement à leur propre intensité. L'ionisation mesure donc le rayonnement.

Une grande épaisseur de glace constitue l'écran le plus commode qui protège l'appareil de mesure des radiations *gamma* émises par la Terre. Au sol du laboratoire de Rosevinge, le dernier rayonnement parasite était de même intensité que le rayonnement cosmique. L'appareillage, transporté sur un glacier épais, a permis à M. Dauvillier de prendre des mesures intéressantes, notamment au cours de tourmentes durant lesquelles le baromètre passait de 780 à 700 millimètres de mercure, ce qui est extrêmement rare hors du cercle polaire. Il a constaté que le rayonnement cosmique variait dans le même sens, c'est-à-dire, en définitive, comme la masse d'air traversée, puisque cette masse est proportionnelle à la pression barométrique. Ainsi, M. Dauvillier, renouvelant l'expérience de Kolhörster, a obtenu la confirmation des résultats du professeur Piccard, qui est allé chercher très haut la « dépression atmosphérique ». Il reste donc prouvé que les rayons cosmiques viennent bien de l'extérieur.

Afin de mesurer l'absorption des rayons cosmiques, M. Dauvillier avait emporté de lourds blindages de zinc très pur pesant jusqu'à 350 kilogrammes. L'absorption des rayons cosmiques dans le zinc, comme d'ailleurs dans l'air, suit les mêmes lois que l'absorption des rayons *gamma* du radium.

Les mesures polaires des rayons cosmiques effectuées par M. Dauvillier sont en parfait accord avec les résultats déjà obtenus par la campagne d'observations engagée sous la direction du professeur Compton (de Chicago) : les mesures effectuées en quinze stations de latitude différente convergent toutes vers cette conclusion que le rayonnement cosmique est accentué, aux hautes latitudes magnétiques. C'est donc bien la preuve que le champ magnétique terrestre intervient dans leur formation. Grâce à la belle théorie de M. Dauvillier, nous connaissons maintenant leur origine et leur genèse.

VICTOR JOUGLA.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 184, page 334.

# LA PRÉCISION MÉCANIQUE A CRÉÉ L'INDUSTRIE MODERNE : ELLE A ENGENDRÉ LA « GRANDE SÉRIE »

Par A. CHARMEIL

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

*La « fabrication en série » a pris son essor en Amérique, il y a à peu près un quart de siècle. Elle a conquis l'industrie française, pendant et surtout depuis la guerre, dans le domaine de la fabrication des armes et munitions et de la construction automobile. Progressivement, elle s'est imposée dans la plupart des autres industries mécaniques en y apportant ses bienfaits : qualité, économie de temps, économie d'argent. L'abaissement considérable des prix de revient est dû à un contrôle rigoureux de la fabrication et à l'interchangeabilité des pièces, tout en réduisant considérablement la durée des opérations. Or, cette fabrication en grande série exige, avant tout, un usinage de précision et, par suite, une vérification minutieuse des pièces en vue, précisément, de leur interchangeabilité. Cette conception et cette réalisation ont donc conduit à l'établissement d'instruments de mesure d'une haute précision jusqu'alors inconnue : on travaille couramment aujourd'hui dans les industries mécaniques au centième et même au millième de millimètre. Ces instruments de contrôle d'ultraprécision sont des chefs-d'œuvre de construction scientifique. Plus récemment, on a fait mieux encore : on est parvenu à comparer des longueurs au cent-millième de millimètre près ! C'est le triomphe de l'exactitude mécanique. Enfin, une dernière application, encore plus nouvelle, de la précision mécanique consiste à employer les méthodes de normalisation — qui, jusqu'ici, étaient réservées aux constructions neuves — à la réparation des organes usagés. Dans les grandes compagnies de chemins de fer, comme dans nos arsenaux, de nouveaux ateliers scientifiquement équipés sont maintenant consacrés à la réparation des pièces mécaniques de différentes origines. Cette récupération a permis, notamment, de réaliser des économies sensibles et de donner aux machines ainsi réparées des qualités comparables à celles qu'elles avaient quand elles étaient neuves. Sous le signe de la Science, l'exactitude s'impose à tous les gestes de la vie.*

**L**a précision dans l'exécution des pièces mécaniques n'est pas, comme on pourrait le croire, l'apanage de l'industrie moderne. L'habileté de certains artisans avait déjà permis, en effet, aux siècles de réaliser des chefs-d'œuvre de précision mécanique, comme en témoignent, en particulier, les merveilles d'horlogerie qui sont parvenues jusqu'à nous.

Mais ce qui caractérise l'industrie moderne, c'est qu'elle peut justement se passer de l'habileté manuelle de l'artisan, en supprimant, ou tout au moins en réduisant au minimum le travail d'« ajustage » si minutieux, qui exigeait cette habileté. Les pièces sont, en effet, fabriquées d'une manière entièrement mécanique, qui donne quasi automatiquement la précision voulue, si bien qu'elles peuvent être montées directement, sans « ajustage ». Il en résulte, en outre, qu'elles sont *interchangeables*, et c'est là tout le secret de la « fabrication en

série », qui s'est généralisée depuis le début du siècle dans différents domaines de la mécanique appliquée. A son tour, comme on le sait, cette fabrication en série a permis — grâce à la diminution de main-d'œuvre — d'abaisser les prix de revient.

L'« usinage » de précision est donc un facteur de premier plan dans l'économie moderne. Examinons comment on est arrivé à le réaliser.

Voyons, tout d'abord, comment se pose le problème en pratique : dans un assemblage quel qu'il soit, qu'il s'agisse de pièces mobiles l'une sur l'autre (arbre tournant dans son coussinet par exemple), de pièces se vissant l'une dans l'autre, ou de pièces montées à force l'une sur l'autre, il est nécessaire que les dimensions de ces pièces soient bien adaptées. Ainsi, dans le cas d'organes mobiles, il faut qu'il y ait un certain « jeu » entre eux ; dans le cas de pièces emboîtées à force, au contraire, il faut que la

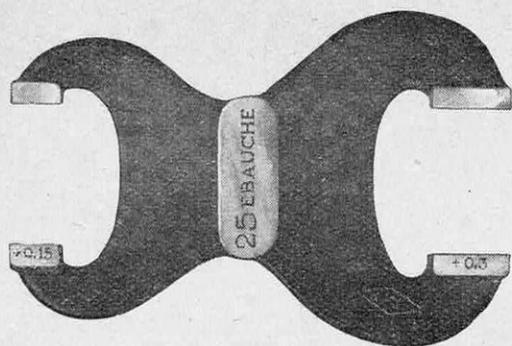


FIG. 1. — CALIBRE-MACHOIRE DOUBLE POUR LA VÉRIFICATION DES ARBRES

*L'arbre à vérifier doit pouvoir pénétrer dans la mâchoire la plus large (à droite), sans pouvoir entrer dans la mâchoire la plus étroite (à gauche), afin d'être dans les tolérances admises.*

pièce intérieure soit légèrement plus large que la cavité dans laquelle elle s'emboîte. Ce jeu, dans le premier cas, cette différence de cotes, dans le second, doivent être compris entre certaines limites pour que l'assemblage mécanique fonctionne bien. Dans le cas de pièces tournantes, par exemple, si le jeu est trop grand, il y a ballonnement des pièces l'une dans l'autre, d'où usure prématurée. S'il est insuffisant, par contre, il y a frottement excessif des pièces, d'où échauffement. Les limites admissibles pour le bon fonctionnement constitueront les « tolérances » de fabrication, qui devront être respectées lors de l'usinage. La détermination des tolérances à adopter doit être effectuée très minutieusement. Si, en effet, on les choisit trop larges, on travaille mal, et certaines pièces fournies seront à rebuter. Si, au contraire, elles sont trop serrées, on impose inutilement un travail trop précis et, par suite, coûteux. En fait, dans la pratique, il n'y a pas de règle générale pour cette détermination. C'est le plus souvent par tâtonne-

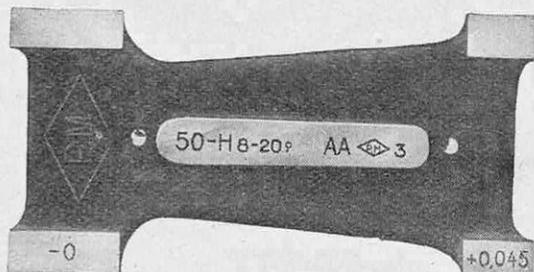


FIG. 2. — JAUGE DOUBLE POUR LA VÉRIFICATION DES ALÉSAGES

*Si l'alésage est dans les tolérances admises, la partie étroite de la jauge peut y pénétrer, tandis que la partie large est arrêtée.*

ment et en se basant sur des considérations théoriques, épaulées par des expériences pratiques et des comparaisons avec des cas analogues, que l'on opère. Dans la plupart des industries, et en particulier dans l'automobile, les tolérances admissibles sont de l'ordre de quelques centièmes de millimètre. Comme nous l'avons dit ci-dessus, un bon artisan peut à la main ajuster une pièce avec cette précision. Nous allons voir que, pour obtenir le même résultat par usinage, il est nécessaire de mettre en jeu des appareils exigeant une précision beaucoup plus grande.

Tout d'abord, le problème ne se pose plus de la même façon. Il ne s'agit plus d'ajuster une pièce sur une autre, mais de lui donner des dimensions comprises entre les limites admises. Deux conditions sont indispensables pour atteindre ce résultat :

Premièrement, la machine qui usine la pièce devra avoir une précision infiniment supérieure aux tolérances admissibles pour la pièce à usiner et elle doit évidemment,



FIG. 3. — TAMPON DOUBLE POUR LA VÉRIFICATION DES ALÉSAGES NORMAUX

*Ce tampon est utilisé comme la jauge de la figure 2.*

en conséquence être, elle-même, construite avec une précision correspondante ;

Deuxièmement, on doit pouvoir vérifier que l'on est bien dans les tolérances voulues. Cette vérification se fait avec des instruments de mesure appropriés : calibres, tampons, jauges ou broches à bouts sphériques (fig. 2, 3 et 4) pour les alésages et calibres à deux mâchoires (fig. 1) pour les arbres. Bien entendu, ces instruments de mesure doivent être fabriqués avec une précision bien supérieure aux tolérances admises pour la pièce usinée. En effet, soit, par exemple, à réaliser une pièce comprise entre 10 millimètres et 10 mm 1 : supposons d'abord que l'on ait un instrument de mesure précis au centième de millimètre. On pourra donner à l'ouvrier une tolérance entre 10 mm 01 et 10 mm 09 pour être sûr que la pièce reste dans les limites permises.

Si, au contraire, la précision de l'instrument de mesure, un pied à coulisse ordinaire par exemple, est seulement de 0 mm 04, il faudra assigner à l'ouvrier comme tolérance 10,04-10,06, ce qui ne lui laisse plus

qu'une marge de 2 centièmes. Il devra donc effectuer un travail plus minutieux et, par suite, plus long et plus coûteux.

En pratique, si, comme nous l'avons dit, les tolérances sont de l'ordre de quelques centièmes de millimètre, les calibres devront avoir une précision de l'ordre de quelques millièmes. Mais ce n'est pas tout : les calibres eux-mêmes devront pouvoir être vérifiés, afin d'être eux-mêmes maintenus dans des « tolérances » de l'ordre du millième de millimètre. Cette vérification est réalisée, en général, au moyen d'étalons de mesure constitués par des « cales », c'est-à-dire de petits parallélépipèdes dont l'épaisseur est soigneusement étalonnée et qui sont livrés sous forme de collections — analogues aux boîtes de poids — de telle sorte qu'en les empilant les uns sur les autres on puisse obtenir des épaisseurs échelonnées de micron en micron (1), par exemple. Nous n'entrerons pas dans le détail de fabrication de ces cales, qui ont déjà été décrites ici (2). Notons simplement que, pour vérifier un calibre, il est nécessaire d'empiler plusieurs cales, trois, quatre ou cinq par exemple. Pour avoir une précision totale de l'ordre du millième de millimètre, il est alors nécessaire que chaque cale soit précise au dix-millième de millimètre près ! La mesure de ces cales exigera à son tour une précision de l'ordre du cent-millième de millimètre ! Nous voyons ainsi que cette cascade de mesures nous a amenés à une précision mille fois plus grande que la précision initiale exigée.

Jetons un coup d'œil sur les instruments qui permettent d'obtenir ces résultats remarquables.

#### L'étalon de mesure de base : la longueur d'onde

La précision dans la mesure des longueurs n'a pas seulement, comme nous venons de le voir, une importance de premier plan au point de vue industriel ; elle constitue également l'un des problèmes fonda-

(1) 1 micron égale 1 millième de millimètre.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 181, page 20.

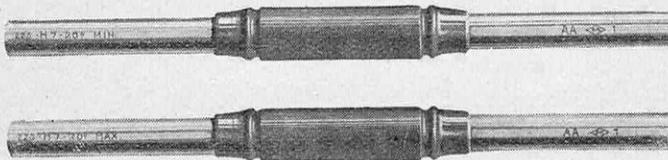


FIG. 4. — BROCHES A BOUTS SPHÉRIQUES

Ces broches sont utilisées pour la vérification des alésages de grandes dimensions : l'une correspond au minimum, l'autre au maximum des tolérances admises.

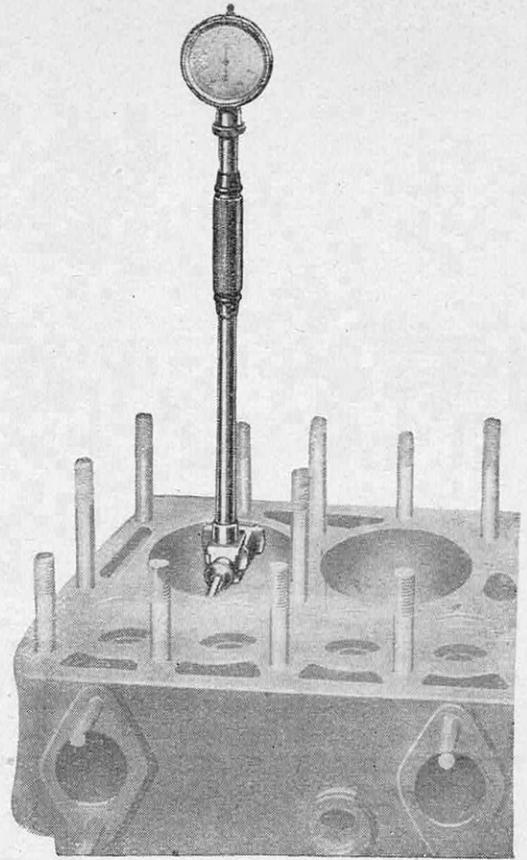


FIG. 5. — APPAREIL POUR LA VÉRIFICATION DIRECTE DES ALÉSAGES

Pour contrôler un alésage, on commence par étalonner la « broche », qui constitue l'instrument de mesure proprement dit, à la longueur voulue (80 millimètres, par exemple) au moyen d'un instrument de précision, calibre ou autre. Cette broche étant introduite ensuite dans l'alésage, les différences entre les dimensions de l'alésage et la largeur cherchée (80 millimètres) seront transmises et amplifiées au cadran. L'appareil a une précision de  $1/10^5$  de millimètre.

mentaux de la physique, puisque c'est elle qui conditionne la précision dans toutes les autres mesures que l'on peut effectuer.

Or, la première condition pour pouvoir effectuer des mesures correctes est d'avoir un étalon de mesure qui reste toujours comparable à lui-même et qui ne puisse, en aucun cas, être influencé par les conditions extérieures.

C'est pourquoi on a choisi comme étalon de longueur les longueurs d'onde de certaines radiations lumineuses bien déterminées du « spectre », longueurs d'onde que l'on est en

droit de considérer comme des « invariants » absolus. Reste à les utiliser comme instruments de mesure. On met en œuvre, à cet effet, le phénomène bien connu des interférences. Rappelons rapidement en quoi il consiste : lorsque deux rayonnements vibratoires de même nature (des rayonnements lumineux, dans le cas qui nous occupe) se rencontrent, ils peuvent, suivant la manière dont les ondes se superposent, ou bien se renforcer — ce qui produit une luminosité accrue — ou bien se contrarier, ce qui provoque un obscurcissement.

Voici, en pratique, comment on peut réaliser ce phénomène : plaçons une surface réfléchissante, métallique par exemple, et

« opposition de phase », c'est-à-dire se contrarier, — ce qui correspond au fait que la distance précitée est égale à un nombre entier de demi-longueurs d'onde plus un quart de longueur d'onde, — on aura un obscurcissement relatif. Supposons maintenant que la lame de verre, au lieu d'être parallèle, soit légèrement inclinée par rapport à la surface réfléchissante : la distance entre ces deux surfaces étant alors progressivement variable, les rayons réfléchis seront alternativement en « concordance » et en « opposition » de phase, et, en les examinant au moyen d'une lunette, on apercevra des stries parallèles alternativement claires et sombres ; ces stries jalonnent, en

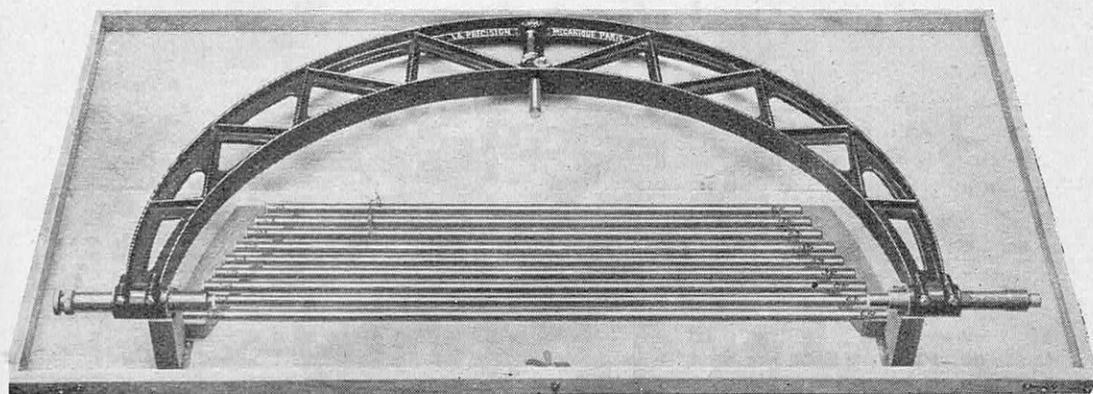


FIG. 6. — PALMER A GRANDE OUVERTURE POUR MESURER LES DIMENSIONS EXTRÊMES DES PIÈCES AVEC UNE PRÉCISION ÉGALE AU 1/100<sup>e</sup> DE MILLIMÈTRE

*Dans le palmer, une simple vis micrométrique permet de rapprocher ou d'écartier les deux tiges qui servent à « tâter » les pièces. Une série de broches étalons permet de vérifier le réglage de l'appareil.*

devant elle, à petite distance, une lame de verre, exactement parallèle. Projétons ensuite perpendiculairement à ces surfaces un faisceau lumineux parallèle obtenu au moyen d'une source de lumière rigoureusement monochromatique, c'est-à-dire correspondant à une longueur d'onde bien déterminée et connue. Une partie de ce faisceau est réfléchi par la lame de verre ; le reste traverse cette lame, et est réfléchi par la surface métallique pour retraverser à nouveau la lame de verre.

On a donc deux faisceaux réfléchis superposés : ils interfèrent. S'ils sont en « concordance de phases », c'est-à-dire si les ondes se superposent exactement deux à deux, — ce qui correspond au fait que la distance entre la lame et la surface réfléchissante est rigoureusement égale à un nombre entier de demi-longueurs d'onde, — on aura un renforcement du phénomène lumineux. Si, au contraire, ils sont en

quelque sorte, sur la lame de verre, des lignes de niveau, se rapprochant à chaque fois de la surface réfléchissante d'une distance égale à une demi-longueur d'onde. Or, cette demi-longueur d'onde est une quantité parfaitement déterminée qui est de l'ordre de 3 dix-millièmes de millimètre. On conçoit, par suite, facilement qu'un tel phénomène puisse prêter à des mesures de grande précision.

### L'interféromètre au cent-millième de millimètre, pour l'ultraprécision

C'est à M. Pérard, sous-directeur du Bureau International des Poids et Mesures, que nous devons les méthodes par interférences ainsi que les premiers interféromètres industriels.

Voici le principe de ces méthodes appliquées à la mesure ou à la comparaison des cales dont nous avons parlé ci-dessus et qui

sont utilisées, comme nous l'avons vu, pour vérifier les calibres employés dans les ateliers :

On place la cale sur un fond plan réfléchissant, disposé sous une lame de verre, et on examine l'ensemble comme il a été dit ci-dessus. On voit alors sur la cale dont la surface est, bien entendu, polie — comme sur le fond, des séries de stries. Cela permet déjà de faire plusieurs vérifications : les stries de la cale doivent être, en effet, parallèles à celles du fond pour que les deux faces de la cale soient rigoureusement parallèles entre elles, ce qui est évidemment une condition préalable indispensable. Cela permet déjà de faire plusieurs vérifications : les stries de la cale doivent être, en effet, parallèles à celles du fond pour que les deux faces de la cale soient rigoureusement parallèles entre elles, ce qui est évidemment une condition préalable indispensable. Ceci posé, on passe à la mesure proprement dite, ou à la « comparaison » d'une cale avec une autre cale déjà étalonnée. On place alors les deux cales côte à côte sur la surface de base et on examine les stries. Si les cales ont rigoureusement la même épaisseur, les stries se prolongent l'une sur l'autre sans interruption. Sinon, il y a un certain décalage entre elles. Ce décalage, que l'on compare, à l'aide d'une graduation appropriée de la lunette, avec la distance entre les stries, correspond à une fraction  $a$  — que l'on peut ainsi déterminer — de la longueur d'onde utilisée ; la différence d'épaisseur entre les deux cales est alors égale à un

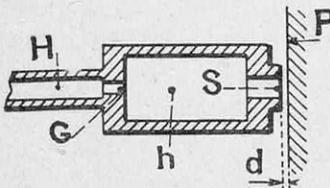


FIG. 7. — PRINCIPE DU « MICROMÈTRE PNEUMATIQUE »

Si de l'air, sous une pression  $H$ , s'écoule à travers

deux orifices  $G$  et  $S$  placés en série, la pression  $h$ , qui règne entre  $G$  et  $S$ , dépend de la section  $S$ . Or, si celle-ci est constituée par l'orifice annulaire qui existe entre l'extrémité du conduit et une surface  $P$  placée à une distance  $d$ , il y aura une relation entre la distance  $d$  et la pression  $h$ . En mesurant avec précision cette dernière, ou pourra évaluer la distance  $d$  au  $1/10.000^e$  de millimètre, ce qui permettra d'étalonner des cales, par exemple.

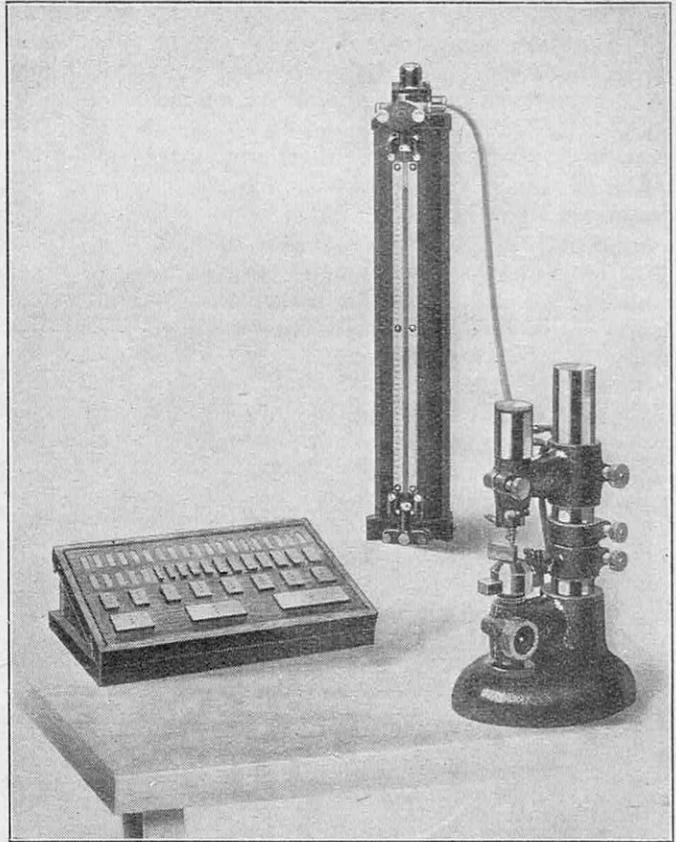


FIG. 8. — VOICI LE « MICROMÈTRE PNEUMATIQUE »

On voit, à droite, l'appareil portant la cale à étalonner ; au centre, l'échelle des pressions donnant l'épaisseur des cales, et, à gauche, une boîte de cales. Celles-ci sont rangées par ordre de grandeur, comme les poids dans une boîte de poids.

nombre entier  $b$  de demi-longueurs d'onde, augmenté de la fraction mesurée  $a$ .

Il y a donc, pour la mesure cherchée, toute une série de grandeurs possibles, obtenue en donnant à  $b$ , les valeurs 1, 2, 3, etc. Pour déterminer celle qu'il faut choisir, on emploie la méthode dite des « coïncidences ». On procède, à cet effet, à une succession de mesures, en employant des lumières de longueurs d'onde différentes (en général sept mesures avec sept longueurs d'onde). On en tire chaque fois une série de valeurs « possibles », comme il est dit ci-dessus, et, en comparant les valeurs de ces différentes séries, on recherche s'il y en a une qui se retrouve dans chacune d'entre elles. C'est celle qui donnera la mesure cherchée. Il peut arriver évidemment qu'il y ait ainsi plusieurs valeurs « coïncidentes », mais elles correspondent à des épaisseurs différentes de plusieurs millimètres et une mesure préalable, effectuée sans grande précision

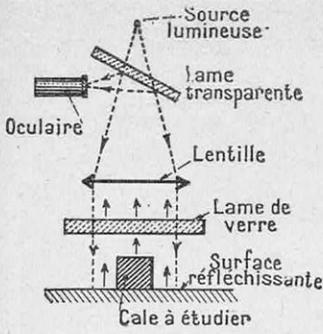


FIG. 9. — PRINCIPE DE L'INTERFEROMÈTRE DE M. PÉRARD

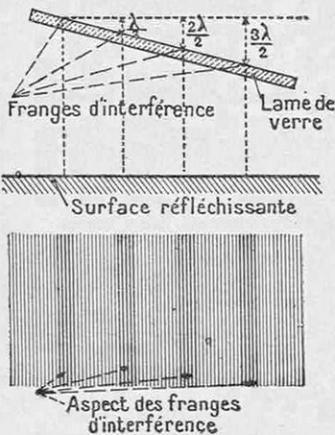
Un faisceau lumineux, rendu parallèle par une lentille, est projeté sur une surface réfléchissante portant la cale à étudier. Une lame de verre intercalée sur le chemin laisse passer

une partie du faisceau et en réfléchit une autre partie. Les rayons lumineux réfléchis par la surface réfléchissante traversent la lame de verre et interfèrent avec ceux qui sont réfléchis directement par celle-ci. On observe le phénomène au moyen d'un oculaire placé latéralement.

avec les moyens ordinaires, permettra facilement de lever le doute.

On peut ainsi mesurer directement en longueurs d'onde l'épaisseur d'une cale ou la différence d'épaisseur de deux cales — et, comme nous l'avons dit, la précision est de l'ordre du cent-millième de millimètre. Il n'est guère possible d'aller plus loin, car il n'y a en fait aucune lumière rigoureusement monochromatique et le phénomène des interférences est, en fait, déformé par des phénomènes secondaires qui empêchent d'atteindre une précision supérieure.

On conçoit d'ailleurs que, dans la pratique, de telles opérations de mesure soient



extrêmement longues et minutieuses. Il faut, en outre,

FIG. 10. — COMMENT S'OBSERVENT LES FRANGES D'INTERFÉRENCE DANS L'INTERFEROMÈTRE DE M. PÉRARD

La lame de verre n'étant pas exactement parallèle à

la surface réfléchissante, les trajets aller et retour des rayons lumineux, entre la lame de verre et cette surface, sont variables. Lorsqu'ils sont égaux à un nombre entier de longueurs d'onde, il y a « concordance de phase », d'où renforcement du phénomène lumineux. Lorsqu'ils sont égaux à un nombre entier de longueurs d'onde, plus une demi-longueur d'onde, il y a « opposition de phase », d'où obscurcissement. Cela donne naissance à des franges d'interférence ayant l'aspect strié ci-dessus.

bien entendu, tenir compte des conditions atmosphériques : température, etc..., qui influent, dans des proportions très supérieures aux erreurs d'observation, sur l'épaisseur des cales.

Aussi, en pratique, utilisera-t-on le plus souvent d'autres appareils de mesure, et, en particulier, le micromètre « pneumatique » (voir fig. 8) qui, basé sur des principes tout différents, permet, toutefois, d'atteindre des précisions de l'ordre du dix-millième de millimètre.

### Comment on vérifie les calibres

Les cales, rigoureusement étalonnées par des appareils de ce genre, serviront, comme nous l'avons dit, à vérifier par contact direct

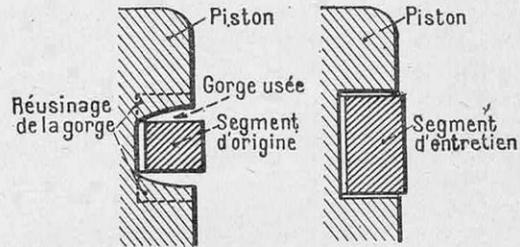


FIG. 11. — COMMENT ON APPLIQUE LES MÉTHODES « DE SÉRIE » A LA RÉPARATION DE CERTAINES PIÈCES USAGÉES

Une gorge de piston étant usée (à gauche), on la résine à une cote déterminée à l'avance et qui correspond à celle d'un « segment d'entretien » plus large que l'on a en stock.

les « calibres » utilisés en usine par les ouvriers pour déterminer si les pièces fabriquées sont bien dans les tolérances admises.

### Comment on utilise les calibres, en usine

Le système le plus généralement employé, dit « à maximum et à minimum », consiste, dans le cas où l'on travaille une pièce pleine, un arbre par exemple, à avoir un calibre à deux mâchoires dont les ouvertures respectives correspondent aux dimensions limites admises pour la pièce. Pour qu'une pièce usinée soit correcte, il faut alors qu'elle puisse entrer dans la mâchoire la plus large et qu'elle n'entre pas dans la mâchoire la plus étroite. En pratique, un ouvrier accomplira sur sa machine des passes de travail ayant pour effet de diminuer chaque fois le diamètre de la pièce d'une épaisseur égale à la moitié de la tolérance. Après chaque passe, il la vérifiera avec le calibre supérieur jusqu'à ce que la pièce « entre ». Si le travail a été correctement fait, à ce moment la pièce ne pourra pas pénétrer dans le calibre inférieur, « n'entre pas » et sera donc correcte.

La vérification des alésages se fera d'une manière en tous les points semblable, mais au lieu de calibres-mâchoires on utilisera des « tampons », broches, etc. (fig. 2, 3 et 4).

A l'heure actuelle, dans de nombreuses industries mécaniques, c'est ainsi que l'on procède, et ces méthodes, qui ont été généralisées en 1914 dans les industries de guerre, sont aujourd'hui très courantes.

La vérification des pièces filetées (vis de tarauds) est beaucoup plus complexe, et, jusqu'à présent, la plupart de nos industriels sont encore réfractaires aux méthodes modernes qui, pourtant, sont aujourd'hui au point.

### Comment on vérifie les pièces filetées

C'est qu'en effet le problème ne se limite plus à une seule mesure : différents éléments interviennent dans une vis. Ce sont :

1° Le « diamètre moyen », c'est-à-dire le diamètre pris à la hauteur

de la partie médiane du filet de vis ;

2° Le « pas » de la vis, c'est-à-dire la quantité dont progresse le filet à chaque tour, et enfin,

3° L'angle que forment les deux « flancs » opposés de chaque filet. Pour qu'une vis et son écrou soient bien adaptés, il faut que, lors du serrage, l'un des flancs de chaque filet de la vis vienne s'appliquer par toute sa

surface contre le flanc correspondant de l'écrou, compte tenu des déformations de la matière de l'écrou et de la vis. Cela exige que le « pas », le « diamètre moyen » et l'angle de la vis et de l'écrou soient bien maintenus dans certaines tolérances.

Le problème est donc multiple.

Dans la pratique, on créera un calibre type pour les écrous et un calibre type pour les vis, chacun d'eux devant correspondre aussi exactement que possible à la surface théorique de la pièce à fabriquer. Les vis que l'on fabrique devront alors pouvoir entrer dans le calibre « écrou » et les écrous devront pouvoir se monter sur le calibre « vis ». A cette condition, les vis pourront évidemment être montées indistinctement dans tous les écrous. Mais la condition n'est pas suffisante. Elle assigne, en effet, des dimensions maximum pour les vis et minimum pour les écrous ;

mais il faut, en outre, assigner des dimensions minimum pour les vis et maximum pour les écrous, afin que l'assemblage se fasse dans les conditions voulues. On est donc amené à prévoir d'autres calibres « tâteurs », qui permettent de vérifier successivement la base et la pointe des filets de vis. On doit également vérifier à l'aide de tampons le diamètre des écrous. Lorsque ces

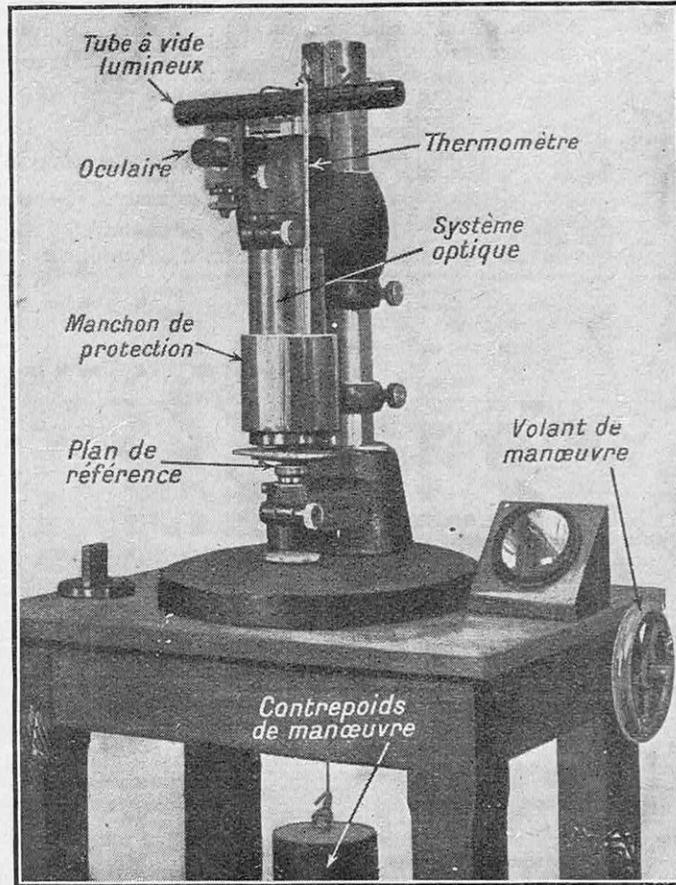


FIG. 12. — L'INTERFEROMÈTRE INDUSTRIEL DONT LE SCHEMA A ÉTÉ DONNÉ FIGURE 9

*La source lumineuse est ici constituée par un tube à vide, et la surface réfléchissante forme le plan de référence, fixé au socle et sur lequel on pose la cale à étudier. L'ensemble du système optique et du tube à vide coulisse verticalement le long d'une colonne d'acier par la commande d'un volant latéral. Un contrepoids assure la douceur de la manœuvre. Le manchon protecteur est abaissé afin d'isoler thermiquement les cales et le plan de référence, dont un thermomètre indique la température.*

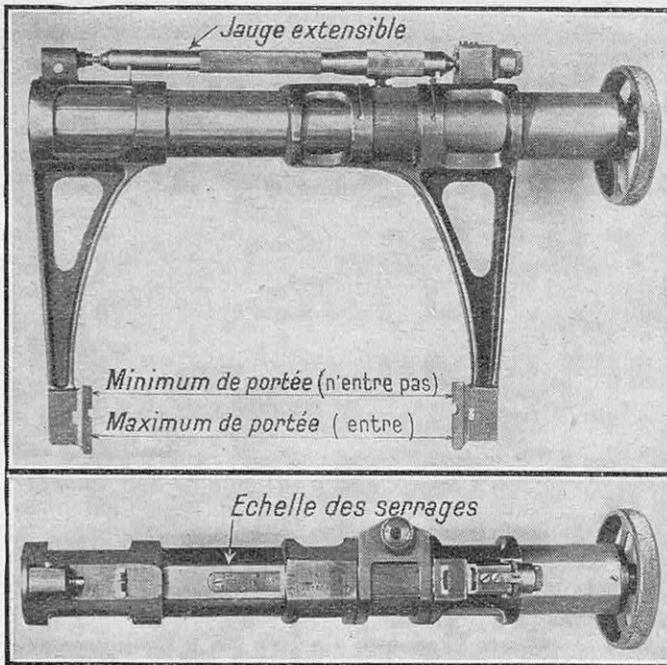


FIG. 13. — CALIBRE EXTENSIBLE UTILISÉ DANS LA RÉPARATION DE CERTAINS ORGANES

Supposons, par exemple, que l'on veuille réusinier un arbre, un essieu, etc. On relève, avec une jauge extensible, les dimensions des portées correspondantes, et, en plaçant cette jauge dans le calibre extensible et avec un « serrage » donné, on a automatiquement, entre les mâchoires du calibre, les dimensions minimum et maximum à donner à l'arbre.

différentes vérifications sont faites dans de bonnes conditions, les résultats sont des plus satisfaisants, et les assemblages à vis et écrous peuvent alors être réalisés avec autant de précision que les autres assemblages.

Dans tous les domaines de la fabrication, on est ainsi arrivé à réduire au minimum les travaux d'ajustement.

On s'est alors demandé si l'on ne pouvait pas appliquer des méthodes analogues pour la réparation des organes mécaniques.

### La précision mécanique dans l'industrie des chemins de fer

Dans certaines industries, — telles que le chemin de fer, par exemple, — la fabrication en série n'est pas encore adoptée d'une manière courante, bien que de grandes firmes commencent à la mettre en pratique. Mais dans ces industries, à côté de la fabrication proprement dite, la réparation des pièces usagées tient une place considérable. C'est ainsi que les locomotives, qui ont à accomplir un travail intensif, ont à subir assez fréquemment des réparations : rem-

placement de pièces peu coûteuses, réajustement d'autres pièces, etc. Il y a peu de temps encore, tous ces travaux s'effectuaient suivant les anciennes méthodes : usinage et ajustement des pièces à la main. Or, tout récemment, on a cherché à introduire dans ce domaine les procédés de « normalisation » appliqués dans la fabrication en série, et à cet égard les résultats obtenus, en particulier aux ateliers de réparation de la Compagnie du chemin de fer du Nord, à Hellemmes, sont des plus encourageants. Voici quelques exemples de la manière dont peuvent être appliqués ces procédés :

Considérons, par exemple, un piston de pompe à air et ses segments (analogues aux pistons et segments des moteurs d'automobile). Le piston lui-même est une pièce coûteuse ; par contre, les segments, c'est-à-dire des pièces annulaires que l'on place dans des gorges ménagées dans le corps de ce piston, sont des pièces relativement bon marché. Au bout d'un certain temps, les segments heurtant les

bords des gorges finissent par les mater et les user. Il faut alors réparer. Autrefois, pour faire cette réparation, on usinait à nouveau les gorges, de manière à redonner à leurs bords une forme correcte, et on y insérait de nouveaux segments plus larges que l'on ajustait directement dans les gorges.

Aujourd'hui, voici comment on opère : au lieu de réusinier les gorges, de manière à leur redonner simplement une forme correcte, on les réusine chaque fois, après usure, à des dimensions ou cotes bien déterminées et échelonnées, que l'on nomme cotes d'entretien. On a, d'autre part, fabriqué des séries de segments, appe-

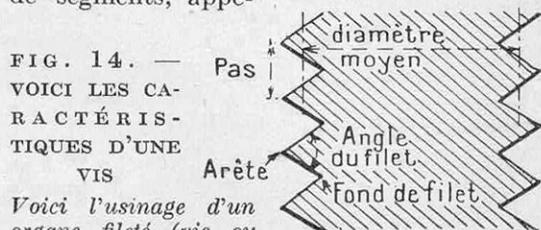


FIG. 14. — VOICI LES CARACTÉRISTIQUES D'UNE VIS  
Voici l'usinage d'un organe fileté (vis ou écrou). Il y a plusieurs caractéristiques qui doivent être maintenues dans les tolérances. Ce sont le pas, le diamètre moyen et l'angle du filet.

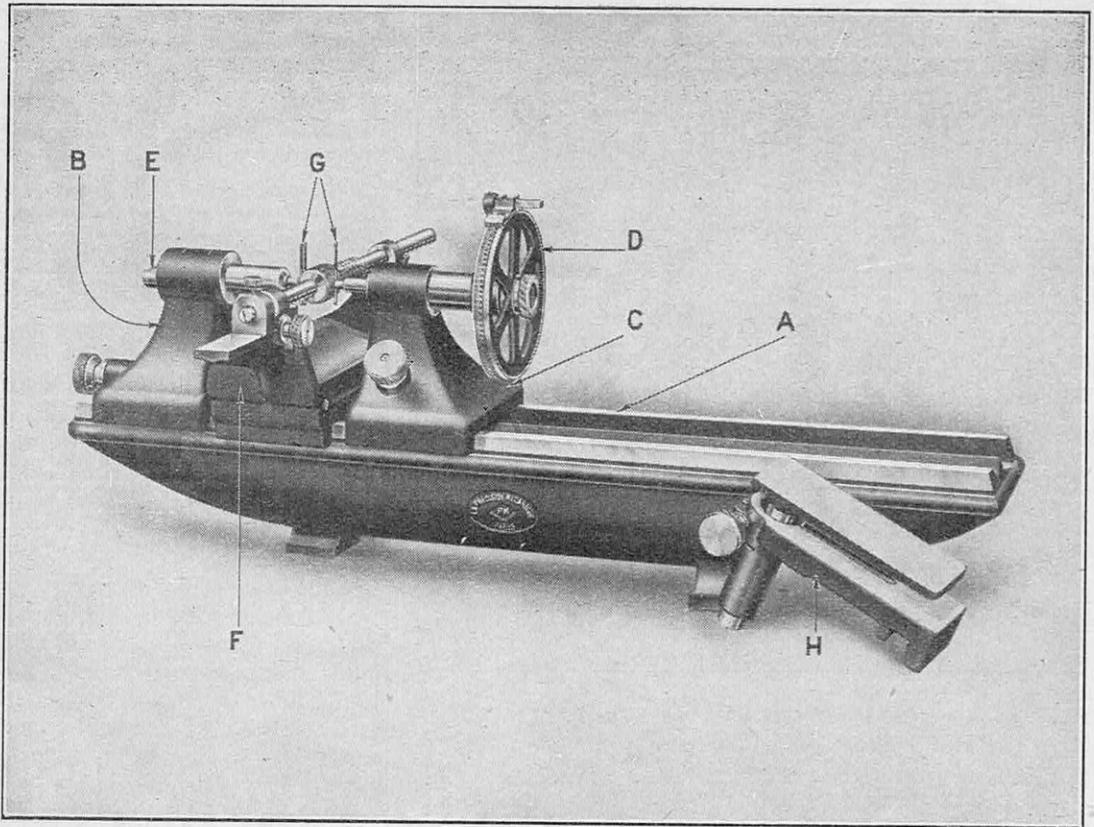


FIG. 15. — COMPAREUR MONTÉ POUR LA VÉRIFICATION DES TAMPONS FILETÉS

Les tampons filetés, qui servent pour la vérification des pièces filetées, doivent eux-mêmes être vérifiés avec le plus grand soin en ce qui concerne leurs caractéristiques (voir fig. 14). Ici, le bâti A de l'appareil porte une « poupée » B avec un amplificateur à aiguille E gradué en millièmes de millimètres. Du côté opposé, une poupée C à vis micrométrique et tambour D divisé en millièmes de millimètres. La pièce filetée, portée par le support F, est vérifiée au moyen de trois « pîges » G — petites tiges rondes — pénétrant dans des filets de vis opposés et maintenues par les « touches » des deux poupées du comparateur.

és segments d'entretien, à des cotes correspondantes, si bien que ces segments d'entretien peuvent être montés dans les gorges sans ajustement.

Cela permet de faire des économies de main-d'œuvre notables (5 % environ sur le travail total, dans lequel le remplacement des segments ne compte que pour partie).

Voici, d'autre part, un autre exemple : celui d'une pièce coûteuse, où l'approvisionnement en pièces d'entretien serait pratiquement impossible (un essieu de locomotive, par exemple). Dans ce cas, on emploie une autre méthode ; on usine « au mieux » la pièce à réparer, on relève ensuite les cotes

de cette pièce au moyen d'un calibre *extensible* spécial (voir fig. 13) comportant, comme un calibre fixe, des cotes maximum et minimum, montrant les tolérances que l'on peut octroyer à la pièce qui doit être montée sur l'organe à réparer. Cette pièce est alors usinée comme une pièce de série et contrôlée au moyen de ce calibre.

On voit ainsi que les méthodes de rationalisation et de normalisation ont pu être appliquées à tous les domaines de la mécanique, — aussi bien fabrication que réparation, — et, dans tous les cas, les résultats obtenus ont montré que c'étaient les seules méthodes de l'avenir. A. CHARMEIL.

## L'APPROVISIONNEMENT DES FLOTTES DE COMBAT

# POUR METTRE A L'ABRI DU DANGER AÉRIEN NOS RÉSERVES EN COMBUSTIBLES LIQUIDES

Par le capitaine de frégate PELLE DES FORGES

*La question de l'approvisionnement des bâtiments de la marine de guerre en combustibles liquides constitue un problème capital tant au point de vue de notre liberté d'action sur mer que de notre sécurité dans le stockage sur terre. Aujourd'hui, les marines modernes doivent non seulement posséder, en qualité et en quantité, les dérivés du pétrole nécessaires à la propulsion des navires, mais encore mettre à l'abri de toute incursion aérienne les réservoirs vulnérables qui les contiennent. A ce propos, le général Balbo, le triomphateur du jour, signalait récemment, au cours d'une conversation privée, que ce serait un jeu pour une escadre aérienne d'annihiler par un bombardement efficace les réserves d'énergie de l'adversaire emmagasinées dans des citernes apparentes et non protégées. D'autre part, devant la précarié d'un ravitaillement en pétroles divers, qui a réduit la Grande Flotte britannique, au cours de la dernière guerre, à ne pouvoir compter que sur un approvisionnement de trois semaines et qui lui a interdit d'utiliser toute sa vitesse, nous venons de voir le gouvernement de Grande-Bretagne se décider à faire appel à la transformation du charbon en pétrole, pour subvenir aux besoins de sa marine. M. Mac Donald, premier ministre, l'a déclaré, le 18 juillet 1933, à la Chambre des Communes. Nos ressources houillères nous permettent-elles semblable expérience sur une vaste échelle ! Et, cependant, les besoins relatifs de notre marine nationale, ceux de notre aviation ne sont pas moindres. Le problème est-il insoluble ? Dans l'article qu'on va lire, l'auteur indique comment on peut faire face à ces difficultés en stockant des quantités suffisantes de pétrole et quelle protection on doit opposer aux projectiles de gros calibres, aux bombes d'avions, pour les conserver intactes. Le sujet est grave ; il y va de la vie même de nos flottes navales et aériennes en cas de conflit.*

**L**a protection des réservoirs de pétrole, bien que dérivant des enseignements de la guerre, a pris, ces derniers temps, une importance capitale ; et quoique quatorze années se soient passées depuis l'armistice, elle n'a pas encore reçu de solution définitive.

Comme nous le verrons plus loin, divers systèmes ont été mis en essai pour soustraire les approvisionnements de pétrole d'un pays à la destruction de l'ennemi ; ils ne sont pas équivalents, mais si chacun d'entre eux résout le problème partiellement, nous verrons aussi qu'on doit envisager la réalisation d'une protection totale et effective ; quels sont donc les moyens à notre disposition pour l'obtenir ?

Mais, avant d'entrer dans le détail, il est nécessaire de situer dans son vrai cadre le problème lui-même, de préciser les conditions dans lesquelles il se pose, car s'il a quelque parenté avec celui de la protection des dépôts de munitions, il en diffère cependant, et il nous faudra aussi donner une

idée de l'ordre de grandeur de l'ensemble des réservoirs à protéger.

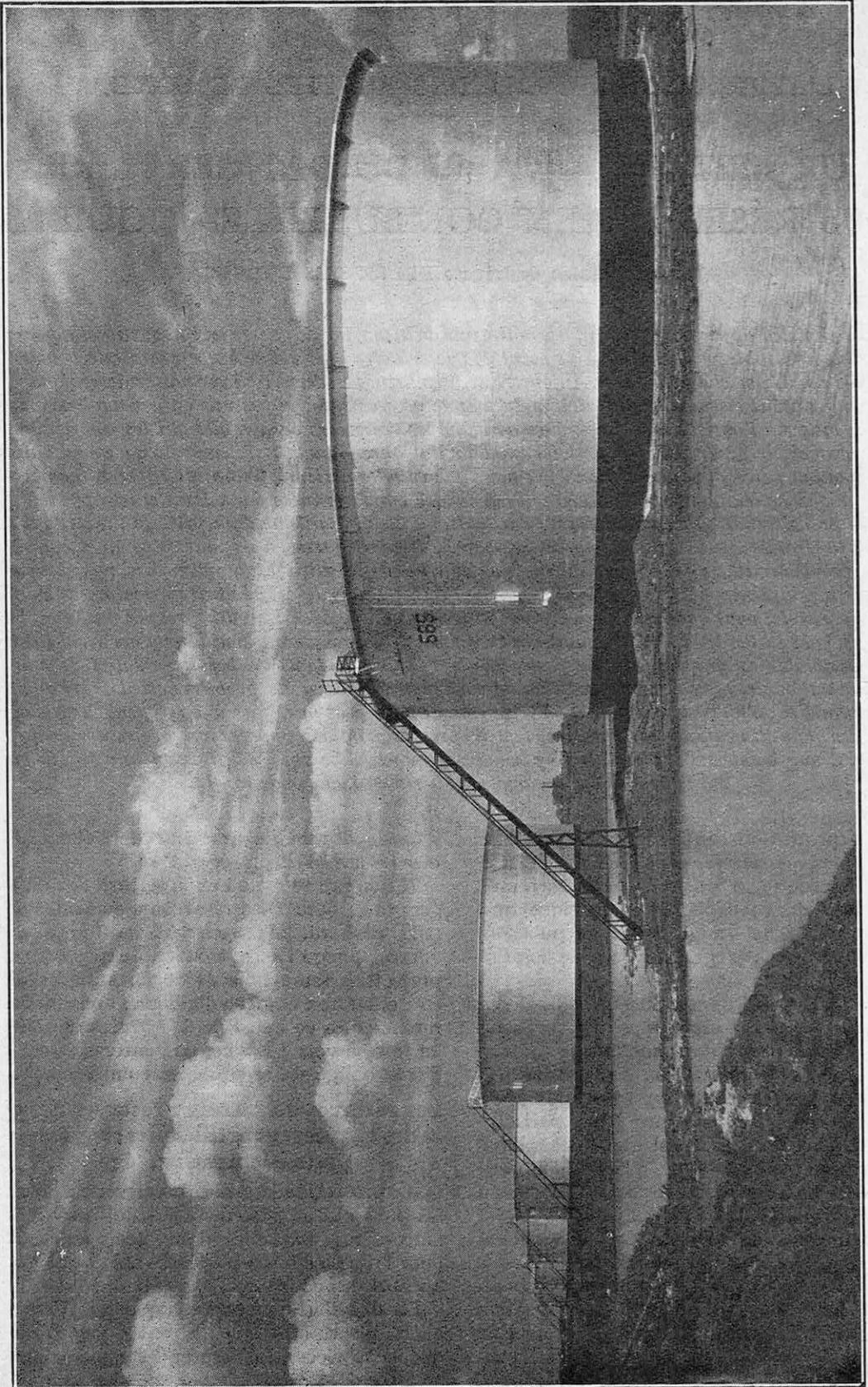
Il nous reste à définir la nature des dangers que courent les réservoirs, en temps de paix d'abord, mais surtout en temps de guerre, lorsqu'ils se trouvent exposés aux projectiles tombant sous de forts angles de chute, ou aux bombes d'avions ; nous mesurerons enfin ce que valent les idées de défilé le réservoir à la vue, de l'enterrer, avant d'être obligé de le protéger complètement.

### **Les réserves de pétrole : réserves naturelles et réserves artificielles ; le pétrole naturellement protégé**

La protection des réservoirs vise à doter les pays qui ne possèdent pas de ressources pétrolifères naturelles d'un stock suffisant pour faire face à toute éventualité et qui soit à l'abri des coups de l'ennemi.

La distribution géographique du pétrole obéit à certaines lois qui ont pour conséquence la nécessité d'assurer cette protection.

Si l'on jette un coup d'œil sur les gise-



VOICI UNE ADMIRABLE CIBLE POUR LES BOMBARDEMENTS AÉRIENS VISANT NOS PARCS A COMBUSTIBLES LIQUIDES

ments de pétrole actuellement connus, on s'aperçoit immédiatement que deux grandes puissances seulement possèdent un sous-sol riche en naphte : ce sont les États-Unis et la Russie.

Les États-Unis ont vu croître et se développer une industrie du pétrole qui, partie des anticlinaux de la Pensylvanie, a gagné l'intérieur du pays, le Mid-Continent, pour aller s'épanouir sur les rives du Pacifique, dans la région de San Diego, et dans les États voisins du golfe du Mexique, auxquels Port-Arthur-Texas sert de port principal d'exportation.

Les États-Unis tirent de leur sol 75 % de la production mondiale environ, et, par une curieuse coïncidence, leur consommation intérieure et extérieure (par exemple la flotté marchande) s'élève environ à ce même pourcentage, du moins en année normale.

Les Américains ont décidé, il y a quelques années, de créer des réserves pour leur marine ; ils ont délimité à l'intérieur de leur territoire une zone de terrains pétrolifères, qui ne serait mise en exploitation qu'en cas de guerre, et dont la production servirait à alimenter leur marine et leur aviation maritime, la première en résidus pour chaudières, la seconde en essence légère.

Comme ces gisements n'affleurent pas, mais sont situés à une distance de la surface du sol telle qu'aucune bombe d'avion ne pourrait leur porter préjudice, comme, d'autre part, cette zone réservée se trouve loin de la côte, hors de portée des canons de marine les plus puissants, nous avons ici un premier exemple de réservoir de pétrole naturel et naturellement protégé.

On se rappelle que des autorisations de forer dans le voisinage de ces réserves ont conduit les secrétaires d'État qui les avaient données, ainsi que des directeurs de grandes sociétés d'exploitation pétrolière, devant les tribunaux, et certains d'entre eux en prison.

La Russie possède d'importants gisements de pétrole sur ses frontières sud et à l'extrémité méridionale de l'Oural ; les centres principaux d'exploitation sont : Grosny, au nord du Caucase, la presqu'île d'Aphéron, Bakou, Bibi-Eibat, l'île Sainte à l'est de cette chaîne de montagnes, enfin plusieurs points des rives de la Caspienne et du Turkestan. Bien qu'excentriques, ces gisements, qui sont loin d'être exploités dans toute leur ampleur, constituent en partie des réservoirs protégés.

Considérons maintenant le cas des quatre grandes autres puissances mondiales, la Grande-Bretagne, la France, l'Allemagne, le Japon.

La Grande-Bretagne n'a qu'un puits de pétrole sur son territoire ; encore ne donne-t-il que peu de pétrole.

La France consomme annuellement de l'ordre de 3.500.000 tonnes d'hydrocarbures liquides. Nous trouvons une exploitation modèle à Pechelbronn, dans le Bas-Rhin, qui fournit au plus 70.000 tonnes ; on a tiré encore du pétrole de Gabian, dans l'Hérault, mais la production totale n'atteint pas le trentième de nos besoins. C'est dire combien la France est tributaire de l'étranger pour un produit aussi essentiel à son indépendance économique et territoriale, et quel intérêt primordial offre par conséquent pour elle le problème du renouvellement et de la protection de ses stocks d'hydrocarbures liquides en période de conflit.

Le Japon, bien qu'un peu plus favorisé, est obligé d'importer presque tout ce qu'il consomme.

Le pétrole, par contre, est abondant en Pologne, en Roumanie, aux Indes Néerlandaises, en Amérique du Sud.

Ainsi la géographie pétrolière est en rupture d'équilibre avec la vie économique du monde, et si la Grande-Bretagne, la France, l'Allemagne, le Japon veulent être en tout temps approvisionnés en pétrole, ils doivent, à l'inverse des États-Unis et de la Russie, se constituer des ressources artificielles, et l'idée qui vient d'elle-même, c'est d'imiter les réservoirs naturels, en en creusant dans le sol.

### Les besoins de réservoirs protégés

Si nous voulons fixer maintenant notre doctrine par l'appel à l'expérience, nous pouvons rappeler ici les jours d'angoisse que connurent la France et l'Angleterre, quand il s'agit d'assurer le ravitaillement en essence de nos armées pendant la guerre.

Au cours d'une interview qu'il accordait au journal *l'Auto*, M. Henry Bérenger, commissaire général aux essences, pouvait dire : « En novembre 1917, le stock d'essence et de pétrole dont disposait la France, pour l'ensemble de ses besoins, se réduisait à 26.000 tonnes. D'autre part, le ravitaillement était si faible et se faisait dans de si mauvaises conditions qu'un simple calcul permettait d'établir qu'il suffirait de quatre mois pour le réduire à zéro, c'est-à-dire qu'au mois de mars 1918 tous les réservoirs seraient vides. »

Au mois de décembre 1917, la situation était devenue tellement critique, que M. Clemenceau dut intervenir personnellement auprès du président Wilson et lui adresser une dépêche se terminant par ces mots :

« L'essence peut être considérée comme le sang de la guerre ; une goutte d'essence vaut une goutte de sang ». (Henry Bérenger, *Le Pétrole et la France*, Flammarion, Paris.)

Nous n'avions plus que quelques jours d'essence d'avance.

Sait-on que la flotte britannique est restée à trois semaines de mazout, et que lord Jellicoe, le commandant en chef, avait donné l'ordre formel à ses croiseurs de ne pas dépasser la vitesse de 20 nœuds, sauf en cas de combat ?

Ceci se passait il y a quinze et quatorze ans.

Qu'est devenue depuis la situation ?

Elle n'a fait que devenir plus sérieuse, mais dans un sens qui nous porte à protéger efficacement nos réservoirs.

Tout d'abord, l'usage du pétrole n'a fait qu'augmenter. Il joue maintenant un rôle absolument capital dans la vie économique de la nation et dans l'organisation de ses moyens militaires de défense. Malgré la sévérité de la crise des houillères britanniques, l'amirauté de Londres s'est constamment refusée de répondre aux démarches faites auprès d'elle pour la faire revenir sur sa décision de n'admettre comme combustible de la flotte de guerre que le pétrole, sous différentes formes, essence, gazoil et mazout.

Non seulement une flotte de guerre est « au pétrole » ou n'est pas, mais encore la flotte marchande mondiale emploie de plus en plus ce combustible. Tous les paquebots modernes ne peuvent être chauffés au charbon, sans que leur exploitation ne devienne impossible économiquement en raison du nombre de chauffeurs qui seraient nécessaires, et des manipulations de charbon qui immobiliseraient le navire dans les ports ; enfin, la flotte marchande construite depuis la guerre est surtout composée de navires à moteur qui ne peuvent admettre que le pétrole.

L'aviation, aussi bien maritime que terrestre, est devenue une grande consommatrice d'essence spéciale ; les chiffres de la dernière guerre seraient bien faibles en comparaison des dépenses qu'entraînerait un conflit aujourd'hui.

La motorisation des armées, poussée au point où elle l'a été ces quatre dernières années en Angleterre, nous avertit de nouveaux besoins en essence.

Mais ce qui différencie la période de la guerre de 1914-1918 de la période actuelle, c'est surtout le fait que les réservoirs situés à une certaine distance du front ne courraient pas grand risque alors.

L'augmentation du rayon d'action des

avions est telle qu'aucun réservoir de pétrole d'un pays européen n'est à l'abri de leurs attaques. Le signataire de ces lignes a pris part, pendant la bataille de l'Yser, à un combat dans le voisinage de tanks à pétrole ; bien que ceux-ci ne fussent pas particulièrement visés, bien que l'artillerie ennemie n'eût pas de raison d'être approvisionnée en projectiles incendiaires, ils ne tardèrent pas à flamber au cours de l'échange des coups.

La portée des canons modernes rend tout port de guerre justiciable d'une pièce d'artillerie située à plusieurs dizaines de kilomètres de distance.

C'est donc la nature du danger qui a changé et qui doit être examinée pour fixer la protection à donner aux réservoirs.

Pour établir la protection à donner à un réservoir de pétrole, il faut connaître, en effet, à quels coups il est exposé, et savoir quelle résistance on doit lui fournir.

La différence entre la vulnérabilité des réservoirs actuels et celle des réservoirs d'avant-guerre tient en fait aux deux grandes variations de l'art militaire : l'augmentation de portée des projectiles d'artillerie, et l'accroissement de la distance à laquelle les avions peuvent aller lancer des bombes de plus en plus lourdes.

### Les dangers auxquels sont exposés les réservoirs de pétrole

L'artillerie à longue portée, l'A. L. G. P. du temps de guerre, ne fut, de 1914 à 1918, employée qu'exceptionnellement sur terre.

Toutefois, deux exemples restent présents à la mémoire des Français : le bombardement de Dunkerque par une pièce de 380 millimètres installée à Predikboom, et celui de Paris par la Bertha, située à plus de 100 kilomètres.

La première constatation est que ces portées dépassent de beaucoup les portées usuelles, et que la zone d'action de l'artillerie est considérablement augmentée par les nouvelles méthodes de tir. Ce n'est pas cela, toutefois, qui fait courir le plus grand danger aux réservoirs à pétrole.

Ce qui constitue le danger nouveau de ces tirs à longue portée, c'est la valeur de l'angle de chute du projectile ; aux anciennes distances de combat (15.000 mètres pour le 380 de Predikboom, par exemple, lorsqu'il était utilisé dans les conditions normales), la durée de parcours de la trajectoire entre la bouche à feu et le point d'impact du projectile restait faible, quinze à vingt secondes, et l'angle de chute, angle de la trajectoire et de l'horizontale, restait petit dans le tir tendu à grande vitesse initiale.

La durée de parcours augmente considérablement avec la portée ; or celle-ci n'a cessé de croître elle-même. Comme exemple, nous citerons le cas des combats sur mer depuis le début du siècle ; la guerre navale sino-japonaise et la guerre hispano-américaine ont connu couramment des distances de moins de 3.000 mètres, en 1895 et 1898

406  $\frac{m}{m}$  des cuirassés type *Nelson* et *Rodney* le permet.

L'angle de chute de ce tir de plein fouet augmente sérieusement, autrement dit l'axe du projectile au point d'impact s'éloigne davantage de l'horizontale et se rapproche de la verticale.

Sir William J. Berry, ancien directeur des

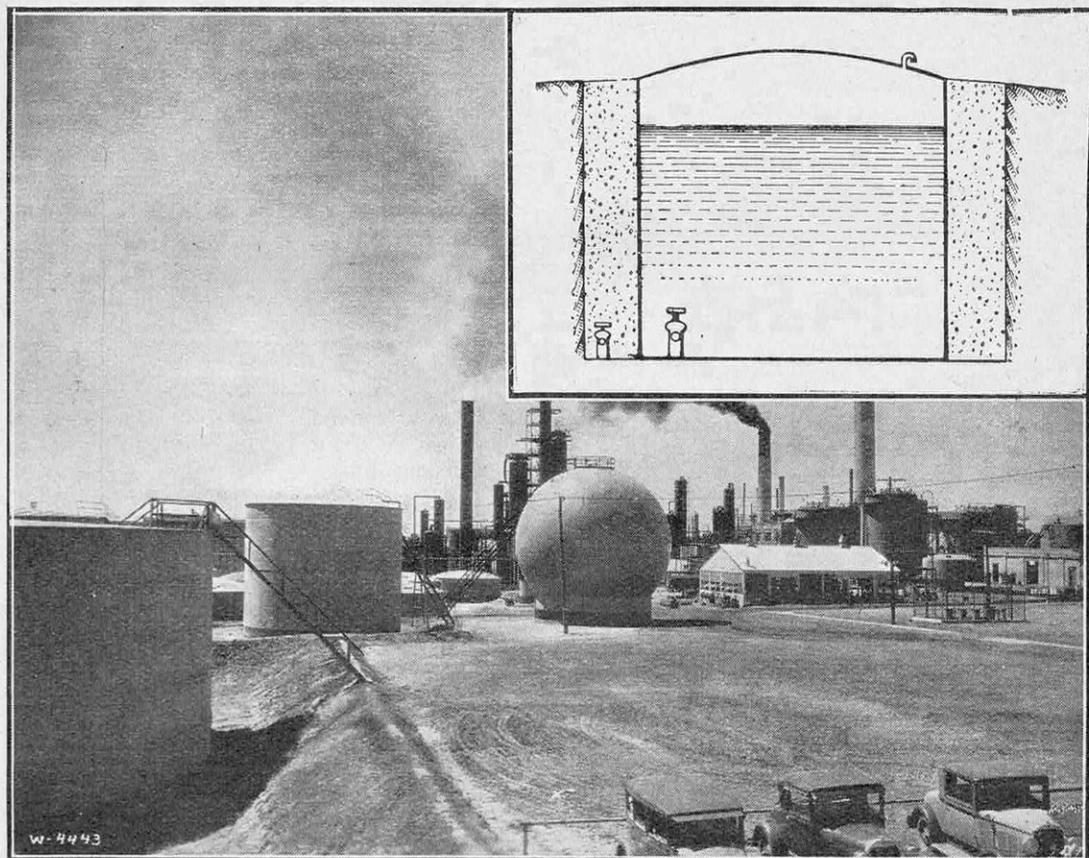


FIG. 1. — QUELQUES RÉSERVOIRS A PÉTROLE DANS UN CHAMP PÉTROLIFÈRE, AUX ÉTATS-UNIS  
 On remarquera, au centre, un réservoir sphérique moins exposé de par sa forme. Néanmoins, de tels réservoirs sont vulnérables aux bombes d'avions tombant non seulement sur eux, mais dans un certain périmètre autour d'eux. Le réservoir à demi enterré, représenté dans le coin à droite, n'est, par contre, vulnérable qu'aux bombes l'atteignant directement.

respectivement ; la guerre russo-japonaise voit ces distances portées à 6.000, à 9.000 mètres : nous sommes en 1904-1905 ; onze ans après, en 1916, c'est la bataille du Jutland, où les flottes aux prises, la Flotte de Haute Mer allemande et la Grande Flotte britannique, n'hésitent pas à employer des hausses de 18.000 mètres.

Quelles seraient les distances de tir d'un combat naval aujourd'hui ? Il est bien difficile de les fixer *a priori*, mais nous n'aurions aucune surprise de voir ouvrir le feu entre 30.000 et 40.000 mètres ; le matériel de

constructions navales en Grande-Bretagne, écrivait dans le *Brassey's Annual* de 1931 :

« L'expérience de la guerre réelle a fourni des renseignements nets sur bien des points qui, avant 1914, étaient surtout affaire d'une opinion basée sur les expériences qui pouvaient être faites en temps de paix. La distance à laquelle les combats furent livrés était, dans la plupart des cas, considérablement plus grande qu'on ne l'avait supposé dans l'établissement des plans d'avant-guerre ; l'augmentation de l'angle de chute du projectile rendit nécessaire de recons-

tituer la disposition de la cuirasse de flanc et des ponts, ce qui entraîna, en outre, l'étude des modifications de la qualité et du mode de fabrication de la cuirasse qui conviendrait le mieux pour résister à la nouvelle méthode d'attaque.»

Ce que nous venons de dire s'applique directement aux réservoirs à pétrole ; l'angle de chute d'un projectile rend les réservoirs de pétrole très vulnérables par leur surface supérieure aussi bien que par leurs flancs.

Mais c'est la bombe d'avion qui est leur ennemi le plus qualifié. La bombe tombe verticalement ; elle perce des épaisseurs d'acier et de maçonnerie, qui rendent illusoire toute protection autre qu'une protection certainement sérieuse ; je n'ai pas besoin d'insister davantage sur ce point, nous en donnerons plus loin des exemples.

Pour échapper aux attaques par projectiles des pièces à longue portée et par bombes d'avion, ainsi qu'à leurs conséquences, trois modes ont été envisagés dans la construction des réservoirs à pétrole :

- 1° Le réservoir défilé aux vues ;
  - 2° Le réservoir enterré ;
  - 3° Le réservoir complètement protégé.
- Nous les examinerons successivement.

### Le réservoir défilé aux vues

Si, après ce que nous venons de dire, on n'a pas toujours recours au réservoir complètement protégé, c'est qu'une question de prix de revient se pose. Aussi a-t-on cherché des solutions partielles, qui sont basées sur certaines considérations.

Le réservoir défilé aux vues trouve son emploi hors de la portée du canon de l'ennemi, c'est-à-dire à l'intérieur même du territoire.

Il lui faut pouvoir échapper à la bombe d'avion. Sa raison d'existence n'est justifiée que par les difficultés rencontrées par des avions pour viser et atteindre un but de faible dimension, qui n'apparaît pas facilement à un observateur aérien.

Il ne faut pas se dissimuler que l'existence, la situation d'un pareil réservoir ne peuvent être tenues secrètes ; il faut admettre que l'ennemi les connaît, mais il ne pourra repérer les réservoirs directement, il devra manœuvrer par rapport à d'autres points bien visibles, et, dans ce mouvement, il aura des chances de faire un tir mal réglé.

Différents modes de défilement aux vues ont été préconisées.

Tout d'abord, on a pensé aux réservoirs de peu de hauteur masqués artificiellement.

Ensuite, on a pu envisager, lorsque le réservoir est de faible dimension, de le recou-

vrir d'une fausse maison, toit de tuile sur murs légers avec fenêtre, qui ne le distinguent en rien des maisons des groupes voisins.

Mais ce qu'il faut remarquer, c'est que tous ces réservoirs doivent être de dimensions faibles, 500 tonnes environ. Ils doivent être éloignés les uns des autres, et c'est l'étroitesse du but, autant que de son camouflage, qui est la meilleure sauvegarde. Ils pourront permettre de loger de l'essence dans des villages de la campagne ; mais il est probable qu'on leur préférera alors le type de réservoir enterré, qui exige, il est vrai, un dispositif de pompage.

De tels réservoirs rendront des services, mais il ne faut pas oublier que la construction d'un nombre de ces réservoirs capables de contenir le pétrole que renferme un réservoir unique de 10.000 tonnes coûte considérablement plus cher que celui-ci.

### Le réservoir enterré

Le réservoir enterré connaît aujourd'hui une faveur toute spéciale.

Il y a à cela une raison immédiate : c'est que la pratique de l'automobile a rendu ce réservoir d'usage courant. Celui-ci a été inventé non pas tant pour le camouflage à la vue, et pour la protection contre les bombes d'avion, que pour sa facilité de logement et pour sa qualité de sécurité contre l'incendie.

Dans la pratique de l'automobilisme, il reste de capacité restreinte ; pour contenir le mazout des flottes, il doit atteindre des dimensions importantes, et rien ne vient *a priori* le limiter.

On peut dire que ces réservoirs enterrés furent les premiers réservoirs pétroliers ; c'est ainsi qu'au Caucase, on y eut recours dès les débuts de l'exploitation et, bien que leur nombre diminue, on en rencontre encore en Galicie ; on y loge le pétrole brut, et les résidus de distillation, mazout, etc.

En Amérique, on a installé des réservoirs ainsi enterrés et de très grande capacité : 6 m 50 de profondeur et 150 mètres de diamètre. Ils peuvent contenir 100.000 mètres cubes de pétrole.

Mais un tel réservoir offre un certain nombre d'inconvénients ; plus le pétrole est riche en produits légers, et plus il a de tendance et de facilité à traverser le ciment et *à fortiori* la maçonnerie que retient la terre.

Il faut, d'autre part, prévenir l'évaporation et l'arrivée de poussière et d'eau ; il faut donc une toiture, dont la surface est vaste et qui doit être soutenue par des pylônes.

Au cours de la guerre, la Grande Flotte

britannique était mouillée à Scapa-Flow et dans le Firth of Forth. Au près de ce dernier point, l'amirauté dut établir rapidement, en 1916-1917, des réservoirs pour stocker le mazout nécessaire aux opérations navales ; elle le fit à Rosyth. On creusa dans le roc même une vaste cuvette, dont le fond fut recouvert d'une couche de béton de 80 centimètres ; les murs limitant le réservoir vers l'intérieur et le séparant du rocher étaient en ciment armé, hauts de 10 m 50, épais de 1 m 20 et coupés de temps à autre par des intervalles de 1 mètre, où ils se trouvaient remplacés par une tôle d'acier ondulée de 1 mètre de largeur, qui servait à donner de l'élasticité à l'ensemble. Ce vaste réservoir pouvait contenir 208.000 mètres cubes.

Ce réservoir avait été construit hâtivement pour les besoins de la cause. Il ne répond plus à nos besoins. Il est évidemment de trop fortes dimensions, et l'incendie une fois allumé ne s'éteindrait qu'après la consommation totale du combustible.

Le réservoir enterré, tel qu'il est actuellement construit, est un réservoir ordinaire en tôle ou en béton, enfoui jusqu'au toit supérieur dans la terre. On estime qu'il peut résister à un certain nombre de projectiles tirés contre lui et qui tombent à quelques mètres de lui ; autrement dit, sa zone dangereuse est certainement réduite.

Mais il reste justiciable des tirs à grande portée et des lancements de bombes d'avions.

Si la bombe d'avion l'atteint, elle en franchira le toit sans trouver de résistance, et elle éclatera à l'intérieur, ce qui peut avoir deux conséquences : déclaration d'incendie d'abord et surtout dislocation du réservoir, qui se mettra à fuir.

Pour parer à ce second inconvénient et ne pas laisser le pétrole en feu se répandre et se perdre, le réservoir proprement dit est inscrit à l'intérieur d'un second réservoir plus large, et l'intervalle entre les deux est rempli de sable. Si donc le réservoir est atteint, et qu'un incendie se déclare en même temps que l'onde de choc transmise à l'intérieur du liquide fait céder les points faibles, le pétrole se répandra à l'intérieur du sable concentrique et n'aura pas contact avec l'air ; si donc un dispositif automatique d'extinction fonctionne, recouvrant, par exemple, la surface libre du liquide dans le réservoir central d'un liquide donnant une mousse extinctrice, on peut espérer limiter le dommage et n'avoir plus qu'à récupérer le pétrole répandu dans le sable.

Dans ce but, il est généralement prévu une vidange supplémentaire et un écoulement

en contre-bas du réservoir extérieur, qui soustrait le pétrole le plus rapidement possible à l'incendie, d'abord, et qui l'achemine ensuite vers un réservoir de secours assez éloigné du premier.

Les inconvénients de ces réservoirs enterrés sont multiples.

Tout d'abord, s'ils peuvent être plus rapprochés les uns des autres que des réservoirs à air libre, il reste cependant qu'on ne peut les grouper sans leur faire courir des risques : communication d'incendie de l'un à l'autre, au cas où l'on ne pourrait se rendre maître de l'incendie d'un réservoir atteint.

Mais, en outre, le groupement de réservoirs enterrés favorise l'aviation ennemie de deux façons.

Il devient très difficile de les défilier à la vue ; leurs coupes circulaires en font, vues de l'air, une indication remarquable, un amer nettement distinctif ; le camouflage peut se faire, mais il s'agit de construire, au-dessus même des réservoirs, un terre-plein s'appuyant sur des colonnes extérieures et qui sera recouvert de plantes ou de constructions légères.

La technique du lancement des bombes par des escadrilles d'avions nous apprend que le réglage de ce lancement reste difficile, lorsqu'il s'agit d'atteindre un but isolé ; par contre, le lancement d'un grand nombre de bombes contre un but étendu, met, d'après le calcul des probabilités, toujours quelque bombe au but. Le réglage consiste donc à faire coïncider autant que possible le centre d'une « ondée de bombes » avec le centre du but ; une erreur est compensée par ce fait que, si le lancement est un peu court ou un peu long, un peu à droite ou un peu à gauche, on peut espérer que la zone battue couvrira encore en partie le but, et qu'une bombe atteindra l'un des réservoirs.

En conclusion, le système des réservoirs enterrés peut être considéré comme un progrès sur le système des réservoirs simplement défilés à la vue ; mais il ne reste admissible que dans le cas de réservoirs isolés et lorsqu'on peut compléter habilement cette mesure par un camouflage approprié, c'est-à-dire lorsqu'on combine à la fois les deux systèmes.

### **Le réservoir complètement protégé**

Jusqu'ici, nous avons cherché la solution en essayant de soustraire le réservoir à l'attaque, et nous ne sommes arrivés qu'à des résultats qui sont loin de nous satisfaire.

Aussi bien, faut-il aborder le problème de face et se demander quelle doit être la pro-

tection d'un réservoir pour qu'il puisse résister à un impact direct.

C'est le problème le plus important de la balistique d'après guerre, et il a été discuté dans tous les pays.

Nous allons encore avoir recours à des autorités en matière de protection.

Lorsque le traité de Washington de 1922 eut fixé à 35.000 tonnes le déplacement des navires-cuirassés, l'amirauté britannique eut à considérer la protection à leur donner. Sir William J. Berry, dans le *Brassey's Naval Annual* de 1931, page 107, déclare :

« L'article II du traité autorisait par conséquent la Grande-Bretagne à entreprendre la construction de deux nouveaux navires de haut bord, et le *Nelson* et le *Rodney* furent donc mis en chantier au mois de décembre 1922 et terminés en 1927. Ces navires furent prévus comme ayant le tonnage et la puissance maxima permis par le traité, et leurs caractéristiques sont les suivantes : longueur 710 pieds (216 m 40) ; déplacement : 35.000 tonnes ; vitesse : 23 nœuds ; armement principal : neuf canons de 406  $\frac{m}{m}$  en trois tourelles. L'armement secondaire comprend : six canons de 152 en six tourelles ; la cuirasse a 355 millimètres d'épaisseur en abord, et 380 millimètres aux tourelles ; le pont est épais de 158 millimètres.

« L'épaisseur du pont cuirassé a été fixée compte tenu de l'effet de l'artillerie à grande distance, des progrès déjà accomplis par l'attaque par bombes aériennes et de la possibilité du développement de ce mode d'attaque. »

Ce qu'il convient de retenir, c'est que, dès 1922, on estimait, à propos de la construction des nouveaux cuirassés anglais, qu'une épaisseur d'acier spécial de 158 millimètres était nécessaire pour résister à un bombardement aérien.

D'autre part, dans le *Zeitschrift für das gesamte Schiess und Sprengstoffwesen*, de 1927, page 69, le commandant Justrow citait le résultat suivant des expériences effectuées avec des bombes :

« Dans un terrain mou, une bombe aérienne de 12 kilogrammes s'enfonce à 4 mètres, une bombe de 300 kilogrammes à 6 m 30 et une bombe de 1.000 kilogrammes à 9 mètres. »

Nous savons, par ailleurs, que l'aviation américaine, après avoir, pendant un certain temps, utilisé comme bombes de poids maximum la bombe de 1.000 kilogrammes, a entrepris l'étude du lancement de bombes de 2.000 kilogrammes.

Il nous faut donc prévoir des perforations profondes des bombes d'avions en terrain mou.

Ceci nous pousse à nous intéresser aux terrains durs, c'est-à-dire aux terrains rocheux, capables de faire éclater les bombes très tôt. Dans une étude sur les *Magasins en surface et les magasins souterrains*, de M. H. Rakowski, ingénieur, lieutenant-colonel de l'artillerie polonaise, parue dans le supplément n° 9 du *Przegląd Artyleryjski*, 1931, et relative au stockage des substances explosives, nous lisons :

« La construction des abris souterrains est, en effet, résolue ; mais seulement pour un terrain accidenté qui permet de s'enfoncer dans la terre, par la côte. Le coût de la construction d'un pareil abri et de ses accès est très grand. Cependant, on n'a pas toujours à sa disposition un terrain accidenté convenable.

« En terrain plat, la solution est beaucoup plus complexe que coûteuse. En tenant compte de la puissance de perforation des bombes aériennes actuelles, il faudrait enfoncer les abris très profondément, ou, à l'exemple des abris fortifiés avec un enfoncement relativement petit, les abris à munitions devraient avoir de fortes voûtes en béton armé, recouvertes de terre. Une pareille installation d'un nombre important de magasins à munitions exigerait des frais énormes. »

Les dépôts de pétrole ne sont pas des magasins à munitions ; l'explosion est beaucoup moins probable, mais, ceci mis à part, les idées du colonel Rakowski restent applicables.

Retenons donc de ceci qu'une série de collines est le paysage rêvé pour l'installation de réservoirs à pétrole.

Mais il y a lieu de tenir compte d'autres faits.

Une attaque par bombes de fortes dimensions ébranle les collines ; une onde sismique les parcourt et peut produire des dégâts : chute intérieure de blocs de pierre, ébranlement du réservoir lui-même, d'où fuite.

Dans un réservoir construit à l'intérieur d'une colline, nous pouvons admettre que la couche de terre et de rocs sera toujours suffisante pour arrêter la bombe, mais il nous faudra prendre la même précaution qu'avec les réservoirs enterrés, et prévoir une sécurité en cas de fuites accidentelles.

Ce réservoir souterrain peut être soit en tôle, soit en ciment. On aura soin, dans ce dernier cas, d'enduire ses parois d'un des produits nombreux qui sont destinés à s'opposer aux infiltrations de pétrole.

Le réservoir sera établi au-dessus du niveau de la mer, lorsqu'il s'agira d'un port

pour permettre le chargement rapide des navires. Des petits réservoirs seront installés au bord de la mer pour servir de relais.

### **Les dispositions législatives qui intéressent les dépôts d'hydrocarbures privés**

Ainsi, en résumé, la solution des réservoirs souterrains est théoriquement la meilleure, mais a le tort de n'être réellement possible qu'en certains points d'une topographie particulièrement favorable. En outre, elle est fort onéreuse : 800 à 1.000 francs par tonne emmagasinée. Aussi ne doit-on pas s'étonner que la marine nationale ait été jusqu'ici la seule à constituer des dépôts d'hydrocarbures souterrains, en très petit nombre d'ailleurs, et que le gouvernement se soit dernièrement proposé d'alléger son effort financier en classant le parc à mazout souterrain envisagé pour Toulon dans le nouveau programme d'outillage national.

Les dépôts enterrés restent eux aussi très onéreux (400 à 500 francs par tonne emmagasinée) pour une protection bien inférieure à celle offerte par les dépôts souterrains et ils occupent par ailleurs une surface considérable et coûteuse par rapport à celle des dépôts ordinaires non enterrés. Aussi les dépôts enterrés sont-ils restés très rares et les pouvoirs publics ont-ils dirigé les négociants en hydrocarbures vers un tout autre système de protection des dépôts en cas de conflit.

On sait que, justement préoccupée de son insuffisance en ressources pétrolifères naturelles, la France a obtenu, par l'article 7 de l'accord de San-Remo (1920), le droit à 23,75% de la production de pétrole brut à venir de l'Irak-Mésopotamie. Le bénéfice de ces droits a été rétrocédé en 1924 à la Compagnie Française des Pétroles, dont l'Etat est actionnaire privilégié, et, en vue d'assurer le raffinage du pétrole brut national ainsi importé, l'Etat a réservé, en 1930, à une filiale de la Compagnie précédente, le droit de raffiner un tonnage de pétrole brut, dérivés et résidus, correspondant au quart de l'ensemble des produits finis nécessaires à la consommation française. Pareille politique, essentiellement nationale et d'ailleurs ratifiée par le Parlement, présuppose nécessairement le contrôle étroit des importations et du raffinage, donc du stockage, des hydrocarbures liquides en provenance d'autres régions que l'Irak-Mésopotamie. Les principaux organes exécutifs du contrôle des importations ainsi instauré sont l'Office National des Combustibles liquides, le Comité Consultatif du Pétrole et la Commission Interministérielle

ou les Commissions locales des dépôts d'Hydrocarbures.

Ainsi, aucun négociant en gros ne peut créer de dépôt d'hydrocarbures liquides tant soit peu important sans une autorisation officielle qui ne lui est effectivement accordée que si le dépôt projeté cadre avec les directives tracées par le gouvernement pour la protection des dépôts d'hydrocarbures du territoire en cas de conflit maritime ou terrestre. Ces directives, que le public ignore généralement mais qui sont bien connues de tous les importateurs spécialistes, peuvent se résumer ainsi :

1° Limiter les dépôts côtiers au minimum compatible avec les durées de déchargement et les fréquences de voyage des navires de toutes nationalités qui ravitaillent le pays en hydrocarbures liquides ;

2° Disperser, autant que possible, les dépôts entre plusieurs villes et, dans une même ville, entre plusieurs zones ;

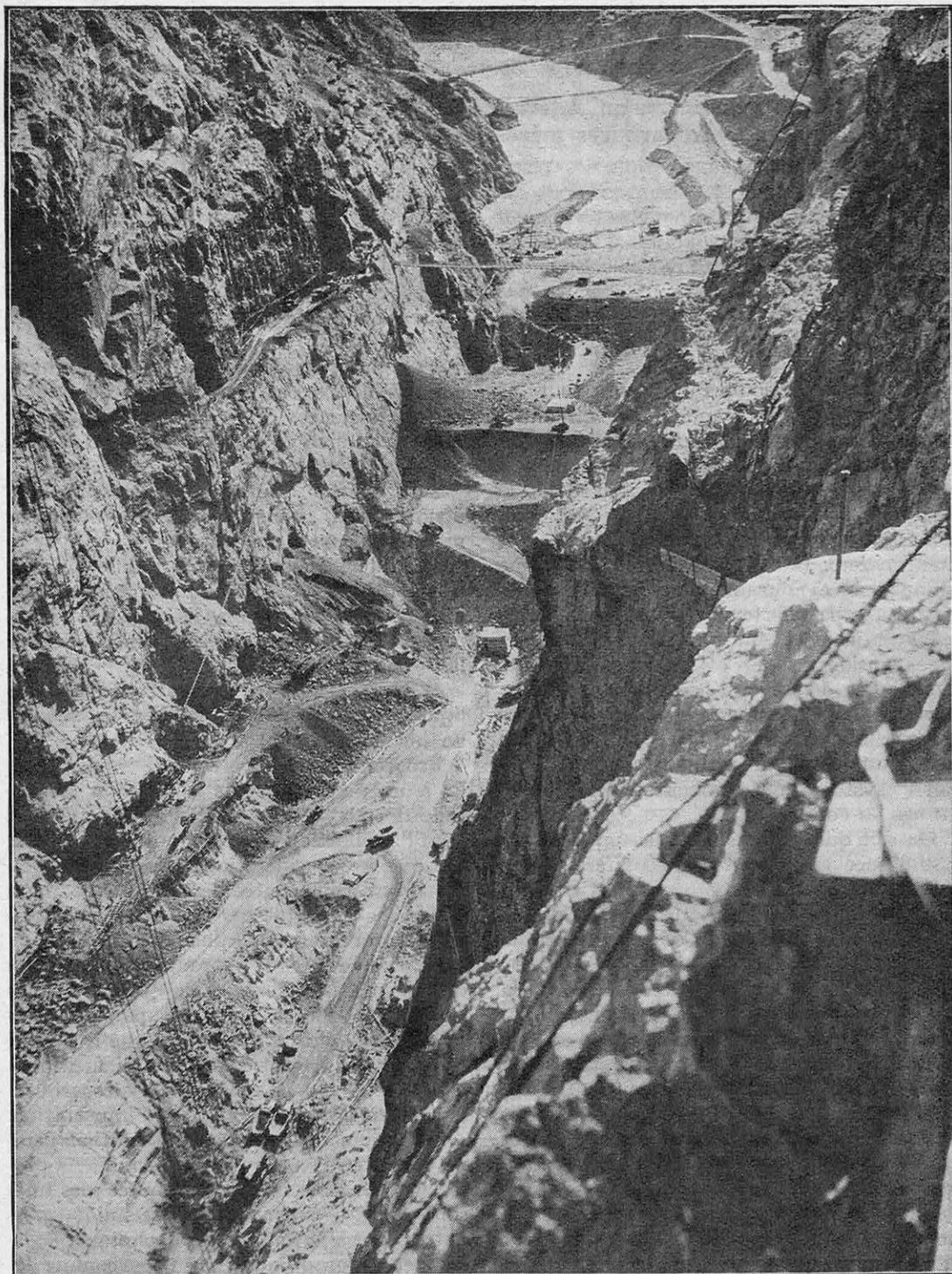
3° Multiplier les dépôts à grande distance des frontières terrestres et maritimes et faciliter l'évacuation éventuelle des stocks frontières d'hydrocarbures vers les dépôts de l'intérieur ;

4° Organiser les dépôts d'hydrocarbures liquides en fonction d'une défense aisée contre un incendie général.

Programme très judicieux, évidemment lié à un programme de répartition territoriale de nos forces navales et aériennes, et dont l'application doit être toute de souplesse puisque ses considérations de sécurité nationale vont à l'encontre des intérêts commerciaux des importateurs de pétrole, évidemment favorables aux grands dépôts d'exploitation peu coûteuse à proximité immédiate des grands ports de débarquement. Programme d'ailleurs complété par certaines mesures administratives telles que le régime douanier du transit intérieur qui facilite la constitution des stocks d'hydrocarbures liquides à distance des ports d'importation.

On voit la diversité des solutions employées pour résoudre le problème de la protection des stocks d'hydrocarbures ; les unes sont d'ordre exclusivement technique ; les autres sont à la fois d'ordre technique, législatif et géographique. Les unes comme les autres sont mises en œuvre présentement pour assurer sans dépenses excessives, mais d'une manière efficace, la protection passive des stocks qui seraient absolument indisponibles au pays dès le début d'un conflit, pour garantir la pleine indépendance de sa marine, de son aviation et de ses unités terrestres motorisées.

H. PELLE DES FORGES.



UNE RÉCENTE PHOTOGRAPHIE DES GIGANTESQUES TRAVAUX ENTREPRIS SUR LE COLORADO (ÉTATS-UNIS) POUR L'ÉDIFICATION DU BARRAGE « HOOVER »

*En partant de l'arrière-plan de la photographie, on voit : le fleuve Colorado, qui a été dérivé dans quatre tunnels de 1.200 mètres de long; le batardeau amont, préservant le chantier, et, enfin, les fondations du barrage « Hoover » lui-même. Celui-ci, avec ses 230 mètres de haut, dépassera de beaucoup comme dimensions tout ce qui a été fait jusqu'ici dans ce domaine. Les théories les plus nouvelles et les plus hardies sont utilisées pour la construction de ce barrage qui entraînera la formation d'un lac de 160 km de long!*

# SUR LE COLORADO, VA SE DRESSER LE PLUS GRAND BARRAGE DU MONDE

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G.

*La houille blanche — l'une des bases de la civilisation moderne — conditionne le progrès industriel et agricole, soit que les chutes d'eau servent à produire l'énergie électrique, soit que cette eau captée serve à l'irrigation et à l'adduction. Nous avons déjà décrit ici les principaux barrages (1) récemment établis, tant en France qu'à l'étranger. Aujourd'hui, le plus grand et le plus curieux barrage du monde est en construction aux Etats-Unis. Ce n'est pas seulement à cause de ses dimensions colossales (près de deux fois plus élevé que les barrages du même type existant dans le monde) que ce barrage, sur le Colorado, se distingue des constructions similaires. Il offre, en effet, à d'autres points de vue, des caractéristiques nouvelles d'un intérêt considérable et original pour le technicien. Il a exigé, notamment, l'emploi de méthodes spéciales, consistant dans l'art de creuser le roc pour y établir des conduits de dérivation de 15 mètres de diamètre et de plus d'un kilomètre de longueur. Il a nécessité, en outre, la mise en œuvre de téléphériques à grande puissance (150 tonnes), comme jamais l'art de l'ingénieur n'en avait édifiés jusqu'ici. De curieux procédés, d'inspiration purement scientifique, y ont été pour la première fois appliqués, afin de vérifier, notamment, la qualité des soudures exécutées pour l'établissement des conduites forcées. C'est une heureuse application des rayons X, dont, précisément, la couverture de ce numéro représente le dispositif. Telles sont, simplement mentionnées dans cette introduction, les caractéristiques de ce barrage géant, qui portera, dans l'histoire, le nom de « Barrage Hoover ». Outre son rôle d'irrigation, qui fut à la base du projet de construction de ce barrage, il permettra de produire près de 2 millions de chevaux-vapeur. La centrale électrique qui utilisera cette puissance sera certainement la plus imposante du monde; elle surclassera de beaucoup celle du Dnieprostroï (2), déjà si fameuse. Le barrage Hoover sera, à notre époque, l'un des plus grands générateurs d'énergie du monde; il sera aussi bienfaisant, grâce à l'irrigation de plusieurs milliers de kilomètres carrés de terres jusqu'ici incultivables et à l'approvisionnement en eau potable de cinq millions d'habitants. Pour se faire une idée de l'œuvre grandiose qui s'accomplit, il suffit d'indiquer que le lac artificiel formé par le barrage Hoover aura plus de 160 kilomètres de long; il dépassera, par ses dimensions, le lac Léman!*

QU'IL s'agisse de la captation de la houille blanche, de l'irrigation ou de la régularisation des cours d'eau, l'utilisation de l'eau constitue un des domaines où la technique de l'ingénieur a donné lieu aux plus belles réalisations. L'édification des barrages a eu, tout d'abord, pour but de retenir les eaux et de former des lacs artificiels de dimensions variables, soit pour régulariser des fleuves, soit pour alimenter en eau potable de grandes cités, soit pour mettre en valeur des terres arides. Ainsi, le barrage établi à Sennar (Egypte), sur le Nil Bleu, qui mesure 3.025 mètres de long (c'est le plus long du monde), est destiné à régulariser le cours du Nil. Le barrage du Marathon (258 mètres de long, 54 mètres de haut) sert à alimenter la ville d'Athènes

(Grèce). Il est entièrement revêtu de marbre.

Aujourd'hui, c'est surtout pour actionner les puissantes turbines des grandes centrales modernes que de tels travaux sont envisagés. Nous avons montré déjà (1) les diverses formes que peut présenter un barrage, selon la nature du cours d'eau utilisé. Ainsi, pour les torrents montagnards dont la pente naturelle est assez grande, le barrage est réduit à sa plus simple expression. Il est alors uniquement destiné à créer la chambre de prise d'eau, d'où un canal d'amenée à pente très faible conduit l'eau au sommet des conduites forcées aboutissant à l'usine. Dans ce cas, la chute est due uniquement à la différence de pente entre le torrent et le canal d'amenée. C'est le domaine des *grandes chutes* et des *faibles débits*. Au contraire, la captation de l'énergie d'un

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, page 49.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 176, page 90.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 175, page 49.

fleuve pose un tout autre problème (*faibles chutes, grands débits*). Le barrage qui traverse le fleuve prend des dimensions importantes. Deux solutions sont encore à envisager : ou bien un large canal d'aménée conduit l'eau à de vastes conduites forcées, ou bien le barrage crée par lui-même la chute nécessaire, et la centrale est établie à son pied. Le premier cas est celui d'un fleuve coulant dans une large vallée, comme le Drac, près de Grenoble. Le canal d'aménée est remplacé par une conduite en béton armé de 6 mètres de diamètre. La seconde solution est mise en œuvre lorsque les conditions géographiques permettent la création d'un lac artificiel, c'est-à-dire lorsque le cours d'eau coule dans des gorges encaissées. C'est le cas de l'aménagement hydroélectrique de la Truyère dont nous avons parlé récemment (1). On obtient ainsi des chutes moyennes et des débits moyens.

C'est précisément ces dernières circonstances qui ont donné lieu aux ouvrages les plus importants. Le barrage du Colorado, actuellement en construction aux Etats-Unis, et qui sera le plus grand du monde, constitue à cet égard un remarquable exemple d'aménagement hydroélectrique.

C'est précisé-

ment ces dernières circonstances qui ont donné lieu aux ouvrages les plus importants. Le barrage du Colorado, actuellement en construction aux Etats-Unis, et qui sera le plus grand du monde, constitue à cet égard un remarquable exemple d'aménagement hydroélectrique.

### Les canyons du Colorado

Grand fleuve de 2.200 kilomètres de long, le Colorado prend sa source dans les Montagnes Rocheuses, près des glaciers du pic Frémont. Il traverse tout d'abord l'aride plateau du Colorado, puis les déserts de l'Arizona, avant de se jeter dans le golfe de Californie. C'est un fleuve fort turbulent qui, dans la plaine, change son cours, sort de son lit, tantôt roule des flots tumultueux

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 332.

et tantôt est presque à sec. Son débit varie de 5.600 à 34 mètres cubes à la seconde. C'est dans la traversée du plateau du Colorado, formé par des terrasses d'une hauteur moyenne de 2.000 mètres, que le fleuve traverse les fameuses gorges (canyons) célèbres dans le monde entier pour leur profondeur et leur beauté. Cette configuration était éminemment favorable à l'établissement d'un barrage à la fois régulateur du débit du fleuve et créateur d'une importante réserve de houille blanche. C'est à cet ouvrage

que le président Hoover a attaché son nom.

### Le barrage « Hoover »

Le barrage « Hoover », appelé aussi *Boulder Dam* (du nom du canyon où il est édifié), sera de beaucoup le plus grand du monde. Il fait partie, en en formant l'ouvrage principal, d'un ensemble de travaux destinés à améliorer la navigation sur le Colorado, à irriguer des terres arides et à produire une

quantité énorme d'énergie électrique.

Dès 1918, les études géologiques furent entreprises. En six ans, 500.000 dollars furent dépensés pour ces travaux préliminaires.

Lorsqu'il sera achevé, le monumental barrage créera un lac artificiel de 160 kilomètres de long et de 192 mètres de profondeur, d'une capacité de 34 milliards de mètres cubes représentant le débit moyen du fleuve pendant dix-huit mois. La régularisation du cours du Colorado, portant ainsi sur plus d'une année, sera portée au maximum. Sur ces 34 milliards, 11 milliards et demi de mètres cubes sont prévus plus spécialement pour la régularisation, le reste devant servir pour l'irrigation, l'alimentation en eau des villes de Californie et la production d'électricité.

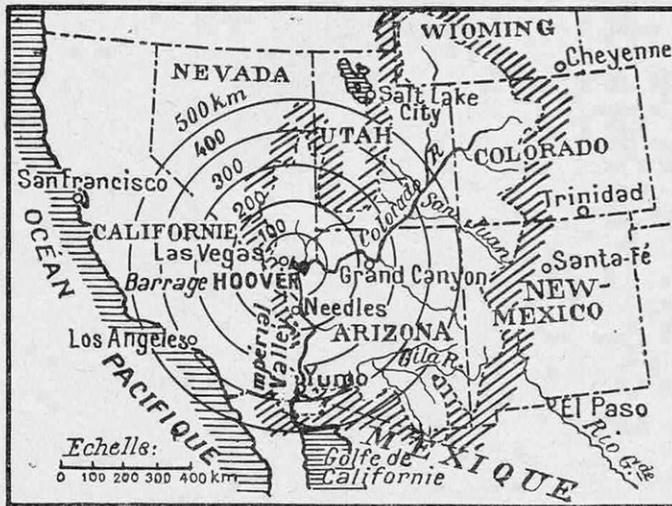


FIG. 1. — CARTE MONTRANT L'EMPLACEMENT DU BARRAGE « HOOVER » SUR LE FLEUVE COLORADO

La région entourée de hachures correspond au bassin du Colorado. Ce fleuve, de 2.200 kilomètres de long, au cours très capricieux, sera régularisé par le barrage « Hoover ». Cet ouvrage permettra d'irriguer 800.000 hectares de terrains et d'alimenter en eau potable la ville de Los Angeles, qui comprend 1.300.000 habitants. Enfin, près de 2 millions de chevaux seront ainsi captés.

Le barrage « Hoover », par la création de ce colossal réservoir, permettra d'alimenter une centrale de près de deux millions de chevaux, assurera l'irrigation de 800.000 hectares de terrains et donnera à la ville de Los Angeles, dont la population atteint actuellement 1.300.000 habitants, l'eau potable qui lui fait encore défaut malgré certains travaux qui se sont révélés insuffisants.

de béton qui forme ces tunnels a une épaisseur variant de 0 m 60 à 1 m 80. Le volume du béton coulé est de 305.000 mètres cubes. Le sable et le gravier furent amenés par camions à la « centrale à béton ». Sous les trémies de lavage et de triage circulent deux transporteurs à courroies de 1 mètre et de 160 mètres de long, qui élèvent les matériaux à 45 mètres. Le ciment, arrivant en vrac au

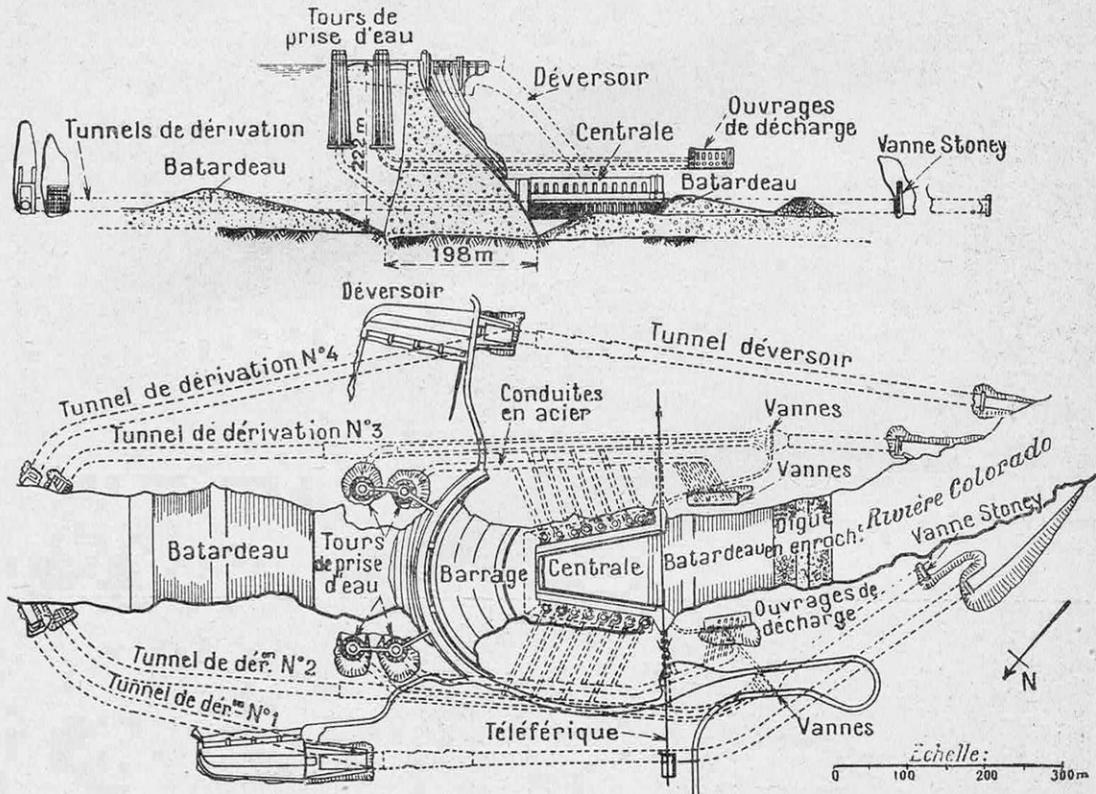


FIG. 2. — COUPE ET PLAN DES TRAVAUX DU BARRAGE « HOOVER »

Pendant l'exécution des travaux, le Colorado a été dérivé à travers quatre tunnels de 15 mètres de diamètre. Le batardeau amont sera submergé lorsque le barrage aura atteint une hauteur suffisante. Les tunnels 1 et 4 seront obturés à l'amont. Les deux autres (2 et 3) serviront, concurremment avec les tours de prise d'eau, à alimenter les conduites forcées aboutissant aux turbines hydrauliques de la centrale.

### Comment furent exécutés les travaux préliminaires

Avant d'entreprendre la construction du barrage lui-même, il était évidemment indispensable de détourner le cours du Colorado. Celui-ci étant profondément encaissé, on ne pouvait songer à la création d'une dérivation à ciel ouvert. Aussi a-t-on percé quatre tunnels (voir fig. 2), deux sur chaque rive. Chacune de ces galeries souterraines mesure 15 mètres de diamètre, soit près de deux fois le diamètre du tunnel du chemin de fer Métropolitain de Paris. Quant à leur longueur, elle est de 1.200 mètres. La couche

chantier, fut déchargé au moyen de deux pompes mobiles qui le débitaient par un tuyau de 1 m 25 de diamètre. Le dosage des divers éléments du béton était entièrement automatique, grâce à des trémies mesureuses.

Ces galeries ne resteront pas inutilisées lorsque le barrage sera achevé. Deux d'entre elles (les plus voisines du fleuve) serviront de conduites forcées et les deux autres évacueront les eaux des déversoirs de crue. Ces tunnels ont été ouverts les 13 et 14 novembre 1932. Mais, pour que toute l'eau emprunte ces dérivations, il était évidemment nécessaire de barrer le fleuve. Aussi

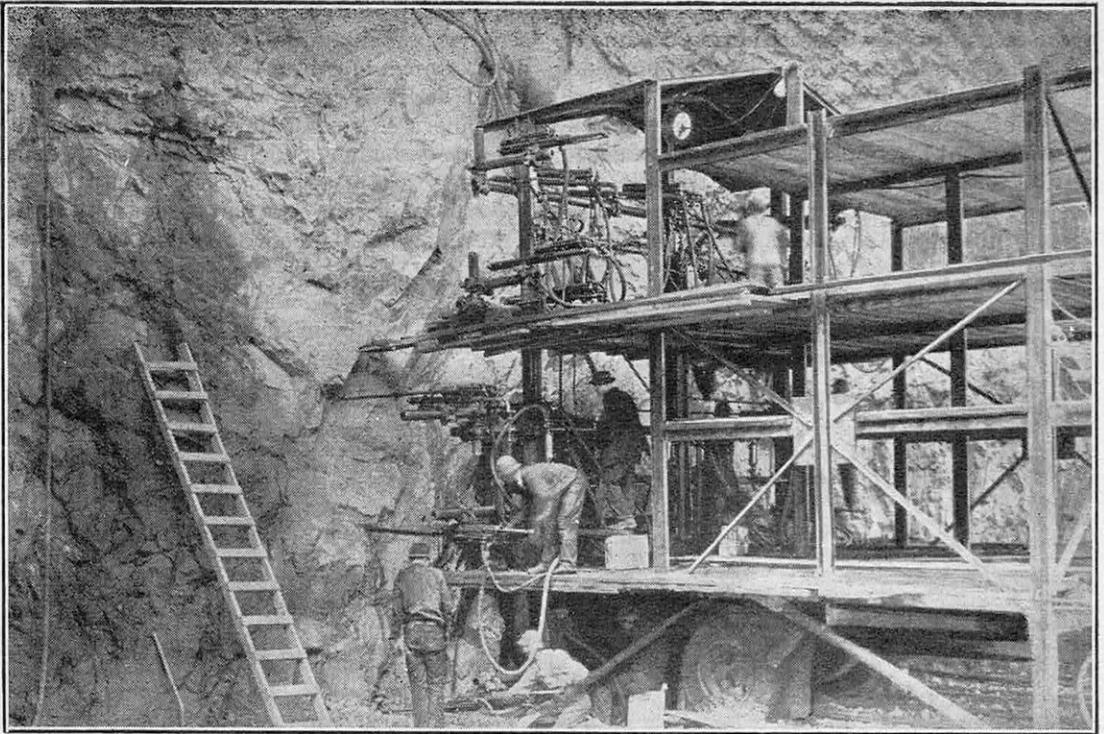


FIG. 3. — VINGT PERFORATRICES A AIR COMPRIMÉ ONT ÉTÉ MISES EN ACTION POUR PRÉPARER LES « COUPS DE MINES » NÉCESSAIRES A L'ÉTABLISSEMENT DES TUNNELS DE DÉRIVATION

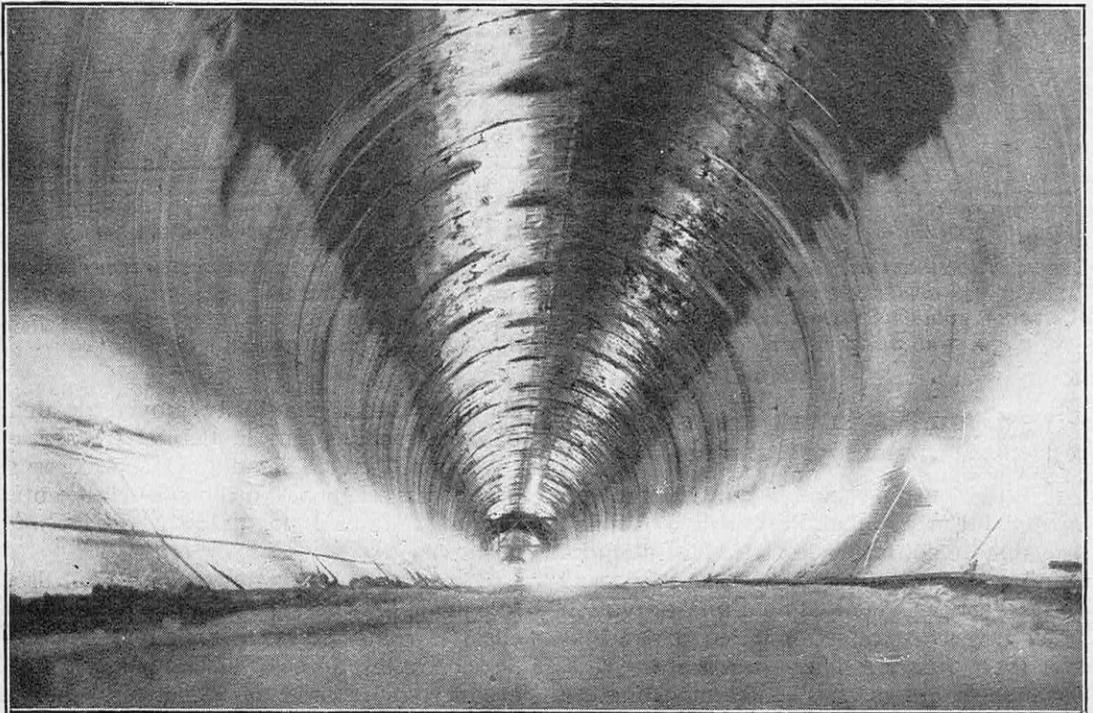


FIG. 4. — UNE DES GALERIES DE 9 MÈTRES DE DIAMÈTRE, RECOUVERTE INTÉRIEUREMENT DE TOLES D'ACIER SOUDÉES DONT LE CONTRÔLE A ÉTÉ ASSURÉ D'UNE FAÇON CONSTANTE ET PRÉCISE PAR RAYONS X (VOIR LA COUVERTURE DE CE NUMÉRO)

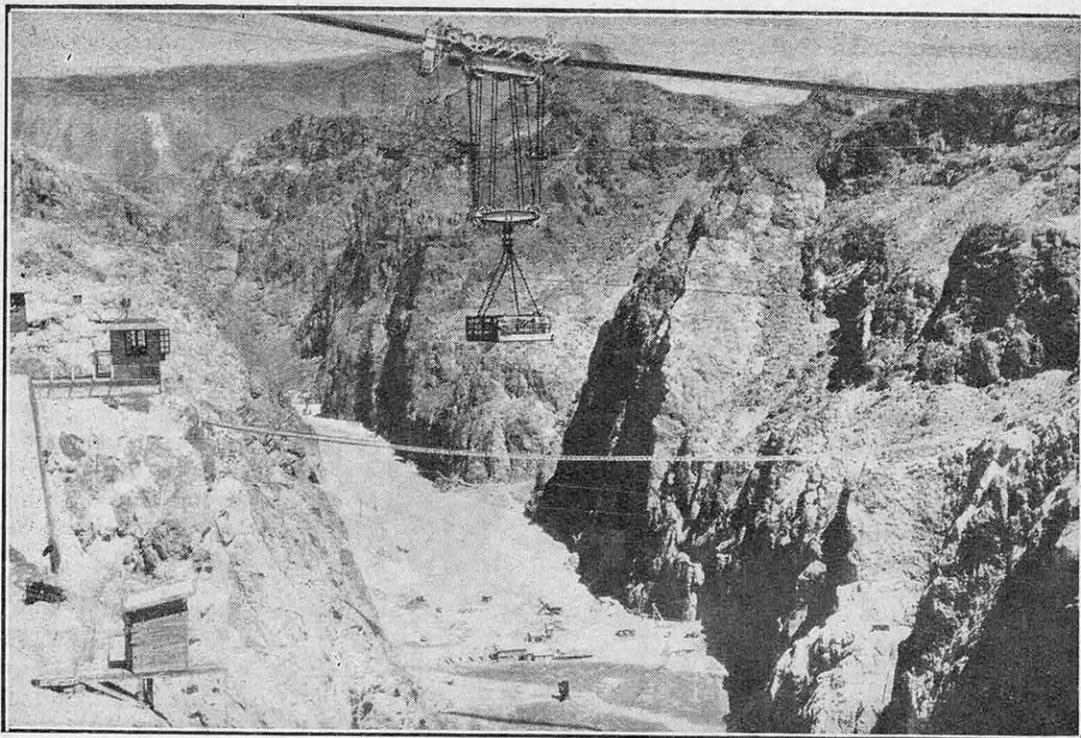


FIG. 5. — LE TÉLÉPHÉRIQUE DE 150 TONNES UTILISÉ POUR APPORTER A PIED D'ŒUVRE LES MATÉRIAUX NÉCESSAIRES A LA CONSTRUCTION DU BARRAGE « HOOVER »  
C'est le téléphérique le plus puissant qui ait jamais été établi dans le monde.

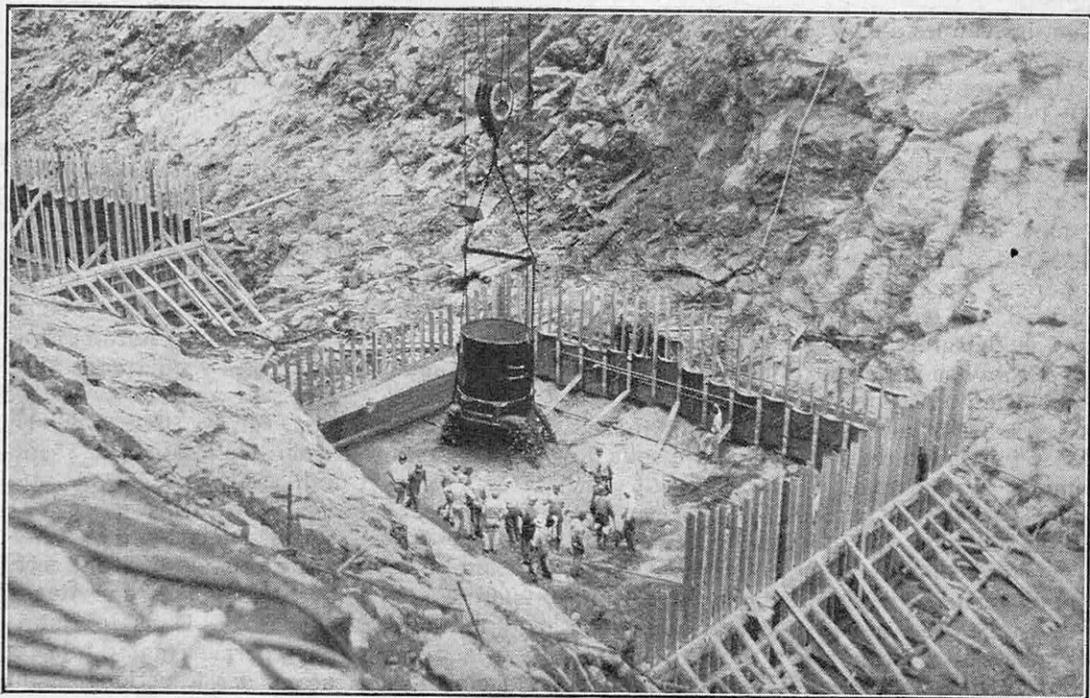


FIG. 6. — ON PROCÈDE AU BÉTONNAGE D'UN DES PILIERS — DONT LA RÉUNION FORMERA LE BARRAGE « HOOVER » — AU MOYEN DE CAISSES A FOND MOBILE  
Cette photographie représente le moment précis où la caisse, en s'ouvrant, laisse échapper le béton.

avait-on entrepris, quelques mois auparavant, la construction du batardeau supérieur. Dans les trente heures qui ont suivi l'écoulement de l'eau par les tunnels, ce batardeau fut achevé et tout le flot se trouva dérivé. Ce batardeau, dont la masse principale comporte 16.000 mètres cubes de gravier, est revêtu, de chaque côté, de rocs sur une épaisseur de 1 mètre environ. La partie amont est protégée au moyen de tôles et le tout est recouvert de béton. La crête du batardeau (27 mètres de haut) est à peu près de 4 mètres du niveau présumé pour un débit maximum de 6.000 mètres cubes à la seconde.

Afin de travailler dans un terrain absolument sec, un deuxième batardeau fut établi à l'aval de l'emplacement du barrage et un tunnel creusé sous le lit rocheux du fleuve. Dès que le barrage s'éleva au-dessus des orifices d'entrée des tunnels de dérivation, les vannes d'ouverture des tunnels 1 et 4 seront fermées et l'écoulement de l'eau sera assuré par des vannes latérales situées aux orifices amont des tunnels 2 et 3. Le batardeau supérieur sera alors submergé tandis que le batardeau inférieur sera détruit.

Nous avons parlé tout à l'heure de déversoirs. Il en existe un sur chaque rive ; leur crête, à profil arrondi, mesure 210 mètres de long et se trouve à 2 m 50 au-dessous du sommet du barrage. Ils aboutissent aux tunnels de dérivation 1 et 4 (fig. 2) par une galerie inclinée dont le diamètre varie de 21 mètres à 15 mètres. Ces tunnels sont précisément ceux qui seront bouchés lorsque le barrage dépassera le niveau de leurs orifices. Cette fermeture a exigé d'ailleurs des travaux particuliers. Il fallait, en effet, tout d'abord interdire l'accès de l'eau en amont. On utilisera pour cela un bloc de béton construit sur trois colonnes de béton qui le soutiendront au-dessus de l'entrée.

Ces colonnes seront elles-mêmes supportées par du sable remplissant trois puits créés à cet effet. Il suffira alors de chasser ce sable par injection d'eau pour que les colonnes descendent jusqu'à ce que le bouchon obture exactement le tunnel.

Quant aux tunnels de dérivation 2 et 3, ils serviront, avons-nous dit, à alimenter les conduites forcées des turbines concurrentement avec des tours de prises d'eau situées dans le lac artificiel créé par le barrage.

Des ouvrages de décharge seront établis sur les deux rives, répartis en deux groupes commandés par une vanne cylindrique placée au bas de chaque tour de prise d'eau.

Signalons enfin que les tunnels 2 et 3 seront obturés à l'aval par une vanne Stoney de 15 mètres sur 15 mètres.

### Le plus grand barrage du monde

Le barrage « Hoover » dépassera de loin tout ce qui a été fait dans ce domaine. Il ne mesurera pas moins, en effet, de 230 mètres de haut au-dessus du point le plus bas des fondations (le barrage de Sarrans, sur la Truyère, ne mesure que 105 mètres de haut et celui du Sautet, sur le Drac, aura 137 mètres de haut). Sa crête, de 360 mètres de long, sera tracée suivant un arc de cercle de 150 mètres de rayon. Son épaisseur à la base sera de 214 mètres et à son sommet, de 15 mètres. Pour son établissement, 2.600.000 mètres cubes de béton seront utilisés.

Pour éviter les effets néfastes de la dilatation et de la contraction du béton, cette énorme masse est établie par blocs verticaux de 15 mètres  $\times$  15 mètres. Dans les joints verticaux, des tubes permettront d'injecter du ciment. De même, des injections seront faites après l'exécution de chaque tranche de 30 mètres de hauteur. Il ne faudra pas moins de deux ans et demi de coulées, avec un débit pouvant atteindre 385 mètres

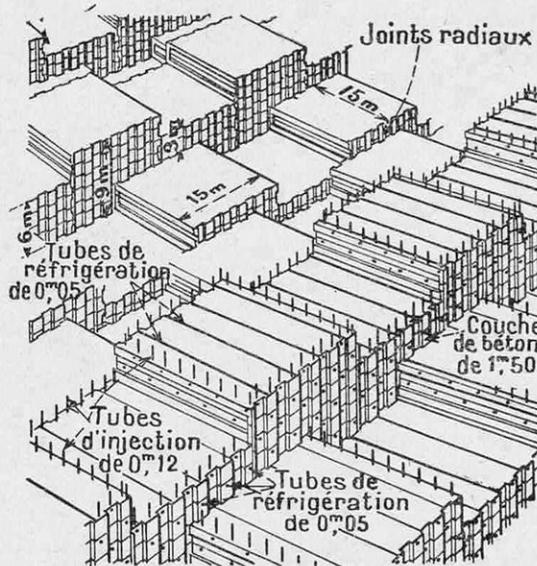


FIG. 7. — SCHEMA MONTRANT COMMENT ON PROCÈDE A LA CONSTRUCTION DU BARRAGE « HOOVER » PAR PILIERS SÉPARÉS

*Entre des piliers de 15  $\times$  15 mètres seront injectés des joints de ciment. Des tubes de réfrigération (240.000 mètres de tubes), parcourus par 8.000 litres d'eau à la minute, évitent l'échauffement de la masse pouvant provenir de la chaleur dégagée par la prise du béton.*

cubes à l'heure, pour mener à bien l'œuvre entreprise. Comme pour le béton des tunnels de dérivation, tous les éléments sont pesés et la composition du béton contrôlée automatiquement.

Le béton est mis en place par couches de 1 m 50. Des soins tout à fait exceptionnels, justifiés par la dimension non moins exceptionnelle de l'ouvrage, sont pris pour réaliser le maximum de solidité. Ainsi, chaque couche de 1 m 50 ne doit être déposée que tous les trois jours, sans dépasser 10 mètres en trente jours. On

n'utilise pas le procédé des bétons coulés et, seuls, le transport et la mise en place par caisses à fond mobile sont autorisés. Ceci permet de vérifier chaque apport, tandis qu'avec les bétons coulés on ne peut éviter le mélange de plusieurs « gachées ». De plus, le béton ne doit pas tomber d'une hauteur supérieure à 1 m 50 ; il ne doit pas non plus être mis en un seul tas, pour être repris ensuite et égalisé ; le béton est damé et bourré pour remplir exactement les coffrages. Signalons également que tout un réseau de tuyaux (240.000 mètres

de tubes de 5 centimètres) assure la réfrigération du béton, dont la prise dégage, on le sait, de la chaleur. L'agent de réfrigération est de l'eau dont la température ne descend pas au-dessous de 1°5. Le débit de cette eau est de 1.300 à 8.000 litres par minute.

Enfin, tout le parement amont du barrage, comme les surfaces extérieures des tours de prises d'eau et des bouchons des tunnels, seront enduits d'une couche de « gunite » (ciment projeté par une sorte de canon).

Actuellement, le bétonnage du barrage est commencé. On compte que l'ensemble sera achevé en 1937.

### Une organisation modèle de travail : un téléphérique de 150.000 kilogrammes

Apporter à pied d'œuvre les matériaux nécessaires à la construction d'un travail

aussi grandiose, profondément encaissé dans les gorges du Colorado, constituait un problème délicat. C'est aux téléphériques que l'on a fait appel pour cela, aussi bien d'ailleurs pour le personnel — qui a compté jusqu'à 3.882 ouvriers — que pour les matériaux.

Au début, un certain nombre de petits téléphériques furent utilisés. Puis, pour les déversoirs, les tours de prises d'eau et le barrage lui-même, on a établi cinq téléphériques de 20 tonnes, du type à tours mobiles. Le câble support employé mesurait 7 cm 5 de

diamètre et pouvait résister à une traction de 450 tonnes. Quant au câble sans fin, il mesurait 2 cm 5 de diamètre. Exceptionnellement, les téléphériques portèrent des charges de 40 tonnes et le contrepoids en béton pouvait équilibrer 60 tonnes. Les tours mobiles, en forme de pyramides, étaient portées par quatre ou huit chariots roulant sur des rails. Chaque téléphérique était mû par un moteur électrique de 500 ch à 2.200 volts. Deux de ces appareils avaient 425 mètres de portée ; deux autres, 780 mètres ; le cinquième, 420 mètres.

Un téléphérique beaucoup plus puissant est utilisé pour le barrage lui-même. Porté par une tour de près de 30 mètres de haut du côté de la Nevada, le câble est scellé sur l'autre rive

dans des blocs de béton encastrés dans le roc. Six câbles d'acier de 9 centimètres de diamètre, pouvant résister chacun à une traction de 770 tonnes, placés côte à côte, supportent les wagonnets montés sur quarante-huit poulies. Ces wagonnets peuvent emporter une charge de 150 tonnes !

### Une centrale électrique de près de 2 millions de chevaux

Au pied du barrage, accolée contre lui, la centrale électrique aura la forme d'un U dont les branches seront contre les parois du canyon. En réalité, elle se composera de deux usines indépendantes, longues de 150 mètres, larges de 20 et hautes de 27 mètres au-dessus du plancher des génératrices. Chaque usine est alimentée par deux tours de prises d'eau, l'une reliée par une galerie de 9 mètres de diamètre aux conduites

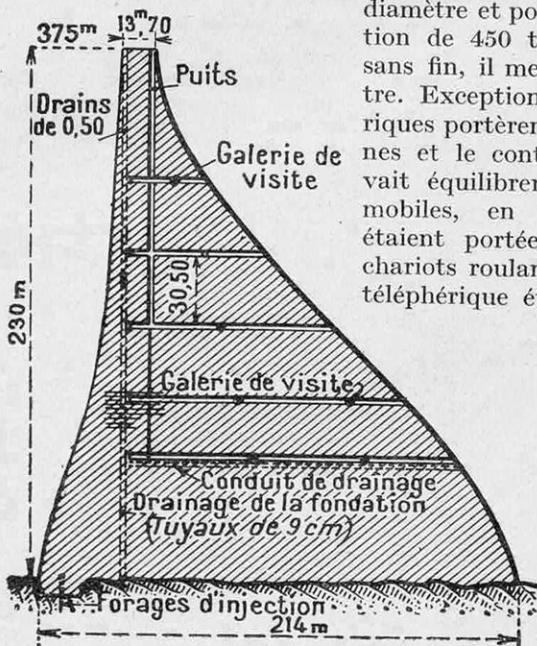


FIG. 8. — COUPE DU BARRAGE HOOVER, MONTRANT SA FORME TRÈS ÉLARGIE À LA BASE ET LES GALERIES PRÉVUES POUR LES VISITES ET LE DRAINAGE

forcées, l'autre utilisant une portion des tunnels de dérivation les plus proches du fleuve pour amener l'eau aux conduites forcées.

Les centrales comprendront quinze génératrices de 55.000 kilowatts à 50 périodes, deux génératrices de 40.000 kilowatts à 60 périodes. Lorsque l'ensemble prévu sera en service, 1.835.000 chevaux en 17 unités seront ainsi disponibles.

Chaque turbine hydraulique de 90.000 ch est alimentée par une conduite forcée particulière, sous une hauteur de chute de 170 à 180 mètres.

### Les rayons X et le contrôle des conduites

Les sections de tubes d'acier, ayant jusqu'à 9 mètres de diamètre, 7 m 30 de long et pesant 150 tonnes, ont pu être amenées à pied d'œuvre grâce au téléphérique dont nous avons parlé. Ces tronçons ont été ensuite soudés entre eux. 120 kilomètres de soudure ont été ainsi effectués !

Pour en contrôler la bonne exécution, c'est aux rayons X que l'on eut recours. Une installation électrique à 300.000 volts, immergée dans l'huile, fut établie à cet effet : 159.000 radiographies, représentant 15.000 mètres carrés de photographies, furent exécutées. L'appareillage utilisé, résistant aux chocs, constitue un nouveau record dans cette œuvre où tout est gigantesque. Toute la partie haute tension (transformateurs, condensateurs, kénotrons et tubes à rayons X) est scellée dans l'huile, dans un récipient, monté, avec son dispositif de commande, sur un chariot pouvant se déplacer dans les galeries à contrôler. Des boucliers de plomb limitent le faisceau des rayons X à la partie examinée. (Voir la couverture de ce numéro.)

### Les bienfaits escomptés de la grandiose entreprise

L'Etat américain de Californie, enclavé entre les hauts sommets de la Sierra Nevada et l'océan Pacifique, ne reçoit que des quantités de pluies très faibles, au maximum 120 millimètres, qui tombent principalement pendant les deux mois de janvier et février.

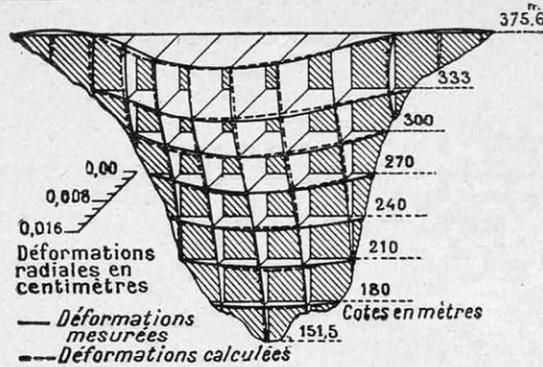


FIG. 9. — SUR UNE MAQUETTE DE 1 MÈTRE DE HAUT, ON A MESURÉ LES DÉFORMATIONS DU FUTUR BARRAGE HOOVER

*Le béton du barrage est remplacé par du plâtre fin mélangé à de la célite, et l'eau par du mercure. On voit que les déformations mesurées se rapprochent extrêmement de celles obtenues par le calcul.*

Sa fertilité dépend essentiellement de son irrigation artificielle que le Colorado — seul grand fleuve de la région — doit assurer.

L'eau et la force motrice sont indispensables au développement économique du bassin du Colorado. Depuis quatre cents ans que le pays a été découvert par Cortez, de nombreuses études ont été faites pour utiliser l'eau du Colorado. Indépendamment des difficultés considéra-

bles d'ordre technique, des difficultés d'ordre administratif ont surgi, du fait que le Colorado et ses affluents baignent sept Etats différents des Etats-Unis et que les plans établis par chacun de ces Etats se contredisaient l'un l'autre.

Depuis cinquante ans, la région la plus stérile du bassin du Colorado a été transformée, grâce à l'esprit d'entreprise des habitants, en des jardins fruitiers et maraîchers. A l'heure actuelle, environ 10.000 kilomètres carrés de pays ont pu être ainsi fertilisés ; il reste néanmoins encore 2.000 kilomètres carrés où l'eau doit être amenée d'une façon artificielle.

Il faut également de l'eau potable pour environ 5 millions d'individus, dont 2 millions habitent dans les villes de la côte de la Californie Sud. La grande ville du pays, Los Angeles, avec ses 1.300.000 habitants, doit aller chercher son eau à 400 kilomètres de distance, dans les hauteurs de la Sierra Nevada. Comme cette quantité d'eau n'est pas encore suffisante, un aqueduc de 430 kilomètres doit être établi, qui puisera 1,3 milliard de mètres cubes dans le lac artificiel formé par le barrage « Hoover ».

Quant à la formidable quantité d'énergie hydraulique disponible, elle permettra l'exploitation des richesses minérales de la région du Nord.

Ainsi, l'alfa, le coton, les primeurs, les légumes et les fruits pourront être cultivés en abondance. Ces produits seront absorbés par les débouchés nouveaux et importants créés par l'industrialisation de la région, grâce au plus remarquable aménagement hydroélectrique qui ait jamais été réalisé.

JEAN MARCHAND.

# POURQUOI L'ALLEMAGNE S'INTÉRESSE A NOTRE FUSIL-MITRAILLEUR

Par le lieutenant-colonel REBOUL

*L'expérience de la guerre 1914-1918 a montré qu'il était nécessaire de doter l'infanterie d'armes automatiques (1) ultra légères à tir rapide ; aussi toutes les armées du monde ont-elles créé ou adopté des modèles de mitrailleuses légères et de fusils-mitrailleurs que les progrès de la technique perfectionnent chaque année. A cet égard, le fusil-mitrailleur modèle 1924, actuellement en service dans l'armée française, constitue pour le moment un excellent type. C'est l'une des raisons pour lesquelles l'Allemagne cherche constamment, par l'intermédiaire de ses Services de renseignements, à connaître les modifications que l'on est en voie d'y apporter.*

**L**es Allemands s'intéressent fort à notre fusil-mitrailleur. Il n'est point de semestre que leurs services d'espionnage n'essaient de s'en procurer au moins un exemplaire. Ils voudraient s'assurer ainsi si nous n'avons point apporté d'amélioration importante dans le fonctionnement de cette arme.

Cette ardeur à se renseigner nous surprendrait si nous ne savions pas qu'aucun renseignement, concernant notre armement, si futile soit-il, n'est négligé par eux. Tout leur

tue une solution élégante du problème posé par l'infanterie à ceux qui doivent lui livrer l'armement dont elle a besoin : c'est une arme légère, à tir automatique, pouvant débiter, pendant de courtes périodes, une quantité considérable de projectiles, au tir suffisamment précis aux distances rapprochées pour atteindre un défenseur peu visible, d'un encombrement réduit, tel qu'elle peut être établie dans un trou d'obus, d'un poids léger de manière à pouvoir être transportée normalement à dos d'homme.

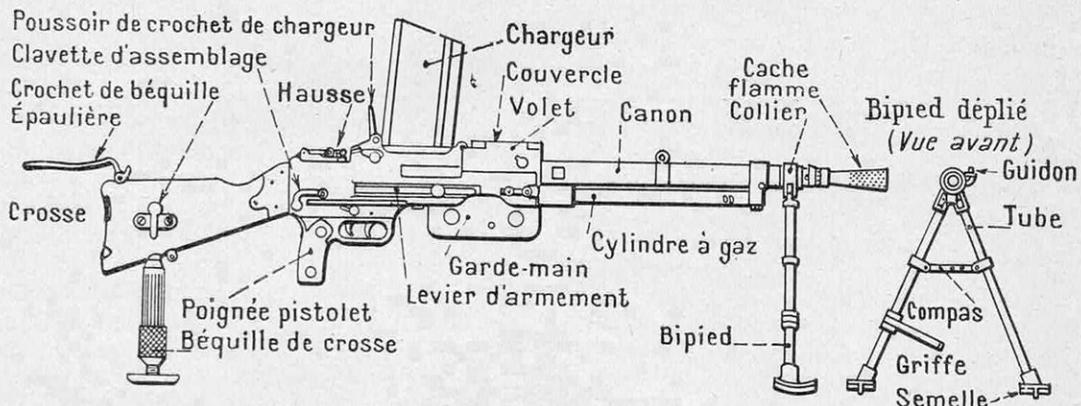


FIG. 1. — VOICI LES PRINCIPAUX ORGANES DU FUSIL-MITRAILLEUR FRANÇAIS, MODÈLE 1924

est bon. Ils jugent qu'en accumulant les connaissances plus ou moins confidentielles qu'ils peuvent se procurer sur notre armée, ils pénétreront ses secrets !

Notre fusil-mitrailleur, cependant, n'est point une arme inconnue. Son fonctionnement est exposé tout au long dans nos documents officiels ; ceux-ci en publient même les croquis les plus détaillés et les plus exacts. A la vérité, notre F. M. 1924 consti-

Notre fusil-mitrailleur 1924 répond à toutes ces conditions ; depuis les dernières modifications qui lui ont été apportées, et qui ont eu pour but de remédier à certains enrayages, il constitue, à plusieurs points de vue, une arme supérieure à la mitrailleuse légère allemande. Il fonctionne par emprunt de gaz à l'extrémité du canon (1). Sa cadence de tir, qui serait normalement au moins égale à 600 coups-minute, a été automati-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 193, page 19.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 193, page 19.

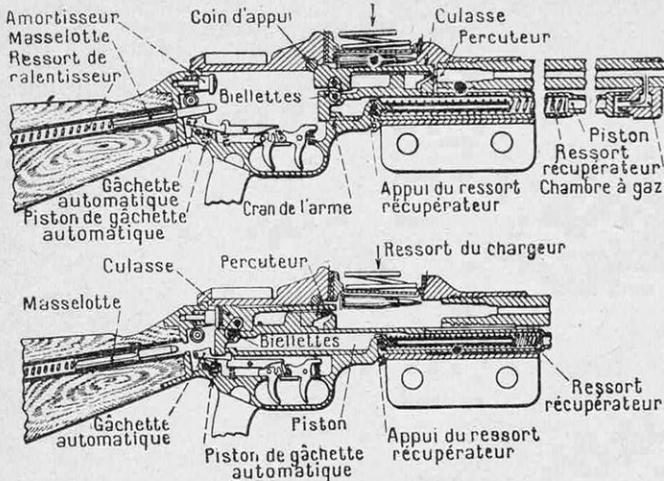


FIG. 2. — SCHEMA DU FUSIL-MITRAILLEUR DE L'ARMÉE FRANÇAISE DANS DEUX POSITIONS DIFFÉRENTES  
En haut, le coup vient de partir. En bas, la culasse est ouverte.

quement abaissée à 450 environ par l'action d'un ralentisseur.

Cette arme, d'un poids de 8 kg 930 avec son bipied qui permet de la tirer reposant sur le sol, fonctionne comme suit :

Supposons le coup parti (fig. 2). Une partie des gaz, après l'expulsion de la cartouche, passe par un trou spécialement aménagé dans le canon — c'est la chambre à gaz — et vient agir sur le fond du piston qui, sous cette pression, est obligé de reculer. Il le fait en comprimant un ressort spécial, dit récupérateur. Dans ce mouvement, il entraîne le percuteur qui est expulsé de l'ouverture par laquelle il a frappé l'amorce.

Culasse et piston étant rendus solidaires par les bielles, la culasse doit suivre le piston dans son mouvement vers l'arrière ; elle est obligée pour cela de s'abaisser et de dégager le point d'appui. L'extracteur, entraîné par la culasse, arrache la cartouche de la chambre. Au moment où la cartouche, par son culot, heurte l'éjecteur, elle est chassée violemment hors du canon.

Pour empêcher un choc trop violent, le recul de l'ensemble, culasse et piston, est amorti par une pièce spéciale, dite amortisseur. La face postérieure de la culasse heurte en même temps une masselotte qui est rejetée en arrière et comprime le ressort du ralentisseur.

Dès le début de cette opération, la gâchette automatique, sous l'influence d'un piston, se dresse, verrouille le cran de l'arme (fig. 2).

L'ensemble est immobilisé. Pendant ce temps, le ressort du chargeur a introduit une nouvelle cartouche qui est placée sur le trajet de la culasse.

Sous l'influence du ressort ralentisseur, la masselotte est reportée en avant ; elle abaisse la gâchette automatique. L'ensemble culasse-piston est libéré. Il reprendra sa position primitive sous l'action du ressort récupérateur.

Comment faire partir le coup, dans les deux cas qui peuvent se présenter, tir coup par coup ou tir par rafales ?

Dans le fusil-mitrailleur 1924, ces deux mécanismes de tir sont obtenus au moyen de deux détetes différentes (voir fig. 3).

Dans le tir par rafales, le tireur appuie sur la queue de la détente-mitrailleuse ; il soulève ainsi le bras de la gâchette contre lequel repose son talon. La gâchette bascule autour de son axe ; son autre bras s'affaisse. Le piston est libéré. Le tir commence ; il continue tant qu'il y a des cartouches et aussi longtemps qu'on agit sur la queue de la détente de mitrailleuse. En la lâchant, la tête de gâchette est libérée et vient pénétrer dans le cran de l'arme. Le tir s'arrête.

En agissant sur la queue de la détente coup par coup, on soulève le mentonnet qui fait opérer à la gâchette le début du mouvement précédent. Le piston est libéré, le coup part. Mais le mentonnet, en continuant son mouvement ascensionnel, n'agit plus sur la gâchette qui, sous la pression de son ressort, accroche le cran de l'arme. L'ensemble est immobilisé. Dès qu'on lâche la queue de la détente, le mentonnet est ramené par son ressort à sa position initiale.

Ce sont là dispositifs normaux qu'on trouve presque identiques dans le fusil-

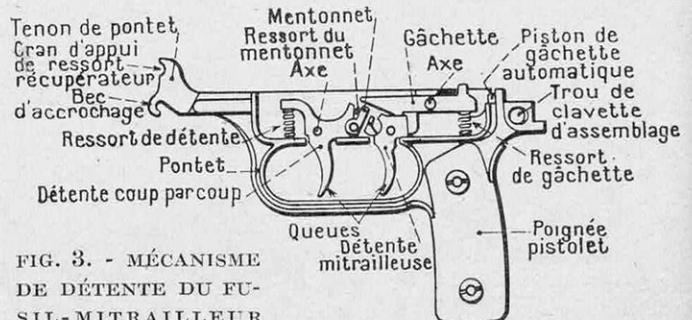


FIG. 3. - MÉCANISME DE DÉTENTE DU FUSIL-MITRAILLEUR

On remarquera les deux gâchettes : l'une pour le tir coup par coup, l'autre pour le tir automatique (mitrailleuse).

mitrailleur Saint-Etienne, modèle 1922 et également dans le fusil-mitrailleur « Fiat », modèle 1924 (voir figure 4). Ce ne sont vraisemblablement pas sur ces questions connues que les Allemands veulent être renseignés. Ils cherchent à connaître les détails de l'alimentation, ce qui, la plupart du temps, consti-



FIG. 4. — LE FUSIL-MITRAILLEUR « FIAT » DONT LE DISPOSITIF EST ASSEZ ANALOGUE AU NOTRE

tue la partie délicate de ces armes, et aussi si nous n'aurions point renforcé le canon et le mécanisme de verrouillage (dans notre fusil-mitrailleur, il est réalisé par l'amenée de la face d'appui de la culasse contre le coin d'appui, fig. 2) pour tirer des balles à grande vitesse initiale, capables de perforer des

plaques de blindage. Certains de leurs journaux militaires ont, en effet, annoncé que nous aurions équipé nos nouveaux fusils-mitrailleurs pour lutter contre les tanks ennemis et pour percer leurs blindages. Ils devraient cependant se rendre compte de l'impossibilité à nous sommes, avec une arme aussi lé-

gère et susceptible d'effectuer le tir en marchant, de projeter des balles à des vitesses initiales de 1.200-1.300 mètres-seconde qui seraient nécessaires, avec des balles de faible poids, pour perforer des plaques de 12 à 20 millimètres.

Lieutenant-colonel REBOUL.

## NOTRE FLOTTE AÉRIENNE FACE AUX GRANDES PUISSANCES

**M**ONSIEUR RENÉ LA BRUYÈRE, membre de l'Académie de Marine, dont la compétence et l'indépendance sont bien connues, vient d'écrire que la France « ne dispose, à l'heure actuelle, d'aucun hydravion répondant aux exigences de la technique moderne ». Il ajoute : « Faisons l'inventaire de nos forces aériennes au 1<sup>er</sup> juillet 1933. Nous avons en tout 1.665 appareils ; c'est le chiffre le plus élevé qui existe en Europe, puisque la Grande-Bretagne ne compte que 1.550 appareils et l'Italie 1.189. Nous avons 406 avions de chasse... Notre infériorité numérique éclate si l'on rapproche cette aviation de chasse — qui ne peut guère aligner plus de 300 appareils aptes au service de guerre — des 420 avions de chasse italiens, tous en état de combattre. Notre aviation de bombardement, avec 297 appareils, ne peut transporter que 200 tonnes contre 280 tonnes pour l'aviation de bombardement italienne, qui possède 530 appareils ; 240 tonnes pour l'aviation anglaise et 170 pour l'aviation « civile » allemande... » M. La Bruyère poursuit : « En outre, notre infériorité qualitative résulte de ce que notre aviation de chasse ne fait que 250 kilomètres à l'heure contre 330 et 350 pour les avions italiens et anglais. Quant à notre aviation navale de coopération, elle est encore dans une plus triste position. Qu'on en juge : nous ne possédons que 80 appareils, contre 110 en Italie, sans compter une centaine d'hydra-

vions de bombardement réservés pour des missions spéciales par l'état-major italien. » De plus : « Alors que les hydravions italiens ont montré dans le raid du maréchal Balbo leurs remarquables qualités de vitesse et d'endurance, nous n'avons en service que des appareils dont les plans remontent à plus de cinq ans. Les *Savoia 55*, qui pèsent à vide 4 tonnes 640, peuvent transporter 800 kilogrammes de bombes, alors que nos avions existant actuellement ne peuvent en transporter que 650 seulement. La vitesse de croisière des *Savoia 62 bis* est de 190 kilomètres à l'heure, soit 25 à 30 kilomètres à l'heure de plus que nos avions les plus rapides. » Mais il faudrait tout citer de l'étude M. La Bruyère. Signalons encore ceci : « Notre hydraviation ne construit rien de comparable aux « Flying boats » anglais, du type *Short* de 35 tonnes, à six moteurs de 820 ch, ni, bien entendu, aux « Dornier » (1) (*Do-X*) récemment améliorés. Nous sommes aussi en retard sur la réalisation de l'avion bombardier-torpilleur qui est le bateau volant de l'avenir. »

*La Science et la Vie*, soucieuse de critique scientifique impartiale, applique cette formule déjà ancienne : « savoir, c'est comparer ». Elle se fait donc un devoir de signaler objectivement toutes les « activités » dans tous les domaines, même quand celles-ci peuvent heurter notre amour-propre national, car notre sécurité est en jeu.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 148, page 335.

# LA CHIMIE ORGANIQUE A DONNÉ A L'INDUSTRIE LES VERRES INCASSABLES

Par E. de BERG

*La synthèse chimique, surtout dans le domaine organique, crée chaque jour de nouveaux produits qui reçoivent des applications multiples et pratiques dans toutes les industries. Parmi ces produits figurent les « verres organiques », qui présentent des propriétés analogues au verre ordinaire (verre à base de silice) et possèdent, en outre, cette qualité remarquable d'être incassables. Ces composés sont à base notamment de cellulose, de phénol, de vinyle (dérivé de l'éthylène) et couramment fabriqués sous différentes formules et différents noms par certaines grandes firmes de produits chimiques. C'est, naturellement, l'Allemagne qui a été l'une des premières à mettre au point cette délicate fabrication, qui est maintenant répandue partout. Les verres organiques sont, en effet, couramment employés dans la préparation des verres de sécurité, de la verrerie optique, de la gobeletterie et dans la confection d'une série d'objets artistiques et décoratifs d'un effet assez heureux. Il ne faudrait pas croire, cependant, que la verrerie classique — aujourd'hui si perfectionnée, grâce au choix scientifique des matières premières, grâce surtout à l'outillage mécanique — soit en voie de disparaître devant cette industrie nouvelle. Le champ des applications des verres organiques est, en effet, encore fort restreint, car, ceux-ci, tout en coûtant plus cher, sont cependant moins durs, ce qui — dans certains cas — présente de sérieux inconvénients. Par contre, au point de vue de la transparence, les verres organiques sont comparables aux plus beaux verres d'origine minérale.*

**D**EPUIS longtemps déjà, on a cherché à remplacer — dans ses applications multiples — le verre à base de silice par des corps ayant les mêmes qualités de transparence, tout en étant incassables. C'est du côté de la chimie organique que l'on s'est tourné pour résoudre ce problème; cela était d'ailleurs logique : la pupille et le cristallin de nos yeux sont-ils autre chose que des verres organiques naturels ? En fait, les premiers résultats positifs ne furent atteints dans cette voie qu'à la fin du siècle dernier. Depuis lors, et surtout au cours des dernières années, de nombreux progrès ont été accomplis dans différentes directions, et on est arrivé à créer non pas un seul verre organique, mais une série de corps transparents de natures très diverses que nous allons passer brièvement en revue.

## **Le verre organique à base de « Gélatine »**

La première matière qui ait été utilisée pour la préparation du verre organique était la « Gélatine ». On l'a employée, et on l'emploie encore, surtout pour les emballages de matières grasses, car la gélatine est imperméable aux graisses. On en fait des feuilles transparentes, d'un prix peu élevé, des cap-

sules transparentes pour flacons, des couvercles pour boîtes et même des boîtes transparentes.

On en est arrivé à accroître considérablement sa transparence et à la rendre plus résistante à l'eau par un traitement au formol et en la recouvrant d'un vernis cellulosique transparent. Néanmoins, ses applications sont encore peu développées.

## **Les dérivés de la « Cellulose »**

Parmi les autres matières organiques qui ont donné des succédanés organiques de verres, il faut citer en premier lieu la « cellulose », qui a pu être transformée en matière transparente par différents traitements.

Le plus ancien de ces traitements est la nitration. La Nitrocellulose, connue comme matière première de la fabrication des poudres et explosifs, donne, lorsqu'on la mélange avec du camphre, le « Celluloïd ». Les perfectionnements apportés à la fabrication de ce corps ont permis de le rendre très transparent et d'éliminer sa tendance à jaunir sous l'action de la lumière solaire. On a pu, en conséquence, l'employer non seulement pour la préparation de pellicules photographiques et cinématographiques, mais également pour la fabrication de vi-

trages remplaçant le verre et d'autres objets transparents. Cependant, on n'a pas réussi à le rendre incombustible. Il s'enflamme, en effet, très facilement au contact d'une flamme ou d'un corps incandescent, et même sous la simple action de la chaleur, risquant de produire des explosions. Aussi a-t-on cherché d'autres produits moins dangereux.

La « *Viscose* ». — En traitant la cellulose avec une lessive de soude caustique et en faisant, en même temps, dissoudre le produit dans le sulfure de carbone, on produit l'« *Hydrocellulose* » ou « *Viscose* », connue

transparente d'« *Acétate de cellulose* », ou « *Acétyl-cellulose* », qui sert à fabriquer des pellicules de 0 mm 015 à 0 mm 5 et plus, du même genre que celles produites à base de viscose, mais plus résistantes à l'humidité et aux gaz. C'est pour cette raison qu'on les préfère pour les emballages de matières humides ou aromatiques ou emballages destinés aux pays tropicaux. D'autre part, on peut fabriquer des blocs d'acétyl-cellulose qui se prêtent au découpage, sciage, tournage, fraisage, polissage et lissage.

Ce verre organique est insensible aux



FIG. 1. — VOICI TROIS TABLETTES EN « RHODOÏD » (ACÉTATE DE CELLULOSE)

*La transparence de ce verre organique est aussi parfaite que celle du verre à base de silice.*

comme base de fabrication de certaines soies artificielles.

On peut obtenir une viscose tout à fait transparente et en faire ensuite des pellicules de 0 mm 02 à 0 mm 2 d'épaisseur, connues en France sous le nom de « *Cellophane* », qui servent comme matière d'emballage de livres, d'aliments, etc. On peut également faire des plaques transparentes ou même des blocs transparents qui se laissent scier, forer, ciseler, tourner, qui sont durs, non cassants, non inflammables, résistants à l'action de la chaleur, des huiles et graisses, de la benzine, etc. En un mot, on obtient un véritable verre organique.

L'« *Acétate de cellulose* ». — Le troisième procédé de traitement de la cellulose, donnant une matière transparente, est à base d'acide acétique. On fait agir sur la cellulose de l'anhydride acétique en dissolution dans des solvants appropriés, en présence d'un catalyseur. On obtient ainsi une masse

chocs et aux coups, et il ne donne pas d'éclats.

Le « *Rhodoïd* » à base d'acétate de cellulose. — On fabrique en France une matière plastique, le « *Rhodoïd* », à base d'acétate de cellulose, sous forme de feuilles transparentes de 0 mm 1 à 15 millimètres d'épaisseur ou de jones ou tubes de 1 à 30 millimètres de diamètre.

Il suffit de la chauffer à 20° ou 30° pour la découper à la cisaille sans risque de casse. On peut la percer et fraiser avec des outils bien affûtés, la scier avec une scie circulaire semblable à celle qu'on emploie dans l'industrie du bois, et on peut coller les plaques entre elles par de l'acétone. On peut polir les objets fabriqués au touret de coton et ensuite au touret de flanelle à sec. On peut également mouler sous pression les plaquettes préalablement ramollies par chauffage ou bien les souffler dans un moule.

Ce verre organique est un excellent succé-

dané de verre ordinaire auquel il ressemble sans posséder son grand défaut, la fragilité, et sans être inflammable comme le celluloid. Il possède également des propriétés optiques intéressantes, analogues à celles des verres à base d'urée dont nous parlerons tout à l'heure.

### La « Caséine »

La « caséine » il y a quelques dizaines d'années, avait inspiré de grands espoirs comme matière de fabrication de verre organique ; mais, par la suite, des essais nombreux n'avaient pas donné de résultats. Cependant, dernièrement, nous avons pu voir, dans une usine semi-industrielle fran-

çais, la fabrication avec succès. Ce verre, relativement bon marché, n'est cependant pas tout à fait transparent ; aussi l'utilise-t-on surtout pour des articles de Paris, manches d'ombrelle, etc., où la transparence ne joue pas un rôle important.

Citons encore, à titre de curiosité, un verre organique — si l'on peut l'appeler de ce nom — tout à fait bon marché. Une simple feuille de papier, ne dépassant pas 40 grammes au mètre carré, enduite des deux côtés d'une couche de résine synthétique transparente à base de phénol et de formol, donne un vitrage aussi transparent que le verre cathédrale et à un prix tout à fait dérisoire. Il est évident que l'usage de ce



FIG. 2. — VOICI UN CYLINDRE EN « POLLOPAS », VERRE ORGANIQUE A BASE D'URÉE  
On voit nettement, quand on le regarde soit latéralement, soit en bout, les caractères placés derrière lui, ce qui prouve que sa transparence est parfaite, comme celle du « Rhodoïd ».

çaise, de grandes feuilles de caséine insensibles à l'action de l'eau. Ce résultat semble indiquer que, d'ici peu, la caséine pourra fournir un verre organique intéressant.

### Les résines synthétiques à base de phénol

Les résines synthétiques ont donné, dans les dernières années, un nouveau développement à la fabrication d'objets plastiques. Leur production mondiale annuelle dépasse 350 millions de francs.

Tout le monde, aujourd'hui, connaît les multiples applications de la « Bakélite » (1), résine synthétique à base de phénol et de formol. Elle est toutefois, presque toujours, utilisée comme liant pour des matières fibreuses ; aussi ignore-t-on généralement que la bakélite pure est transparente comme le verre. C'est donc un véritable verre organique. Mais malheureusement, à l'état pur, elle est encore plus fragile que le verre ordinaire.

Cependant, des travaux récents ont abouti à la fabrication d'un verre organique, à base de phénol et de formol, exempt de ce défaut, et une grande usine chimique française en a

verre est restreint, car il est véritablement trop facile de le percer.

### Verres à base d'urée

Les produits préparés à base de phénol et de formol présentent l'inconvénient d'un jaunissement à la lumière, très faible, il est vrai, pour les produits préparés suivant les méthodes les plus modernes, mais néanmoins perceptible ; aussi a-t-on cherché à obtenir d'une autre manière des masses résineuses stables à la lumière. La condensation de la formaldéhyde avec l'urée a fait l'objet d'études scientifiques d'Einhorn et Hamburger, de Goldschmidt et Dixon, dès 1895 ; mais ce n'est que vingt-cinq ans plus tard que l'ingénieur autrichien Pollak entrevit la possibilité d'une réalisation industrielle. Après plusieurs années de travail, les efforts des ingénieurs furent récompensés par l'obtention d'un verre organique d'une beauté exceptionnelle et possédant des qualités techniques remarquables. Ce verre est connu sous le nom de « Pollopas ».

Il est irréversible, c'est-à-dire qu'une fois solidifié il ne fond et ne se ramollit plus sous l'action de la chaleur, comme la Gélatine et le Rhodoïd, et ne se dissout plus sous l'action

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 118, page 323.

des solvants. Il est ininflammable et se carbonise sans brûler. Il n'est attaqué ni par des solvants, ni par des acides dilués. Il n'est ni friable, ni cassant, et ne donne pas d'éclats. Il est plus mou que le verre ordinaire, mais cependant résiste à une pression de 2.230 kilogrammes par centimètre carré et à une traction de 10 kilogrammes par centimètre carré. Il est deux fois plus léger que le verre inorganique et sa dureté (d'après l'échelle de Mohs) est de 2,95, c'est-à-dire égale à celle du spath calcaire, légèrement supérieure à celle de la résine synthétique à base de phénol ou de la galalithe, et une fois et demie plus grande que celle du verre organique à base de cellulose.

Cependant, fabriqué en grands blocs, il se laisse très bien travailler au tour, scier, forer, ciseler. Sa transparence atteint celle du cristal. Sa surface peut être polie et elle a alors un éclat bien supérieur à celle du verre et du cristal. Son indice de réfraction est de 1,54, égal à celui du quartz et du flint.

Ce verre possède, en outre, une qualité du plus haut intérêt pour le « filtrage » des ondes lumineuses. Jusqu'à présent, on essayait, à cet effet, de recourir ces verres de revêtements colorés correspondant à certaines longueurs d'ondes. Mais il était, pour ainsi dire, impossible d'obtenir une couche de couleur uniforme. On avait également essayé d'introduire les matières colorantes dans le verre en fusion, mais la haute température du four modifiait les teintes de ces matières. Enfin tous ces procédés ne s'appliquaient qu'aux ondes lumineuses visibles, et, en fait, toutes les ondes ultraviolettes étaient absorbées par le verre inorganique.

Le verre organique, à base d'urée et de formol, permet, par contre, de résoudre ce problème posé d'une manière particulièrement élégante. Il est, en effet, si transparent qu'il laisse passer une grande partie des ondes ultraviolettes. On peut donc l'employer comme « support » de filtre, tant pour les ondes du spectre visible que pour les ondes ultraviolettes. D'autre part, les matières correspondant aux ondes choisies peuvent être introduites au moment de sa fabrication à froid. Le verre est coloré intégralement et sans que la teinte de la matière colorante change.

Quant aux ondes ultraviolettes, on peut, de la même manière, introduire dans le verre certaines matières qui ne peuvent être appelées colorantes, car elles n'arrêtent que les ondes du spectre visible, mais qui absorbent certaines catégories d'ondes ultraviolettes et en laissent passer d'autres,

De cette manière, on peut éliminer, par exemple, une partie indésirable des ondes ultraviolettes, ce qui a un grand intérêt dans différents domaines : scientifique, médical, hygiénique et même technique.

### Résine synthétique à base de « Vinyle »

Dernièrement, on a réussi à produire une matière à mouler à base de « Vinyle », qui permet la fabrication d'objets transparents comme le verre ordinaire. Ce verre organique est également intéressant par ses qualités diélectriques.

La plupart des verres organiques, pour être moulés, doivent être chauffés dans un moule, ce qui exige un certain temps. Ce verre, à base de vinyle, peut être chauffé dans un récipient et injecté sous pression dans un moule froid, dont il peut être immédiatement retiré, ce qui permet de diminuer considérablement le nombre de moules nécessaires à sa fabrication et réduit de beaucoup son prix de revient.

Ce verre est incolore et transparent comme le verre ordinaire ; il ne jaunit pas à la lumière, il résiste aux acides et aux alcalis ; il n'est soluble que dans le benzol, le toluol et quelques autres hydrocarbures. Il n'absorbe pas la moindre quantité d'eau, même quand on le tient sous l'eau pendant des mois. Il est très résistant. Il peut être fabriqué sous forme de vitres d'une épaisseur supérieure à 0 mm 125, et également sous forme de bâtons et de tuyaux ; mais son application est intéressante surtout pour les objets moulés, qui ont une transparence égale au verre ordinaire.

Nous croyons savoir que la fabrication de ce verre à base de vinyle sera bientôt entreprise en France.

Nous avons ainsi passé en revue la plupart des corps susceptibles de remplacer le verre dans ses applications. Techniquement, on peut dire qu'à l'heure actuelle le problème du verre incassable est résolu dans ses grandes lignes. Toutefois, aucun des verres organiques existants ne possède une dureté comparable à celle du verre ordinaire, et tous les produits proposés se rayent plus facilement que celui-ci. C'est pourquoi — même dans les verres de sécurité — on ne les utilise que maintenus entre deux feuilles de verre ordinaire. En outre, leur prix de revient est toujours supérieur à celui du verre à base de silice. Cependant, dans toutes les applications où la fragilité du verre en empêche l'utilisation, l'emploi des verres organiques tend à se généraliser.

E. DE BERG.

# LES ACIERS INOXYDABLES ET SEMI-INOXYDABLES DANS L'INDUSTRIE

Par Pierre DEVAUX

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

*Les aciers inoxydables sont surtout connus du public par leur utilisation en coutellerie. Mais ce n'est là qu'une de leurs applications. Dans l'industrie chimique, notamment, ils ont apporté, par leur résistance à la corrosion, une véritable transformation dans la fabrication des récipients et des tuyauteries : plus de grès, plus de verre, plus d'émaux, etc., comme jadis. On les utilise aussi pour la fabrication des surchauffeurs à vapeur, des portes de vannes d'écluses, des radiateurs et des phares d'automobiles, etc. Ces aciers, qui contiennent de fortes proportions de nickel ou de chrome, sont encore coûteux. Aussi a-t-on créé, pour pallier à ce désavantage, des aciers « semi-inoxydables », beaucoup moins chers, et cependant offrant une résistance à la corrosion fort appréciable. On les emploie maintenant avec succès dans la construction navale, l'établissement des canalisations d'eau, de gaz, etc, des réservoirs à mazout, etc.*

**N**OTRE civilisation laissera peut-être, pour les archéologues de l'avenir, des vestiges moins durables que ceux de l'époque néolithique. Façonnés en silex, les outils de l'âge de pierre sont éternels. Déjà, le bronze se conserve moins bien ; mais que demeurera-t-il de nos orgueilleux monuments d'acier, de nos voies ferrées, de nos machines ? Un peu d'oxyde de fer qui se confondra avec les strates des couches géologiques !

L'oxydation, ou, plus généralement, la corrosion, est la grande ennemie de toute notre œuvre industrielle, essentiellement fondée sur les métaux ferreux : fer, fontes, aciers. L'oxygène, du moins l'oxygène humide, attaque ces métaux avec une activité d'autant plus redoutable que l'oxyde formé est poreux : à l'inverse de ce qui se passe pour certains métaux tels que l'aluminium pur ou le cuivre, l'attaque gagne en profondeur. Il n'est pas rare, dans les régions maritimes exposées au redoutable *brouillard salin*, de trouver des ferrures entièrement corrodées dont subsistent seulement quelques fibres de forge plus résistantes.

Des frais extrêmement considérables doivent être engagés chaque année pour protéger les monuments métalliques ; la Tour Eiffel, par exemple, est repeinte périodiquement à l'aide d'une peinture spéciale à grand pouvoir couvrant, suffisamment souple pour suivre toutes les déformations, d'origine thermique ou mécanique, des poutrelles et suffisamment rugueuse pour résister au frottement des milliards de poussières

siliceuses et cendreuse chargées par le vent.

A l'antique et coûteux système de revêtement constitué par la peinture, des procédés de revêtement plus modernes ont été substitués depuis quelques années. Tels sont, pour nous borner à la protection des métaux ferreux : l'oxydation superficielle, pour la fonte ; la parkérisation, ou phosphatation superficielle, utilisée pour les fers et aciers ; la shérardisation, ou zingage semi-superficiel, qui s'applique aux fers, fontes et aciers.

Le défaut commun à tous les procédés de surface est que l'attaque, si elle commence en un point par suite d'un arrachement ou d'une fissure de la couche protectrice, se développe au-dessous de cette couche qui se désagrège alors rapidement. La sécurité, à tout mettre au mieux, n'est donc pas absolue.

Tout autre est le cas des aciers inoxydables (ou semi-inoxydables) dans la masse que nous nous proposons d'examiner.

## Quelles sont les diverses catégories d'aciers inoxydables ?

Les métaux ferreux appelés « inoxydables » — il vaudrait mieux dire : résistant à l'oxydation et la corrosion — se divisent en quatre grandes catégories bien distinctes.

Tout d'abord vient le fer chimiquement pur, qui a reçu certaines applications industrielles sur lesquelles nous ne pouvons nous étendre aujourd'hui.

Dans un domaine voisin viennent se placer les aciers au cuivre, dans lesquels la proportion de cuivre est toujours faible et qui

contiennent, en outre, de petites quantités de molybdène, de nickel, de chrome. Les aciers au cuivre sont des *semi-inoxydables*, utilisés pour la construction et les pipe-lines.

En troisième lieu, nous trouvons les *aciers au chrome*, dont le type est l'acier forgeable à 13 % de chrome, employé en coutellerie.

Quant à la quatrième catégorie, extrêmement importante, elle comprend les *aciers*

Une seule formule ne saurait, du reste, suffire à tous les emplois. On a créé des aciers contenant jusqu'à 25 % de chrome et 36 % de nickel ; toutefois, le type fondamental des aciers inoxydables reste l'« acier austénitique 18/8 », contenant 18 % de chrome et 8 % de nickel, ainsi que de faibles quantités de tungstène, de titane, de cuivre, de silicium, de molybdène, qui améliorent

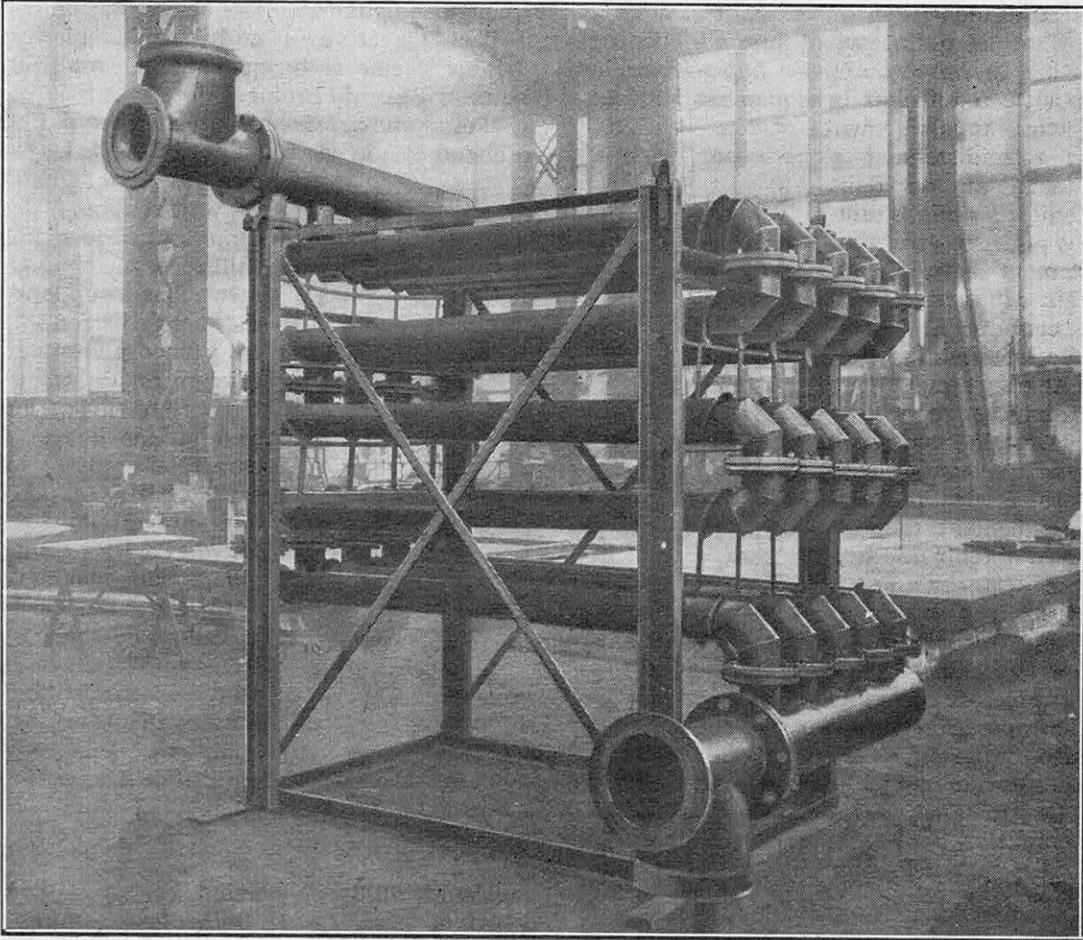


FIG. 1. — APPLICATION DES ACIERS 18/8 DANS L'INDUSTRIE : UN RÉFRIGÉRANT TUBULAIRE

*austénitiques au chrome-nickel*, dont nous nous occuperons tout d'abord.

### Voici les « austénitiques » au nickel-chrome

Les premiers aciers inoxydables brevetés par Krupp, actuellement connus sous le nom de *V 2 A*, contenaient environ 20 % de chrome et 7 % de nickel. Aujourd'hui, la plupart des aciéries fabriquent des aciers de ce type, dans lesquels la somme des teneurs en chrome et en nickel est voisine de 30 %.

sa résistance spéciale vis-à-vis de certains agents de corrosion.

D'où vient maintenant le nom d'« austénitiques » donné à ces aciers ? Pour le comprendre, il faut se reporter au diagramme de la figure qui indique les différentes constitutions de l'acier, suivant les teneurs en chromage et en nickel. Pour des teneurs faibles, on a des composés martensitiques, très durs mais fragiles et résistant mal à la corrosion ; pour une teneur suffisante, on a un métal homogène d'un grain très fin, appelé *austénite* et qui se présente comme

une solution solide de différents composés complexes dans le fer ; cette « solution » est elle-même cristallisée en polyèdres enchevêtrés.

On remarquera qu'avec l'acier 18 % de chrome et 8 % de nickel, nous nous trouvons sur l'extrême limite des austénites stables. Autrement dit, on pourrait craindre qu'un tel acier, après sa forge ou sa coulée, tende vers l'état martensitique, ce qui compromettrait fâcheusement ses qualités.

C'est ici qu'intervient une curieuse opération thermique, appelée *hypertrempe*, qui consiste à refroidir brusquement les pièces d'acier préalablement portées à 1.100°. Ce refroidissement s'opère par trempage dans l'eau ou dans l'huile ; les pièces minces peuvent être simplement refroidies à l'air. On arrive ainsi à conférer à l'austénite une stabilité parfaite à la température ordinaire.

Ainsi, la *tremp*e d'un acier quelconque consiste à le refroidir brusquement dans le but d'obtenir une texture (*martensitique*), alors que l'*hypertrempe*, spéciale aux aciers chrome-nickel, se présente comme une opération d'affinage du grain et de stabilisation à la température ordinaire.

Ces quelques mots de technique n'étaient pas inutiles pour expliquer les remarquables qualités des aciers au chrome-nickel.

### Les remarquables propriétés des « austénites »

Nous examinerons particulièrement l'acier austénitique 18/8 qui constitue le type des aciers inoxydables.

Ses propriétés chimiques sont très importantes, mais assez difficiles à exprimer par des chiffres, étant donné le grand nombre des facteurs mis en jeu : température, pression, mouvement des liquides ou des gaz, état des surfaces. Une trace infime de certaines impuretés suffit parfois, par une véritable *catalyse*, pour déclencher une corrosion intense.

D'une manière générale, l'acier 18/8 résiste très bien aux agents suivants : acides borique, lactique, oxalyque, pyrogallique,

sulfureux, tartrique et stéarique ; acide acétique à froid, mélange sulfurique-nitrique en toutes proportions, acide nitrique pour toutes concentrations et températures ; soude, potasse, ammoniacque et eau ammoniacale, sulfate de cuivre et de fer ; air humide, vapeur d'eau, eau de mer, *brouillard salin*, eaux de mines ; fruits, viandes, poissons, lait, vin, bière, cidre, vinaigre.

Par contre, cet acier résiste moins bien, quoique mieux que les aciers ordinaires, à l'acide acétique chaud, l'acide chlorhydrique, l'acide sulfurique, le chlorure stanneux et l'eau de brome.

Il offre une certaine résistance à l'oxydation à chaud et à la corrosion produite par les fumées des fours.

Quand on veut résister à des fumées plus ou moins sulfureuses, on augmente beaucoup la résistance de l'acier 18/8 en y incorporant du silicium ou du tungstène. Il n'est pas besoin de souligner le caractère nouveau de cette résistance presque universelle, qui fait de l'acier 18/8 un alliage sans analogue dans l'arsenal de la métallurgie ; seuls les métaux précieux, or et platine, pourraient lutter pour la résistance chimique, mais avec

un prix de revient prohibitif et des qualités mécaniques fort inférieures.

### Préparation et usinage de l'acier « 18/8 »

L'acier 18/8, moyennant certaines précautions pour les traitements thermiques et l'usinage, est à peu près aussi maniable qu'un acier doux ordinaire.

La *préparation du métal* s'effectue presque toujours au four électrique, le four à haute fréquence semblant particulièrement commode ; on utilise aussi les fours à creusets.

Le *forgeage* est assez délicat ; il s'effectue à 1.100°, en ayant soin de ne pas laisser la température descendre au-dessous de 900° ; le *moulage* est franchement difficile, le métal présentant un retrait plus que double de celui de la fonte et une solidification rapide.

De nombreuses aciéries ont mis au point l'opération du laminage de l'acier 18/8, qui peut être aujourd'hui livré en barres, bandes et feuilles. L'épaisseur la plus courante est

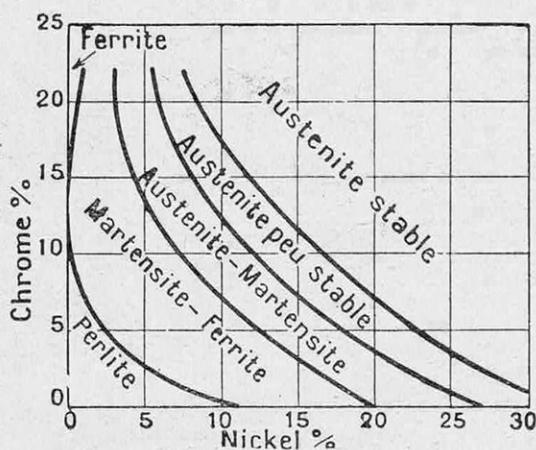


FIG. 2. — SCHÉMA MONTRANT LES DIFFÉRENTS ÉTATS DES ACIERS NICKEL-CHROME SUIVANT LEURS TENEURS EN ACIER ET EN CHROME

de 1 à 2 millimètres, qui convient notamment aux travaux de chaudronnerie. Un *décapage* doit être exécuté aux différents stades de la fabrication, en vue d'enlever toute trace adhérente d'oxyde qui deviendrait un foyer d'attaque. On donne aux feuilles terminées un *poli de miroir* qui, sans être indispensable, améliore la résistance chimique.

Les pièces en acier 18/8 peuvent être *soudées à l'étain* ou *brasées* avec un alliage de cuivre, nickel et manganèse ; on peut aussi les braser à l'argent. Cet acier se *soude électriquement au chalumeau*, opération impossible avec l'acier au chrome seul. Le *rivetage*, utilisé pour la fabrication des corps creux : réservoirs, autoclaves, s'effectue sans difficultés, avec des rivets non oxydés. Après les différentes opérations comportant des chauffes, comme après les travaux produisant un *écrouissage* (cintrage, martelage), il est nécessaire de procéder à une *hypertrempe* définitive de la pièce.

Le *travail à froid* de l'acier 18/8 exige certaines précautions, le métal « collant » à l'outil ; des *angles de coupe* et de *dépouille*, ainsi que des *vitesse*s spéciales, ont été étudiés pour le travail de cet acier. Tournage, rabotage, fraisage, perçage, taraudage, sciage, sont aujourd'hui entrés dans la pratique courante.

Le *façonnage* par emboutissage, cintrage, formage, s'effectue avec une grande facilité du fait des grands allongements du métal (voir le tableau p. 81). Cette qualité très importante, ainsi qu'une excellente soudabilité, ont puissamment contribué au succès de cet acier pour les appareils destinés à l'industrie chimique.

### Les aciers inattaquables ont bouleversé l'industrie chimique

Toute l'industrie chimique de l'acide nitrique, ainsi que les industries annexes : nitrates, produits nitrés, poudre sans fumée, dynamite, celluloïd, simili-cuir, matières plastiques, soie artificielle, sont actuellement tributaires de l'acier 18/8 pour leur tuyauteries, robinets et récipients de toute espèce, pompes à acides, réfrigérants, tours de condensation, flotteurs, tubes sans soudures, serpentins de chauffage. Aux onéreux *wagons-tonnes*, revêtus intérieurement d'un *enduit verre* coûteux et fragile, de robustes tonneaux en acier inoxydable, construits par soudure autogène et munis de fermetures moulées dans le même métal, ont pu être substitués avec plein succès.

Citons encore : dans la *teinturerie*, les cuves

à bains, les agitateurs et les bobines en acier 18/8 ; dans l'industrie du *blanchiment*, tous les organes en contact avec l'eau oxygénée ou l'hypochlorite de potassium ; dans l'industrie *photographique* et *cinématographique*, les cuves à développement.

Ainsi, de tous côtés, les incommodes et dispendieuses *tuyauteries en grès*, les *revêtements* à base d'émaux ou de verre ont disparu pour faire place à l'acier chrome-nickel, dont les propriétés mécaniques sont infiniment meilleures. Des dispositions plus rationnelles peuvent ainsi être choisies pour les appareils, notamment pour les organes mobiles, avec un moindre prix de revient et une sécurité accrue.

C'est là une révolution d'une importance incalculable.

Dans l'industrie générale, l'acier 18/8 a été employé avec succès pour les *surchauffeurs de vapeur*, des *portes de vannes* d'écluses en eau marine ou saumâtre ; aux Etats-Unis, Ford l'a adopté sur ses différents modèles d'*automobiles* pour les radiateurs, bouchons, lanternes, phares.

Le ministère anglais de l'Aéronautique a consacré officiellement l'existence de cet acier en établissant pour lui un « cahier des charges » particulier.

### Les aciers inoxydables dans le « home » moderne

Inaltéré par les produits alimentaires, facile à nettoyer et ne donnant pas de goût, l'acier 18/8 a trouvé de nombreux emplois dans les industries de l'alimentation : « contenu » de lait, de vin, de bière, accessoires de glacière, fûts de toute espèce, équipements pour les brasseries et l'industrie du sucre.

Dans l'habitation, ces qualités ont permis d'employer l'acier chrome-nickel pour les batteries de cuisine et les services de table. De plus, un élément décoratif nouveau et très moderne a été introduit avec les ferronneries, tuyauteries, robinetteries, grilles ornementales, rampes d'escalier, poignées de portes, réalisées en acier 18/8. Inaltérable par l'air confiné, les vapeurs, l'humidité des mains, le métal conserve un bel aspect sans autre entretien qu'un coup de chiffon pour enlever la poussière.

Rappelons que ses qualités décoratives peuvent également être utilisées à l'*extérieur* sous tous les climats, pour les devantures de magasins, les enseignes, les façades d'immeubles. Dans l'Empire State Building de New York, qui est actuellement, avec ses 400 mètres, le plus haut monument du

monde, 150 tonnes d'acier inoxydable ont été employées à l'extérieur, sous forme de plaques décoratives.

### La coutellerie utilise l'acier au chrome

Nous ne dirons que quelques mots des aciers au chrome seul, dont le plus connu est l'acier 13 % de chrome employé pour la fabrication des *couteaux inoxydables*. Cette proportion de chrome peut s'élever jusqu'à 20 %, la proportion de nickel restant nulle ou inférieure à 2 %.

Ces aciers sont du type *martensitique* : ils doivent être utilisés trempés à l'état extradur et peuvent atteindre alors des résistances de 110 à plus de 170 kilogrammes par millimètre carré. Ils conviennent particulièrement aux instruments tranchants ainsi qu'aux outillages de cisailles et de découpeuses, où, en dehors de leurs qualités d'inoxidabilité, ils font preuve d'une prodigieuse résistance à l'usure.

### Un nouveau métal semi-inoxydable

Voici maintenant un nouveau métal dont les propriétés physiques et mécaniques paraissent remarquables. Connu depuis quelques années aux Etats-Unis, il est fabriqué depuis peu par une aciérie française. Il s'agit de l'acier « Toncan ».

Ce terme d'acier, qu'il faut bien employer pour indiquer qu'il s'agit d'un *métal ferreux composite*, élaboré au four Martin, est, du reste, assez impropre. En réalité, le « Toncan » est un fer, sa structure cristalline compor-

tant, avec une homogénéité remarquable, des grains de « ferrite » ou fer pur.

Voici d'ailleurs la composition moyenne de ce métal : fer pur, au moins 99 % ; carbone, 0,02 ; manganèse, 0,14 ; cuivre, 0,42 ; molybdène, 0,07 ; soufre, phosphore et silicium, ensemble, moins de 0,05. Physiquement, il présente l'aspect d'un acier doux très homogène, avec une structure micro-cristalline régulière.

### Un « truc » de laboratoire transporté sur le plan industriel

La résistance de ce métal à l'oxydation, ainsi qu'à l'attaque par l'eau salée et par de nombreux produits chimiques, est due à un mécanisme bien différent de la résistance opposée à ces mêmes agents de destruction par les *aciers inoxydables* que nous venons d'étudier.

Dans ce dernier type d'aciers, la résistance est obtenue par l'addition en proportions

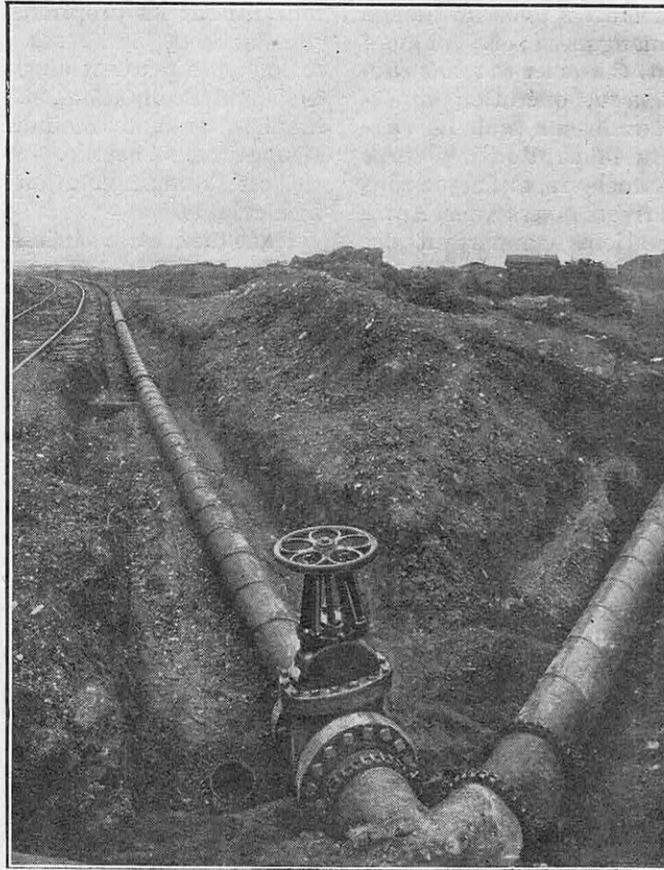


FIG. 3. — L'ACIER TONCAN PEUT ÊTRE UTILISÉ COMME CI-DESSUS POUR LA FABRICATION DE TUYAUX TRANSPORTANT DE L'EAU SALÉE SOUS PRESSION

considérables de métaux coûteux : chrome et nickel. Le prix de ces aciers est, par suite, relativement élevé.

Au contraire, dans l'acier qui nous occupe, la proportion des corps étrangers est très faible. En réalité, le « Toncan » résiste *comme un fer pur* ; on sait, et c'est même là un des principes généraux de la chimie, que les impuretés sont indispensables dans un très grand nombre de réactions pour « amorcer » l'opération, ces impuretés fonctionnant comme de véritables catalyseurs.

Mais la résistance à la corrosion n'aurait

pas été suffisante si l'on s'était borné à priver le fer de ces catalyseurs néfastes. On a renforcé cette heureuse influence en introduisant dans le fer du *cuivre* et du *molybdène*, et l'on est arrivé à créer un véritable « fer passif » dont le prix est très abordable, en tout cas voisin des aciers marchands. Capable de résister à la rouille et aux divers agents de dégradation qui menacent les pièces en service, il mérite largement son appellation d'acier « semi-inoxydable ».

Les laboratoires connaissaient de tels exemples d'*inertie chimique*, qui donnaient lieu à d'amusantes expériences. Ce qui est nouveau, c'est d'avoir réussi à transporter ces phénomènes, d'une façon stable et pratique, sur le plan industriel.

L'addition du molybdène a, par ailleurs, pour effet de donner au métal un grain fin et serré, et d'améliorer ses qualités mécaniques.

### Résistance à la corrosion

Des expériences variées ont mis en évidence la résistance du nouveau métal aux agents naturels et aux produits chimiques.

Sur des *toitures*, les tôles en « Toncan » de 0 mm 5 d'épaisseur, exposées pendant vingt mois, ont conservé leur épaisseur primitive, alors que les tôles en fer pur, en acier au cuivre et en acier Martin, étaient largement corrodées ou même détruites.

La *Russelton Mine* a effectué des essais comparatifs en vue de déterminer le meilleur métal à employer pour des tuyauteries destinées à des eaux très corrosives, contenant de l'acide sulfurique, des sulfures, des chlorures et de l'acide carbonique libre. Ici encore, le nouveau métal a seul résisté.

En Amérique, des tonnages importants de ce métal sont utilisés pour les drains, les canalisations et dans le bâtiment.

Le « Toncan » est employé à bord d'un grand nombre de navires tels que les vapeurs *Manhattan*, *Washington*, *Mamo*, le *Little America* de l'amiral Byrd, ainsi que pour la construction de phares, bouées, hangars ; il a été utilisé à bord d'un mouilleur de filets

de la marine française. On l'utilise aussi pour les canalisations d'eau salée et les égouts.

En France, le « Toncan » a déjà trouvé les applications les plus diverses ; on en fait des réservoirs à mazout pour la marine nationale, des portes d'écluses, des carrosseries d'autochenilles (Citroën), des pylônes pour lignes électriques, en même temps que des appareils ménagers, des tubes de chaudières et des boulons, des rivets, etc.

Dans l'acide sulfurique à 30 %, la perte de poids par centimètre carré et par vingt-quatre heures est d'environ 1 milligramme contre 15 à 20 pour le fer pur et 100 à 150 environ pour les aciers Thomas.

### Caractéristiques mécaniques

Les constantes mécaniques de ce métal semi-inoxydable sont celles d'un acier extra-doux, mais nettement supérieures à celles du fer pur, comme le montre le tableau ci-contre.

	TONCAN	FER PUR
Limite de rupture.....	34/38 kg/mm <sup>2</sup>	31,5 kg/mm <sup>2</sup>
Limité d'élasticité.....	21/28 kg/mm <sup>2</sup>	16,5 kg/mm <sup>2</sup>
Allongement de rupture..	30/40 %	27,5 %

TABLEAU COMPARATIF MONTRANT LES QUALITÉS DE RÉSISTANCE L'ACIER TONCAN ET DU FER PUR

La dureté Brinell (dureté superficielle mesurée à l'appareil à bille) varie de 90 à 120. La température de recuit est de 675°, la meilleure température de forgeage se plaçant vers 1.100° (jaune clair) et la fusion à 1.524°.

A l'emboutissage, le métal se comporte comme un acier extra-doux ; au découpage, comme un acier Martin. Il s'estampe, s'étire et possède une qualité précieuse qui est une *soudabilité parfaite*. La soudure peut être faite à l'arc, à l'autogène ou à l'hydrogène atomique, avec le minimum d'altération de la structure microcristalline, donc avec le minimum d'affaiblissement du métal.

Comme on le voit par l'ensemble de ces propriétés, le « Toncan » diffère sensiblement des aciers inoxydables au nickel et nickel-chrome. On peut penser qu'il prendra, à côté de ces derniers, une place importante, dans toutes les circonstances où, sans prétendre à une inoxydabilité complète, on prévoit néanmoins une excellente résistance chimique, unie à de grandes facilités d'usage et à un prix de revient modéré.

PIERRE DÉVAUX.

*Le mobile d'activité que peut fournir la conscience collective est moins puissant que l'intérêt individuel. Celui-ci seul encourage l'activité créatrice, du patron comme de l'ouvrier, conditionnée par la rémunération de son rendement.*

## UN RÉEL PROGRÈS DE L'ACCUMULATEUR ÉLECTRIQUE

**E**NCORE un progrès, et un progrès considérable !

Il est dû aux Etablissements Dinin qui, depuis leur fondation, en 1896, n'ont cessé de montrer la bonne route dans ce vaste domaine des applications des accumulateurs électriques à l'automobile.

Sans remonter jusqu'aux temps héroïques; nous rappellerons brièvement que c'est en 1921 que la Société Dinin créa sa fameuse batterie « Autobloc », dispositif remarquable qui, après avoir servi de modèle aux fabricants du monde entier, est aujourd'hui exclusivement employée dans l'industrie automobile.

Dans la batterie « Autobloc », les éléments sont réunis généralement par 3 (6 volts) ou par 6 (12 volts) dans un bac, ordinairement en matière isolante moulée, qui sert en même temps de caisse de groupement et porte les dispositifs destinés au transport et à la fixation de la batterie.

Or, aujourd'hui, les perfectionnements apportés par la Société Dinin à la fabrication des plaques, et que nous décrivons plus loin, sont tels que le bac lui-même a dû être grandement amélioré. En effet, malgré tout le soin que l'on apporte au choix des matières qui constituent ces bacs, certaines d'entre elles sont susceptibles à la longue d'être attaquées par l'électrolyte. Il peut en résulter des communications entre les différents éléments de la batterie, d'où diminution du voltage; en outre, il peut y avoir mise en solution dans l'électrolyte de produits nuisibles aux plaques.

Les nouvelles électrodes employées dans les batteries Dinin « Etoile » étant garanties pendant trois ans, il était indispensable d'ob-

tenir un bac au moins aussi durable, de manière que la qualité du contenant ne fût pas inférieure à celle du contenu.

Dans la batterie Dinin « Etoile », le problème a été résolu grâce à l'emploi d'une nouvelle substance de revêtement, l'« Aldinol », produit d'une extraordinaire résistance à l'action des acides et des alcalis; au point qu'il n'est pas attaqué même par

l'acide sulfurique concentré ! D'autre part, sa résistance mécanique et son pouvoir isolant sont considérables, et, en outre, les bacs moulés en « Aldinol » sont aussi transparents que le verre.

La nouvelle batterie comprend donc (fig. 1) un bac Autobloc dont les compartiments intérieurs sont doublés de fourrures en « Aldinol ». Pour renforcer la résistance mécanique de l'ensemble, on a assuré, par un procédé qui constitue l'objet d'un important brevet, un contact intime entre le bac Autobloc et les revêtements intérieurs. A titre de comparaison, on peut dire que l'adjonction des revêtements en « Aldinol »

est au bac courant ce qu'est la cémentation ou la nitruration à l'acier (fig. 2).

Mais la transparence parfaite de l'« Aldinol » permet un autre perfectionnement utile. Dans le bac de la nouvelle batterie Dinin, grâce à des fenêtres garnies uniquement d'« Aldinol », on peut contrôler le niveau de l'électrolyte dans chacun des éléments (fig. 1 et 2).

En ce qui concerne les plaques elles-mêmes, dans la batterie Dinin « Etoile », les positives (fig. 3) sont garnies sur leurs deux faces, d'abord d'une feuille de soie de verre, puis d'un diaphragme poreux iso-

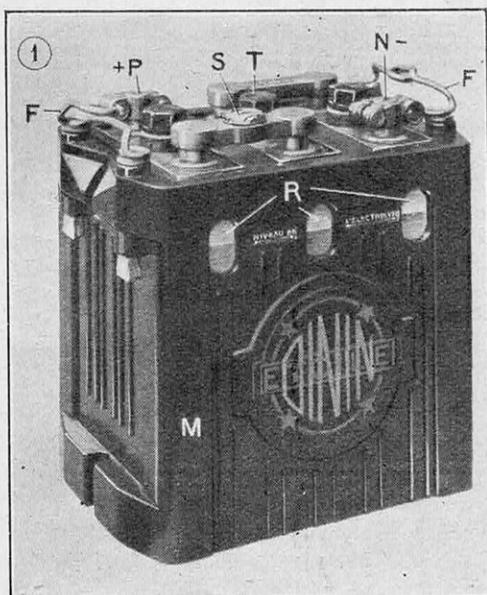


FIG. 1. — BATTERIE DININ « ÉTOILE »  
F, fixation; M, bac; T, bouchons; R, regards de niveau de l'électrolyte; S, sceau de garantie; P, N, pôles positif et négatif.

lant, qui s'oppose au passage des particules d'oxyde de plomb qui pourraient se détacher et provoquer des courts-circuits. Le tout : plaque, feuilles de soie de verre et diaphragmes poreux, est contenu dans un boîtier (breveté S. G. D. G.) en « Aldinol », dont les nervures maintiennent les plaques positives et négatives à l'écartement voulu.

Les plaques positives étant ainsi complètement enfermées dans leurs boîtiers, l'espace que l'on doit réserver au fond des bacs pour recevoir les boues de matière

Mais le labeur des savants techniciens de la Société Dinin ne saurait avoir son plein rendement que si les services de fabrication apportent les soins les plus attentifs à la construction des batteries. Or, on connaît la haute conscience de cette vieille maison ; à tous les stades de la fabrication, depuis la vérification et la réception des matières premières jusqu'à la sortie des chaînes de montage, les services de contrôle ne cessent de veiller avec vigilance, et ce n'est qu'à ce prix que l'on a pu obtenir, pour la première

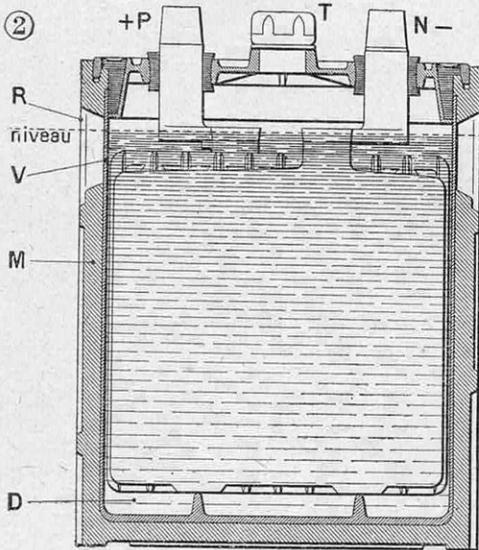


FIG. 2. — BATTERIE VUE EN COUPE

I, bouchon ; M, bac en ébonite ; V, revêtement en aldinol ; D, espace libre entre les plaques et le fond du bac ; R, regards pour vérifier le niveau ; P, N, pôles positif et négatif.

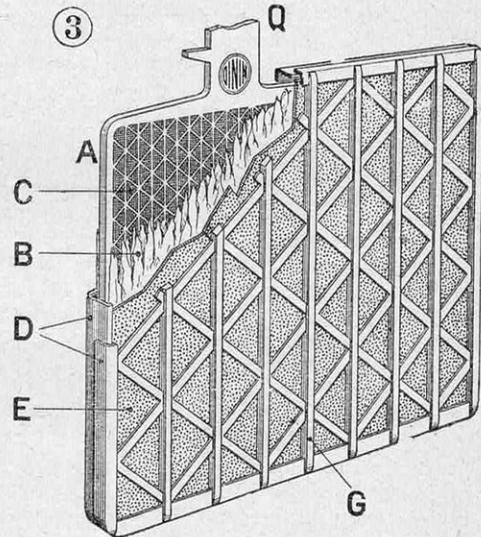


FIG. 3. — PLAQUE POSITIVE DANS SON BOITIER

A, plaque ; B, feuille de soie de verre ; C, matière active ; D, boîtier (en deux parties) en aldinol ; E, diaphragme poreux ; G, nervures du boîtier ; Q, queue de la plaque.

active, a pu être sensiblement réduit ; on a, en même temps, augmenté la réserve d'électrolyte au-dessus des plaques et accru les dimensions de ces dernières sans modifier le volume des batteries qui reste dans les normes réglementaires.

L'augmentation de la surface utile des électrodes a pour conséquence un accroissement de la capacité et de la puissance de la batterie ; celle-ci pourra donc débiter de plus fortes intensités de courant qu'une batterie ordinaire de même encombrement ; de plus, les risques de décharge trop poussée, de déformation des électrodes, de foisonnements des masses actives se trouvent notablement réduits.

Nous avons rapidement indiqué les principales caractéristiques de la nouvelle batterie Dinin « Etoile », fruit de longues années d'études et d'essais de laboratoire.

fois, ce résultat inespéré : une batterie d'accumulateurs au plomb, garantie d'une façon effective et absolue pendant une durée de trois années.

Cette garantie est assurée au moyen d'un sceau qui porte la date d'achat de la batterie. L'utilisateur a-t-il un motif pour être mécontent du fonctionnement de sa batterie ? Il lui est loisible de se rendre chez l'un des 2.800 agents des Accumulateurs Dinin pour procéder au remplacement gratuit de son appareil ; l'agent transfère simplement sur la batterie nouvelle le sceau de la batterie qu'on lui remet.

Ainsi l'acheteur d'une batterie Dinin « Etoile » aura l'assurance de pouvoir compter sur le parfait fonctionnement de ses accumulateurs pendant trois ans, sans être exposé à de nouveaux frais.

S. V.

# MACHINE-OUTIL

## A COMBINAISONS ET USAGES MULTIPLES

L'INGÉNOSITÉ des constructeurs s'est beaucoup exercée, au cours de ces dernières années, en vue de mettre à la disposition des artisans et des amateurs de travaux manuels des machines susceptibles d'effectuer de multiples opérations différentes dans les meilleures conditions pratiques.

Nous signalons aujourd'hui, dans ce domaine, une nouvelle machine-outil, dénommée *Watt-outil*, dont les cent trente pièces détachables combinent. Elle fonctionne sur courant lumière 110 ou 220 volts, sans modification ou adjonction à l'installation électrique existante. Sa fixation est rapide, quelle que soit la combinaison adoptée, sur le bord d'une table ou d'un établi, au moyen d'étaux à pression, sans boulon ni scellement. Ainsi, on peut transporter aisément la machine au lieu même où doit être effectué le travail. Grâce aux

vingt-quatre combinaisons différentes d'une pièce spéciale, appelée armature, sur le corps du moteur, on peut utiliser *Watt-Outil* pour les travaux suivants : *sciage guidé* jusqu'à 80 millimètres d'épaisseur, en une seule passe ; *sciages droits* à mi-bois, en onglet à tous les angles et à 45° sur l'épaisseur ; *perçages* jusqu'à 20 millimètres de diamètre, dans la position fixe ou portable (un jeu de mèches spéciales est fourni avec *Watt-Outil*) ; *tournages* jusqu'à 740 millimètres de longueur, hauteur de pointes, 120 millimètres ; *toupillages* grâce à une fraise quart de rond, acier et usinage spéciaux ; *rainurages* au moyen de deux fraises

de 3 millimètres et de deux fraises de 5 millimètres, et avec des pièces de juxtaposition ou d'écartement à toutes combinaisons ; *mortaisages*, grâce au jeu de mèches en acier rapide pour mortaisages jusqu'à 10 millimètres de largeur de rainure ; *affûtages*, *meulages* avec meule « four électrique » ; *ponçages* avec le plateau universel à poncer et ses vingt disques abrasifs ; *brossages*, *dépoussiérages* avec le bloc de cinq brosses et six disques intercalaires.

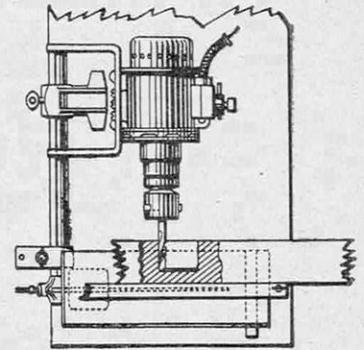
Le bloc moteur de *Watt-Outil* est de 1/2 ch. Il est monté sur roulements à billes, protégé par des carters étanches et ventilé en marche. Il est livré avec 3 mètres de câble sous caoutchouc, prise de courant, verrou interrupteur, poulie à deux mâchoires réglables, clé de réglage, poignée amovible, quatre vis et quatre rondelles latérales. Il est monté sur socle, muni de quatre pattes d'assise.

Un démultiplicateur oscillant, sur billes, à tête mobile, breveté S. G. D. G., permet quatre autres vitesses supplémentaires. Il n'est pas indispensable aux travaux ci-dessus, mais il peut être utile pour certaines opérations, par exemple le tournage et le perçage des métaux tendres, comme aussi l'usage du bloc-moteur pour mouvoir des machines auxiliaires. Il comprend dix pièces montées et une courroie.

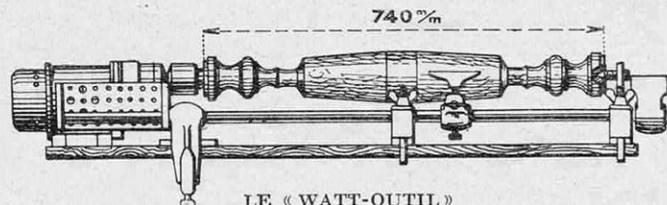
Enfin, signalons que la dépense de courant n'est que de 50 centimes par heure pour un prix moyen de courant-lumière.

On le voit, cette nouvelle machine résout parfaitement tous les problèmes du travail manuel.

J. M.  
S. G. A. S., « WATT-OUTIL », 44, rue du Louvre, Paris-1<sup>er</sup>.

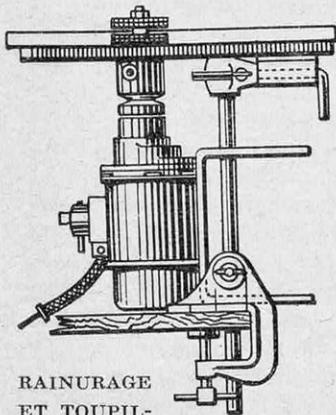


MORTAISAGE DU BOIS

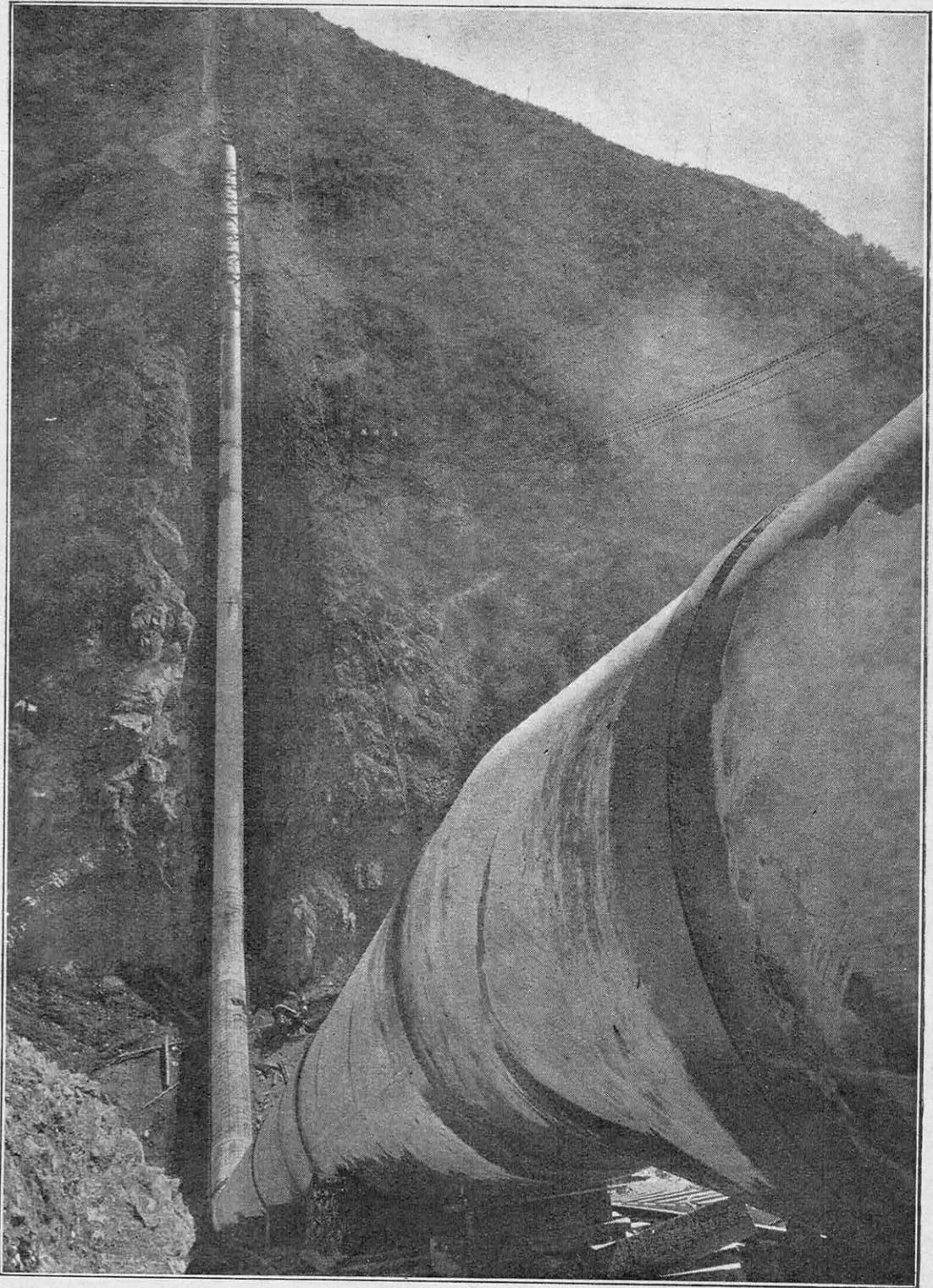


LE « WATT-OUTIL »

DISPOSÉ POUR LE TOURNAGE DU BOIS

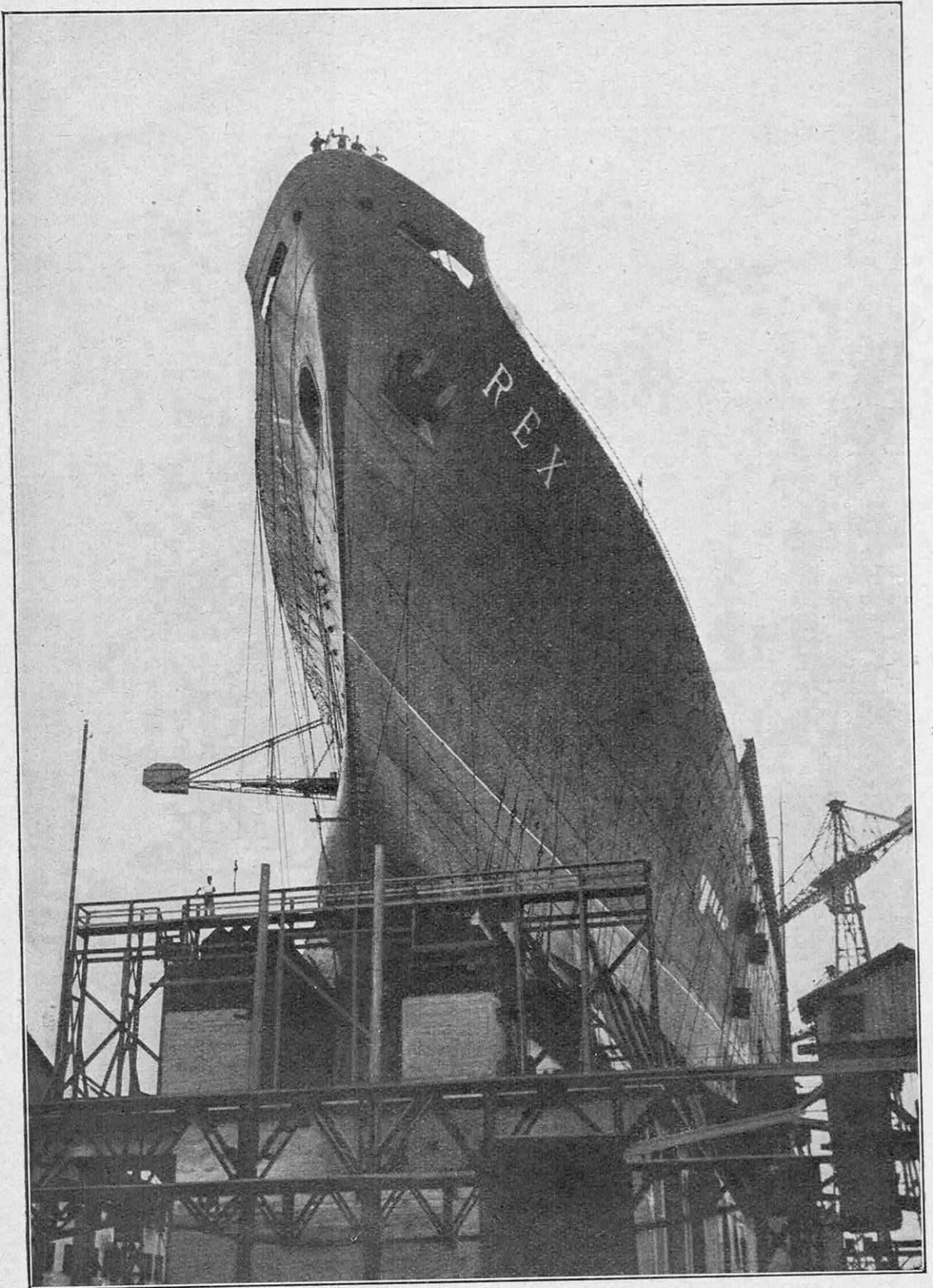


RAINURAGE  
ET TOUPILLAGE AU « WATT-OUTIL »

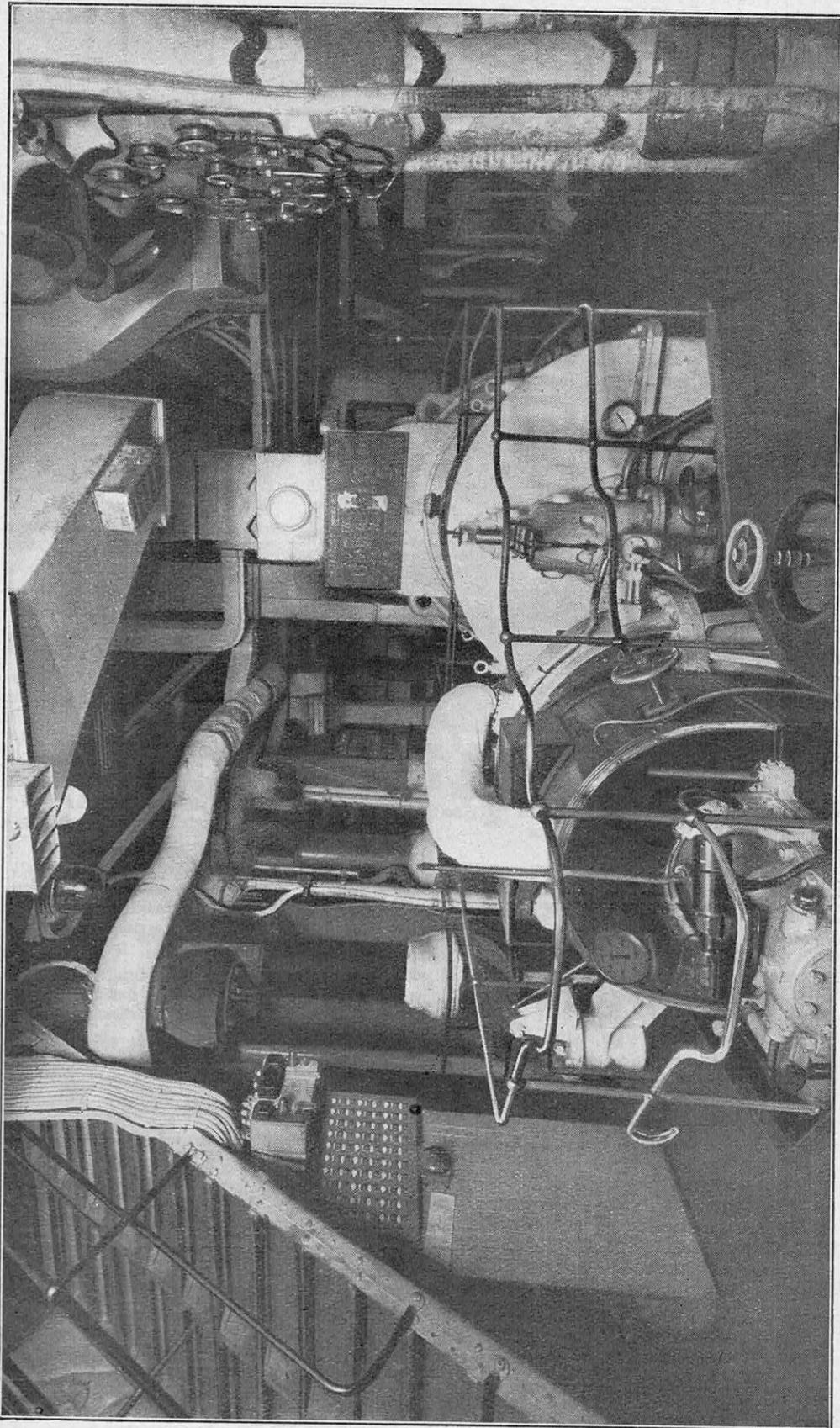


LA PLUS GRANDE CONDUITE D'EAU DU MONDE ENTIÈREMENT SOUDÉE

*La conduite géante, représentée ci-dessus, fait partie du système d'alimentation en eau de Los Angeles (Californie). Longue de 7.600 mètres, elle a un diamètre variant de 2 m 25 à 2 mètres, suivant la pression interne de l'eau qui atteint en certains points 28 kilogrammes par centimètre carré. Les tronçons de tubes pesant 12 tonnes ont été soudés à l'arc.*



VOICI L'ÉTRAVE IMPOSANTE A « BULBE » DU PAQUEBO ITALIEN « REX », DE 54.000 TONNES, QUI DÉTIENT ACTUELLEMENT LE RECORD DE VITESSE POUR LA TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE NORD, AVEC UNE VITESSE MOYENNE DE 28,92 NŒUDS (PRÈS DE 54 KILOMÈTRES A L'HEURE) ET QUI A ATTEINT 29,76 NŒUDS (55 KILOMÈTRES A L'HEURE)



LA PROPULSION ÉLECTRIQUE A ÉTÉ ADOPTÉE SUR LE PAQUEBOT ITALIEN « REX ». LA PHOTOGRAPHIE CI-DESSUS REPRÉSENTE L'UN DES PRINCIPAUX GROUPES TURBODYNAMOS DONT LA PUISSANCE TOTALE EST DE 120.000 CH. LES DYNAMOS ALIMENTENT DES MOTEURS ÉLECTRIQUES COMMANDANT DIRECTEMENT LES HÉLICES. CE DISPOSITIF SUPPRIME LES LONGS ARBRES PORTE-HÉLICES LOURDS ET ENCOMBRANTS

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

### Le véritable antifading R. S. 8, montage à stabilité de son absolue

La construction d'un super « dernier cri » ne le cédant en rien, quant aux résultats, aux appareils de grande marque, est maintenant possible à un prix de revient relativement bas.

Le montage proposé comporte sept lampes, plus une valve, montées suivant la disposition du changement de fréquence par hétérodyne séparée. La détection est assurée par une double diode-triode, ce qui permet de réaliser, facilement et sans risque d'échec, un circuit compensateur de fading (1).

Ainsi, la puissance de l'audition reste constante, quelles que soient les variations de l'émission. De plus, quand on passe d'une émission faible ou lointaine à une émission puissante ou locale, celle-ci se trouve automatiquement diminuée.

D'autre part, grâce au réglage préalable d'un volume-contrôle, on peut se fixer la valeur de la puissance sonore que l'on ne veut pas dépasser.

Le schéma de l'appareil comporte tout d'abord un circuit d'accord sur antenne à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 194, page 127.

présélecteur, ce qui assure, dès l'entrée de l'appareil, un taux élevé de sensibilité et de sélectivité. On trouve à la suite une première lampe H F, suivie d'une lampe hétérodyne, couplée à la première détectrice.

Il résulte, de ce couplage de la réception d'une émission et du fonctionnement de la lampe hétérodyne, la production d'une onde de battement, qui peut facilement être amplifiée en moyenne fréquence.

Tous les enroulements nécessaires pour le fonctionnement du circuit collecteur d'ondes et des deux premières lampes sont renfermés dans un bloc. La moyenne fréquence apparaît dans le circuit-plaque de la troisième lampe, lequel porte en série le primaire d'un Tesla; suivent deux lampes amplificatrices à moyenne fréquence, puis la double lampe

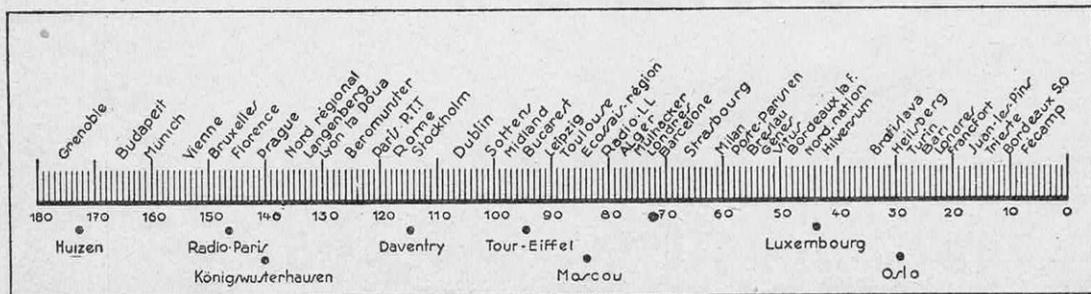
diode-triode utilisée pour la détection.

Les cinq lampes qui précèdent la double diode-triode sont, exception faite de la lampe hétérodyne qui est une triode et de la première détectrice à écran à forte pente, des lampes à écran à pente variable.

La compensation antifading est obtenue par la double diode-triode, cette lampe fournissant, en plus du courant détecté, une tension continue, variant avec l'intensité de



VUE INTÉRIEURE DU POSTE R. S. 8



LE CADRAN DU POSTE R. S. 8 AVEC LES NOMS DES STATIONS QU'IL PERMET DE RECEVOIR

la réception, qui est appliquée aux grilles de la lampe H F et des lampes M F.

Le contrôle antifading est ainsi très efficace, car il agit à la fois sur une lampe H F et sur les M F.

Toutes ces lampes sont naturellement à chauffage indirect, avec une première polarisation des grilles par chutes de tension dans des résistances convenablement shuntées.

La double diode-triode est couplée à la trigrille finale par capacités et résistances.

Cette dernière lampe, elle-même très sensible, est alimentée en alternatif brut ; son circuit-plaque porte les deux bornes d'un haut-parleur choisi du type électrodynamique.

Un tel haut-parleur est ici très intéressant, car, outre ses qualités propres, il permet de se servir de l'enroulement d'excitation ( $R=1.500$  ohms) comme self de filtrage, ce qui correspond à une économie appréciable, une self pour forts débits étant forcément assez coûteuse.

Un volume-contrôle, formé par un potentiomètre et par une capacité sert à régler la tonalité de l'audition. Par ailleurs, on peut, en s'aidant d'un premier potentiomètre, contrôler la quantité d'énergie à basse fréquence envoyée dans la trigrille, ce qui correspond à un contrôle de puissance.

Signalons que le primaire porte un répartiteur de tension avec fusible, assurant une protection absolue du primaire et, d'une façon générale, du récepteur. Deux condensateurs électrochimiques complètent le filtre, dont la self est formée, comme nous l'avons vu, par l'enroulement d'excitation du haut-parleur. La prise médiane du secondaire, donnant le chauffage des lampes, porte enfin une résistance complétée par une capacité électrochimique, cet ensemble étant utilisé pour polariser la grille de la trigrille. Comme on peut le voir, toutes les fonctions du récepteur sont contrôlées d'une façon entièrement automatique.

Il va sans dire, dans ces conditions, que le réglage est également automatique, réalisé en fait par l'emploi d'un condensateur quadruple.

Signalons enfin que toutes indications pour le montage sont données par un schéma détaillé du poste.

ETABLISSEMENTS RADIO-SOURCE, 82, avenue Parmentier, Paris-11<sup>e</sup>.

## Excellent récepteur à 5 lampes dont une à 7 électrodes

Nos lecteurs ont trouvé d'autre part (1) l'exposé des perfectionnements apportés au radiorécepteur grâce aux progrès des lampes de T. S. F. Voici un exemple de ce que la technique actuelle permet de réaliser pour un prix relativement bon marché.

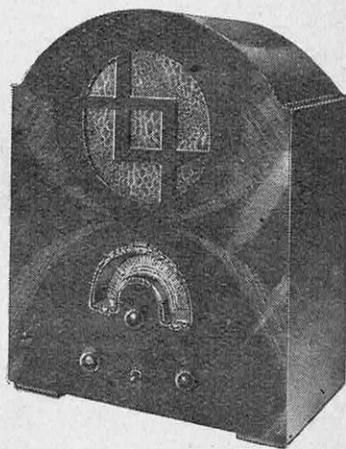
(1) Voir dans ce n° de *La Science et la Vie*, page 19.

L'*Heptodyne Ultima* comporte, en effet, un montage à changement de fréquence, au moyen d'une heptode variable 2 A 7, suivi d'une amplification moyenne fréquence par pentode à pente variable. Vient ensuite une détection par pentode à grande pente 57, 2 A 5 et une basse fréquence à grande puissance. Une des particularités à signaler consiste dans les nouveaux transformateurs moyenne fréquence utilisés ; ceux-ci sont combinés tout spécialement et construits sur stéatite avec noyau de fer (B. S. G. D. G.). Ils autorisent une amplification double de celle obtenue ordinairement.

L'accord de l'appareil s'obtient avec précision par un seul bouton.

Le cadran présente la forme d'un demi-cercle gradué en noms des stations. Un index lumineux précis et élégant se déplace sur les graduations.

Grâce à l'emploi d'un transformateur blindé à écran statique, cet appa-



L'« HEPTODYNE ULTIMA »

pareil fonctionne sur tous les secteurs alternatifs de 42 à 60 périodes et de 110, 130, 220, 250 volts.

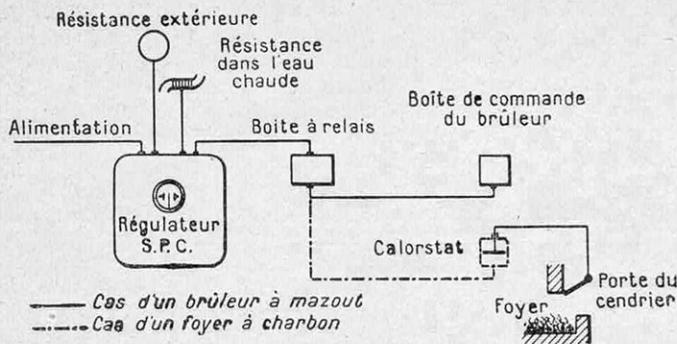
Les sept circuits accordés, dont deux disposés en présélecteur, assurent une sélectivité très aiguë, tout en conservant une grande pureté d'audition.

Signalons encore que, grâce aux filtres de bande et à l'écran « antistatique » du transformateur d'alimentation, les parasites sont absorbés ; que le faible nombre de lampes permet d'obtenir de grandes qualités musicales et que la puissance sonore est considérable. La lampe de sortie donne en effet 9 watts. Un volume-contrôle procure d'ailleurs la facilité de régler à volonté cette puissance. On peut également choisir la tonalité désirée. Enfin, cet appareil comporte une prise de pick-up et peut être utilisé comme phonographe électrique.

RADIO HOTEL-DE-VILLE, 13, rue du Temple, Paris.

## La régulation automatique du chauffage central

Si le chauffage central a constitué, dès son apparition, une importante étape vers l'amélioration du confort, il ne peut cependant atteindre pleinement son but que si son réglage, en fonction des circons-



MONTAGE DU RÉGULATEUR S. P. C. POUR LE CHAUFFAGE CENTRAL AU MAZOUT OU AU CHARBON

tances extérieures, est automatique et rapide.

Les installations comportent bien, en effet, un thermostat, placé sur la chaudière, permettant le réglage à la main de la température de l'eau chaude ou de la pression de la vapeur au départ, mais cet appareil n'étant modifié que deux fois par jour en général (et souvent même une seule fois), il arrive trop souvent que les pièces sont ou trop, ou insuffisamment chauffées. Dans les installations soignées, des thermostats placés dans les pièces-témoins sont influencés directement par la température de ces pièces. Mais, par suite de l'inertie calorifique du local, le thermostat n'agit qu'avec un retard appréciable à la suite d'une variation de température, d'où encore des périodes de surchauffe, suivies de périodes de chauffage insuffisant et, bien entendu, une consommation exagérée de combustible.

Voici cependant un appareil qui résout parfaitement le problème. Il est essentiellement constitué par un pont de Wheatstone, comportant trois résistances formées par un métal à résistivité pratiquement constante et dont la quatrième résistance, soumise aux variations de la température extérieure, varie au contraire avec cette température.

L'appareil étant réglé pour une certaine température, toute variation de celle-ci entraîne un déséquilibre du pont. Le courant circulant dans sa diagonale est enregistré par un milliampèremètre de grande sensibilité, dont l'aiguille est munie d'un ou deux contacts suivant le modèle. Ces contacts viennent s'appuyer sur des butées et ferment des circuits agissant sur le chauffage. Signalons que des dispositifs spéciaux, brevetés par M. H. Moreau, assurent le portage parfait de l'aiguille sur les butées, amplifient immédiatement le courant sans avoir recours à des amplificateurs à lampes, assurent le décollage franc de l'aiguille et évitent les étincelles de rupture du courant.

Deux types d'appareils sont exécutés : le premier s'applique aux systèmes contrôlés par tout ou rien (brûleurs automatiques à mazout, registres et postes de

cendriers de chaudières, moteurs, vannes magnétiques, etc.) ; le second assure la commande des appareils à réglage progressif (ouverture ou fermeture de vannes, robinets, moteurs à vitesses multiples, etc.).

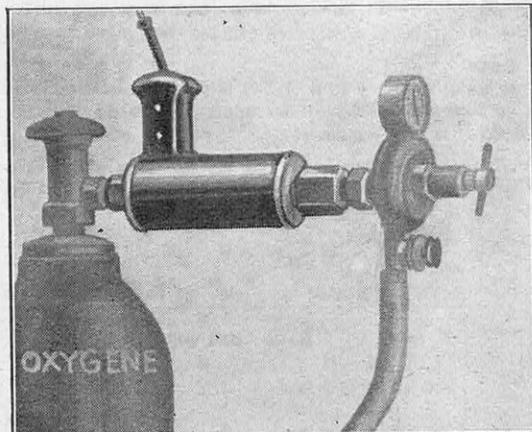
Grâce à ce dispositif, l'économie de charbon réalisée sous le climat parisien dépasse 10 %. Dans certains cas, elle peut atteindre 5 %. Il faut tenir compte, en effet, de ce que ces appareils peuvent être conjugués avec des horloges électriques permettant de prévoir des régimes différents, au gré de l'usager, pour le jour et la nuit, par exemple. De plus, le confort maximum est obtenu par une température toujours égale.

SOCIÉTÉ POUR LE PERFECTIONNEMENT DE LA CHAUFFERIE, 48, rue La Boétie, Paris-8<sup>e</sup>.

## Pour rendre plus économique la soudure autogène

LA soudure autogène et le découpage au chalumeau, qui ont pris un développement considérable, sont basés — on le sait — sur la grande quantité de chaleur dégagée par la combustion d'un gaz dans l'oxygène. En pratique, c'est à l'acétylène que l'on fait appel. L'acétylène et l'oxygène, enfermés sous pression dans des bouteilles en acier, alimentent, à la pression convenable, le chalumeau. Mais la forte détente subie par ces gaz abaisse considérablement leur température et on peut observer parfois la production de givre sur les détendeurs. Le rendement de l'opération en est évidemment diminué, puisqu'il faut perdre des calories pour réchauffer ces gaz.

Un petit appareil, le *Thermos*, remédie



L'APPAREIL « THERMOS » INSTALLÉ APRÈS LA BOUTEILLE D'OXYGÈNE

ependant à cet inconvénient. Il suffit, en effet, de le brancher sur le tube d'oxygène et d'ouvrir légèrement le pointeau de la bouteille, avant de brancher le manodétendeur, afin de chasser les impuretés qui pourraient se trouver à l'intérieur de l'appareil. L'opération se poursuit alors comme d'ordinaire. L'oxygène étant réchauffé à son passage dans l'appareil, on réalise ainsi une économie qui, pour la soudure, peut atteindre : 15 à 20 % sur le temps ; 15 à 20% sur l'oxygène et 15 à 20% sur l'acétylène. Pour le découpage, cette économie est encore plus importante : 30% sur le temps ; 50% sur l'oxygène ; 70% sur l'acétylène. De plus, la flamme est très régulière et les « ratés » sont supprimés.

LA DIFFUSION ÉLECTRIQUE, 14, rue de l'Atlas, Paris-17<sup>e</sup>.

## Nouveaux moteurs à plusieurs vitesses

**N**OUS avons présenté, dans notre n° 190, page 352, un nouveau moteur électrique fonctionnant sur le courant alternatif monophasé et tournant à vitesse fixe. L'avantage de ces moteurs n'a pas échappé à nos lecteurs, qui nous ont demandé de nombreux renseignements.

Voici un nouveau moteur qui, tout en étant étudié sur le même principe, a été modifié de façon à pouvoir fonctionner non plus à une seule vitesse, mais à trois vitesses différentes : 700, 400, 800 tours-minute. A ces trois vitesses, ce moteur possède un bon rendement et un bon couple moteur. Un simple bouton de commande, dépassant le socle qui supporte le moteur, permet à l'utilisateur d'obtenir la vitesse désirée.

Les applications de ces moteurs sont mul-



MOTEUR « VASSAL » A PLUSIEURS VITESSES

tiples : petites machines-outils d'horlogerie, commande de transmission flexible, machines de démonstrations et de laboratoire, etc.

Le fonctionnement satisfaisant de ces quelques applications a rendu nécessaire la marche de ces machines à des vitesses très différentes, et ces nouveaux moteurs permettent, sans aucune installation spéciale, de réaliser ces entraînements.

Ce résultat a été obtenu en superposant dans le même stator les bobinages nécessaires à chacune des vitesses. A chaque bobinage correspond un bobinage auxiliaire décalé par rapport au bobinage principal, qui crée le champ tournant nécessaire à la marche du moteur, grâce à la présence d'une capacité appropriée.

Toutes ces connexions se trouvent ingénieusement simplifiées et obtenues automatiquement à l'aide d'un contacteur, très simple et robuste, que l'on manœuvre par l'intermédiaire d'un bouton extérieur.

Ainsi, à chaque vitesse obtenue, on dispose d'un couple moteur normal et d'un bon démarrage. La vitesse également est fixe, quelle que soit la charge imposée au moteur, si toutefois cette charge rentre dans la puissance de ce moteur.

De plus, dans ce nouveau moteur, aucun organe tournant n'est susceptible de s'user, puisque le rotor est simplement un rotor dit à « cage d'écureuil » et ne possède ni coupleur, ni charbon. Il ne peut donc gêner aucunement les réceptions T. S. F.

M. VASSAL, 13, rue Henri-Regnault, Saint-Cloud (Seine-et-Oise).

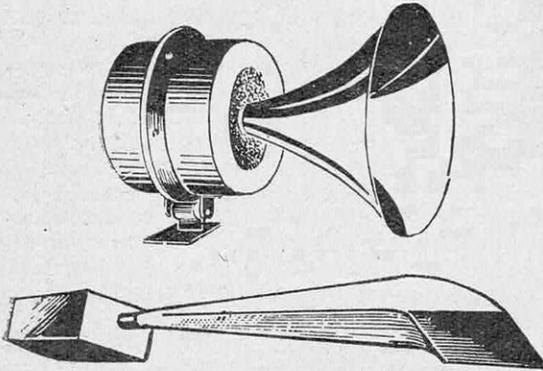
## D'intéressants accessoires pour l'automobile

**A**CCROITRE la sécurité et le confort des usagers, telle est une des préoccupations les plus constantes des constructeurs d'accessoires de la voiture automobile. Voici une série d'appareils intéressants, établis par la maison « Sanor ».

A côté des *avertisseurs électriques RD* et *RD 2* autoréglables, donnant un son pur et toujours égal, signalons, en effet :

L'*avertisseur à dépression DP*, robuste et d'un réglage simple au moyen d'un gros écrou moleté qu'un frein bloque dans la position correspondant au son désiré. Cet appareil se complète heureusement par une *valve électrique*, qui permet de mettre en action l'avertisseur au moyen d'un bouton placé sur le tablier ou sur le volant. Cette valve s'intercale entre l'avertisseur et la tubulure d'admission. Son conduit intérieur est obturé par un pointeau formant le noyau plongeur d'un électroaimant. En appuyant sur le bouton, on envoie le courant de la batterie dans l'électro, le pointeau se soulève et l'avertisseur fonctionne ;

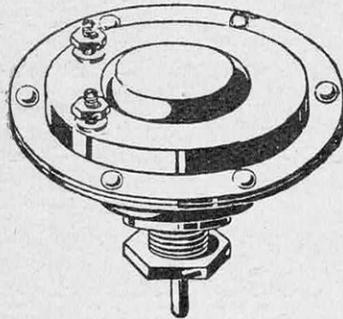
La trompe double d'incendie, avec ses deux notes à grande puissance, pour les voitures de pompiers. La commande se fait par deux boutons de contact, ce qui permet de varier



RÉCEPTEUR (EN HAUT) ET HAUT-PARLEUR (EN BAS) DE L'AMPLIFICATEUR DE SONS

la cadence pour attirer l'attention et de n'utiliser qu'une note au retour du feu ou en cours d'exercice ;

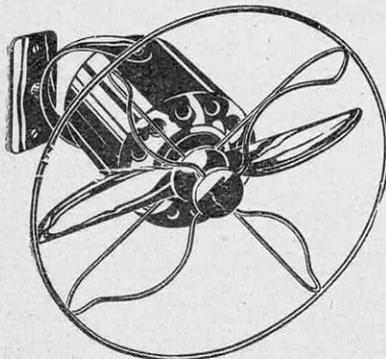
L'auto-contact, qui établit automatiquement le contact au moment du démarrage et le coupe instantanément à l'arrêt ;



AUTO-CONTACT « SANOR »

de l'orienter à volonté instantanément ;

Enfin, un amplificateur de sons, imposé sur les poids lourds à partir du 1<sup>er</sup> janvier 1934, a été spécialement étudié par la maison



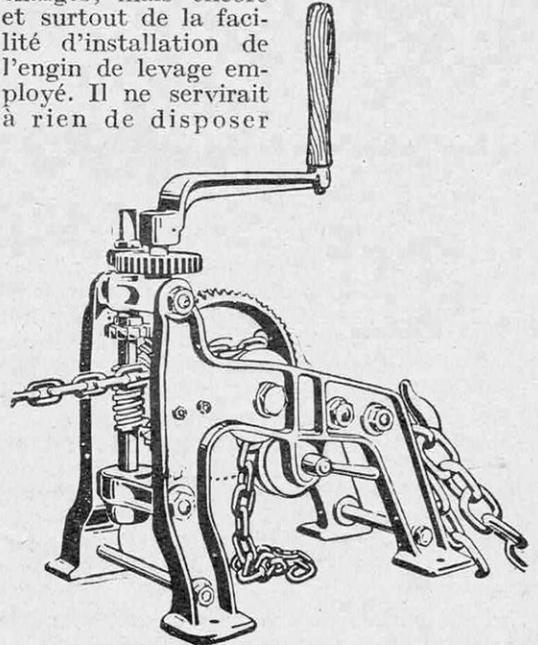
VENTILATEUR « SANOR »

« Sanor », qui a établi un modèle acoustique très sensible, très robuste, et où les bruits de fond sont presque complètement éliminés.

ETABLISSEMENTS SANOR, Courbevoie (Seine).

## Les plus lourds fardeaux sont manipulés à la main

Le problème de la manutention est de ceux qui conditionnent au premier chef le rendement d'une entreprise industrielle. C'est à la qualité du matériel qu'il utilise que l'entrepreneur peut demander de réduire ses frais généraux de main-d'œuvre et d'améliorer le travail. Or, la rapidité de la manutention ne dépend pas seulement de la vitesse de déplacement des charges, mais encore et surtout de la facilité d'installation de l'engin de levage employé. Il ne servirait à rien de disposer

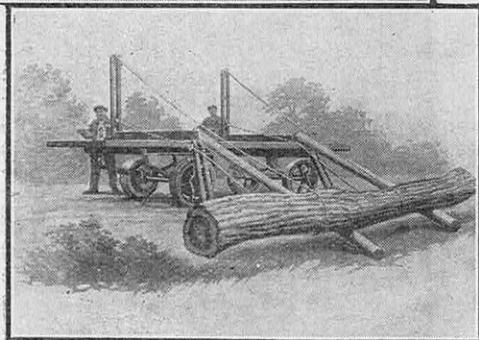
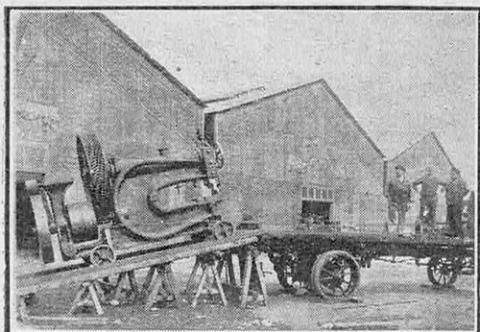


ENSEMBLE DU TREUIL R. L. C.

d'une grue puissante, si celle-ci ne pouvait être amenée rapidement à pied d'œuvre.

Nous avons déjà signalé (1) comment le problème pouvait être résolu au moyen d'un petit treuil actionné à la main. Ce treuil R. L. C. se compose d'un bâti solide et léger dont les deux jambes avant, fortement entretoisées, sont traversées par un arbre sur lequel sont calées deux roues formant un seul bloc : une roue dentée et une roue portant des empreintes destinées à empêcher le glissement de la chaîne de halage. La roue dentée est en prise avec une vis sans fin à axe vertical, elle-même actionnée à la main par la manivelle de l'appareil. Les engrenages sont taillés dans la masse, presque exclusivement en acier, et montés sur butées à billes à gorge de roulement. D'un poids très réduit (39 kilogrammes), ces treuils sont facilement transportables. Ils n'exigent qu'un très faible effort à la manivelle (14 kilogrammes pour 1.000 kilogrammes de traction verticale).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 78, page 530.



COMMENT ON CHARGE A LA MAIN UNE LOURDE MACHINE-OUTIL OU UN TRONC D'ARBRE

Leur robustesse leur permet de charger sur des véhicules des fardeaux de 20 tonnes et de déplacer horizontalement un poids de 40 tonnes.

Ces appareils ont reçu, depuis leur création, d'importants perfectionnements. Citons notamment le *treuil mural* ou *d'applique*, spécial pour le bâtiment, les abattoirs, les entreprises, et destiné au levage vertical. Il possède une vis à grand rendement et assure un levage doux et rapide.

Comme particularités intéressantes, il faut également signaler : les deux vitesses, le dévidage instantané du câble à vide sans frein par encliquetage semi-automatique permettant de rendre fou le tambour.

La mise en place sur mât ou ranchet est instantanée par un seul homme.

Ainsi sont supprimés les ensembles lourds, encombrants et longs à installer, tels que chèvres, etc. Un seul homme peut charger plusieurs véhicules avec un seul treuil. Le chargement peut être effectué alternativement de chaque côté du véhicule.

MM. LARMIGNAT & LE MONNIER, 134, rue Sadi-Carnot, Vanves (Seine).

## Cafetière et théière électriques

NOUS avons signalé dans notre dernier numéro (n° 198, p. 535) comment une lampe-pendule-réveil permettait de déclencher, à l'heure indiquée, un appareil électrique quelconque, poste de T. S. F., cafetière électrique, etc. Ainsi, le matin, sans

avoir à se déranger, on peut obtenir un excellent café qui se prépare tout seul.

La photographie ci-dessous représente précisément, à gauche, une théière et, à droite, une cafetière qui répondent parfaitement à la solution de ce problème.

La cafetière se compose, on le voit, de deux parties principales. A droite, le corps proprement dit, comportant la résistance chauffante et le récipient dans lequel on met la quantité d'eau voulue. A gauche, le filtre qui est muni de deux verseurs, le modèle étant prévu pour deux tasses. Lorsque la pendule ferme le courant à l'heure marquée, l'eau s'échauffe, monte par un tube central, vient passer sur la poudre de café et l'excellent breuvage vient remplir les tasses.

Quant à la théière, elle ne comporte qu'un seul corps, puisque l'infusion du thé se fait dans l'eau même. Toujours d'après le même



LA THÉIÈRE ET LA CAFETIÈRE ÉLECTRIQUES

principe, le thé se prépare automatiquement à l'heure marquée.

Signalons pour terminer la belle présentation de ces deux appareils qui accroissent encore le confort.

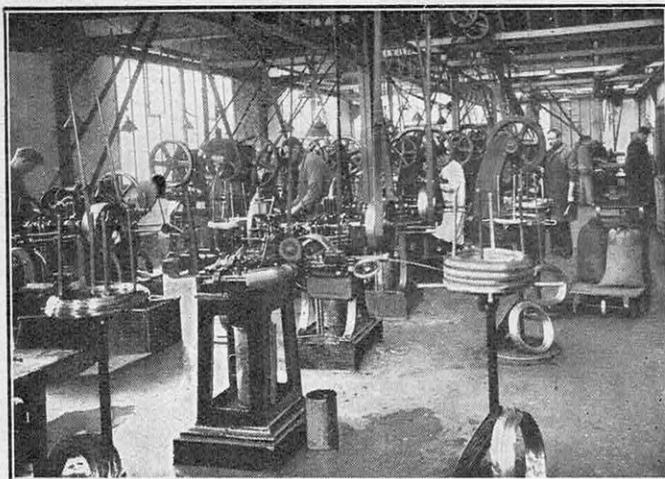
LA DIFFUSION ÉLECTRIQUE, 14, rue de l'Atlas, Paris (19°).

## Un embauchoir pour les chaussures d'enfants

TOUT le monde a apprécié ce petit appareil, l'embauchoir, qui permet de conserver à la chaussure l'aspect du neuf et facilite son entretien. Toutefois, aucun modèle n'avait été encore mis au point pour les chaussures d'enfants.

N'est-il pas cependant nécessaire que l'enfant ait le pied à l'aise, et, pour cela, ne faut-il pas éviter qu'une chaussure abondamment mouillée, quelquefois par simple jeu, ne se recroqueville et, par suite, ne blesse le pied?

Un nouvel appareil, l'EX-L supprime cet inconvénient. Extensible en longueur et en



UNE VUE DE L'ATELIER D'EMBAUCHOIRS

largeur, un même modèle peut être utilisé pour quatre pointures ; les chaussures sont maintenues en bonne forme, et l'enfant, appréciant son confort, prendra en même temps le goût de l'élégance et de l'économie.

Ainsi, grâce à l'EX-L, l'élégance, le confort et l'économie se trouvent réunis.

ETABLISSEMENTS GEO LEIGHTON, 7, rue Thorel, Paris (2<sup>e</sup>).

### Pour l'hygiène dentaire

ON sait qu'il est fortement recommandé, pour mettre les dents à l'abri de la carie, de les laver après chaque repas. En effet, les aliments contiennent toujours des éléments susceptibles d'attaquer les dents. Pour nettoyer celles-ci, on utilise

d'ordinaire une brosse et un produit dentifrice. Mais quelle que soit la qualité de ce produit et quel que soit le soin apporté à ce brossage, on ne peut affirmer que les interstices minimes existant entre les dents ont bien été débarrassés de toute impureté. De plus, les nombreuses personnes qui mangent au restaurant ne peuvent se livrer commodément à cette hygiène de la bouche.

Un simple fil de soie suffit cependant pour résoudre le problème. Renouvelé à chaque opération, ce fil donne toute garantie. Pour l'utiliser commodément, il est toutefois indispensable de l'adapter sur un support étudié à cet effet. L'appareil dénommé « soie dentaire »,

et représenté ci-dessous, répond parfaitement à cette condition. Le fil de soie est tendu entre deux petits supports qui per-

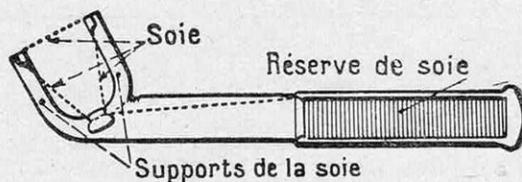


SCHÉMA DE LA « SOIE DENTAIRE »

mettent de l'utiliser aisément. De plus, le manche contient une réserve de soie interchangeable et, après chaque emploi, il suffit de tirer sur le fil pour enlever la partie qui a été utilisée.

M. D. DOLFFUS, 34, rue de la Glacière, Paris-13<sup>e</sup>.

## TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

### FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	{ 1 an ..... 45 fr.	Envois recommandés ....	{ 1 an ..... 55 fr.
chis.....	{ 6 mois... 23 —		{ 6 mois... 28 —

### ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : <i>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, Rhodésia, Suède.</i>			
Envois simplement affran-	{ 1 an ..... 80 fr.	Envois recommandés ....	{ 1 an .... 100 fr.
chis.....	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois.. 50 —

### Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	{ 1 an ..... 70 fr.	Envois recommandés ....	{ 1 an ..... 90 fr.
chis.....	{ 6 mois... 36 —		{ 6 mois... 45 —

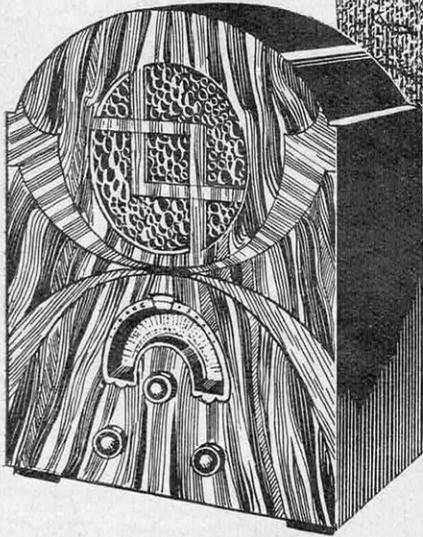
Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X<sup>e</sup>  
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS



PRIX COMPLET

**895<sup>f.</sup>**



**HEPTODYNE  
ULTIMA**

**Une  
technique !**

**Une  
garantie !!**

**Un  
prix !!!**

*Une belle étape dans le progrès de la T. S. F. vient d'être réalisée avec l'Heptodyne « Ultima » ; non seulement tous les perfectionnements actuellement connus s'y retrouvent appliqués d'une façon rationnelle, mais l'« Heptodyne » possède aussi une qualité particulière et inédite ; équipé avec de nouveaux transformateurs combinés et construits sur stéatite avec noyau à fer, l'Heptodyne possède une amplification double en comparaison avec n'importe quel appareil de catégorie similaire, ce qui explique que l'Heptodyne reçoit à Paris 145 émissions européennes.*

**CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES :**  
5 lampes américaines dont 1 valve, combinées à du matériel français spécialement adapté à ces lampes — fonctionnement sur courant alternatif 110, 130, 220, 250 v., 42 à 60 périodes — 7 circuits accordés et présélecteur. Transfo d'ali-

mentation Bardou à écran statique, volume contrôle tonalité, filtre antiparasite, sélect. 8 kc : s, prise pick-up, mono-réglage absolu ; lecture directe en nom de stations. Pureté musicale uniforme et complète sur tous secteurs alternatifs. Présentation grand luxe.

Prix entièrement complet au comptant **895 fr.**

Prix entièrement complet à crédit **125 fr.** à la commande, à la livraison et 6 traites de 125 francs

Notice de l'Heptodyne « Ultima » adressée franco sur demande

Tous les postes-secteur des grandes marques aux meilleures conditions : Ducretet, Ultima, Téalémit, Sonora, Mende, etc...

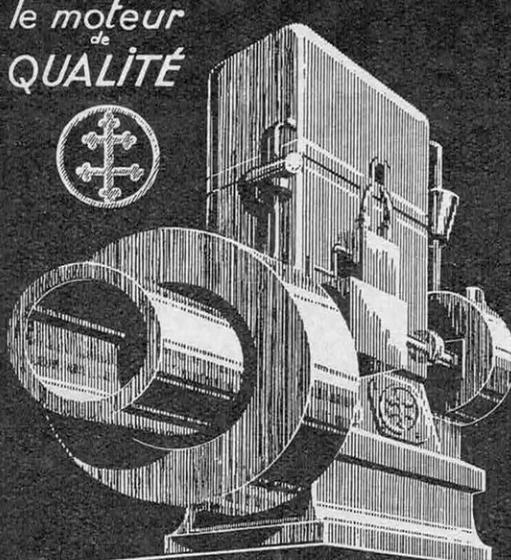
**RADIO-HOTEL-DE-VILLE**

Maison fondée en 1914

**13, rue du Temple, PARIS**

Métro : Hôtel-de-Ville  
Magasins ouverts dimanches et fêtes  
Expéditions immédiates en province

le moteur  
de  
**QUALITÉ**



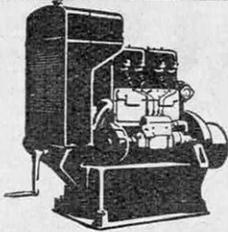
**DIESEL  
LORRAINE**

la grande marque française

7. RUE DE LA RÉPUBLIQUE À PUTEAUX - SEINE

LE DROUHAÏTE 0461

GOLBY - PARIS



**LES MOTEURS,  
GROUPES  
ÉLECTROGÈNES  
MOTO - POMPES**

les plus intéressants  
du marché

Renseignements et prix sur demande à nos  
Usines de BILLANCOURT et chez nos Agents

**RENAULT**

4842

**AMPLISSON**



**L'OREILLE DU POIDS LOURD**

**AMPLIFICATEUR DE SONS**

Conforme à l'article 22 du  
CODE DE LA ROUTE

SYSTEME  
Lomol  
BREVETÉ  
S.C.D.G.

**AMPLISSON** 143, Rue  
Andalou France **PARIS - LEVALLOIS**

LE  
**303...**

CONTIENT  
**4 FOIS**

PLUS d'ENCRE  
que votre stylo  
de même taille



Breveté et usiné par

**STYLOMINE**

2, Rue de Nice - PARIS, XI<sup>e</sup>

**Des cadeaux utiles !**

**Les Cafetières et Théières  
"NÉOWATT"**

sont universellement réputées

Demandez  
l'Aspirateur

"TRIANON"

GARANTI  
UN AN

675 fr.



Achetez  
la  
Lampe  
réveil

"HÉLICHRON"

absolument  
automatique

195 fr.

**CAFETIÈRES :**                      **THÉIÈRES :**  
2/3 tasses. **225. »**    2/3 tasses. **225. »**  
4/6 tasses. **380. »**    4/5 tasses. **350. »**

(Remise aux professionnels)

**LA DIFFUSION ÉLECTRIQUE S. A.**  
14, rue de l'Atlas, PARIS (19<sup>e</sup>)  
MÉTRO : BELLEVILLE                      TÉL. : NORD 64-71

*La petite merveille !*

**SUPERHETERODYNE**

**Sonora**  
CLEAR AS A BELL 



**5 lampes**

Marche sur tous courants  
alternatifs ou continus

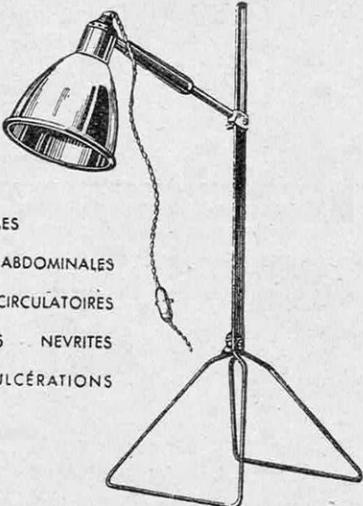
**995 francs au comptant**  
ou 100 fr. à la commande  
100 fr. à la livraison  
et le solde en  
12 mensualités de 75 francs

© **RADIOCINE** ©  
11, Boulevard Saint-Martin, PARIS-3<sup>e</sup>

**L'INFRA-ROUGE**

— A DOMICILE —

**PAR LE PROJECTEUR  
THERMO-PHOTHERAPIQUE  
DU DOCTEUR ROCHU-MERY**



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

**LA VERRERIE SCIENTIFIQUE**  
12, AV. DU MAINE, PARIS, XV<sup>e</sup> T. LITRE 01-03

**UNE FOIS PAR AN**  
en Janvier et Février

**GRANDE VENTE DE SOLDES  
BURBERRYS**

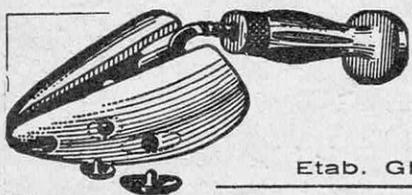


VÊTEMENTS IMPERMÉABLES  
MANTEAUX et COSTUMES  
de  
VILLE, SPORT, VOYAGE  
pour  
HOMMES, DAMES, ENFANTS  
à des  
**PRIX EXCEPTIONNELS**

Catalogue n° 8 franco sur demande

La Maison restera ouverte  
le Samedi après-midi

**8 et 10, boul. Malesherbes, PARIS**



## EMBAUCHOIR - FORME à FORCER

“EX-L” BREVETÉ S. G. D. G.

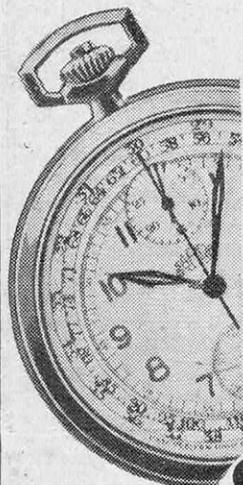
POUR HOMMES - DAMES - ENFANTS  
automatiquement extensible en largeur et longueur

Etab. GEO. LEIGHTON, 6, rue Thorel, PARIS (2<sup>e</sup>)

## FAITES VENIR DE BESANÇON

### UN CHRONOGRAPHE

au prix d'une bonne montre :



Boîtier demi-plat métal chromé, qualité soignée - garantie 8 ans, aiguille au cinquième de seconde et totalisateur de minutes.

Seul, un spécialiste expérimenté, vendant directement, peut vous offrir un tel chronographe au prix de **235 Frs.**

Pour tous autres genres de chronomètres, chronographes et de montres Hommes et Dames (**600 modèles**), demandez le catalogue gratuit “Montres” N° 34-65 des réputés Etablissements

235 fr.

# SARDA

BESANÇON  
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

## Le métier littéraire n'est plus un privilège réservé aux élites des grandes villes.

Un bon rédacteur se fera toujours une place de premier plan, quelle que soit la carrière où le portent ses préférences.

Savoir bien rédiger est une condition essentielle de réussite, non seulement dans la presse et l'édition, mais dans la *publicité*, les *affaires*, l'*administration*.

Les bons rédacteurs sont rares. Apprenez le métier d'écrivain en quelques mois, par une méthode éprouvée, facile et attrayante. Ce sera pour vous une garantie permanente de succès dans l'avenir, quoi qu'il vous arrive.

Demandez, aujourd'hui même, le volume programme illustré, qui vous sera envoyé franco et sans engagement par l'École A. B. C. de rédaction littéraire et pratique.

ENVOYEZ CE COUPON SANS RETARD

ÉCOLE A. B. C. DE RÉDACTION, Groupe B 3  
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris-8<sup>e</sup>

Monsieur le Directeur,

Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans engagement pour moi, la brochure *Ecrire, pour le plaisir, pour le profit*, m'apportant des détails complets sur la *Méthode A. B. C. de rédaction littéraire et pratique*.

Nom : .....

Adresse : .....

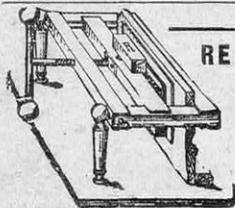


**OSGA** Jouvence d'oxygène naissant, reconstitue, tonifie, fortifie, par LA VIE AU GRAND AIR AU FOYER pour un sou par semaine. Sur-cour. lum. alt. natif 110 ou 220 v. Complet, 210 fr. franco France. C. R. S. G. A. S., 44, r. du Livre, Paris-1<sup>er</sup> Anémie, Asthme, Coquel., Nez, etc.



### TIMBRES-POSTE AUTHENTIQUES DES MISSIONS ÉTRANGÈRES

Garantis non triés, vendus au kilo. Demandez les notices explicatives au Directeur de l'Office des Timbres-Poste des Missions, à PIRAC, près Toulouse (Haute-Garonne)



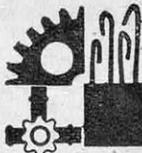
### RELIER tout SOI-MÊME

avec la *Relieuse-Meredieu* est une distraction à la portée de tous

Outillage et Fournitures générales  
Notice illustrée franco : 1 franc  
V. FOUBERE & LAUR NT, à ANGOULÈME

## INVENTEURS Pour vos BREVETS

Adressez-vous à : ROGER PAUL, Ingénieur-Conseil  
35, rue de la Lune, PARIS (2<sup>e</sup>) Brochure gratis !



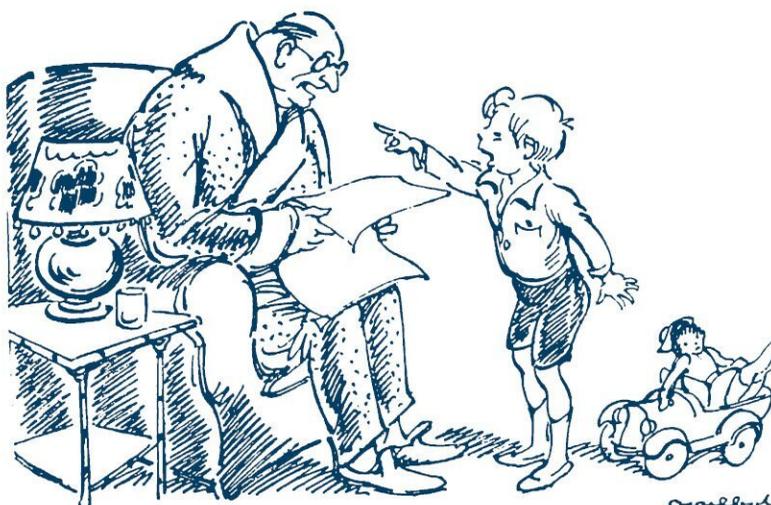
### INSTITUT MODERNE POLYTECHNIQUE

38, Rue Hallé - PARIS (5<sup>e</sup>)

20<sup>e</sup> année

Études par correspondance et forfaitaires pour :  
AUTOMOBILE - AVIATION - ÉLECTRICITÉ  
BÉTON ARMÉ - CHAUFFAGE CENTRAL

Programme N° 4 sur simple demande à l'I.M.P. en indiquant branche choisie



- Si tu veux conserver de belles dents, il faut les laver au Dentol.  
 - T'as pas dû te les laver beaucoup toi.

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

**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*.

les années passent...

an. Girard



Peugeot  
reste...

**1934** roues avant indépendantes  
carrosseries aérodynamiques



AUX ABONNÉS DE  
**LA SCIENCE ET LA VIE**  
NOUS OFFRONS

- I BON GRATUIT pour un Stylo à plume cristal rentrante d'une valeur de 25 francs formellement garanti, aux acheteurs de la "Joie d'Écrire".
- I BON de RÉDUCTION de **50 %** sur nos Agendas H. Morin.
- I BON de RÉDUCTION de **5 frs** sur le Té-Équerre "Express"
- I BON GRATUIT pour le "Guide illustré de l'Amateur Relieur"
- I BON GRATUIT pour la Notice explicative avec gravures de la "Bibliothèque Extensib".
- I BON de RÉDUCTION de **50 %** sur la Règle à Calculs n° 1964
- I BON de RÉDUCTION de **2 frs** sur l'Appareil Distributeur d'épingles "ÉCONOMIC".
- I BON de RÉDUCTION de **30 frs** sur la Jumelle à Prismes à grand champ "DEAUVILLE".
- I BON de RÉDUCTION de **15 frs** sur la Jumelle de Galilée "TOURING"

**E T**

Si la pluie vous empêche de vous servir  
de votre Jumelle "DEAUVILLE"  
PAR UNE ASSURANCE DES PLUS SIMPLES

**DES VACANCES GRATUITES....**

(voir carte incluse)

Le meilleur Stylo pour l'écriture Française

# "Joie d'écrire"



Sa solide plume en or laminée et récroûie est à pointe d'iridium inusable : Elle écrira des millions de mots. Vous choisirez parmi 9 plumes différentes celle qui convient le mieux à votre écriture.



Remplissage instantané :  
Un tour à gauche  
un tour à droite  
et le porte-plume  
est rempli



**BON GRATUIT**  
Les Ets H. MORIN  
offrent gratuitement  
aux abonnés de  
"LA SCIENCE ET LA VIE"  
acheteurs du Stylo  
"Joie d'écrire"  
un Stylo duplicateur à  
plume cristal rentrante  
d'une valeur de  
**25 francs** et  
formellement garanti  
C'est le remboursement  
de la moitié du prix  
de la "Joie d'écrire"

**BON DE COMMANDE**

à retourner aux Ets H. MORIN, 11 r. Dulong, Paris (XVII<sup>e</sup>)

Veuillez m'adresser contre remboursement (1)  
**UN STYLO "Joie d'écrire"**  
marbré ou noir à ..... **50 francs**

<b>PLUME</b>	fine moyenne large	souple demi-souple dure
--------------	--------------------------	-------------------------------

Je désire recevoir gratuitement le Stylo Duplicateur à pointe cristal rentrante d'une valeur de 25 francs dont vous garantissez formellement le fonctionnement parfait.

Il est entendu que je me réserve de vous les retourner avec frais d'aller et retour à votre charge s'ils ne me conviennent pas.

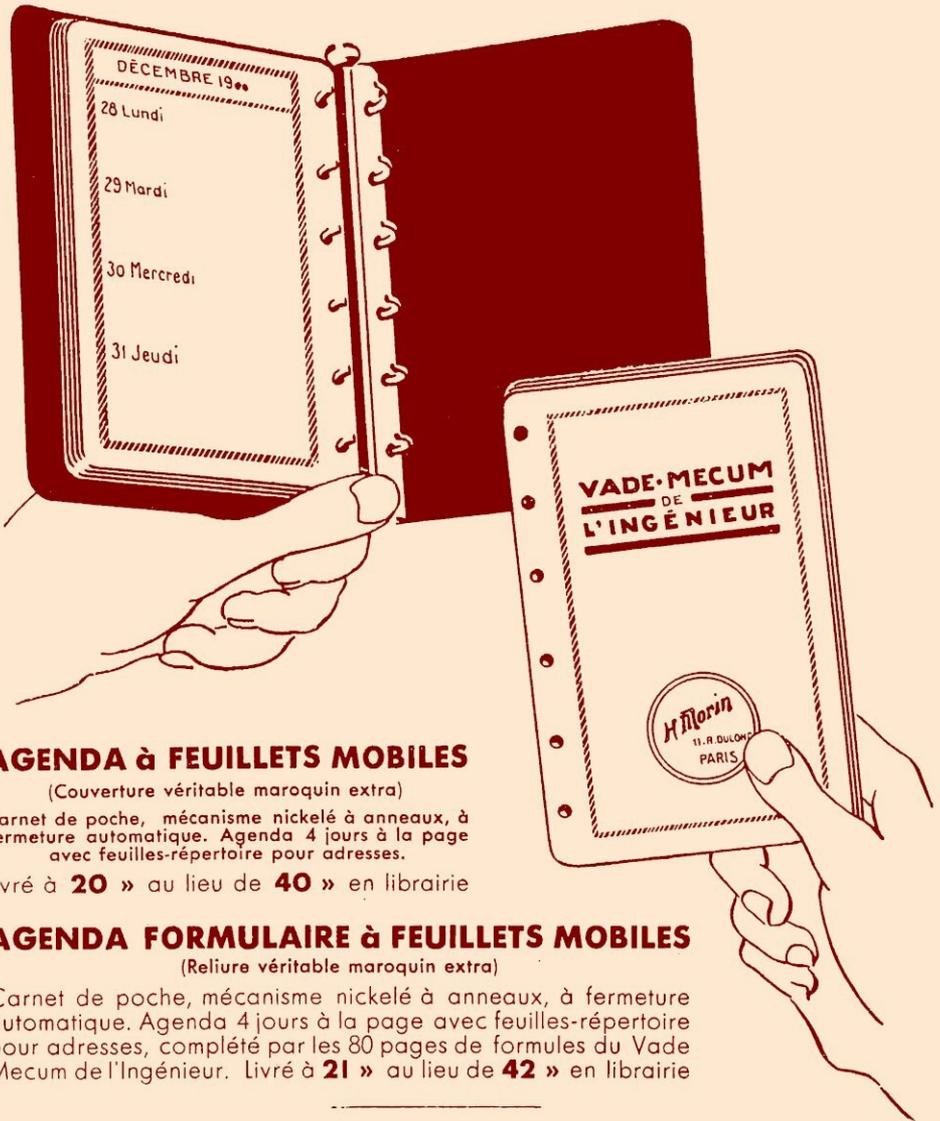
Nom \_\_\_\_\_ Prof. \_\_\_\_\_

Adresse \_\_\_\_\_

(1) ou Ch. Postal : H. Morin 196.26 Paris



**PROFITEZ DE CETTE OCCASION POUR  
VOUS OFFRIR PRESQUE POUR RIEN  
un Agenda H. MORIN  
A FEUILLETS MOBILES  
Reliure véritable maroquin**



**AGENDA à FEUILLETS MOBILES**

(Couverture véritable maroquin extra)

Carnet de poche, mécanisme nickelé à anneaux, à fermeture automatique. Agenda 4 jours à la page avec feuilles-répertoire pour adresses.

livré à **20 »** au lieu de **40 »** en librairie

**AGENDA FORMULAIRE à FEUILLETS MOBILES**

(Reliure véritable maroquin extra)

Carnet de poche, mécanisme nickelé à anneaux, à fermeture automatique. Agenda 4 jours à la page avec feuilles-répertoire pour adresses, complété par les 80 pages de formules du Vade Mecum de l'Ingénieur. Livré à **21 »** au lieu de **42 »** en librairie

**NOTA.** — Les Ets H. MORIN peuvent également fournir le Formulaire à feuillets mobiles Walker, même genre que ci-dessus, mais dont le prix de vente en France est fixé à **100 francs**.

Nos Agendas à feuillets mobiles sont absolument garantis :  
mécanisme robuste et couverture véritable maroquin.

# Compas H. Morin Forme ronde

FABRICATION FRANÇAISE

UN certain nombre de dessinateurs ayant pris l'habitude de se servir de compas de forme ronde, les Etablissements H. MORIN ont créé de nouveaux modèles répondant à ce désir. Leur forme simple a permis de les réaliser dans des conditions remarquablement économiques, bien qu'ils soient établis avec les mêmes soins, par les mêmes ouvriers et sur les mêmes machines que les autres compas H. Morin.

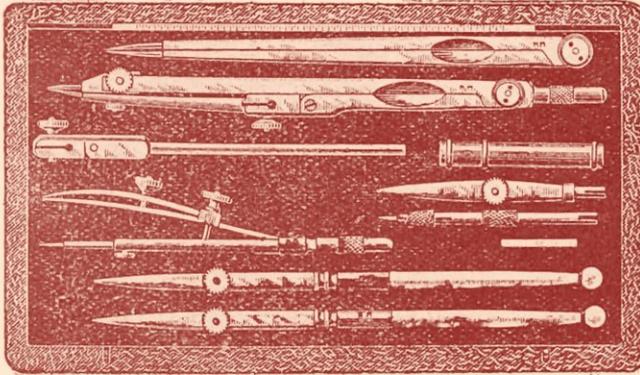


Fig. 1268

- 1783 Pochette simple comprenant : 1 Compas maillechort, tête à balustre, avec ses pièces de rechange : 1 Porte-mines modèle déposé, 1 Tire-lignes, 1 Rallonge, 1 Clé de serrage. (Le tire-lignes à manche est formé par la pièce tire-lignes du compas monté sur la rallonge) 45 »

### Pochettes H. M. à 1 Tire-lignes à manche

- 1260 Pochette comprenant : 1 Compas maillechort, tête à balustre, avec ses pièces de rechange : 1 porte-mines modèle déposé, 1 Tire-lignes, 1 Rallonge, 1 clé, 1 Tire-lignes acier, à manche, vis à écrou, 1 Etui à mines, 1 Réglette os, 1 Rapporteur celluloïd..... 55 »  
 1777 La même, ayant en plus : 1 Balustre tire-lignes à ressort ..... 80 »  
 1262 La même, mais ayant en plus du balustre ci-dessus : 1 Compas pointes sèches maillechort 90 »  
 1265 Même composition que le n° 1262, mais ayant en plus un deuxième balustre (porte-mines) 115 »

### Pochettes H. M. à 2 Tire-lignes à manche

- 1261 Pochette comprenant : 1 Compas maillechort, tête à balustre, avec ses pièces de rechange : 1 porte-mines, modèle déposé, 1 Tire-lignes, 1 Rallonge, 1 Clé, 2 Tire-lignes acier, à manche, vis à écrou, 1 Etui de mines, 1 Réglette os, 1 Rapporteur celluloïd..... 65 »  
 1778 La même, ayant en plus : 1 Balustre tire-lignes à ressort ..... 90 »  
 1263 La même, mais ayant en plus du balustre ci-dessus : 1 Compas pointes sèches maillechort 100 »  
 1266 Même composition que le n° 1263, mais ayant en plus : un deuxième balustre (porte-mines) 125 »

### Pochettes H. M. à 2 Compas interchangeable et 2 Tire-lignes à manche

- 1779 Pochette comprenant : 2 compas maillechort tête à balustre, montés : l'un, avec branche tire-lignes ; l'autre, avec branche porte-mines modèle déposé, 1 Rallonge commune, 1 Clé de serrage, 1 compas balustre à ressort tire-lignes, 2 Tire-lignes acier à manche, vis à écrou, 1 Etui de mines, 1 Réglette os, 1 Rapporteur celluloïd..... 125 »  
 1780 La même, ayant en plus : 1 Compas à pointes sèches maillechort ..... 135 »  
 1781 Pochette même composition que le n° 1779, mais ayant en plus : un deuxième Compas balustre (porte mines) ..... 150 »  
 1782 La même, ayant en plus : 1 compas à pointes sèches maillechort..... 160 »

## QUELQUES TIRE-LIGNES H. MORIN

- 674 Tire-lignes extra-fin, vis à écrou, manche ivoire à piquoir ..... 19 25



Fig. 1114

- 8746 Tire-lignes "Indévisible", même modèle que ci-dessus, mais avec dispositif (Bté S.G.D.G.) évitant d'une façon absolue le croisement des branches. (Figure 1114) ..... 24 »  
 8029 Tire - lignes réservoir, maillechort, à charnière, corps ébonite avec pompe pour le réglage du débit de l'encre. Modèle recommandé ..... 30 »

Envoi à l'essai sur simple demande

# Compas à Verge "SIMPLIX"

utilisant les pièces de rechange des compas ordinaires

FABRICATION FRANÇAISE



**PRIX INCROYABLE**  
**ENVOI A L'ESSAI**  
**GARANTIE 10 ANS**

Ce compas à verge constitue l'une des plus heureuses innovations réalisées dans le domaine de l'outillage pratique de dessin.

Sur les deux poupées qui forment le dispositif, on monte les pièces de rechange du compas (la pointe qui forme le pivot et la pointe porte-mine ou la partie tire-lignes suivant le cas)

**POUR 28 FRANCS** vous complétez ainsi votre matériel de dessin et vous pouvez tracer tous les cercles jusqu'à 1<sup>m</sup>50 de diamètre

**SIMPLICITÉ** Les deux poupées se glissent sur la règle. Des ressorts les y appliquent sans ajustage spécial.

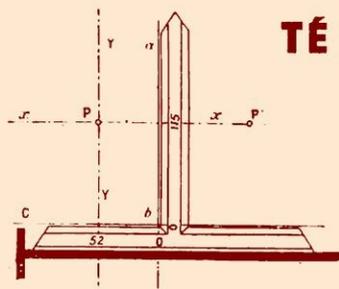
**SOLIDITÉ** Pièces prises dans la masse, **garantie 10 ans.**

**PRÉCISION** Le mouvement lent s'obtient par entraînement avec le pouce, de rouleaux moletés qui paraissent engrener sur le bois, sans difficulté.

**ÉCONOMIE** Prix incroyable pour un compas à verge dont la simplicité n'exclut pas la haute précision.

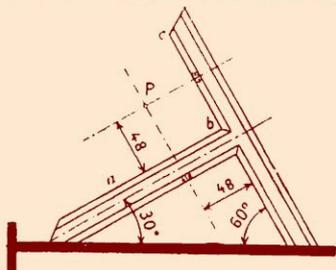
- 8040 Dispositif "SIMPLIX" formant compas à verge, composé de 2 poupées réglables, avec règle de 0<sup>m</sup>72, pour compas à emmanchement pentagonal ..... **28 »**
- 8041 Le même, pour compas à emmanchement rond ..... **28 »**

# TÉ - ÉQUERRE " EXPRESS "

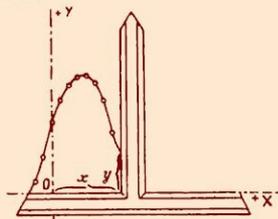


1<sup>re</sup>) Tracer une verticale à 52  $\frac{m}{m}$  du point P. - Faire coïncider le 52<sup>e</sup>  $\frac{m}{m}$  de la règle horizontale avec la ligne y y et tracer ab le long de la règle verticale.

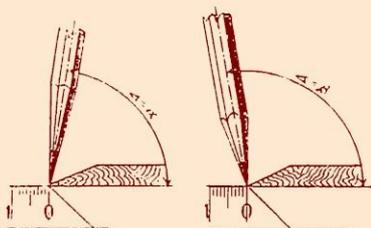
2<sup>e</sup>) Tracer une horizontale à 115  $\frac{m}{m}$  du point P. - Faire coïncider le 115<sup>e</sup>  $\frac{m}{m}$  de la règle verticale avec la ligne x x et tracer bc le long de la règle horizontale.



Tracer 2 droites à 48  $\frac{m}{m}$  de chaque côté du point P. sous les angles 30° et 60° - Placer l'équerre sur les extrémités des bras et procéder comme ci-dessus pour a b et bc.



Représenter graphiquement une fonction mathématique ou un diagramme - Placer l'équerre sur l'axe des x et pointer les différentes valeurs de y.

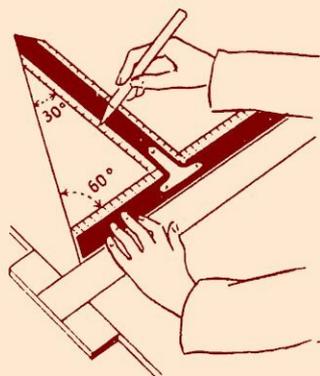


Pour dessiner très exactement avec des crayons plus ou moins pointus - Le dessinateur incline plus ou moins son crayon pour coïncider toujours avec les zéros des règles.

PLUS DE  
DISTANCES A REPORTER  
RAPIDITÉ ET EXACTITUDE  
DANS L'EXÉCUTION  
DES DESSINS

50 %  
DE TEMPS ÉCONOMISÉ

Avec le  
Té-équerre  
"Express"  
au lieu de  
7 opérations  
on prend  
l'équerre,  
on la met  
en place,  
et on trace  
la ligne.



## DESCRIPTION

Les deux règles en poirier, divisées sur biseaux celluloïd, sont fixées perpendiculairement l'une à l'autre. Leur ajustage solide est renforcé par une armature métallique rivée.

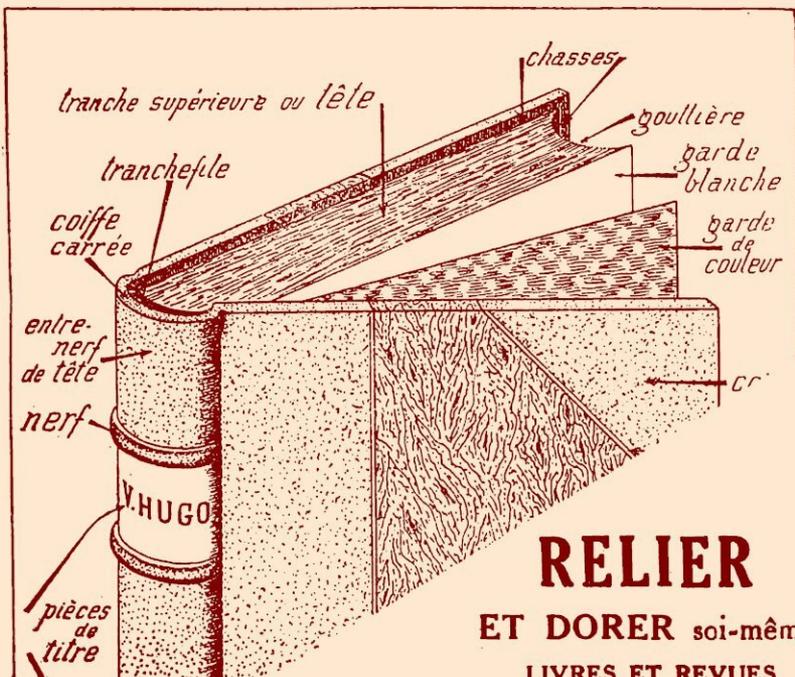
Les zéros des divisions sont placés près des sommets des angles, à une distance égale à la moitié de l'épaisseur d'une mine de crayon appointée pour le dessin. Une ligne tracée contre l'une des branches correspond exactement au zéro de l'autre branche.

Les zéros des deux divisions de la branche centrale sont opposés : l'un en bas, l'autre en haut ; l'une des divisions est en  $\frac{1}{2} \frac{m}{m}$ , l'autre, ainsi que les divisions de la deuxième branche est en  $\frac{m}{m}$ .

Les extrémités, coupées à 30° et 60° permettent de dessiner sous ces angles comme en position normale.

1641 Té-équerre "Express" de 0<sup>m</sup>40 x 0<sup>m</sup>34 poirier extra, divisions sur celluloïd 105 »

BON DE RÉDUCTION DE 5 frs  
sur le Té Equerre "Express"



# RELIER

ET DORER soi-même

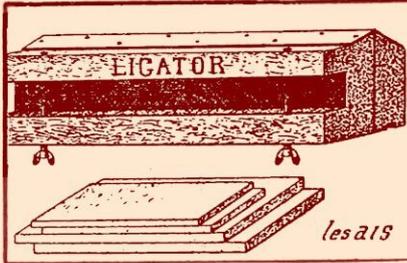
LIVRES ET REVUES

est un travail facile et une occupation attrayante  
avec l'outillage

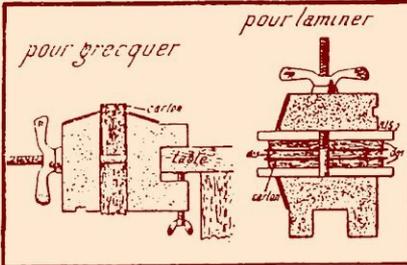
# LIGATOR

Breveté S. G. D. G.

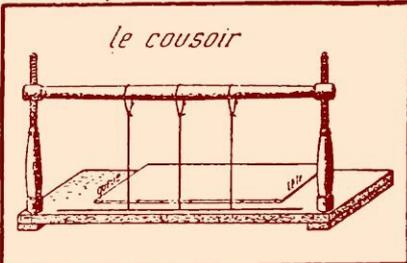




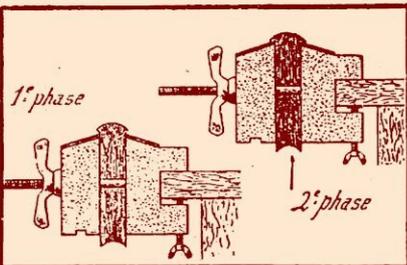
La presse et les ais



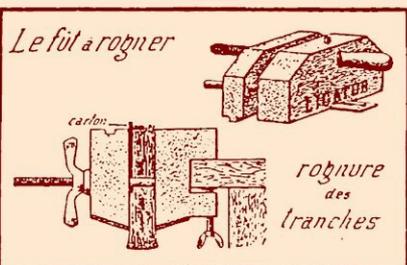
Le Grecquage et le laminage



La couture



L'endossure



Le fût à rogner

## VOYEZ comment on

Les diverses opérations deviennent faciles quand on dispose de l'outillage

1° **LA PRESSE** simple, puissante, pressant sans à une table. Elle permet de lamé, coller, satiner, dorer les dos et les plats. Elle peut être utilisée dans la reliure d'art.

En outre, de nombreux amateurs, professionnels, peuvent transformer toute table en établi afin de sculpter. S'emploie aussi comme presse

2° Un élégant **COUSOIR** démontable, permettant de travailler en excellentes conditions.

3° Avec le **FÛT** à guide et couteau réglable, on travaille sans fatigue et d'une façon parfaite

4° Deux paires d'**AIS** permettent de travailler de diverses manières.

**PRIX de l'Outillage**

Fabriqués par H. MORIN, 11

N° 7869. **Modèle courant** pour tous les formats jusqu'à 34 cm, comprenant :

- 1 Presse de 40 cm de long.
  - 1 Cousoir démontable.
  - 1 Fût à rogner complet.
  - 2 Paires d'ais.
- L'ensemble pris à Paris.

# 175frs

Pour recevoir Franco France ajouter

LA RELIURE  
intéresse toutes les  
personnes qui ont  
DES LIVRES

**POUR**  
ATTEN  
**UTIL**  
AUJOURD'  
C  
**BON GR**

pour recevoir Franco  
**GUIDE ILLUSTRÉ de**

Brochure contenant d'utiles  
sur l'outillage, les four

**A RETOURNER** aux Établissements  
Service du Matériel, Accessoires  
11, Rue Dulong



# BIBLIOTHÈQUE H. M. "EXTENSIB"

## TOUJOURS PROPORTIONNÉE A L'IMPORTANCE DE VOS COLLECTIONS

Jusqu'à présent la bibliothèque était un meuble toujours encombrant quelquefois à moitié vide, le plus souvent trop bondé... et laissant voir... à côté, sur des étagères ou directement par terre des livres poussiéreux ! Et quelle affaire quand il fallait la déplacer ! Et quelle catastrophe quand il fallait la déménager !...

**Mais la Bibliothèque de nos Aïeux a vécu !**

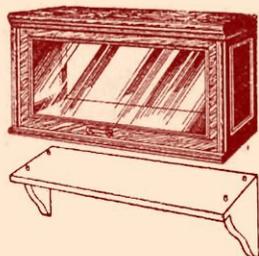
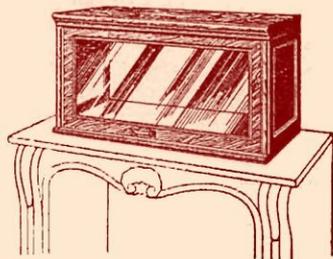
La Bibliothèque H. M. "Extensib" a remédié à tout cela.

Composée d'éléments standardisés, elle permet d'obtenir un meuble dont la contenance est exactement en rapport avec le nombre de volumes à y placer. Mieux même : que ce nombre augmente et l'adjonction d'un ou plusieurs éléments permettront à la bibliothèque de contenir les nouveaux arrivants.

Tous ces éléments sont munis, haut et bas, de tenons et d'encoches qui permettent un assemblage rapide et solide.

### AVEZ-VOUS PEU DE PLACE ET PEU DE LIVRES

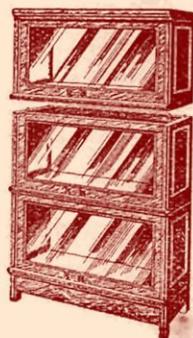
Vous commanderez un élément que vous mettrez sur votre cheminée. Il vous coûtera 150 frs. en chêne ou 175 frs. en acajou. Vous poserez sur cet élément une petite corniche ad hoc et votre cheminée sera agréablement garnie.



### CETTE 1<sup>re</sup> SECTION VOUS EMBARASSE - T - ELLE ?

Vous accrocherez au mur une console qui porte des tenons et votre petite bibliothèque s'y ajustera comme un gant.

### VOUS POUVEZ ENCORE



Demandez la Notice complète sur la  
"BIBLIOTHÈQUE H. M. EXTENSIB"  
envoyée gratuitement par les Etab<sup>s</sup>  
H. MORIN, 11, Rue Dulong, Paris (xvii<sup>e</sup>)

**RÈGLE HENRI MORIN**  
en Ivoirine

à curseur celluloïd Imperdable

**21**  
Francs

— Prix sans précédent —  
pas plus en France qu'à l'Étranger

# ENFIN!.. l'Industrie Française

vous offre une règle à calculs  
parfaitement présentée  
à un prix imbattable !

Nous vendons ces règles  
par milliers en  
Amérique et en  
Allemagne.

pour le modèle de  
propagande avec publi-  
cité H. Morin au verso  
ajouter 1 fr. pour le port

**BON DE RÉDUCTION de 50%**

Envoi à l'essai : Reprise sans discussion si elle ne convient pas

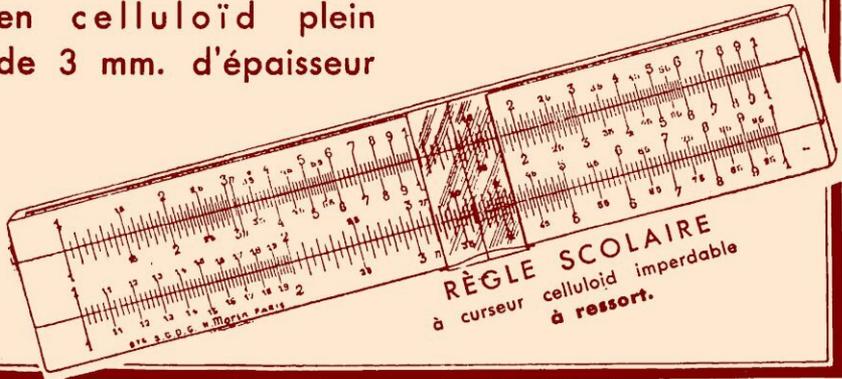
et sur ce PRIX

**12.000**  
vendues  
en 4 mois

N° 1964 RÈGLE HENRI MORIN, dernier  
modèle perfectionné, type Mannheim, modèle  
de poche de 14 cm, plat, en ivoirine, divisions  
module de 125<sup>m</sup>/<sub>100</sub>, extra fines de précision, curseur  
celluloïd imperdable, étui véritable cuir cousu, livrée  
avec brochure-instructions. Prix du Catalogue . . . **21 »**

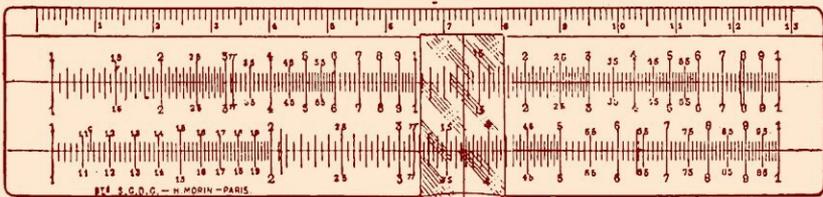
## Les Règles à Calculs de Poche

en celluloïd plein  
de 3 mm. d'épaisseur



7741 RÈGLE SCOLAIRE, type Mannheim, curseur celluloïd imperdable, à ressort, en étui cuir véritable, brochure d'instructions. . . . . **24** »

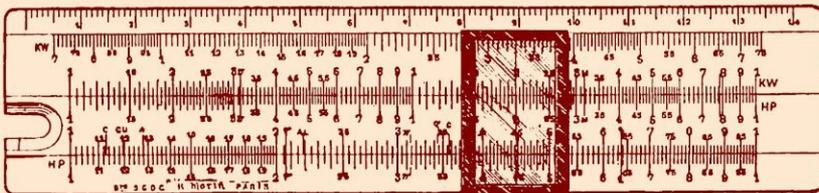
### RÈGLE MANNHEIM à curseur à ressort et biseau divisé en m/m au recto et en pouces anglais au verso



1533 RÈGLE MANNHEIM, à curseur celluloïd imperdable, à ressort, à biseau divisé en m/m au recto et en pouces anglais au verso, en étui cuir véritable et brochure d'instructions. . . . . **30** »

7844 RÈGLE dite des SINUS, la même que ci-dessus mais ayant en plus, au verso de la règlette, les échelles des sinus et celles des tangentes et sous la règlette celles des logarithmes, en étui cuir avec instructions. . . . . **32** »

### RÈGLE DES ÉLECTRICIENS



7742 RÈGLE DES ÉLECTRICIENS, donnant en plus de la Règle Mannheim : la tranformation des HP en KW et inversement. Calculs de rendement de moteurs et dynamos, des résistances et des chutes de tension. Poids des barres d'acier. Poids d'un fil de cuivre ou d'aluminium. Circonférence et surface d'un cylindre, Cubage du bois, en étui cuir avec instructions **36** »

Ajouter 1 franc pour le port

# RÈGLES A CALCULS FRANÇAISES

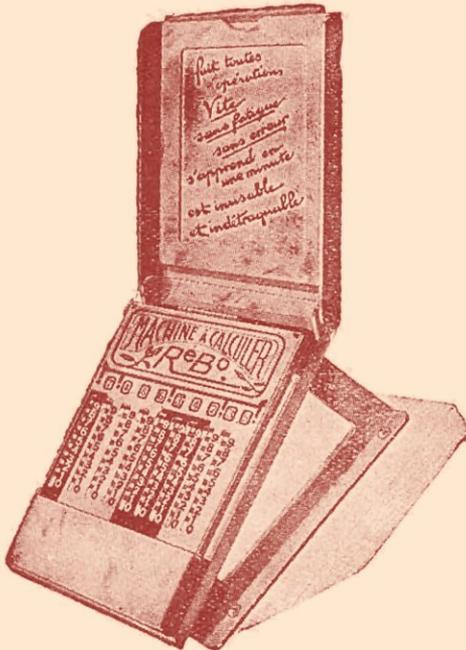
## Détail des Modèles toujours en Stock

N° 1505	MANNHEIM ÉCOLES A. & M.	long.	0.29	divisé sur	0.25 ...	<b>60 »</b>
N° 9954	---	---	0.29	---	0.25 ...	<b>75 »</b>
N° 9955	---	---	0.44	---	0.40 ...	<b>155 »</b>
N° 1069	---	---	0.54	---	0.50 ...	<b>215 »</b>
N° 1503	DES MULTIPLICATIONS PRÉCISES	--	0.54	réglette de	0.50 ...	<b>115 »</b>
N° 1500	DES CARRÉS ET DES CUBES	---	0.29	divisé sur	0.25 ...	<b>85 »</b>
N° 1508	SYSTÈME RIETZ	---	0.29	---	0.25 ...	<b>100 »</b>
N° 8030	TECHNIQUE	---	0.29	---	0.25 ...	<b>110 »</b>
N° 8031	UNIVERSELLE	---	0.29	---	0.25 ...	<b>125 »</b>
N° 1507	DE L'INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN	---	0.29	---	0.25 ...	<b>110 »</b>

Ces Règles sont en buis plaqué d'ivoirine blanche sur laquelle les divisions noires ressortent nettement. Elles sont livrées en étuis individuels en carton, avec notice mode d'emploi succincte.

Toutes sont établies avec dispositif de rattrapage de jeu qui assure, d'une façon absolue, le libre coulissement de la réglette.

## La Ré B° est une petite Machine à Calculer



Elle fait seule et sans erreurs les additions aussi longues soient-elles, les soustractions et même les multiplications et les divisions sans aucun apprentissage. Elle mesure 16 cm x 9 cm.

### La Ré B° a une foule d'applications

L'ingénieur s'en sert pour effectuer rapidement sur un chantier ou dans son bureau, tous calculs techniques: nivellement, trigonométrie, additions de logarithmes, calculs de résistance, et aussi ses devis et cotations commerciales.

Avec la Ré B° le comptable fait ses additions vite et sans erreurs, même au milieu du bruit ou s'il est dérangé; le caissier connaît à chaque instant le solde de sa caisse; le vendeur totalise instantanément ses débits. Le chef s'en sert pour vérifier ses comptes, la dactylo ses factures, l'étudiant pour résoudre ses problèmes plus facilement. La Ré B° rend de réels services à tous, aussi....

on doit avoir sa Ré B°  
comme on a son stylo

Son prix est modique :

**50 frs** en étui portefeuille  
façon cuir

Elle coûte **75 francs** en étui portefeuille beau cuir,

On peut y ajouter un **socle à 18 francs** qui la transforme en vraie machine de bureau, et qui se ferme pour la mettre à l'abri de la poussière, et un **bloc chimique** perpétuel spécial, à **8 francs**, très utile pour noter les chiffres.

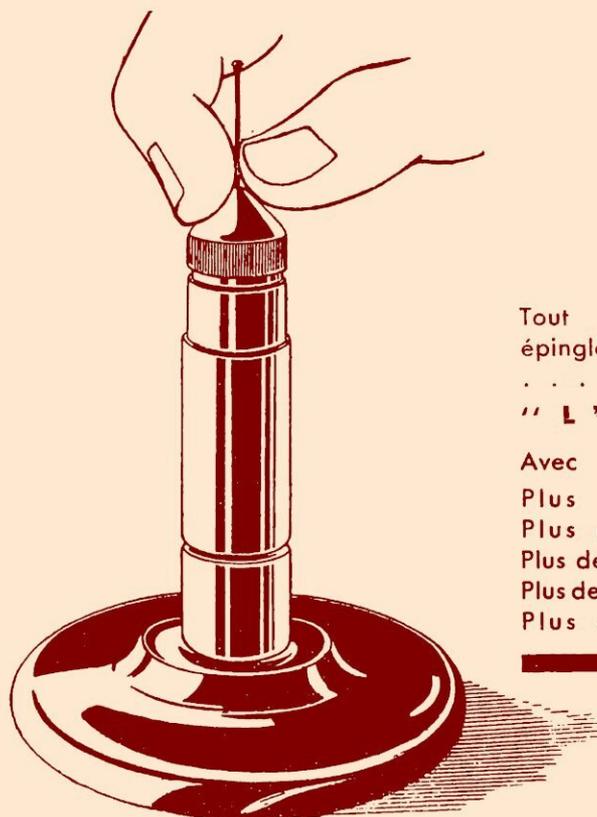
**Le modèle le plus complet : Machine en étui beau cuir, avec socle et bloc chimique est facturé 95 francs seulement.**

Pour la France, ajouter **5 %**, pour port et emballage. (Ch. Post. H. Morin 196.26 Paris)  
(Sur demande, envoi contre remboursement : **1.50** de frais en plus).

Étranger : paiement à la commande. (ajouter **4 frs** par machine et par socle pour port et emballage).

# “ L'ÉCONOMIC ”

DISTRIBUTEUR D'ÉPINGLES  
DE FABRICATION FRANÇAISE  
BREVETÉ S. G. D. G.



Une pression  
et l'épingle  
se présente  
entre les doigts  
Et par la tête!!  
ce qui n'est pas  
négligeable.

Tout le monde emploie des  
épingles et chacun se pique avec  
. . . . . Sauf ceux qui ont  
“ L'ÉCONOMIC ”

Avec lui

Plus d'épingles gachées  
Plus de piqûres aux doigts  
Plus de sébiles devenues cendriers  
Plus de boîtes à épingles renversées  
Plus d'enfants accidentés

**ÉCONOMIE**

**SÉCURITÉ**

**PROPRETÉ**

**ÉLÉGANCE**

7854 Distributeur d'Épingles “ÉCONOMIC” métal chromé inoxydable,  
garni d'épingles..... **20 »**

7855 Sachets de remplissage de 50 épingles...la boîte de 10 sachets **3 50**

**BON DE  
RÉDUCTION DE 2 Frs**

par “ÉCONOMIC”  
sur la première commande  
à titre de propagande

Nous avons fait fabriquer  
pour nos Clients ingénieurs,  
exigeant des fabrications parfaites  
et particulièrement connaisseurs,

## 500 Jumelles à Prismes

Type "DEAUVILLE"

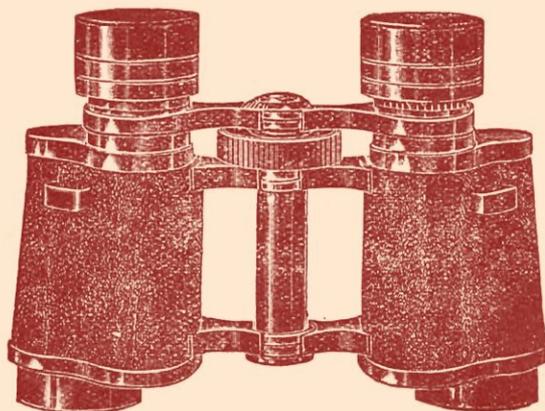
Grossissement. . . . . 8 fois

Champs à 1 kilomètre . . . 110 m.

Diamètre des objectifs . . . 25 m/m

Mise au point . . . . . instantanée

Livrée en étui cuir de sellerie



N° 9699 du Catalogue

PRIX :

**250** frs.

PRISE A PARIS

Frais d'envoi en France 10 frs

NOUS AURIONS PU FAIRE UNE  
PUBLICITÉ PAR NOTICES LUXUEUSES,  
NOUS AVONS PRÉFÉRÉ FAIRE  
PROFITER NOS CLIENTS DE  
— CETTE ÉCONOMIE —

et des Conditions de Fabrication en  
GRANDE SÉRIE

et nous leur offrons  
sur chaque jumelle un

**BON DE RÉDUCTION DE 30 FRs.**

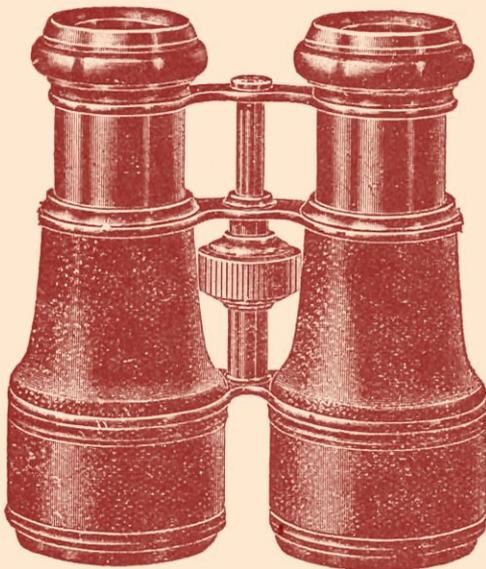
*Avec la Garantie formelle suivante :*

**Si la Jumelle "DEAUVILLE"  
ne convenait pas, nous la  
reprendrions dans les 48 heures  
sans aucune discussion ni restriction  
frais d'aller et retour à notre charge.**

NE LAISSEZ PAS ECHAPPER CETTE OCCASION UNIQUE !

Vu le succès formidable de la Jumelle "DEAUVILLE" nous avons créé une autre Jumelle très bon marché bien qu'ayant les mêmes qualités optiques et mécaniques

## Jumelle de Galilée type "Touring"



Grossissement..... 4 fois  
Champ à 1 kilomètre 70 m.  
Diam. des objectifs 43  $\frac{m}{m}$   
Poids net ..... 350 gr.  
Mise au point instantanée  
Livrée en bel étui cuir

# 110 frs

PRISES A PARIS  
Frais d'envoi 5 frs  
et  
nous vous offrons  
un

**BON DE RÉDUCTION DE 15 FRANCS**

### A l'essai

**Sans engagement**

**pour vous**

En cas de refus  
vous n'aurez même  
pas à nous indiquer  
le motif du  
retour qui sera  
accepté sans  
restriction ni  
discussion.

H. MORIN

A retourner aux Éts H. MORIN, 11, Rue Dulong, PARIS (xvii<sup>e</sup>)

Veuillez m'envoyer :

..... Jumelles "DEAUVILLE" à 250 — 30 francs  
ou ..... Jumelles "TOURING" à 110 — 15 francs  
ci-joint le montant augmenté des frais de port soit  
..... frs net ou faites l'envoi contre remboursement.

Il est formellement entendu que vos Jumelles sont absolument garanties et que je garde le droit de vous retourner l'envoi sous 48 heures port aller et retour aux frais de la Maison H. MORIN, si elles ne me convenaient pas.

**Nom**  
**Profession**  
**Adresse**

.....

## DES VACANCES

... GRATUITES ?

Et en voici la preuve ! :

Pour chaque jour de pluie en excédent de 3 jours de franchise, la Direction de l'Hôtel du Château de La Bauche-les-Bains vous remboursera intégralement le prix de votre pension.

Demandez sans tarder, tous renseignements et prix, à l'Hôtel-Pension du Château de LA BAUCHE-LES-BAINS,  
(Savoie)

Indiquer date de séjour, nombre de personnes, nombre de chambres et de lits à prévoir. Pension de 35 à 50 frs par jours suivant chambres

HOTEL DU CHATEAU

# La Bauche les Bains

(Savoie)

aux confins du Massif  
de la Grande Chartreuse

## SPLENDIDE STATION D'ÉTÉ

Air pur — Max. de rayons infra-rouges  
Cuisine parfaite — Prix très modérés  
Lac poissonneux — Parc de 15 ha.

Notice illustrée et renseignements sur demande  
à la Direction de l'Hotel.

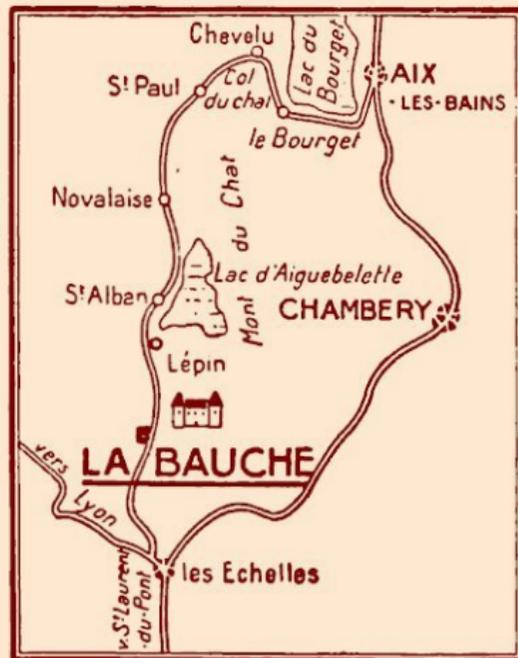
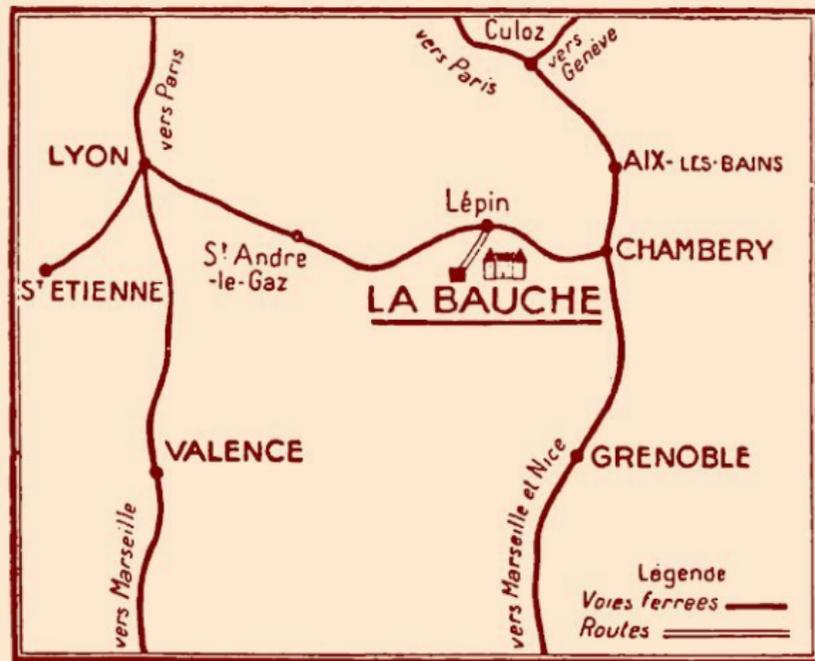
# POUR SE RENDRE A LA BAUCHE

En venant de **PARIS**, de **LYON**, de **CHAMBERY** ou de **TURIN**

**Descendre :** à la gare de Lépin-Lac-La Bauche, station du P. L. M., à 5 km. de La Bauche, ligne de Lyon à Chambéry par St-André-le-Gaz, (Trajet 15 minutes de la gare au Château par l'autobus Lépin-les-échelles) Auto de l'Hotel.

En venant de **GRENOBLE**, **VALENCE** ou **MARSEILLE**

**Descendre :** aux Échelles, station du Tramway Voiron-St-Béron (Autobus Les Échelles-Lépin)



Les Automobilistes venant de Lyon, de Grenoble ou de Chambéry, prendront aux Échelles la route de Lépin, Ceux venant d'Aix-les-Bains passeront par le Col du Chat, route très recommandée pour ses jolis sites.