

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - http://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

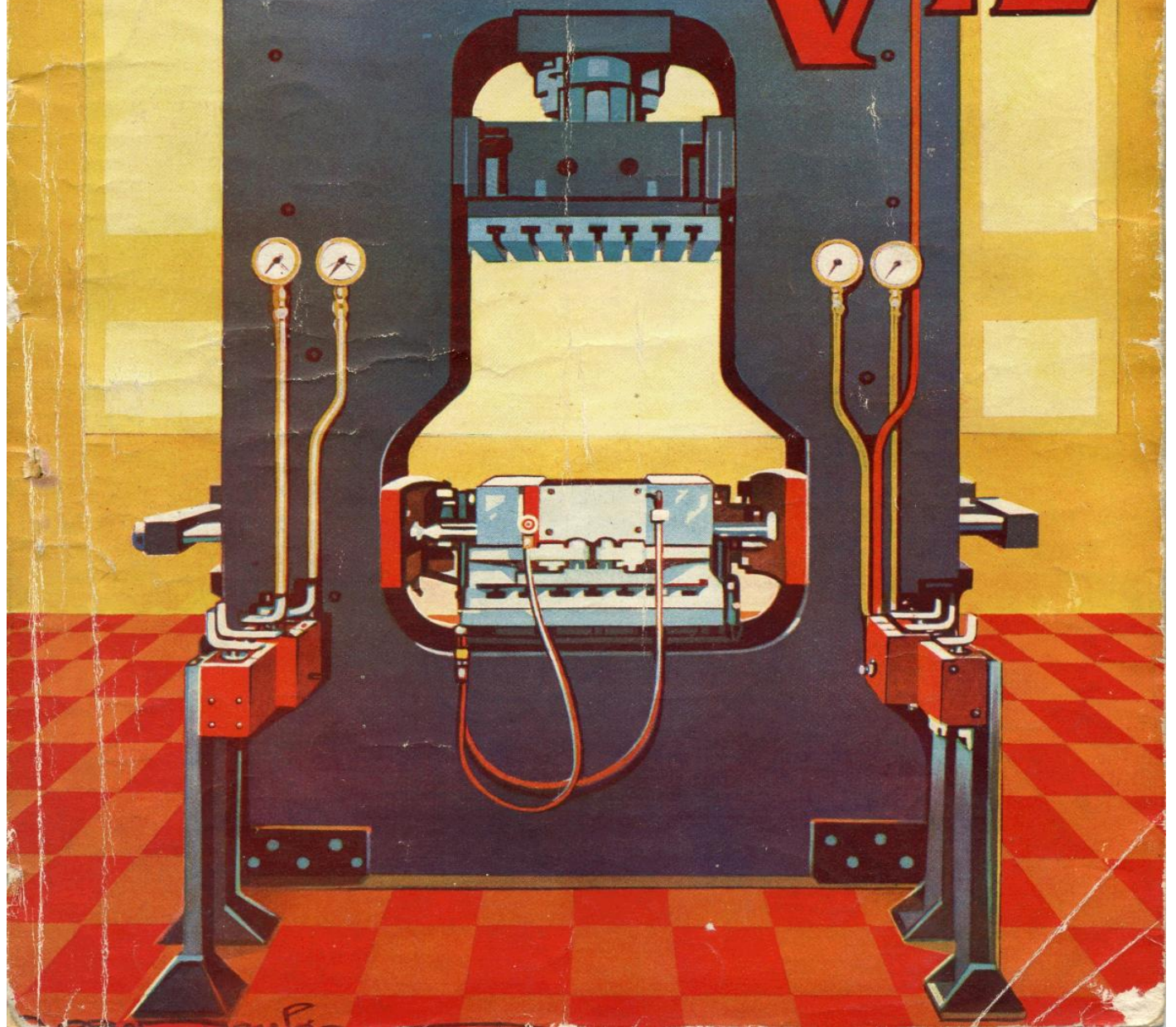
Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note	À partir de février 1943, le titre devient "Science et Vie". La bibliothèque du Cnam ne possède pas de collection, la numérisation a été faite grâce au prêt de la collection privée de M. Pierre Cubaud.

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 45. n. 202. Avril 1934
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1934
Collation	1 vol. (XXVIII p.-p.[267]-354) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 202
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.202

France et Colonies : 4 fr.

N° 202 - Avril 1934

LA SCIENCE ET LA VIE



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

LA CARRIÈRE D'INGÉNIEUR ADJOINT DE L'AÉRONAUTIQUE ⁽¹⁾

La fonction — Le recrutement

Les Ingénieurs adjoints de l'Aéronautique assurent, avec les Ingénieurs de l'Aéronautique, le fonctionnement de divers services dépendant du ministère de l'Air et principalement les services techniques de l'Aéronautique.

Ces services ont un double but :

1° Ils étudient et mettent au point les appareils nouveaux ;

2° Ils contrôlent en usine la fabrication des appareils de série commandés par l'Etat.

Les Ingénieurs adjoints ont donc un rôle technique et de contrôle des plus intéressants.

Les Ingénieurs adjoints de l'Aéronautique, fonctionnaires de l'Etat, sont recrutés par voie de concours.

Ce concours est organisé dans des conditions d'équité et de loyauté remarquables. La valeur personnelle des candidats, leurs connaissances entrent seules en ligne de compte ; les recommandations, d'où qu'elles viennent, quelle que soit leur forme, sont rigoureusement bannies.

Aucun diplôme n'est exigé. La carrière d'Ingénieur adjoint est donc ouverte à tous ceux qui voudront faire l'effort nécessaire pour la préparation du concours.

Les avantages de la carrière

a) **Hierarchie.** — Les Ingénieurs adjoints de l'Aéronautique sont divisés en huit classes : quatre classes d'ingénieurs adjoints ordinaires, quatre classes d'ingénieurs adjoints principaux. Pour l'avancement au choix, deux années de présence effective sont nécessaires. Il en faut trois pour l'avancement à l'ancienneté.

Les Ingénieurs adjoints sont répartis dans les divers services de l'Aéronautique qui se trouvent à Paris, ou en province, sur leur demande, dans des usines importantes.

Les Ingénieurs adjoints sont sous les ordres directs des Ingénieurs de l'Aéronautique ; ils ont accès dans le corps des Ingénieurs par le concours ordinaire (il est question de leur donner accès dans ce corps au choix, après une ancienneté de huit ans).

b) **Rôle.** — Les Ingénieurs adjoints peuvent être affectés à trois services du Ministère de l'Air, groupés sous l'appellation générale de Services Techniques et Industriels de l'Aéronautique. Ce sont :

1° Le Service Technique, qui étudie les appareils nouveaux (prototypes) ;

2° Le Service des Recherches qui essaye les matériaux nouveaux et étudie les divers procédés de fabrication ;

3° Le Service des Fabrications qui contrôle l'exécution des marchés de série, vérifie si les contrats passés entre l'Etat et l'industriel sont bien exécutés et si les matériaux sont élaborés et traités dans les conditions optimales.

Les candidats reçus au concours ne sont pas directement affectés à l'un de ces services :

Au cours d'une période d'instruction, actuellement d'une durée de 1 mois, des conférences leur sont faites sur l'organisation générale, ils visitent les divers ateliers, se rendent compte du fonctionnement de l'ensemble des services. L'Administration tient compte de leurs désirs, qu'ils peuvent exprimer en connaissance de cause.

c) **Intérêt particulier de la carrière.** — L'Ingénieur adjoint, étudiant les divers problèmes que nous venons de voir, complète petit à petit son instruction technique, se met au courant des dernières nouveautés en matière d'outillage, suit l'évolution constante des aéronefs, se met en rapport avec les divers industriels, dont il contrôle les usines.

En résumé, il a un travail scientifique très intéressant, accroit, dans l'inspection des établissements, sa valeur professionnelle, qui peut lui permettre, en certains cas, d'accéder à des situations plus importantes.

d) **Congés.** — Les Ingénieurs adjoints de l'Aéronautique ont droit à un congé de 24 jours tous les ans, plus 6 jours par an. Ces congés leur sont accordés, en règle générale, aux dates qu'ils désirent. En cas de maladie, ils peuvent, comme tous les fonctionnaires, obtenir trois mois de congé à plein traitement et trois mois à demi-traitement.

e) **Emoluments.** — Les Ingénieurs adjoints débutent au traitement annuel de 14.000 francs. Mais le traitement est augmenté d'un certain nombre d'indemnités :

1° De résidence (2.240 francs pour Paris) ;

2° Le cas échéant, de charges de famille ;

3° Eventuellement, de fonction (de 500 à 3.000 francs) ;

4° Eventuellement de services aériens (9.000 francs pour les pilotes et 4.500 francs pour les observateurs).

Le traitement d'un Ingénieur adjoint principal de 1^{re} classe est de 35.000 francs (sans compter les indemnités précédentes).

f) **Retraite.** — Le droit à une pension de retraite est acquis après 25 ans de service et 55 ans d'âge.

Dans la pratique et sauf le cas *tout à fait exceptionnel* où l'administration a des motifs particuliers pour appliquer à la lettre les dispositions ci-dessus, les Ingénieurs adjoints valides peuvent, s'ils le désirent, rester en fonction au delà de cette limite d'âge ; le montant de la retraite acquise par eux se trouve de ce fait, augmenté.

Conditions d'admission (1)

Les candidats doivent être Français, du sexe masculin, âgé de 18 ans au moins et de 26 ans au plus à la date du concours. Toutefois, la limite d'âge supérieure est reculée d'un temps égal à la durée des services antérieurs civils ou militaires ouvrant des droits à la retraite ou susceptibles d'être validés, par application de l'article 10 de la loi du 14 avril 1924 sur les pensions civiles.

(1) Le programme de ce concours sera envoyé gratuitement, sur simple demande, par l'Ecole Spéciale d'Administration, 28, boulevard des Invalides, Paris (7^e).



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL **ÉCOLE DE NAVIGATION**

placées sous
le haut patronage de l'Etat

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

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

Cours sur place ou par correspondance

DES SITUATIONS

COMMERCE & INDUSTRIE

Obtention de Diplômes et
accès aux emplois de

**SECRÉTAIRES
DESSINATEURS
CHEFS DE SERVICE
INGÉNIEURS
DIRECTEURS**

Préparation aux Concours

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

Programme gratuit
N° 807

M A R I N E

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

Préparation des Examens
**ÉLÈVES-OFFICIERS
LIEUTENANTS
CAPITAINE**

**Mécaniciens, Radios,
Commissaires**

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

Programme gratuit
N° 809

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

WALFEGY

E. Paracini



Situation lucrative

agréable, indépendante et active

dans le Commerce ou l'Industrie, sans Capital

Pour faire travailler un ingénieur dans une usine, il faut vingt représentants apportant des commandes ; c'est pourquoi les bons représentants sont très recherchés et bien payés, tandis que les ingénieurs sont trop nombreux. Les mieux payés sont ceux qui ont des connaissances d'ingénieur, même sans diplôme, car ils sont les plus rares et peuvent traiter les plus grosses affaires.

Pour une situation lucrative et indépendante de **représentant industriel, ingénieur commercial** ou, si vous préférez la vie sédentaire, de **directeur commercial**, pour vous préparer rapidement, tout en gagnant, il faut vous adresser à

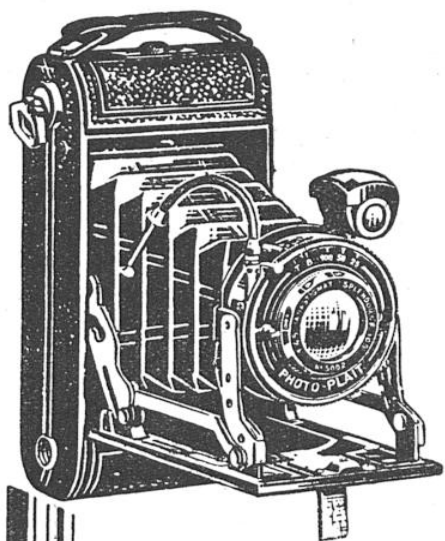
L'Ecole Technique Supérieure de Représentation et de Commerce

Fondée et subventionnée par " l'Union Nationale du Commerce Extérieur "
pour la formation de négociateurs d'élite.

Tous les élèves sont pourvus d'une situation

L'Ecole T. S. R. C. n'est pas universelle, elle est spécialisée, c'est la plus ancienne, la plus importante en ce genre, la seule fondée par des hommes d'affaires qui sont les premiers intéressés à faire gagner de l'argent à leurs élèves en les utilisant comme collaborateurs, et qui, seuls, sont qualifiés pour décerner un diplôme efficace ; la seule de ce genre qui enseigne d'abord par correspondance les meilleures méthodes et qui perfectionne ensuite facultativement l'élève sur place en le faisant débiter sous la direction de ses professeurs, avec des gains qui couvrent ses frais d'études. Avant toute décision, demandez la brochure n° 66, qui vous sera adressée gratuitement avec tous renseignements, sans aucun engagement, à l'Ecole T. S. R. C.

3 bis, rue d'Athènes, PARIS



vous
aurez
pour **35** frs
LE VOLTEX PRIX 275'

Modèle 1934

Automatique 6 × 9 — ANASTIGMAT
"SPLENDOR" 1 : 4,5 — Obturateur
1/100° à retardement, se chargeant en
plein jour avec des pellicules de 8 poses,
de n'importe quelle marque.

Le solde payable en 7 mensualités
de 35 frs sans aucune majoration
ou bien le même PRIX : 325 frs
en 6 1/2 × 11 c/m.

ou 8 mensualités de 42 frs.

En vente seulement aux Etablissements

GARANTIE : 2 ANS

PHOTO-PLAIT

35, 37, 39, RUE LA FAYETTE - PARIS-Opéra

SUCCURSALES

142, rue de Rennes, PARIS-Montparnasse
104, rue de Richelieu, PARIS-Bourse
15, Galerie des Marchands (rez-de-ch.), Gare St-Lazare
6, place de la Porte-Champerret, PARIS-17°

CADEAU

Tout acheteur d'un "VOLTEX" payé au comptant recevra gratuitement un
superbe sac en cuir, valeur : 20^f pr le 6 × 9 et 25^f pr le 6 1/2 × 11

ESSAYEZ LA PELLICULE 8 POSES ULTRA RAPIDE

"HÉLIOCHROME" 1400° H. et D.

4 × 6 1/2

6 × 9

6 1/2 × 11

4.75

4.90

6.75

et dernière nouveauté

La "SUPER-HÉLIOCHROME" 26° Sch.

4 × 6 1/2

6 × 9

6 1/2 × 11

6.60

6.75

8.50

VOUS SEREZ ÉMERVEILLÉS !

ENVOI GRATUIT DU CATALOGUE "PHOTO" - SV - 1934

Véritable encyclopédie de tout ce qui concerne la PHOTO

KODAK - ZEISS IKON - AGFA

VOIGTLANDER - LEICA - FOTH

LUMIÈRE - PATHÉ - BABY, ETC...

Maison vendant 20 à 25 0/0 meilleur marché que partout ailleurs les Appa-
reils, Plaques, Pellicules, Papiers, Produits et Accessoires de sa marque.

CRÉATION ET MISE EN VENTE D'ARTICLES de première qualité à PRIX RÉDUITS

Expéditions en province à domicile, franco de port et d'em-
ballage, même par unité et à partir de n'importe quel prix.



HELIX — LE NOUVEAU RÉPERTOIRE TÉLÉPHONIQUE BREVETÉ

Le memento que sa forme pratique permet d'adapter commodément à tout dispositif téléphonique et dont on peut aisément **RENOUVELER** les parties utilisables pour l'écriture.

ÉQUIPER son appareil téléphonique d'un c'est trouver toujours PROMPTEMENT le numéro d'appel qui y aura été fixé.

HELIX

NOTICE EXPLICATIVE SUR DEMANDE A
Et. "ESSOR", 63, avenue M.-Maëterlinck, BRUXELLES

Exclusivités de ventes, droits de fabrication ou de brevet peuvent être négociés pour différents pays ou régions.



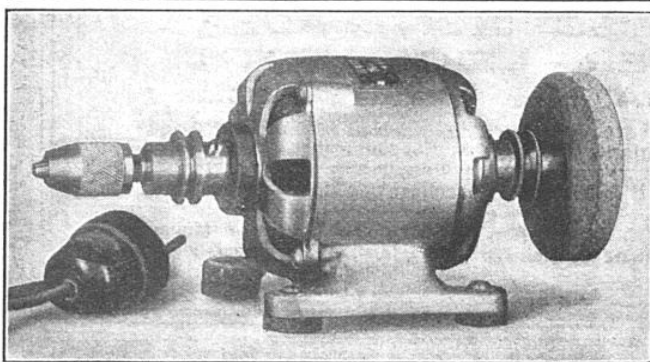
Le signe de la santé une bouche saine !

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.

Le **DENTOL** se trouve dans toutes les bonnes Maisons vendant de la Parfumerie et dans toutes les Pharmacies.

CADEAU Pour recevoir gratuitement et franco un échantillon de **DENTOL**, il suffit d'envoyer son adresse exacte et bien lisible, à la **Maison FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris**, en y joignant la présente annonce de *La Science et la Vie*.

Dentol



UN COLLABORATEUR MODÈLE !

Toujours prêt à rendre service en silence !

Il est capable d'effectuer tous petits travaux de perçage, de meulage, de polissage, etc... Fonctionne sur le courant lumière monophasé (50 périodes). Pas de collecteur : pas de parasites ; aucun entretien. Tension de 100 à 125 v. (220 v. sur demande). Vitesse : 1.400 tours-minute. Puissance absorbée : 36 watts.

Moteur seul avec poulie... 125 fr.

Le jeu d'accessoires... 50 fr.

Supplément pour 220 volts... 10 fr.

Expéditions franco France et Colonies

C'EST UNE PRODUCTION DE LA

Sté Anonyme de Constructions Electriques MINICUS
5, rue de l'Avenir, GENNEVILLIERS (Seine)



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° 72.104, 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° 72.110, 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° 72.117, 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° 72.119, 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° 72.125, 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° 72.133, 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° 72.138, 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° 72.143, 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° 72.151, 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° 72.155, 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° 72.162, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 72.166, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 72.174, 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° 72.178, 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° 72.187, 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° 72.190, 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° 72.195, 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^e)



NEW-YORK
WASHINGTON
CHICAGO
LES CHUTES
DU NIAGARA
OTTAWA, QUÉBEC
MONTREAL ETC



Un mois entier de voyage en Amérique du Nord

TOUS LES FRAIS DE TOUTES SORTES PAYÉS Y COMPRIS L'ARGENT DE POCHE
 ET A UNE DATE CHOISIE PAR VOUS, CET ÉTÉ, EN JUILLET OU EN AOUT

Voyage organisé par les services de la **CANADIAN NATIONAL RAILWAYS** Traversées sur les paquebots de luxe de la **C^{ie} GÉNÉRALE TRANSATLANTIQUE**

Valeur : **25.000 francs**

UNE CONDUITE INTÉRIEURE 6 CV " LA LICORNE "

Valeur : **17.800 francs**

UN BRACELET-MONTRE " LIP " — EN PLATINE — ET JOAILLERIE

de la Bijouterie " AU NÈGRE ", boulevard Saint-Denis, Paris

Valeur : **10.000 francs**

UNE BOURSE DE PILOTAGE D'AVION (Cours gratuits et frais de brevet compris)

Valeur : **6.000 francs**

ou l'un des 500 autres prix,
 d'une valeur totale de... **100.000 francs**

Voilà ce que vous pouvez gagner en prenant part à l'amusant et facile

CONCOURS DES GRANDES MARQUES

Actuellement
 organisé par

l'Aéro

Hebdomadaire moderne
 illustré

0 fr. 75 le numéro
LE VENDREDI

POUR L'AVIATION

Marcel Doret.
 Yves Le Prieur.
 Jean Assollant.
 Lucien Bossoutrot.
 Paul Codos.
 René Fonck.
 René Lefèvre.
 Gustave Lemoine.
 Hubert Bouchet.
 Maurice Bourdet

PRINCIPAUX COLLABORATEURS

POUR L'AUTOMOBILE

Robert Benoist.
 Charles Faroux.
 Jean Chassagne.
 Philippe Etancelin.
 Georges Monneret.
 Robert Sénéchal.
 Robert Sexé.
 G. de la Valette.

P.-L. Bessières.
 René Faroux.

POUR LES SPORTS

René Lacoste.
 Roland Lennad.
 Jacques Cartonnet.
 Lucien Gaudin.
 Robert Grassin.
 Robert Marchand.
 Pierre Sergent.
 Thor Tangvald.

Pierre Junqua.
 Marcel de Laborderie.

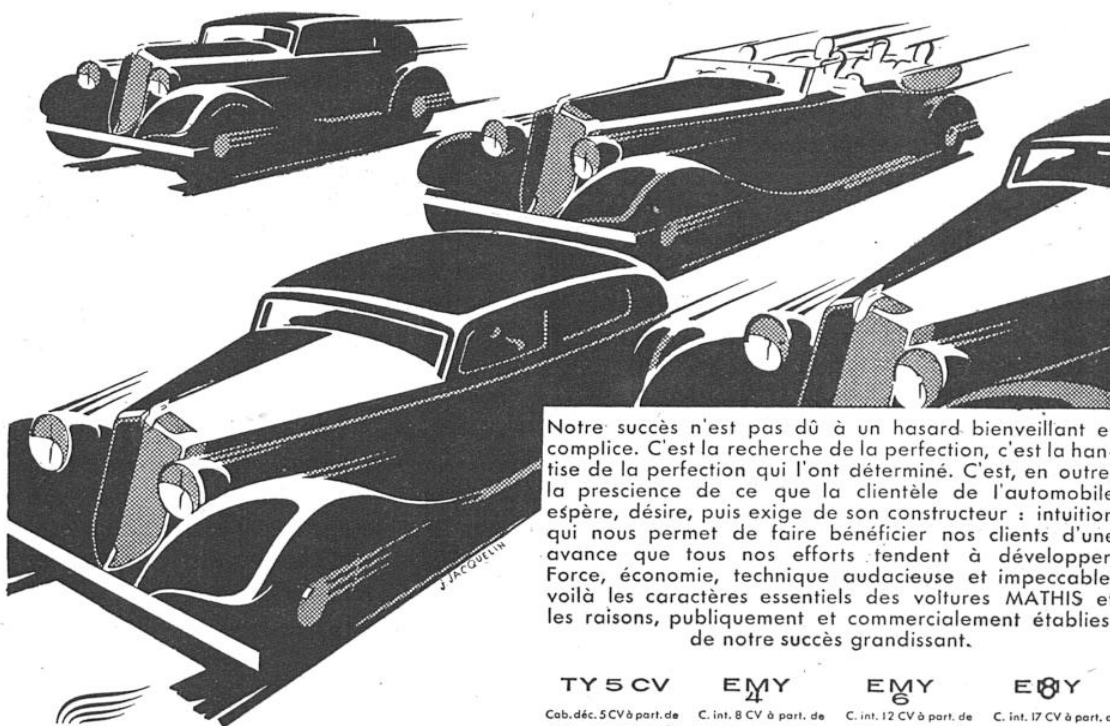
POUR LES LETTRES

Roland Dorgèlès.
 Henri Decoin.
 Pierre Bonardi.
 Francis Carco.
 René Chambe.
 Maurice Constantin-Weyer.
 J.-G. Fleury.
 Maurice Laporte.
 Pierre Mac Orlan.
 Titayna.
 Pierre Weiss.

Rédacteur en Chef : **ROGER LABRIC**

Si vous n'avez pu trouver le numéro qui contient le règlement du concours, il vous sera adressé gratuitement sur simple demande à **L'AÉRO, 79, CHAMPS-ÉLYSÉES, PARIS.**

NOTRE SUCCÈS



Notre succès n'est pas dû à un hasard bienveillant et complice. C'est la recherche de la perfection, c'est la hantise de la perfection qui l'ont déterminé. C'est, en outre, la prescience de ce que la clientèle de l'automobile espère, désire, puis exige de son constructeur : intuition qui nous permet de faire bénéficier nos clients d'une avance que tous nos efforts tendent à développer. Force, économie, technique audacieuse et impeccable, voilà les caractères essentiels des voitures MATHIS et les raisons, publiquement et commercialement établies, de notre succès grandissant.

LE POIDS
VOILA L'ENNEMI

TY 5 CV	EMY	EMY	EMY
Cab. déc. 5 CV à part. de	C. int. 8 CV à part. de	C. int. 12 CV à part. de	C. int. 17 CV à part. de
13.900 Fr.	20.500 Fr.	29.800 Fr.	39.800 Fr.

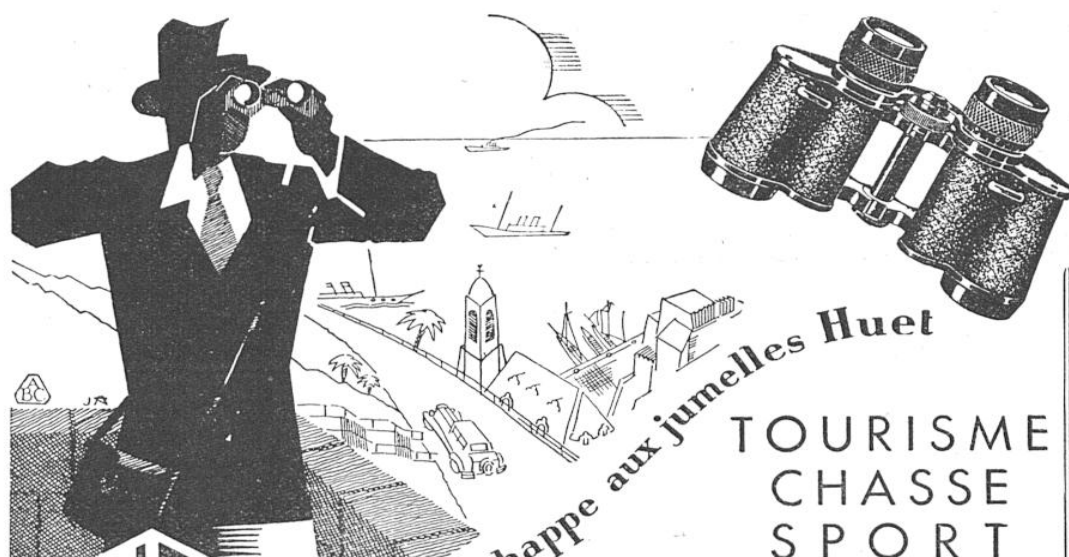
MATHIS

GAMME COMPLÈTE DE VEHICULES INDUSTRIELS DE 400 KGS A 4 TONNES

Usines et Siège Social : STRASBOURG

Vente 12 et 18 mensualités par CREDIMA

Annexe et Service-Station : PARIS-GENNEVILLIERS



HUET
PARIS
MARQUE DÉPOSÉE

Rien n'échappe aux jumelles Huet

**TOURISME
CHASSE
SPORT**

En vente dans toutes les
bonnes maisons d'Optique
Catalogue franco sur demande
(Mentionner le nom de la Revue)

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'OPTIQUE
76, BOULEVARD DE LA VILLETTE · PARIS



Mélangez
à l'essence le
super-lubrifiant
FIRE-POINT
et votre voiture
sera de suite
plus

**nerveuse
souple
puissante
rapide**

FIRE-POINT
double la vie du moteur

BON A DÉCOUPER
EMPIRE OIL Co, 6, rue de Lisbonne, PARIS
Veuillez m'adresser un échantillon de FIRE-POINT
de 5 jr. pour 3 à 400 kilomètres (montant inclus)
ainsi que vos deux brochures gratuites : Savoir
graisser et le Super huilage de Monsieur l'In-
génieur Pierre Maillard.

FIRE-POINT ● **EMPIRE OIL**
est une exclusivité 6, r. de Lisbonne, PARIS

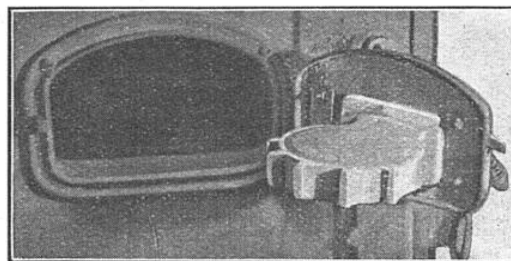
ÉCONOMISEZ 35% DE CHARBON

en adaptant sur vos chaudières l'ÉCONOMISEUR DE CHARBON

◀ **EDCO** ▶

qui provoque automatiquement la combustion des
gaz non brûlés avant leur évacuation par la chemi-
née, assurant ainsi la suppression des fumées, des
odeurs et des dangers d'intoxication. L'Economi-
seur EDCO se monte en quelques heures sur toute
chaudière à tirage normal. Références de 1^{er} ordre.

Une notice détaillée ainsi que tous renseignements
concernant les conditions de prix seront envoyés
gratuitement sur simple demande.



SYNDICAT EDCO, 130, rue du Château, PARIS

Comme une chanson

apprenez une langue étrangère très vite, simplement en écoutant !



Vous savez par cœur vos disques préférés. Avez-vous fait un effort pour les apprendre ? Non. C'est venu tout seul.

Or, il existe une Méthode qui vous permet, tout aussi facilement, d'apprendre n'importe quelle langue vivante, en mettant à profit ce procédé tout à fait moderne. Savoir une langue de plus, c'est être certain d'embellir sa situation dans n'importe quel métier ; c'est s'ouvrir de nouveaux pays, de nouvelles littératures. Par cette simple initiative, vous doublez votre valeur personnelle. Et ce n'est pas une tâche ingrate comme autrefois : c'est une distraction pleine d'attrait !

Vous vous enfoncez dans votre fauteuil et vous écoutez.



Les leçons, parfaitement graduées, se gravent, par l'oreille, dans votre mémoire. La prononciation

exacte vous vient spontanément, parce que vous n'avez jamais entendu un mot mal prononcé. Les voix que vous entendez sont celles des plus grands professeurs de Paris, Londres, Madrid, Berlin, Rome, etc..., célébrités inabornables par tout autre moyen.

Vous savez bientôt lire, écrire et parler, et vous supplanterez facilement ces attardés qui lisent une langue, l'écrivent, mais sont incapables de tenir une conversation. Ils ont pourtant bien tous leurs sens, des oreilles aussi bien que des yeux. Comment ont-ils fait la faute d'apprendre cette langue comme s'ils étaient sourds-muets !

Créée par d'éminents professeurs, la Méthode Linguaphone a été jugée et recommandée par les esprits les plus clairvoyants, tels que Maeterlinck, Mgr Baudrillard, H. G. Wells, Bernard Shaw, Sinclair Lewis, etc... Plus de 8.000 Ecoles et Universités l'ont adoptée.

Mais rien ne vaut une expérience personnelle. C'est par vous-même que vous pouvez juger cette méthode, et cela sans frais, pour constater si elle convient à votre propre cas.

Sans aucun engagement pour vous, nous vous confierons un cours complet GRATUITEMENT pendant huit jours.

Profitez de cet essai gratuit, renseignez-vous : des indications précises à ce sujet vous sont données dans la copieuse brochure illustrée, que vous recevrez gratuitement sur simple demande. Mille détails intéressants sur l'étude des langues et sur la méthode qui révolutionne cet enseignement, compléteront votre information. Procurez-vous sans faute cette brochure aujourd'hui même.

ENVOYEZ CE COUPON SANS RETARD

INSTITUT LINGUAPHONE, Annexe B 7
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris-8^e

Monsieur le Directeur,

Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans engagement pour moi, une brochure Linguaphone entièrement illustrée, m'apportant, sur cette Méthode, des renseignements complets.

Les langues qui m'intéressent sont :

NOM.....

ADRESSE.....

MOTOGODILLE

PROPULSEUR AMOVIBLE (COMME UN AVIRON) POUR TOUS BATEAUX
(Conception et Construction françaises)

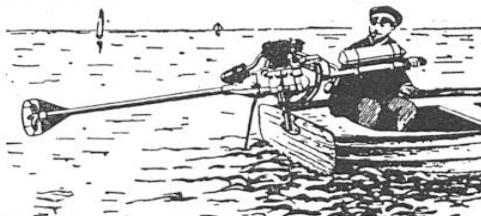
PÊCHES - TRANSPORTS - PLAISANCE
2 CV 1/2 - 5 CV - 8 CV

Véritable instrument de travail - Trente années de pratique
Nos colons français l'utilisent de plus en plus
Naturellement, **IL PASSE PARTOUT**

G. TROUCHE

62, quai du Président-Carnot, ST-CLOUD (S.-et-O.)

Catalogue Gratuit — Téléph. : Val d'Or 04.55



CHEMINS DE FER DE PARIS-ORLÉANS

HIVER 1933-1934

Relations FRANCE-ALGÉRIE par Port-Vendres

Trains et paquebots rapides

Le trajet le plus direct de Paris à Port-Vendres par Limoges, Toulouse, Carcassonne, Perpignan. (Voitures directes de toutes classes avec couchettes en 1^{re} classe).

Départ de Paris-Quai d'Orsay : 19 h. 20 ; arrivée à Port-Vendres-Quai : 9 h. 40.
Wagon-Restaurant de Paris à Vierzon.

Wagons-lits 1^{re} et 2^e classes de Paris à Port-Vendres (ville)

Billets directs et enregistrement direct des bagages de Paris-Quai d'Orsay à Alger ou Oran, et vice-versa.

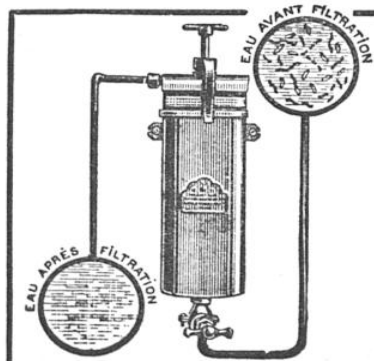
TRANSBORDEMENT DIRECT DU TRAIN AU PAQUEBOT

La traversée la plus courte dans les eaux les mieux abritées
(Compagnie de Navigation Mixte).

a) **PORT- VENDRES-ALGER** : Départ de Port-Vendres les lundis et vendredis à 10 h. 30.
— Arrivée à Alger le lendemain à 7 h. 30.

b) **PORT- VENDRES-ORAN** : Départ de Port-Vendres le dimanche à 10 h. 30. — Arrivée à Oran le lendemain à 12 h.

Pour tous renseignements complémentaires s'adresser notamment :
Aux Agences P. O.-Midi, 16, Boulevard des Capucines et 126, Boulevard Raspail ; à la Maison de France, 101, Avenue des Champs-Élysées, à Paris ; à la Gare de Paris-Quai d'Orsay ; aux principales Agences de Voyages.



FILTRE CHAMBERLAND SYSTÈME PASTEUR

sans emploi d'agents chimiques

donne l'eau vivante et pure avec tous ses sels digestifs et nutritifs.

FILTRES A PRESSION FILTRES DE VOYAGE
ET SANS PRESSION ET COLONIAL

BOUGIES DE DIVERSES POROSITÉS POUR LABORATOIRES

80 bis, rue Dutot, PARIS - Tél. : Vaugirard 26-53

PIED "PYRAMID"

**Pour travaux
industriels
et publicitaires**

FABRICATION FRANÇAISE

Le meilleur pied photographique professionnel existant actuellement

Nouveau pied métallique portatif d'une stabilité sans égale et d'un emploi universel.

Convient pour chambres 18×24 et 24×30 centimètres.

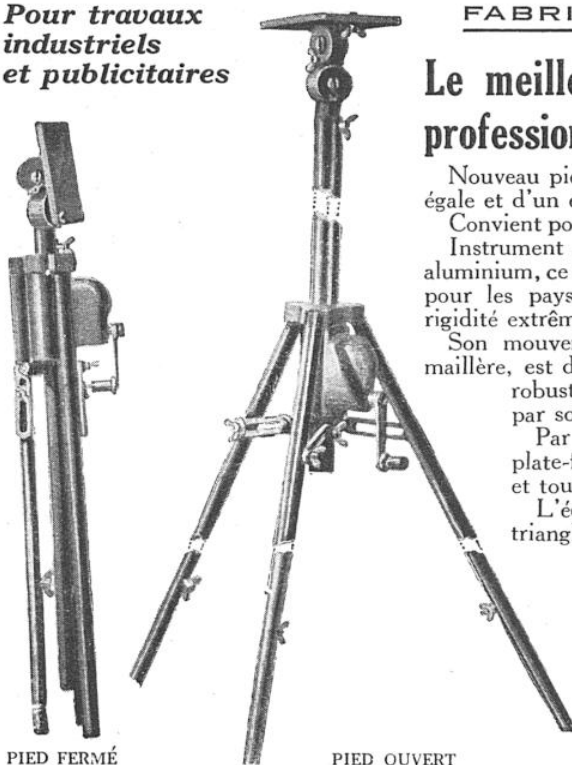
Instrument de précision construit en acier, cuivre et aluminium, ce qui le recommande plus particulièrement pour les pays tropicaux. Pliant, transportable, d'une rigidité extrême, il est rapidement déployé.

Son mouvement en hauteur, commandé par crémaillère, est d'une douceur surprenante. Extrêmement robuste, il est particulièrement remarquable par son absence totale de vibrations.

Par sa combinaison à double articulation, la plate-forme pivotante permet toutes les bascules et toutes les inclinaisons.

L'écartement des pieds est maintenu par un triangle renforçant sa stabilité. Les tubes-supports de base sont coulissants et réglables. Les extrémités sont biseautées, permettant l'utilisation sur des parquets, dallages ou tapis.

**Convient pour l'atelier
et travaux extérieurs.**



PIED FERMÉ

PIED OUVERT

Dimensions ouvert :

Hauteur maximum, 1 m 65 - Hauteur minimum, 0 m 95

Encombrement plié :

Hauteur, 1 mètre - Epaisseur, 0 m 20 - Poids, 6 kg 200

ACCESSOIRES SUPPLÉMENTAIRES :

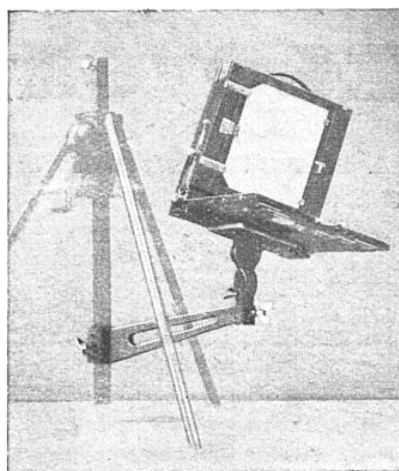
BRAS SUPPORT

se fixant à la base de la branche centrale du pied « Pyramid » et permettant de photographier au ras du sol. A l'extrémité se fixe la tête mobile du pied « Pyramid ». (Voir figure.)

TUBE RALLONGE

permettant de porter la hauteur maximum de 1 m 65 à 2 mètres.

MATÉRIEL ET ÉCLAIRAGE pour Ateliers et Laboratoires



Dispositif pour photographier au ras du sol

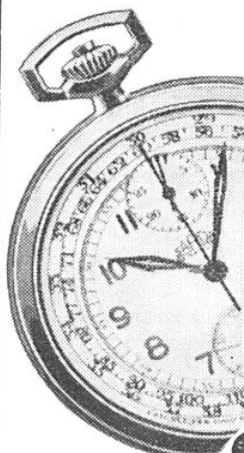
◀ CATALOGUE GÉNÉRAL ET CONDITIONS FRANCO SUR DEMANDE ▶

NOUVELLE ADRESSE :

Etablissements **UNION** - Pierre Lemonnier
26, rue du Renard, PARIS (4^e) - Tél. : Turbigo 51-98

FAITES VENIR DE BESANÇON UN CHRONOGRAPHE

au prix d'une bonne montre :



Boîtier demi-plut 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

À propos des étonnantes possibilités de la mémoire

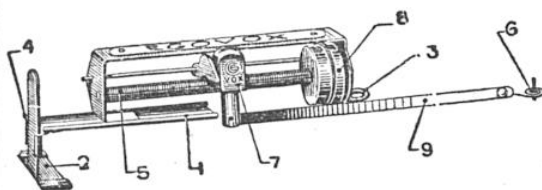
Dans un récent article paru ici même, nous révélions comment il est possible à chacun de nous d'acquérir une mémoire prodigieuse, véritablement acrobatique, permettant, par exemple, de réciter par cœur une liste de cent nombres différents après l'avoir lue seulement une fois. Notre article nous a valu, comme bien on pense, un abondant courrier. Nous rappelons à ce sujet que c'est à B.-E. Borg, 16 bis, rue de Monceau, Paris, — l'auteur de la méthode, — qu'il faut écrire directement pour obtenir gratuitement son ouvrage explicatif : « Les Lois éternelles du Succès ». Les personnes qui n'auraient pas envoyé leur demande peuvent encore le faire, car, devant l'intérêt que suscite sa méthode en France, l'auteur s'est résolu à faire une nouvelle édition de son intéressante plaquette.

ÉGOVOX

enregistre

LA PAROLE, LE CHANT
ET LES ÉMISSIONS DE T. S. F.

pour **48 francs**



SCHEMA DE L'« ÉGOVOX »

1 et 4, coulisses mobiles réglables; 2, pied de hauteur réglable; 3, œillet à fixer dans le pivot; 8, roue à molette entraînant la vis sans fin 5; 7, entraîneur qui, par la tringle 9, actionne le saphir graveur 6.

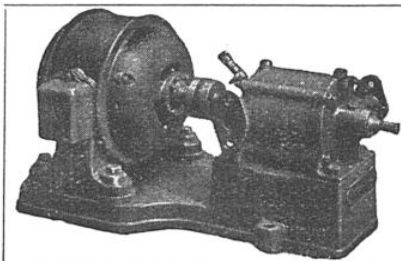


EN VENTE chez les marchands de phonos et T. S. F.

REMO
1, rue Lincoln, Paris

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS



ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

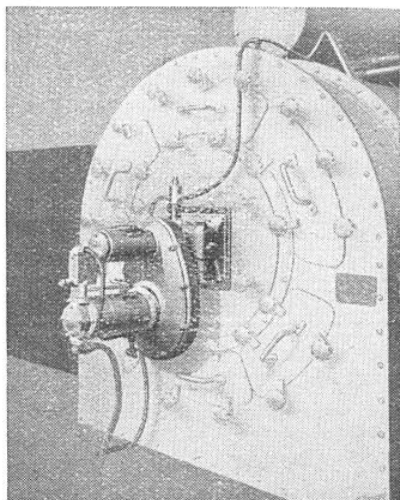
FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression
par les groupes

DAUBRON

POMPES INDUSTRIELLES

tous débits, toutes pressions, tous usages



BRULEUR B 2
sur chaudière Vernon
des Etabliss^{ts} H. BOUTILLON
équipé avec un
MONOCOUPLEX

**ce petit
moteur**

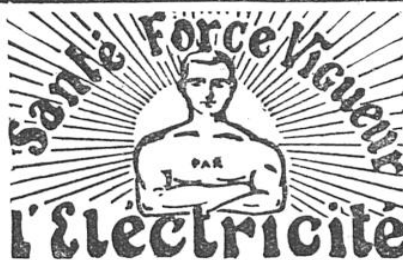
représente une des 4325 applica-
tions actuellement mises au
point par nous dans les spécia-
lités les plus complexes et les
plus diverses: Quel que soit
votre problème, nous avons
ce qu'il faut pour le résoudre

MOTEURS

ERA
E^{ts} E. RAGONOT
15, Rue de Milan - PARIS
Tél. Trinité 17-60 et la suite



Pub. R. I. Dupuy



L'Institut Moderne du Dr Grard à Bruxelles vient d'éditer un traité d'Électrothérapie destiné à être envoyé gratuitement à tous les malades qui en feront la demande. Ce superbe ouvrage médical en 5 parties, écrit en un langage simple et clair, explique la grande popularité du traitement électrique et comment l'électricité, en agissant sur les systèmes nerveux et musculaire, rend la santé aux malades, débilités, affaiblis et déprimés.

1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.

Neurasthénie, Névroses diverses, Névralgies, Névrites, Maladie de la Moelle épinière, Paralysies.

2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.

Impuissance totale ou partielle, Varicocèle, Pertes Séminalles, Prostatite, Écoulements, Affections vénériennes et maladies des reins, de la vessie et de la prostate.

3me Partie : MALADIES de la FEMME

Métrite, Salpingite, Leucorrhée, Écoulements, Anémie, Faiblesse extrême, Aménorrhée et dysménorrhée.

4me Partie : VOIES DIGESTIVES

Dyspepsie, Gastrite, Gastralgie, Dilatation, Vomissements, Aigreurs, Constipation, Entérites multiples, Occlusion intestinale, Maladies du foie.

5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR

Myalgies, Rhumatismes divers, Goutte, Sciatique, Arthritisme, Artério-Sclérose, Troubles de la nutrition, Lithiase, Diminution du degré de résistance organique.

La cause, la marche et les symptômes de chacune de ces affections sont minutieusement décrites afin d'éclairer le malade sur la nature et la gravité de son état. Le rôle de l'électricité et la façon dont opère le courant galvanique sont établis pour chaque affection.

L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le foudre bienfaisant et régénérateur s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et firmant l'énergie nerveuse, cette force motrice de la machine humaine.

Chaque ménage devrait posséder cet ouvrage pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé, afin d'avoir toujours sous la main l'explication de la maladie ainsi que le remède spécifique de la guérison certaine et garantie.

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple carte postale à Mr le Docteur L. P. GRARD, 30, Avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-FOREST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'Étranger: Lettre 1,50. Carte 0,90.

LE 303...

CONTIENT
4 FOIS
PLUS d'ENCRE
que votre stylo
de même taille

Breveté et
usiné par

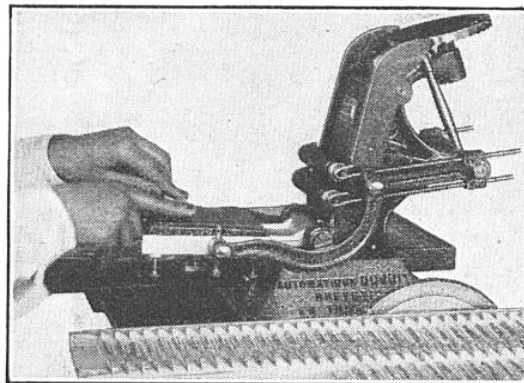
STYLOMINE

2, Rue de Nice - PARIS, XI^e



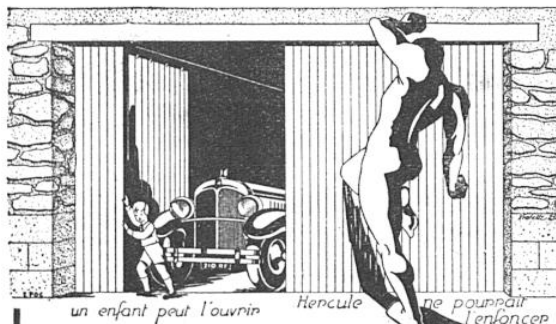
-1- SUPPRIMEZ VOS ÉTIQUETTES -1-
IMPRIMEZ DIRECTEMENT VOS PRODUITS
L'AUTOMATIQUE
DUBUIT

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^e
Tél. : Roquette 19-31



LA PORTE-SOUPLE POYER

pour GARAGE, REMISE, BOX, etc.,
EST LA PLUS SOLIDE LA PLUS FATIGUE
ET LA PLUS ÉCONOMIQUE

Elle ne prend aucune place et remplace avantageusement toute autre fermeture hors d'usage.

Portes à vantaux rigides sur galets, Pivots, Cloisons mobiles, Portes « Ascensor », Grilles articulées, Persiennes fer, Volets roulants fer et bois, Jalousies à l'italienne.

DEMANDEZ, SANS ENGAGEMENT, NOTICE **SV**
aux Etablissements **POYER & C^{ie}**

SIÈGE SOCIAL • BUREAUX • USINES

Rue d'Alsace-Lorraine, à PETIT-QUEVILLY
près Rouen — Tél. : Rouen 460-46

Bureau pour Paris, Seine, Seine-et-Oise, Seine-et-Marne :
8 bis, Cité Tréville, PARIS (9^e)
Tél. : Provence 28-76

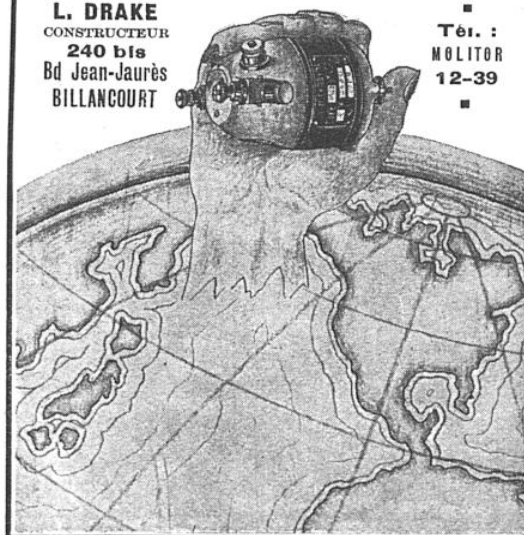
“ MICRODYNE ”

LE PLUS PETIT MOTEUR INDUSTRIEL DU MONDE

MOTEURS UNIVERSELS
de 1/100 à 1/10 ch.

L. DRAKE
CONSTRUCTEUR
240 bis
Bd Jean-Jaurès
BILLANCOURT

Tél. :
MOLITOR
12-39



DESSINEZ !

Puisque vous aimez dessiner, pourquoi ne pas adopter tout de suite la bonne méthode ?

Vous vous êtes certainement dit, ne fût-ce qu'une fois dans votre vie : « Ah ! si je savais dessiner ! » Vous avez senti ce jour-là toute la joie et le profit que vous auriez pu retirer du dessin. Pourquoi n'avez-vous pas alors cherché à acquérir ce qui vous apparaissait si agréable et si utile ? Parce que vous avez cru que le dessin ne convenait qu'aux personnes extraordinairement douées. C'est là une grave erreur dont vous ne devez pas être la victime.



Ce tassement sur sa chaise de la tricoteuse vieillie, notre élève l'a traduit par les procédés mêmes qu'il utilise dans ce dessin, exécuté durant son cours A. B. C.

Sans aucun doute, vous pouvez dessiner. Il vous suffit pour cela de suivre la Méthode qui, depuis 15 ans, a déjà fait 40.000 adeptes enchantés. En ne lui consacrant que quelques instants par jour, sans quitter votre foyer, sans nuire à vos occupations habituelles, vous serez réellement stupéfait de la facilité avec laquelle vous exécuterez, dès la première leçon, des croquis expressifs d'après nature. Puis, peu à peu, vous acquerez la parfaite maîtrise du crayon, de la plume, du pinceau.

Beaucoup d'autres, avant vous, qui se lamentaient de ne pouvoir esquisser le moindre croquis, ont appris les joies que procurent les mille et une ressources du dessin. Faites comme eux. Il ne vous coûte rien de connaître cette Méthode vraiment unique. Vous n'avez qu'à remplir et retourner le coupon ci-dessous.

Vous recevrez gratuitement et franco un Merveilleux Album dans lequel se trouvent clairement exposés les principes mêmes de notre Méthode. Une partie de cet Album constitue une véritable première leçon de dessin. Il est illustré d'une centaine de dessins d'élèves et vous pourrez ainsi vous rendre réellement compte des résultats que vous atteindrez vous-même. Ce sera pour vous une révélation.

ENVOYEZ CE COUPON SANS RETARD

**ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN, Studio B 7
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris-8^e**

Veuillez me faire parvenir franco et gratuitement un album illustré par vos élèves, contenant tous renseignements sur la méthode A. B. C.

Nom :

Profession : Age :

Adresse :

Recherches Mécaniques et Physiques

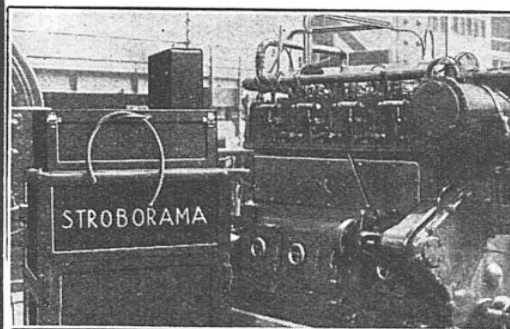
(BREVETS SEGUIN FRÈRES)

40, Rue de l'Echiquier, PARIS

Appareils stroboscopiques

STROBORAMA

à grande puissance



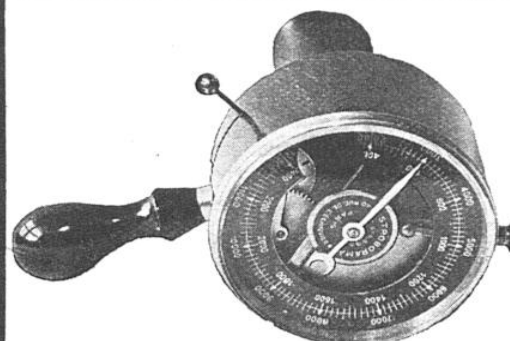
STROBORAMA TYPE A

PHOTOGRAPHIE et CINÉMATOGRAPHIE

au millionième de seconde

Télétachymètres Stroborama

POUR MESURE ET CONTRÔLE
des vitesses à distance et sans contact



STROBORET A COMMANDE MÉCANIQUE

Etudes stroboscopiques

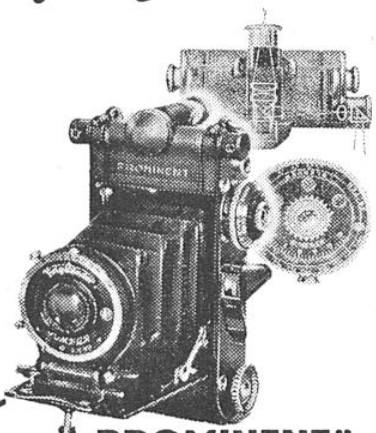
RÉGULATEURS

pour moteurs électriques

**RÉGULATEURS SÉPARÉS
et MOTEURS à régulateur**

Un Appareil Photographique ULTRA PERFECTIONNÉ

Voigtländer



PROMINENT

LA TECHNIQUE NOUVELLE

Pourquoi ultra perfectionné ?

Parce que le "PROMINENT" :

● 1° - comporte, dans le corps de l'appareil, un télémètre à oculaire télescopique réglable à la vue de chacun, accouplé au dispositif d'avancement de l'objectif pour assurer une mise au point micrométriquement parfaite, l'appareil même fermé.

● 2° - possède, incorporé au boîtier, un posomètre à viseur et à trois fenêtres d'intensités différentes, qui donne le temps de pose exact, pour chaque ouverture de l'objectif, en fonction des conditions d'éclairage et de la sensibilité du film utilisé.

● 3° - est muni de l'objectif HELIAR 1/4,5 à 5 lentilles, de 105 mm de foyer, dont la réputation est mondialement établie. L'HELIAR est monté sur obturateur COM-PUR à retardement donnant la pose en un et deux temps et les vitesses de 1 sec., 1/2, 1/5, 1/10, 1/25, 1/50, 1/100, 1/250.

● 4° - donne à volonté : soit 8 photos de 6×9 cm, soit 16 photos de 43×55 mm sur bobines 6×9 par simple application d'un cache à même la pellicule.

Que peut désirer de mieux l'amateur le plus difficile ?

Faites-vous montrer ce merveilleux "PROMINENT" et la gamme des autres appareils VOIGTLANDER chez tous les bons marchands d'articles photographiques ou demandez le catal. gratuit N° 85

SCHOBER & HAFNER
Représentants Exclusifs

3, Rue Laure Fiot - ASNIÈRES (Seine)

LA GUERRE SOUS LES MERS

Par Edmond DELAGE

La guerre sous les mers a été l'une des formes de conflit les plus angoissantes et les moins connues de la période tragique de 1914 à 1918. M. E. DELAGE, grand spécialiste dans les questions de marine, retrace, dans les pages qu'il vient de publier sur ce sujet, les exploits des sous-marins, en montrant le rôle déterminant qu'ils ont joué pendant cette guerre sournoise qui s'insinua sur toutes les mers du globe et fut à la fois invisible, secrète, universelle. En soulignant toute la portée et toute la grandeur, l'auteur a ainsi rendu un juste hommage aux marins, dont la valeur technique ne le dispute qu'au courage militaire.

PRIX FRANCO :

France 16 50
Etranger 19 »

AUTOMOBILISTES !

Lavez votre voiture en 15 minutes, sans fatigue

AVEC

I' "AUTO-GIRA"

(Hydro-Brosse
rotative)



Brosse fixe

Brosse tournante

Le fonctionnement de la brosse "Auto-Gira" est basé sur le principe fondamental de la pression de l'eau. L'eau pénètre dans le manche de

la brosse et agit sur une petite turbine qui imprime à la brosse centrale un mouvement rotatif de plus de 1.000 tours par minute. Cette vertigineuse rotation de la brosse centrale fait disparaître immédiatement toute trace de boue ou de poussière, tandis que la brosse extérieure, agissant comme une éponge ou une peau de chamois, évite en même temps toute éclaboussure.

Prix : 70 francs

Et^{ts} CHALUMEAU, 13, rue d'Armenonville
NEUILLY (SEINE)

RÈGLE À CALCULS DE POCHE "MARC"



spéciale pour électriciens

MULTIPLICATION - DIVISION - RACINES CARRÉE ET CUBIQUE - TRANSFORMATION DES CHEVAUX-VAPEUR EN KILOWATTS ET INVERSEMENT - CALCULS DE RENDEMENT DE MOTEURS ET DYNAMOS - CALCULS DES RÉISTANCES ET DES CHUTES DE TENSION - EN RÉSUMÉ, TOUS LES CALCULS QUI SE POSENT D'UNE MANIÈRE COURANTE AUX INGÉNIEURS ET AUX MONTEURS ÉLECTRICIENS. — NOTICE FRANCO.

La règle en celluloid livrée avec étui peau et mode d'emploi ... 36 fr.

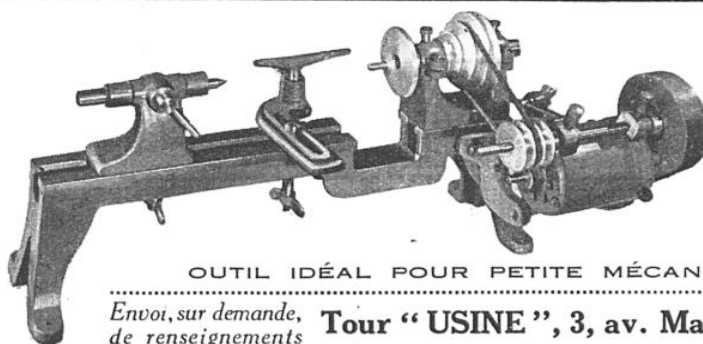
DÉTAIL { PAPETIERS - LIBRAIRES - OPTICIENS
INSTRUMENTS DE PRÉCISION

Gros exclusivement : CARBONNEL & LEGENDRE

Fabricants, 12, rue Condorcet, PARIS-IX^e — Téléphone : Trudaine 83-13

Si vous ne la trouvez pas, écrivez-nous, nous vous donnerons l'adresse de notre dépositaire le plus proche.

PUB. A. GIORGI



Tour "USINE"

la première petite machine-outil
de précision

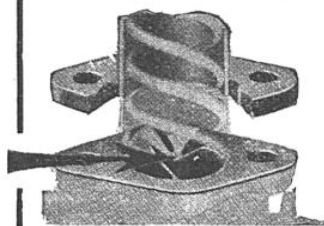
Banc rompu en fonte, livré avec ou
sans moteur, peut recevoir un chariot,
un mandrin, des pinces américaines
de 1 à 8 m/m.

OUTIL IDÉAL POUR PETITE MÉCANIQUE DE PRÉCISION

Envoi, sur demande,
de renseignements

Tour "USINE", 3, av. Mathurin-Moreau, Paris-19^e

Un accessoire vraiment moderne "GAZOGYR"



GAZOGYR A. M.
Marque déposée
Gazéificateur fixe breveté S. G. D. G.

SPÉCIALITÉS A. M.

Le kilomètre plus
vite, plus aisé et
moins cher.

Nouveau mode d'appli-
cation de la turbulence.

Rien de commun avec les turbines rotatives qui s'usent
rapidement dans le courant gazeux qu'elles freinent en
affaiblissant le moteur.

Meilleur rendement thermique, économie de carburant 10 à
20 %, réduction de la consommation d'huile, suppression
de la calamine, alimentation rationnelle et régulière de tous
les cylindres.

Livré prêt à monter 42. »
à la commande

Livré prêt à monter 45. »
contre remboursement

(Indiquer la marque et le type du véhicule)
GARANTIE. — Remboursement sous 8 jours en cas de
non satisfaction.

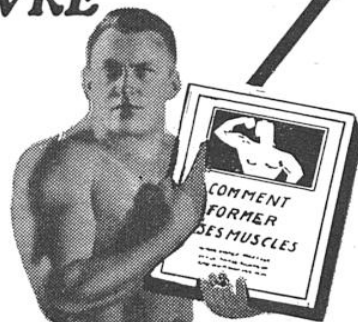
**SPÉCIALITÉS A. M., 54, r. Louis-Blanc
COURBEVOIE (Seine)**

Voir l'article dans le n° 193, page 84

PUBL. C. BLOCH

GRATUITEMENT CE LIVRE

vous ensei-
gnera com-
ment vous
pouvez, en
30 jours, for-
mer vos mus-
cles et, en
180 jours,
acquérir for-
ce, santé,
autorité...
devenir, en un
mot, un autre
homme, un
homme
complet.



Découpez et retournez simple-
ment le bon ci-dessous à
Dynam-Institut (Serv. V 78).
14, Rue La Condamine, Paris-17*,
en joignant 1 fr. 50 en timbres
pour frais d'envoi : vous recevrez
par retour notre ouvrage gratuit :
"Comment former ses muscles".

BON GRATUIT pour 1 exemplaire
du livre **V 78 :**
"Comment former ses muscles"

Nom

Adresse

Devenez Ecrivain

Tout le monde écrit, mais il y a bien neuf personnes sur dix
qui rédigent sans s'être jamais demandé par quel moyen il leur
serait possible de parvenir à écrire mieux.

Nul pourtant ne doute qu'il y ait avantage à bien écrire, à
exprimer sa pensée avec force, charme, naturel. Sans rêver tous
de devenir écrivains, l'étudiant, le fonctionnaire, l'ingénieur ont
mille raisons pour souhaiter acquérir un style souple et personnel.

Pour vous, que tourmente le désir d'écrire, voici la première
méthode qui vise, non point à former des talents superficiels,
mais à éveiller vos dons : une méthode qui s'adresse à votre goût
et à votre intelligence. Par elle, en quelques mois, vous pourrez
acquérir le savoir pratique et l'expérience que vos aînés ne possé-
dèrent qu'après une longue fréquentation des sujets et des mots.

Que vous nourrissiez l'ambition de devenir un romancier, que
le journalisme vous tente, ou que votre intention soit simplement
d'acquérir un talent réel pour correspondre, pour rédiger des
rapports, mémoires, études, etc..., il est indispensable que vous
connaissiez ce que notre cours vous apporte.

Retournez-nous ce coupon aujourd'hui même. Vous recevrez,
gratuitement, une brochure de renseignements qui contient l'ex-
posé clair et détaillé de notre programme d'études.

COUPON (à envoyer sans retard)

**ÉCOLE A.B.C. DE RÉDACTION, Groupe B 6
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris-8^e**

Monsieur le Directeur,

Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans engagement
pour moi, une brochure "ÉCRIRE POUR LE PLAISIR, POUR LE
PROFIT", m'apportant des détails complets sur la méthode A. B. C.
de rédaction littéraire et pratique.

Nom

Profession

Age

Adresse

Depuis sa fondation
"LA SCIENCE ET
LA VIE" fait exé-
cuter toutes ses
illustrations par les

Établissements

LAUREYS Frères *

17, Rue d'Enghien, PARIS-10^e

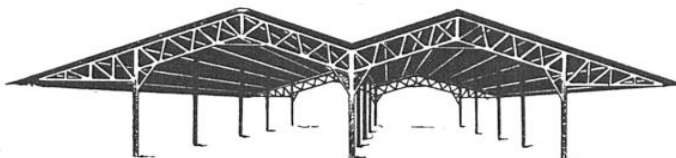
Téléph. : PROVENCE 99-37, 99-38, 99-39



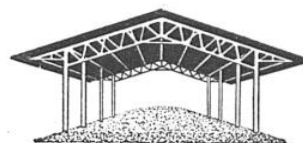
PHOTOGRAVURE—
GALVANOPLASTIE—
STÉRÉOCHROME—
COMPOSITION
PUBLICITAIRE—
STUDIO DE PHOTOS
DESSINS

Quelques-unes de nos Constructions métalliques

DEMANDEZ LA NOTICE QUI VOUS INTÉRESSE



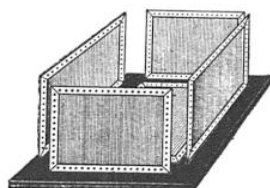
GRAND HANGAR agricole à partir de **45 francs** le mètre carré.
(Notice 144)



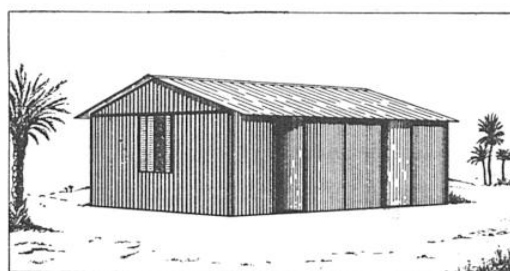
HANGAR agricole simple, cinq à quinze mètres de portée. (Notice 144)



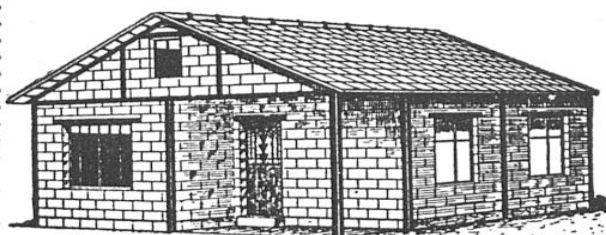
CHATEAU d'eau, 72 modèles démontables de **500 à 9.000 francs**. (Notice 187)



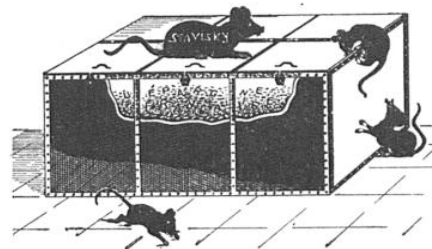
RÉSERVOIRS MÉTALLIQUES DÉMONTABLES
1.000 à 8.000 litres.
350 francs les 1.000 litres.
167 modèles distincts.
(Notice 187)



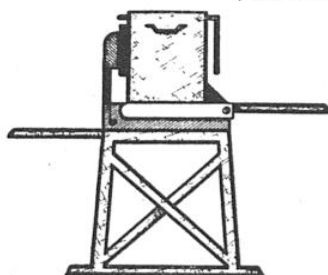
BARAQUEMENTS MÉTALLIQUES DÉMONTABLES. — 65 modèles distincts. — De **1.500 à 4.300 francs**. (Notice 192)



OSSATURES DE MAISONS D'HABITATION
16 francs le mètre cube.
(Notice 194)



COFFRES À CÉRÉALES. **300 francs** le mètre cube. — Combien de millions de « Stavisky » sont nourris inutilement par des propriétaires, qui se soucient peu d'enfermer leurs céréales dans des coffres métalliques ? (Notice 196 bis)



MACHINE à faire les agglomérés. **464 francs**. — Faites vous-mêmes les agglomérés des parois et des cloisons de vos constructions métalliques. (Notice 197)

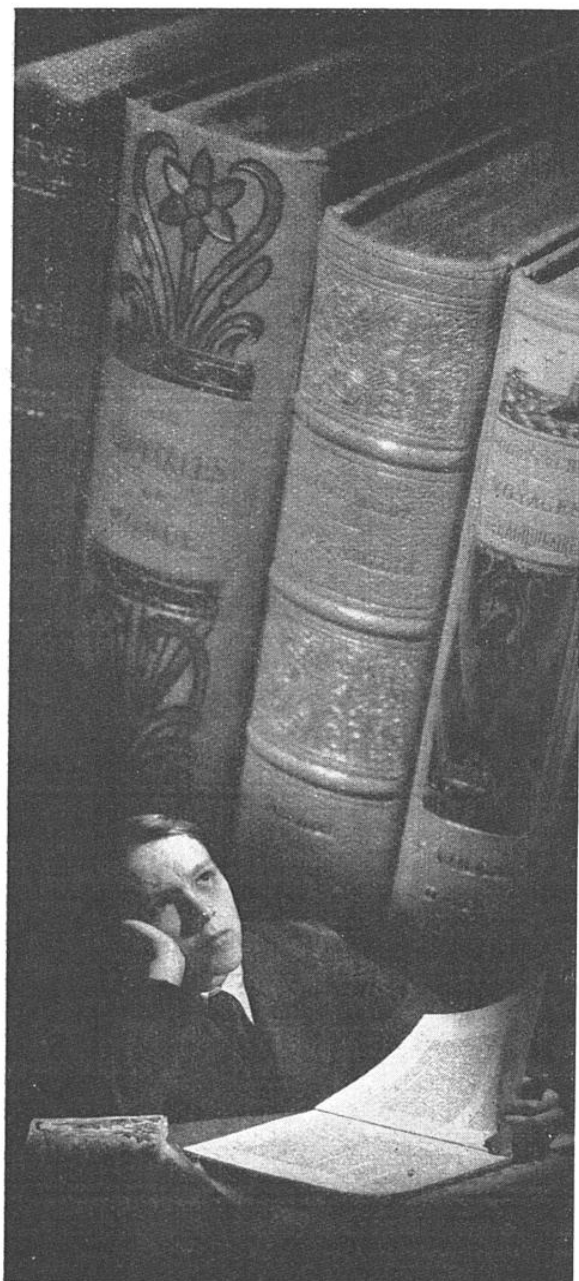


GRANDS BANCS de scies forestières jusqu'à 27 mètres de long.
(Notice 169)

NOUS VOUS INVITONS, CHERS LECTEURS, A NOUS DEMANDER LA NOTICE DE LA CONSTRUCTION QUI VOUS INTÉRESSE.

Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs
6 bis, rue de Couronne, PETIT-QUEVILLY-LEZ-ROUEN (Seine-Inférieure)

GRANDIR ET TRAVAILLER



★ Telles sont les deux tâches que l'adolescent doit mener de front ; car il lui faut, à la fois, développer son corps et meubler son esprit.

★ C'est pourquoi un régime alimentaire d'une valeur nutritive exceptionnelle lui est indispensable.

★ Ovomaltine est l'aliment de soutien qui lui fournira l'apport d'énergie neuve que son organisme réclame impérieusement. Combinaison biologique des principes vitaux d'aliments simples : malt (orge germée), lait et œufs — demeurés riches de leurs vitamines et rendus assimilables à 88 %, Ovomaltine est un produit original doué de propriétés particulières.

★ Sans rien changer aux habitudes alimentaires de votre enfant, mélangez chaque matin Ovomaltine à son premier déjeuner ; vous constaterez rapidement - et avec plaisir - que son esprit et son corps se développent harmonieusement.

OVOMALTINE
L'ALIMENT FORCE

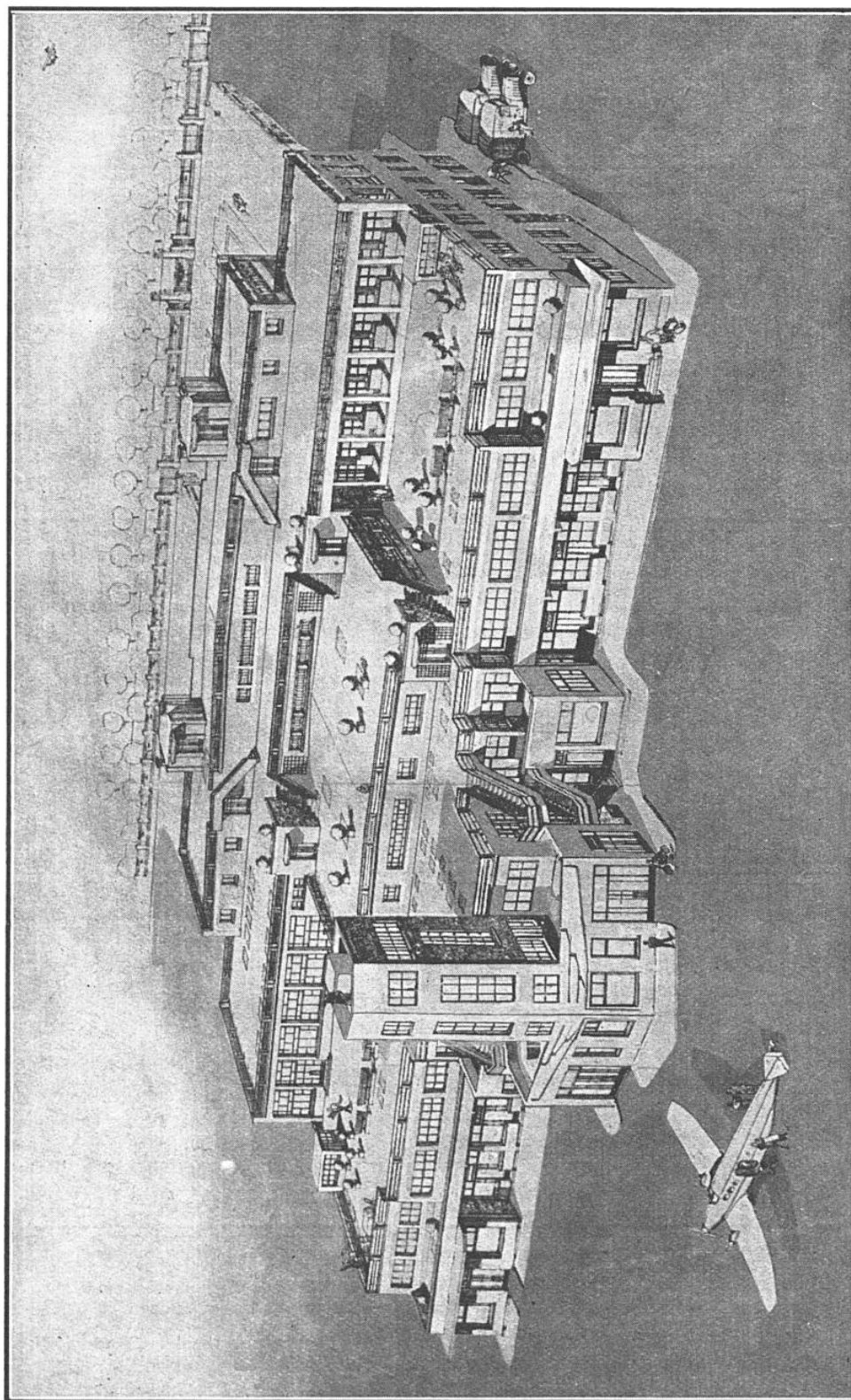
A LA MAISON : Ovomaltine, en paillettes solubles, se prend dans une tasse de lait ou dans votre premier déjeuner habituel.

AU DEHORS : Les croquettes d'Ovomaltine et les croquettes "Novaltine", enrobées de chocolat, constituent une collation fortifiante, d'un goût agréable.

En vente : Pharmacies, Herboristeries, bonnes Maisons d'Alimentation.
ETABLISSEMENTS WANDER, à CHAMPIGNY-sur-MARNE.

A l'aviation moderne, il faut des aéroports modernes : Paris se doit d'en avoir un ..	José Le Boucher ..	269
<i>La France, par sa situation géographique, peut être le point de départ des grandes routes aériennes. Or, son aéroport principal, celui du Bourget (Paris), vieux de plus de dix ans, est aujourd'hui périmé : voici les caractéristiques d'une aérogare vraiment moderne.</i>		
Les nouveaux procédés de production et de mesure des très basses températures ..	L. Houlléviqne ..	280
<i>Comment on est arrivé à moins de 5 centièmes de degré du zéro absolu (— 273°,09).</i>	Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	
Le moteur Diesel a déjà conquis la traction routière; s'imposera-t-il pour la traction ferroviaire ? ..	Maxime de Rouret ..	285
<i>Certains grands réseaux français et étrangers ont mis au point des nouvelles locomotives à moteur Diesel et transmission électrique. C'est une nouvelle concurrence pour les locomotives à vapeur comme pour les locomotives électriques.</i>		
La traction ferroviaire a sa voie ferrée; la traction automobile doit avoir sa route ..	Charles Brachet ..	293
<i>Notre système routier est en retard sur le progrès de la mécanique automobile. Si l'on veut que les transports sur route prennent la place à laquelle ils ont droit, il faut construire des autoroutes à leur usage.</i>		
La lumière, source d'énergie inépuisable des transformations chimiques. Les réactions photochimiques, qui n'étaient guère utilisées jusqu'à présent qu'en photographie, viennent de recevoir de nouvelles applications dans le domaine scientifique et industriel. C'est un facteur puissant de synthèse.	Guy Emschwiller ..	299
<i>Après les disjoncteurs dans l'huile, voici de nouveaux disjoncteurs sans huile ..</i>	Docteur ès sciences.	
<i>Pour la production et le transport de l'énergie électrique à grande puissance et à haute tension, la sécurité soulève des problèmes difficiles à résoudre. Parmi ceux-ci, celui des disjoncteurs est des plus importants.</i>	Jean Kloninger ..	309
Les matières plastiques artificielles concurrencent de nombreux matériaux naturels ..	Ing. à la Société Brown-Boveri.	
<i>On les utilise aujourd'hui pour remplacer le bois, la corne, etc., et même le métal, dans de nombreuses applications. Ce n'est pas là l'une des réalisations les moins curieuses de la synthèse organique.</i>	Roger Simonet ..	317
La science moderne a résolu le problème de l'épuration des eaux dans les villes ..	Victor Jouglà ..	325
<i>Aucun procédé n'est parfait, qu'il soit chimique, physique ou mécanique; cependant, il y en a de fort simples qui ont donné des résultats vraiment efficaces. La science de demain fera mieux, car il reste encore beaucoup à faire dans ce domaine.</i>		
En signalisation ferroviaire, voici ce qu'il reste à faire ..	Jean Labadié ..	333
<i>Le nouveau système américain est plus rationnel que le nôtre. Il assure une sécurité plus grande et permet d'entrevoir, pour l'avenir, la commande automatique des trains. L'Europe, à ce point de vue, n'est pas à l'avant-garde.</i>		
Voici de nouveaux procédés scientifiques pour reproduire plans et documents de toute nature ..	Paul Nicolardot ..	343
<i>Ils intéressent l'ingénieur, l'architecte, le dessinateur, le professeur.</i>	Professeur à l'Ecole Supérieure d'Aéronautique.	
Une révolution en chimie : l'eau n'est plus un composé défini, mais un mélange de diverses combinaisons ..	Camille Matignon ..	346
<i>Deux savants américains viennent de nous révéler leur découverte.</i>	De l'Académie des Sciences, prof. au Collège de France.	
Notre visite à l'Institut Pelman ..	J. M. ..	348
Les « A côté » de la science: ..	V. Rubor ..	350

Les matières plastiques, qui sont utilisées aujourd'hui d'une manière courante, dans de nombreuses industries, pour remplacer le bois, la corne, même les métaux (voir l'article page 317), offrent l'avantage de pouvoir être moulées rapidement et en série, suivant la forme de l'objet à fabriquer. Ce moulage est réalisé dans de grandes presses hydrauliques perfectionnées et spécialement construites à cet effet, — telles que celle représentée sur la couverture de ce numéro. La pression y est appliquée, non seulement dans le sens vertical, mais également dans deux directions horizontales perpendiculaires, ce qui assure une meilleure répartition des efforts et, par suite, une meilleure présentation de l'objet fini, qui réalise ainsi des qualités fort appréciées à l'aspect comme à l'usage.



L'AÉROPORT DU BOURGET ENTièrement TRANSFORMÉ, TEL QU'IL SERA ÉDIFIÉ EN 1935

Paris se devait de posséder un aéroport vraiment moderne. Voici l'édifice qui va être commencé d'ici cette année pour réaliser une gare aérienne adaptée au trafic international, dont le développement considérable a nécessité cette transformation, l'aérogare du Bourget remontant déjà à plus de dix ans. On voit ici, au premier plan, la tour aux signaux qui renseigne les avions au départ et à l'arrivée. Elle renferme également un poste de météorologie. Le rez-de-chaussée est aménagé en salles de distribution de billets, de change, de télégraphe, de manutention des marchandises, etc. En un mot, tout est prévu pour la commodité des voyageurs.

LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

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

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

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

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

Copyright by La Science et la Vie, Avril 1934 - R. C. Seine 116.544

Tome XLV

Avril 1934

Numéro 202

A L'AVIATION MODERNE, IL FAUT DES AÉROPORTS MODERNES : PARIS SE DOIT D'EN AVOIR UN

Par José LE BOUCHER

La construction d'un aéroport pose aux techniciens de la voie aérienne à peu près les mêmes problèmes qui se posaient jadis aux techniciens de la voie ferrée : sécurité, signalisation, confort. Ces conditions à remplir exigent l'aménagement rationnel du terrain, le balisage diurne et nocturne (phares et radiophares) (1), un service de météorologie rapide, des liaisons radioélectriques constantes, des ateliers bien outillés pour réparer les appareils vite et bien. Mais, si le rail aboutit au centre de la ville, il n'en est pas de même de la voie aérienne. C'est pour cette raison que l'on cherche à relier rapidement le point d'atterrissage des avions de transport au cœur de la ville même. Il serait, en effet, inutile de faire Paris-Londres en moins d'une heure, si l'on devait perdre à chaque extrémité une demi-heure pour gagner le centre des affaires. Dans cet ordre d'idées, n'avons-nous pas constaté récemment l'établissement, par les Allemands, d'une ligne de métro spéciale qui dessert l'aérodrome de Tempelhof. Celui-ci peut, du reste, être considéré comme un modèle du genre. Si l'on compare les services du Bourget à ceux des grandes gares internationales de l'air de certaines nations, cette comparaison n'est guère à notre avantage. Pour remédier à ce lamentable état de choses, une douzaine de millions vont être employés à transformer prochainement l'aéroport du Bourget. Mais, pour mener à bien une telle entreprise, c'est 100 millions qu'il aurait fallu pour que la ville de Paris eût un aéroport digne d'elle.

L n'y a pas quinze ans, la visite d'un aérodrome pouvait être accomplie en quelques minutes. Quelques hangars en toile disposés vaille que vaille, une manche à air pour indiquer le sens du vent, un espace plus ou moins grand et plus ou moins libre d'obstacles, tel était l'aérodrome que nous avons connu de 1905 à 1919.

Aujourd'hui, le spectacle offert par un port aérien moderne est tout différent. C'est une enceinte fermée. Les voitures y sont soumises à un sens de circulation ; il y existe des parcs pour autos, motos, bicyclettes, un restaurant, un bureau de douanes, des salles d'attente pour les passagers, des docks en miniature pour le fret, des bureaux où

sont distribués les billets, visés les passeports, un nombreux personnel dirigé par un commandant de port.

Tel est le côté commercial de l'aérodrome moderne, qui apparaît aussitôt franchie la première enceinte de l'aéroport. Le côté technique n'est pas moins important. On ne peut voir celui-ci qu'en franchissant la deuxième enceinte. C'est le terrain proprement dit, où l'avion règne en maître, où tout est fait pour lui ; pour lui faciliter le départ ou l'atterrissage, le ravitailler, le diriger, le garer, enfin le réparer.

Sur le terrain, seuls sont admis les véritables initiés, ceux qui, à quelque degré que ce soit, pilotes, mécaniciens ou passagers, doivent approcher l'appareil et l'utiliser.

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

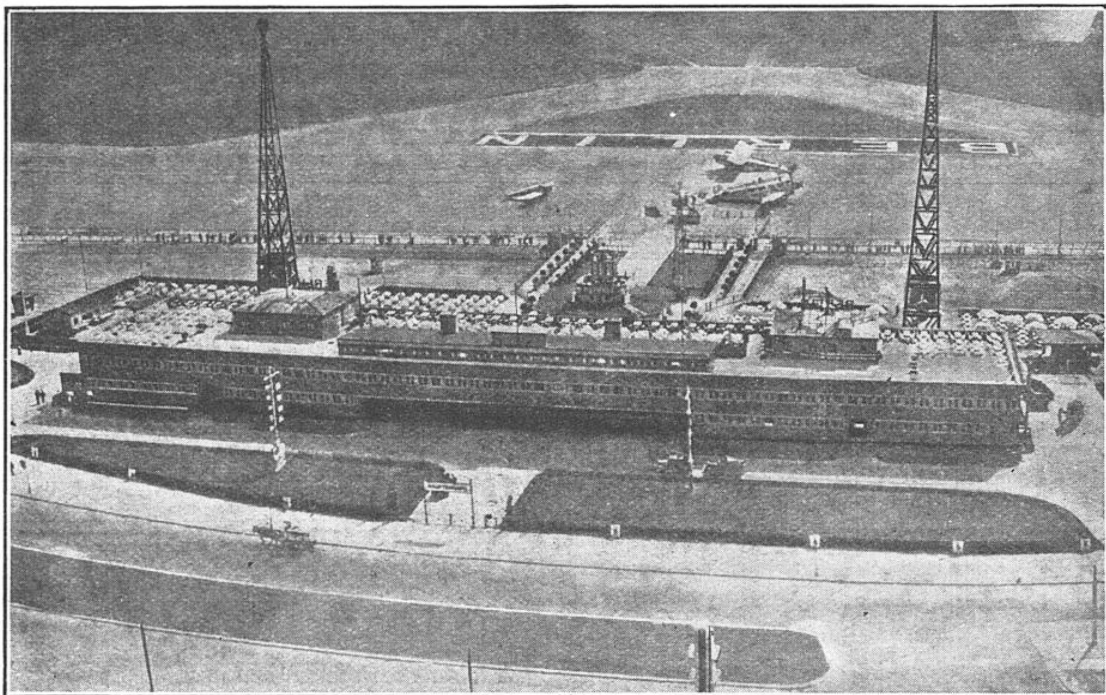


FIG. 1. — L'AÉRODROME DE TEMPELHOF-BERLIN, L'UN DES PLUS MODERNES DU MONDE
La présence de deux grands pylônes sur le terrain apparaît cependant comme une grave erreur à rectifier.

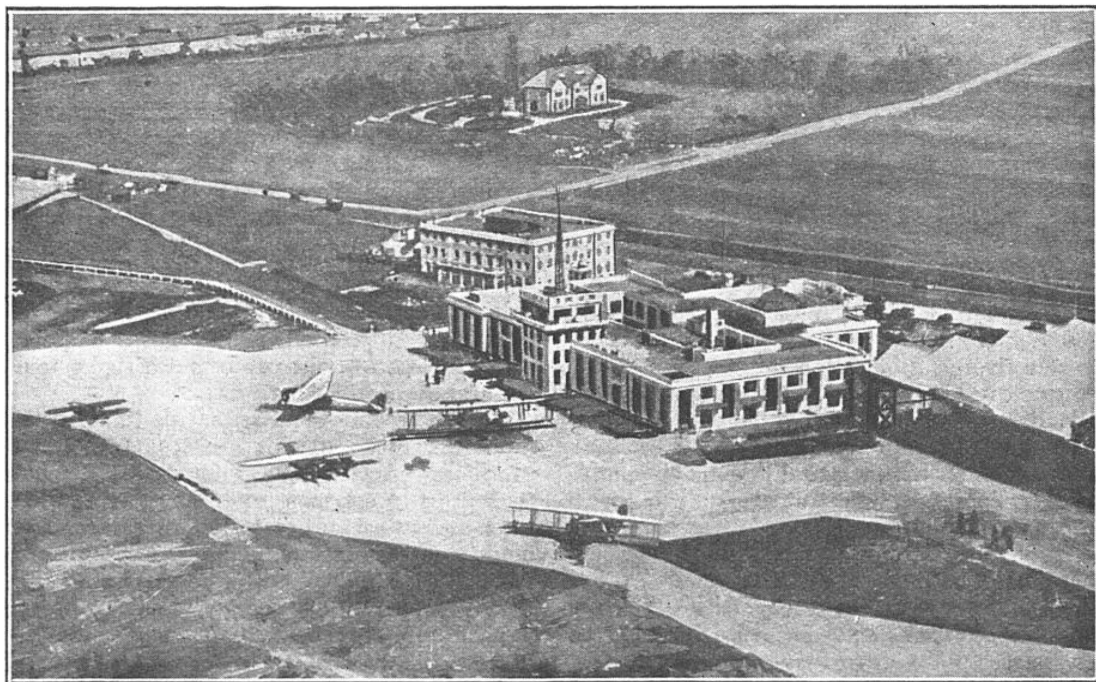


FIG. 2. — L'AÉROPORT DE CROYDON-LONDRES
Sur le terrain, beaucoup moins vaste que celui de Tempelhof, les Anglais ont édifié une aéro-gare particulièrement coquette. Trois pistes de départ ont été aménagées en raison de l'exiguïté du terrain.

Il existe, enfin, une troisième enceinte, si l'on peut dire, plus difficile d'accès encore, où les passagers ne sont plus admis, qu'ils ne soupçonnent même pas pour la plupart. Cette enceinte est constituée par l'ensemble des bâtiments destinés aux installations scientifiques, bâtiments radio et gonio, bâtiments réservés aux services météorologiques, à l'éclairage des balises nocturnes ou à la mise en route des phares hertziens, s'il y en a.

On retrouve ces caractéristiques dans tous les ports aériens. Toutefois, on enregistre des différences notables dans la réalisation pratique de cet ensemble complexe que constitue l'aérodrome moderne.

Trop souvent, pour des raisons financières, d'ailleurs, dans la plupart des cas, on s'est servi de ce qui existait, on a agrandi, modernisé, un vieux terrain sur lequel évoluaient les premières machines volantes.

Le type de ces organisations sans cesse retouchées, ravaudées, sans plan d'ensemble, c'est actuellement Le Bourget, notre plus grand port aérien.

C'est d'autant plus regrettable à constater, qu'un pays comme la France n'a pas besoin d'un grand nombre de ports de cette nature. La configuration géographique de notre pays et sa superficie, d'une part, les vitesses commerciales réalisées et surtout celles qu'on réalisera bientôt, d'autre part, permettent de penser que deux grands ports aériens bien outillés seront suffisants pour les besoins de la métropole : Paris et Marseille apparaissent comme les deux grands centres aéronautiques naturels de la France. Paris, parce que c'est la capitale, terminus assez logique du trafic entre l'Amérique du Nord et l'Europe ; Marseille, parce que c'est la porte ouverte sur l'Afrique, l'Orient et l'Extrême-Orient, et aussi sur l'Amérique du Sud.

Le Bourget était-il le terrain le plus indiqué, le plus propice à la création du grand port aérien parisien ? L'absence de plan d'eau propre aux amérissages des hydravions empêchera toujours Le Bourget d'être la base idéale, à moins de créer un véritable bassin artificiel comme on doit le faire à Alger, notre grand port aérien de demain sur la terre africaine, et comme les Italiens l'ont fait à Milan.

Le Bourget a ses partisans et ses adversaires. Ces derniers lui reprochent son éloignement, sa superficie trop modeste à leur gré, la présence de formations militaires.

Il est d'ailleurs bien difficile de trouver un emplacement idéal, à proximité de la

capitale à desservir, étant donné la conception de l'aérodrome qui prévaut actuellement dans tous les pays. Comme on l'a vu plus haut, celui-ci est tout à la fois une gare, un port, un dock, une usine. D'autre part, les dimensions des appareils exigent des surfaces de départ de plus en plus grandes. Il s'ensuit que les terrains atteignent des dimensions démesurées.

Il serait, il eût été possible surtout, à notre avis, d'avoir une conception autre de l'aérodrome. Le problème essentiel étant de rapprocher le plus possible le terrain de la ville, on peut se demander s'il n'eût pas été plus logique de séparer rigoureusement le terrain des services annexes. Si les gares de chemins de fer devaient être à la fois gares, dépôts de machines, ateliers de réparations et laboratoires d'essais, les trains n'arriveraient pas au centre même de la capitale.

Ceux qui ont à résoudre le problème de l'installation de l'aérodrome moderne ne versent-ils pas dans la même erreur ? On peut poser la question. On crée ou on veut créer des aéroports qui soient un tout, alors qu'on pourrait faire une distinction entre le terrain d'embarquement et de débarquement proprement dit, et l'aéroport lui-même, c'est-à-dire l'endroit où les appareils seraient garés, réparés, essayés, mis au point.

Si l'on veut bien s'arrêter quelques secondes à cette solution, on s'aperçoit que la grande question, rapprocher le plus possible le port aérien de la capitale à desservir, n'est plus du tout insoluble.

Que faut-il à un avion pour s'envoler ? Deux bandes de terrain longues et relativement étroites lui permettant de décoller et d'atterrir face au vent. A l'heure actuelle, les avions les plus lourdement chargés, un *Arc-en-Ciel*, par exemple, qui a traversé l'Atlantique-Sud, un *Mystery*, qui a battu le record du monde de distance en ligne droite, sur le parcours Cranwell-Walfish Bay, n'ont pas besoin de 1.200 mètres pour prendre leur envol. Deux bandes de 1.500 mètres, orientées dans le sens des vents dominants, voilà tout ce qui est strictement indispensable au départ ou à l'atterrissage de nos plus grands bâtiments aériens d'aujourd'hui. Deux bandes de terrain de 1.500 mètres, cela se trouve à proximité d'une ville ou dans une ville même. Il en est tout autrement quand on recherche une superficie de 200 hectares, comme c'est le cas pour les grands aéroports créés ou à créer : Le Bourget, Marignane, Marseille, Alger.

Supposons qu'on ait conservé, entretenu

et légèrement agrandi le vieux terrain d'Issy-les-Moulineaux, situé à la porte de Versailles, les *Hannibal* Handley-Page anglais qui transportent quarante-deux passagers sur le parcours Paris-Londres, les Lioré *Golden Ray*, les berlines Bréguet eussent parfaitement pu prendre leur envol, pour Londres ou Marseille, d'Issy, à la condition de ne pas vouloir garer *Hannibal*, *Golden Ray* et *Rapid-Azur* sur le terrain. Or, ne peut-on imaginer que le bâtiment aérien vienne au terrain prendre des passagers comme le paquebot vient prendre les siens au quai d'embarquement ? Pourquoi pas ?

liaison entre l'aérodrome et le centre de la ville desservie. Cette conception de l'aérodrome-quai d'embarquement ne semble avoir été nulle part sérieusement examinée.

Le Bourget-Paris, Croydon-Londres, Tempelhof-Berlin, les trois grands centres aéronautiques d'Europe où le trafic est le plus intense, présentent donc, bien qu'à des degrés divers, les mêmes avantages et aussi les mêmes inconvénients. Croydon est à peu près à la même distance de Londres que Le Bourget de Paris et les communications avec la capitale sont aussi lentes que les nôtres.

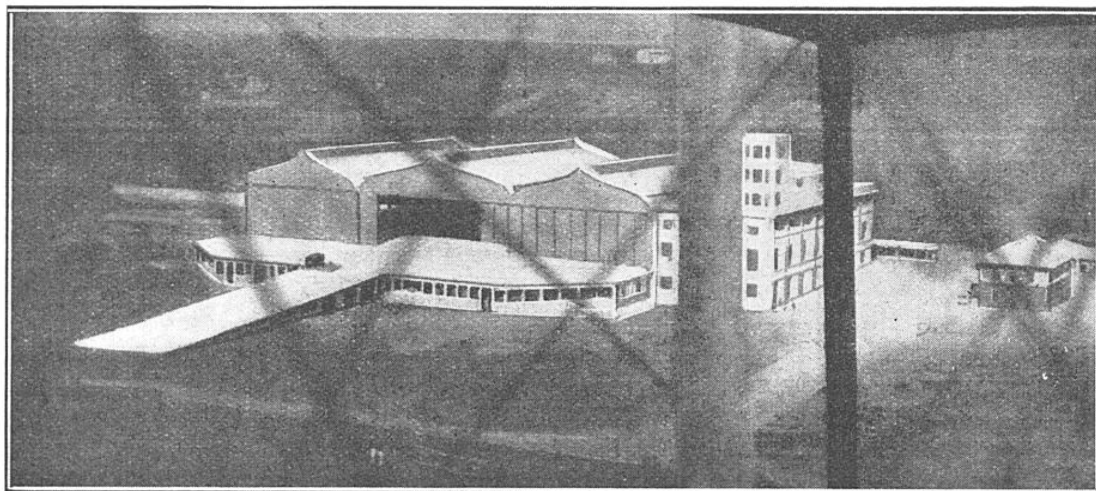


FIG. 3.- L'AÉROPORT DE LITTORIO-ROME EST ÉTABLI SUIVANT UN MODÈLE UNIQUE AU MONDE. Cet aéroport est surtout curieux du fait que son hangar est à deux étages. Le grand plan incliné qu'on voit sur ce document permet d'accéder au deuxième étage. Ce système est absolument inédit.

Poursuivons notre hypothèse. Supposons notre conception admise. Vingt ou dix minutes avant l'heure du départ, l'appareil quitte son dock, ou son dépôt, comme on voudra, situé à une certaine distance de la capitale ; il atterrit à Issy, embarque ses passagers et s'envole. Au retour, il les débarque à Issy et repart immédiatement pour son dock ou son dépôt.

Cette conception, strictement personnelle, présente à nos yeux au moins un avantage, mais il est capital. Les aéroports actuels ou créés selon les idées généralement admises seront, en temps de guerre, des cibles monstrueuses qui pourront être détruites du jour au lendemain. La multiplication des terrains-dépôts, des terrains-ateliers permet de parer à ce danger, en même temps qu'elle permet de résoudre, en temps de paix, le problème délicat de la

Tempelhof est beaucoup plus près du centre que Croydon et Le Bourget. Les Allemands ont vite compris la nécessité d'assurer une liaison rapide entre leur port aérien et la capitale. Ils ont construit, à cet effet, une ligne de métro extrêmement pratique qui permet aux Berlinoises de se rendre très aisément et à peu de frais à l'aérodrome.

On note, en outre, à Croydon et à Tempelhof, l'exécution d'un plan d'ensemble qu'on n'observe malheureusement pas au Bourget.

L'aéroport du Bourget est insuffisant

Ce qui frappe les yeux les moins avertis en pénétrant dans notre grand aéroport, c'est l'éparpillement des services, la précarité des installations et leur petitesse.

Plus de 360.000 passagers sont passés,

en effet, au Bourget en 1932. Le passager pressé, qui arrive seul à l'aérodrome sans être passé au préalable par le bureau central d'une compagnie, doit courir, en effet, de droite à gauche pour se mettre en quête d'un billet. Où doit-il aller? Entre le pavillon Paul-Bert, d'une part, et l'immeuble du commandant du port, de l'autre, de nombreux petits chalets en bois ont poussé au cours des années. Ce sont les sièges des différentes compagnies. Quel que soit l'effort réalisé par chacune d'elles — et il est indiscutable — pour faire de son pavillon un chalet agréable tout au moins à l'œil, il est incontestable que ce système des bureaux particuliers est défectueux. Il oblige le passager à des démarches inutiles et fatigantes, de même qu'il multiplie les services et le personnel.

Toutes ces raisons militent en faveur du rassemblement dans un bâtiment unique de tous les services commerciaux, de douane, de passeport, de distribution de billets, de change, téléphone, de télégraphe.

Les Allemands ont réalisé, à Tempelhof, cette installation dans des conditions extrêmement satisfaisantes. Les Anglais, à Croydon, s'en rapprochent de plus en plus. Il n'apparaît pas possible de faire de même au Bourget, sauf à raser tout ce qui a été construit de bric et de broc, exception faite pour le pavillon Paul-Bert où les pilotes passent, à intervalles réguliers, des visites médicales. C'est ce qu'on va se décider à faire enfin, tout en ne réalisant pas réellement un projet d'ensemble, mais en se contentant de construire une « gare » moderne.

A Lyon, en revanche, le nouvel aéroport a été édifié selon un plan logique. A cet égard, l'aéroport de Lyon doit être classé en tête des grands aérodromes modernes et français.

A Marignane-Marseille, les installations existantes sont essentiellement provisoires, si l'on fait exception des hangars d'hydravions et d'avions. La gare elle-même ne correspond en rien aux besoins du grand aéroport que deviendra nécessairement Marseille dans un avenir plus ou moins proche.

En revanche, l'emplacement de Marignane avec ses larges étendues de terre, la proximité de l'étang de Berre apparaît absolument idéale, si l'on fait abstraction, bien entendu, de la distance appréciable qui sépare Marignane du centre de Marseille.

L'installation technique d'un aérodrome

Si les installations commerciales de l'aéroport diffèrent, comme on l'a vu au Bourget,

à Croydon, à Tempelhof, c'est-à-dire si elles sont plus ou moins modernes, plus ou moins pratiques, cette dissemblance disparaît quand on franchit la deuxième enceinte de l'aéroport moderne, c'est-à-dire sur le terrain proprement dit.

Ce qui frappe évidemment le plus, quand on y met le pied, ce sont les hangars. Ceux-ci se multiplient chaque année en raison de la dimension des appareils, qui va, chaque année, grandissante. A cet égard, la solution à laquelle on s'est arrêté depuis l'origine de l'aviation — le hangar à une porte — est extrêmement primitive. En effet, elle oblige, pour sortir un appareil placé dans le fond du hangar, à déplacer, sinon tous les autres, du moins plusieurs d'entre eux.

Beaucoup plus logique est la solution, préconisée par M. Caquot, du hangar à deux portes latérales. Si cette disposition oblige à laisser de larges intervalles entre les hangars, ce qui modifie la physionomie générale du terrain et tend à multiplier les obstacles autour de celui-ci, il semble cependant que cet inconvénient soit peu grave, en laissant justement entre deux hangars un espace très grand. Une autre solution consisterait à disposer les hangars à portes latérales au centre du terrain, au lieu de les placer, comme c'est la coutume, à la périphérie. En disposant ces hangars à la façon d'une étoile aux branches largement écartées, on éviterait l'inconvénient représenté par la présence de hangars aux superstructures élevées en bordure du terrain. Nous n'en sommes pas là.

A Croydon, à Tempelhof, au Littorio, l'aérodrome romain, comme au Bourget, on demeure fidèle à l'habitude des hangars piquetés sur le pourtour de l'aérodrome. Les Italiens, toutefois, ont fait preuve d'une originalité certaine en imaginant le hangar à deux étages, qui représente une deuxième solution parfaitement admissible, celle du hangar à portes latérales doubles ayant cependant de plus nombreux partisans, dont nous sommes.

La signalisation de jour et de nuit

Mais poursuivons notre visite. La vue du visiteur est immédiatement frappée — sur un aéroport moderne, après les dimensions des hangars et leur nombre — par la multiplicité et la variété des balises.

Tout aérodrome, ou plutôt tout aéroport, est signalé de jour par un cercle de 50 mètres de diamètre extérieur. Le nom d'un port aérien principal, inscrit au centre du cercle est orienté ouest-est, ce qui détermine le nord

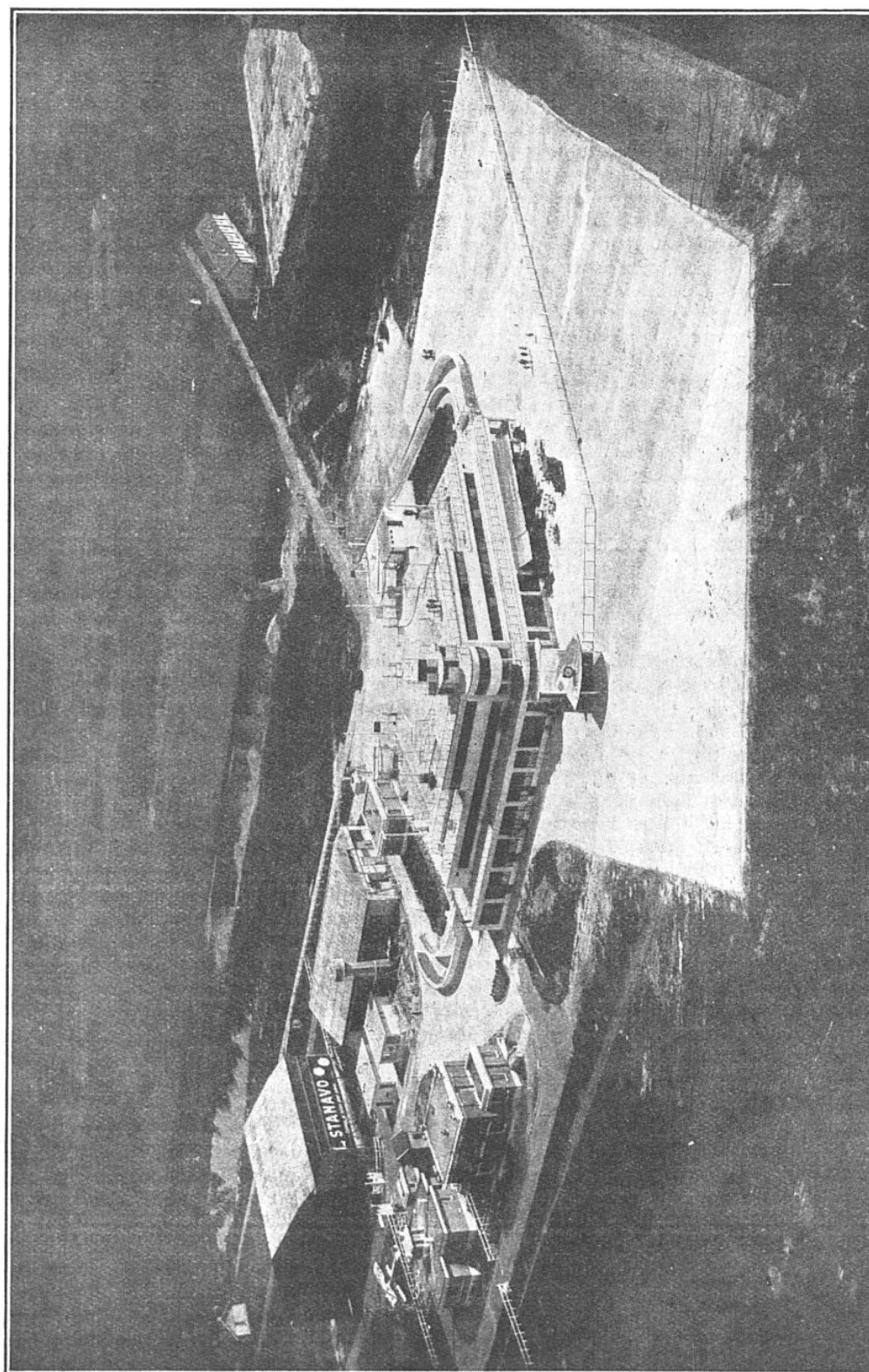


FIG. 4. - LE NOUVEL AÉROPORT DE BRON-LYON, QUI CONSTITUE LA RÉALISATION LA PLUS MODERNE EXISTANT À L'HEURE ACTUELLE EN FRANCE. Par sa disposition, ses installations, ses nombreuses terrasses, son belvédère qu'on distingue facilement sur ce document, l'aéroport de Lyon constitue un exemple de construction à suivre. Il est regrettable toutefois que les proportions de l'aéroport de Bron-Lyon se soient vite révélées, à l'usage, trop modestes.

géographique. La hauteur de chaque lettre est de 6 mètres ; leur largeur, de 4 m 80 ; l'espace entre chaque lettre est de 4 m 80 également.

Le terrain une fois repéré, il importe de le délimiter. Cette délimitation se fait au moyen de balises, peintes en rouge et blanc, réparties autour du terrain.

Signalisation des obstacles

Le pilote a repéré le terrain, ses dimensions ; il importe qu'il connaisse les obstacles qu'il peut rencontrer au cours de son atterrissage et des manœuvres qui précèdent celui-ci.

C'est pourquoi tous les obstacles (travaux en cours...) situés dans la zone d'atterrissage sont signalés par des bandes et des oriflammes rouges et blanches, ou simplement rouges.

Tous les pylônes, tels que porte-antenne, porte-phare, girouette météorologique, sont peints en blanc et rouge.

Tous les mâts métalliques tubulaires porte-antennes sont balisés par des doubles cônes rouges, placés à leurs sommets et peints en blanc et rouge.

La nappe d'antenne est, elle aussi, signalée, bien entendu.

Indication de la direction du vent

Les obstacles sont repérés, le pilote veut atterrir. Dans quel sens va-t-il le faire ? On sait qu'il doit toujours se poser face au vent et décoller de même.

A cet effet, la direction du vent lui est donnée, de jour, par des manches à air de 1 mètre de diamètre et 5 mètres de longueur à bandes rouges et blanches alternées, montées sur un support orientable ; des T d'atterrissage, constitués par une grande girouette de 7 mètres sur 6 mètres sur 1 mètre d'épaisseur de trait.

En cas de vent nul ou inférieur à 3 mètres par seconde, ce T est bloqué dans le sens de l'atterrissage et une boule rouge et blanche, de 1 mètre de diamètre, est hissée au sommet d'un mât de 10 mètres de hauteur.

Enfin, il existe une troisième manière d'indiquer la direction du vent, en usage : des pots fumigènes, qui dégagent une épaisse fumée jaune. Celle-ci s'oriente dans le sens du vent et donne des indications sur sa direction, sa force et sa régularité.

Balisage et signalisation de nuit

A tous ces signaux, à toutes ces balises utilisables de jour s'en ajoutent, bien entendu, d'autres, destinés à la navigation

ou à l'atterrissage ou au décollage de nuit.

Pour repérer de nuit un aéroport ou une route aérienne, on utilise, en premier lieu, des phares. Les phares actuellement adoptés sont de quatre types.

C'est, tout d'abord, le phare de grande puissance à éclats. Deux phares de cette catégorie sont actuellement en service : l'un est situé au Mont Valérien (nord-ouest de Paris), l'autre au sommet du Mont Affrique (1), à l'ouest.

Le phare de grande puissance à éclats est destiné à signaler les centres particulièrement importants et les grands carrefours des lignes aériennes. La puissance de chaque faisceau atteint environ un milliard de bougies et la portée, par temps moyen, est d'environ 150 kilomètres. Le système de concentration des feux est, soit dioptrique, soit catadioptrique.

Une deuxième catégorie de phares à éclats, mais celle-là de moyenne puissance, sert à repérer spécialement les aérodromes situés auprès des grandes villes. Il ne s'agit plus de signaler un centre économique, un carrefour, mais un point précis situé à faible distance du terrain.

De tels phares, dont la portée est de 80 kilomètres environ, sont installés au Bourget et à Lyon. Les éclats de ces appareils dioptriques permettent de les distinguer aisément des autres lumières de l'agglomération.

Une troisième catégorie de phares existe : c'est le phare de repérage à éclipses. Son faisceau s'étend à l'horizon jusqu'au zénith. Il est caractérisé, pour chaque terrain, par des combinaisons d'éclats longs et brefs, formant des lettres de l'alphabet Morse ; ces éclats sont commandés par une came agissant sur le contacteur d'alimentation. Ces phares à optique double fonctionnent soit à l'acétylène, auquel cas leur portée est de 20 à 25 kilomètres par visibilité moyenne, soit à l'électricité, ce qui augmente leur portée jusqu'à 40 kilomètres, si l'on emploie deux lampes de 3.000 bougies.

On trouve ce type de phares sur tous les aérodromes et terrains de secours des lignes aériennes sur lesquelles doit s'effectuer un trafic de nuit. Ils sont éloignés, en principe, de 60 à 80 kilomètres les uns des autres.

Ce tableau des phares de balisage ne serait pas complet si nous ne parlions pas des phares de jalonnement à tubes au néon. Ceux-là sont constitués par une série de tubes au néon illuminés par une décharge électrique.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 97, page 51.

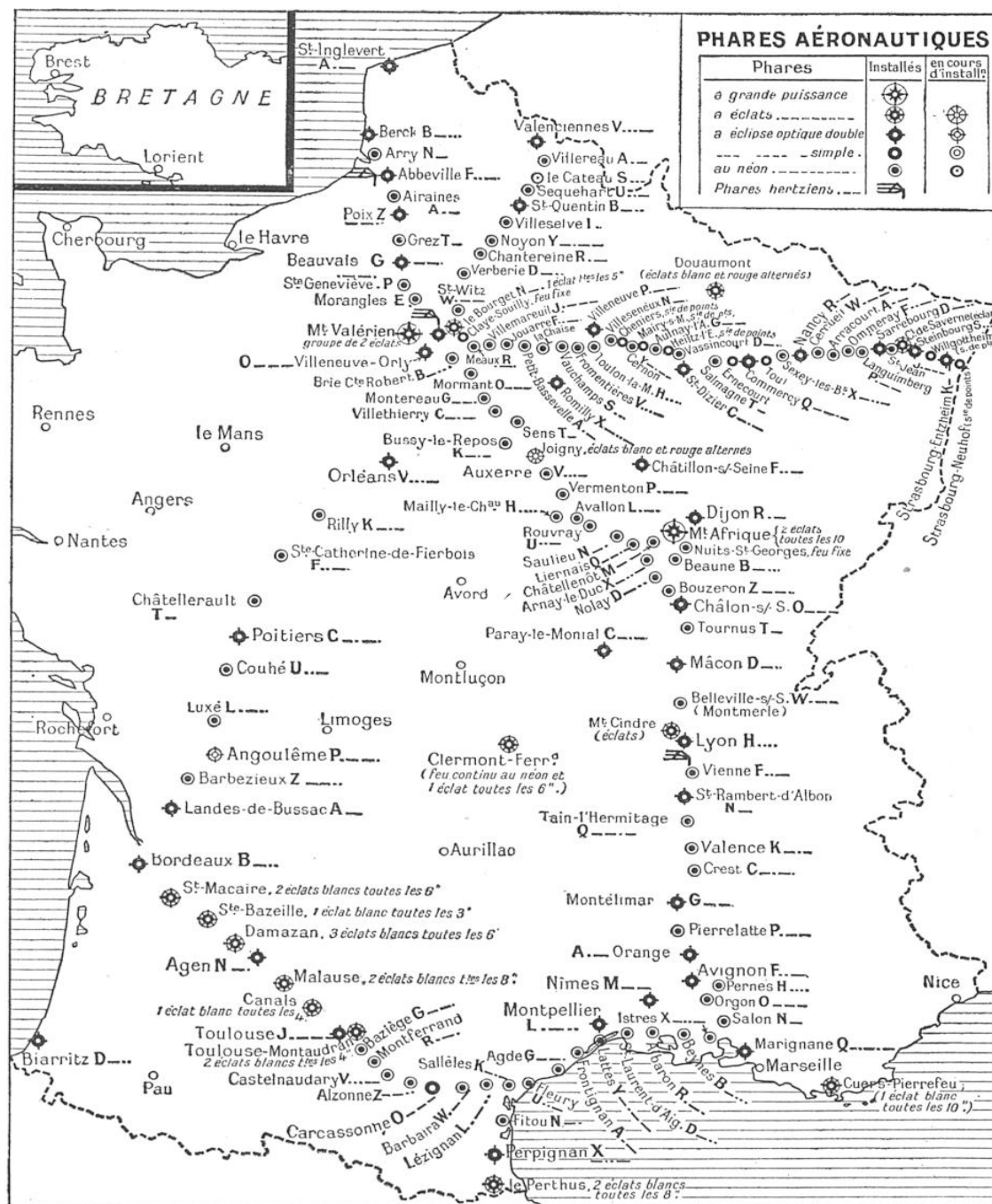


FIG. 5. — CARTE DES PHARES AÉRONAUTIQUES INSTALLÉS SUR LE TERRITOIRE FRANÇAIS

On voit d'une manière saisissante, sur cette carte, comment sont jalonnées les grandes routes aériennes nationales et internationales. On remarquera, sur la ligne de l'ancienne C. I. D. N. A., c'est-à-dire sur la ligne d'Orient, le rapprochement des feux au néon disposés tout le long du parcours. Ce système est aujourd'hui abandonné. On ne multiplie plus les petits feux. On a tendance à augmenter le nombre des phares. Les progrès réalisés dans la navigation scientifique, la présence à bord, en particulier, d'appareils de T. S. F., l'amélioration des communications radiotélégraphiques remplacent avantageusement l'ancienne navigation à vue.

En principe, on installe cette catégorie de phares à mi-distance entre les phares de repérage dont nous avons parlé plus haut et, *s'il est possible*, sur un terrain permettant un atterrissage de fortune. Mais, en règle générale, le phare au néon ne signale qu'une zone atterrissable.

L'atterrissage de nuit

Comme il est aisé de le comprendre, le balisage du terrain de nuit est aussi complexe que l'entrée dans un goulet ou dans un port.

Pour délimiter l'aérodrome, on emploie, selon la catégorie des terrains, des feux rouges à pétrole, simples lampes réparties sur le pourtour de l'aérodrome et protégées contre les intempéries, des feux à acétylène, munis ou non d'un dispositif clignotant, enfin, des lampes électriques rouges et blanches. Ces derniers feux sont constitués par des lampes de 25 à 50 bougies.

Les obstacles seront également signalés de nuit à l'aviateur par des lampes de balisage étanches à globe rouge. Les abris à essence, à artifices, les projecteurs éteints, les pignons ou les parties les plus élevées des bâtiments seront signalés de la sorte.

Les pylônes de T. S. F. jouissent d'un balisage spécial. Dix lampes de 25 bougies sont réparties sur la hauteur du pylône.

Enfin, les mâts de T. S. F. sont signalés de nuit aux aviateurs par trois lampes de 25 à 50 bougies à douille étanche, placées sur les doubles cônes.

Quand le pilote a ainsi repéré le terrain, reconnu les obstacles, un T lumineux, le même que celui employé de jour, lui donne la direction du vent. A défaut de T, celle-ci lui est indiquée par trois feux blancs disposés dans la zone réservée à l'atterrissage. Les trois feux forment un triangle isocèle. L'emplacement des feux est tel que le pilote, en se dirigeant du milieu de la base vers le sommet opposé, a le vent contre lui.

La zone atterrissable de l'aérodrome est, d'ailleurs, éclairée par des projecteurs, toujours, bien entendu, s'il s'agit d'un aéroport principal ou d'un terrain secondaire.

Deux types de projecteurs sont utilisés, en France, à cet effet :

1° Les projecteurs Barbier-Bénard, constitués par une optique demi-cylindrique en verre répartissant, suivant un demi-cercle, la lumière d'une lampe de 2.000 bougies placée en son foyer. Ces projecteurs, que l'on peut regarder sans risque d'éblouissement, sont groupés par quatre sur un manchon horizontal mobile autour d'une tige axiale et d'un

axe vertical. L'ensemble est placé au sommet d'une remorque qui contient le tableau de distribution et les appareils commandant l'orientation du faisceau. L'avion qui utilise ce dispositif atterrit parallèlement à la rampe en laissant les projecteurs sur le côté ;

2° Un deuxième type de projecteurs est utilisé en France. Il s'agit du Barbier-Bénard grand modèle. Un seul appareil, muni d'une lampe de 8.000 à 20.000 bougies, éclaire la zone atterrissable aussi bien qu'une rampe analogue à celle décrite plus haut.

Les lampes employées sont des lampes à deux filaments alimentées, en général, sur deux ponts différents d'une distribution polyphasée. L'emploi de telles lampes diminue considérablement le risque d'extinction subite au cours d'un atterrissage.

Le pilote qui utilise ce projecteur doit, pour atterrir, se diriger perpendiculairement à l'axe du faisceau lumineux, en laissant le ou les projecteurs, soit à sa droite, soit à sa gauche.

Enfin, il existe, sur tous les aérodromes, tout un lot de fusées de signalisation, à baguette et à parachute.

La hauteur atteinte par ces fusées est de 250 à 300 mètres.

Sur les grands aéroports : Le Bourget, Croydon, Tempelhof, Littorio, où l'usage des fusées est devenu excessif, il a été installé une croix grecque formée de lampes rouges et vertes.

Dans la troisième enceinte

C'est proprement l'enceinte scientifique, celle que l'usager de la locomotion aérienne ne connaît pas, mais dont les services veillent sur sa sécurité du commencement de son voyage jusqu'à la fin.

Cette enceinte est vaste. Elle déborde le cadre même du terrain. En effet, toutes les installations scientifiques n'ont pas été réunies sur l'aérodrome. La plus simple d'entre elles se trouve, au Bourget, près du bâtiment du commandement : c'est un petit local dans lequel sont réunies, d'une part, toutes les commandes des balises. Par un jeu de boutons fort bien agencé, un seul homme allume ou éteint à volonté les balises nocturnes ; le T s'allume, les phares ; l'énergie propre à la marche est fournie soit par le secteur électrique, soit par un moteur de secours. Tout près de ce véritable poste de commandement, est placé le bureau de centralisation des renseignements météorologiques. C'est là qu'aboutissent les observations, les bulletins fournis par l'ensemble des régions françaises à l'Office National Météo-

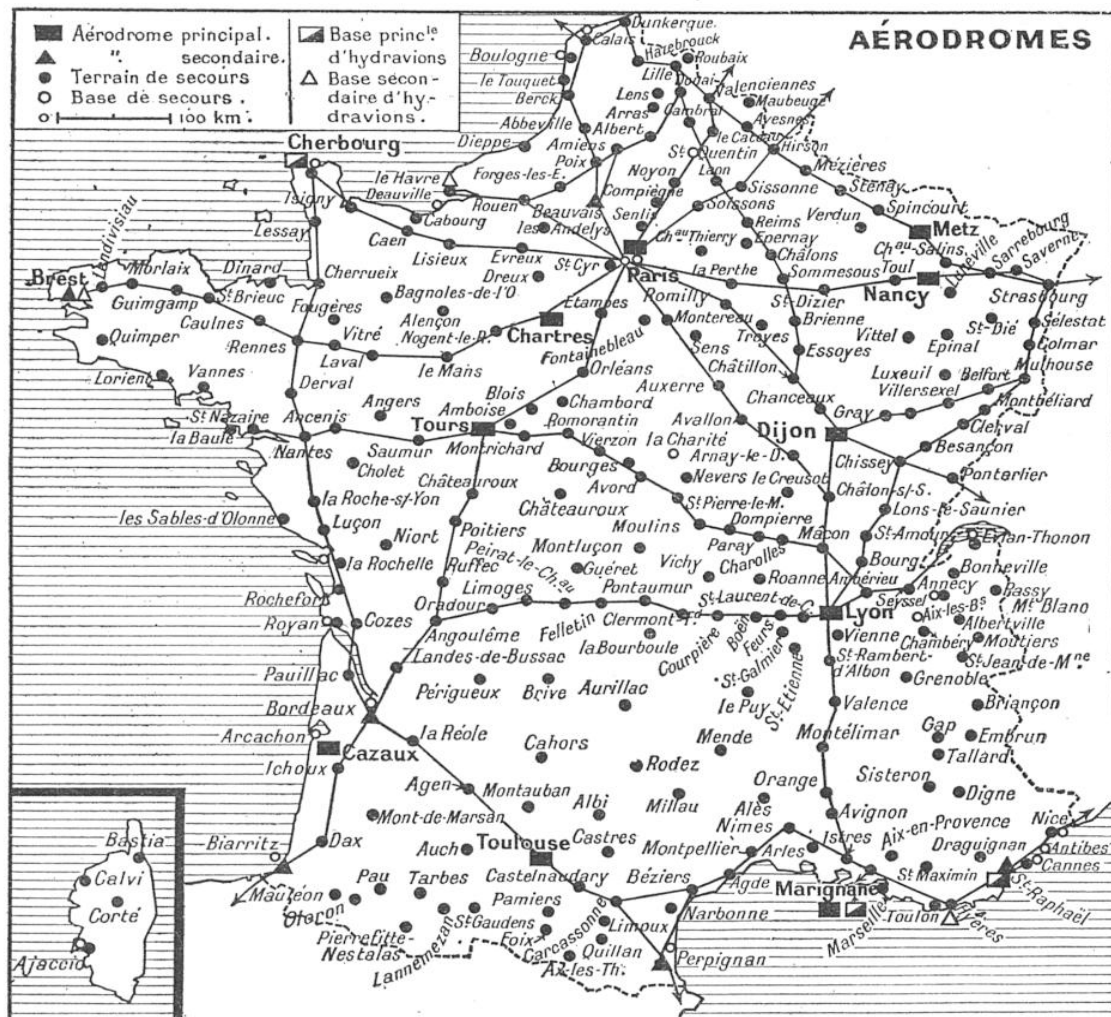


FIG. 6. — CARTE MONTRANT LA TOTALITÉ DES GRANDS AÉROPORTS ET AÉRODROMES FRANÇAIS (POUR AVIONS ET HYDRAVIONS) ET LA PRESQUE TOTALITÉ DES AÉRODROMES DE SECOURS

rologique, qui les retransmet à son tour par téléphone au Bourget et aux divers aérodromes (1).

Puis loin, près des hangars, se trouve le poste des transmissions.

Réseau des transmissions

L'aéroport moderne comporte tout un système serré de transmissions dont la qualité est l'un des éléments essentiels de la réussite aérienne.

Ce réseau de transmissions répond à trois buts principaux :

- 1° Etablir une liaison entre les aérodromes, c'est le réseau terrestre et téléphonique ;
- 2° Etablir une liaison entre la terre et les

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 136, page 299.

aéronefs en vol, c'est le réseau radioaérien ;

3° Transmettre les renseignements météorologiques, c'est le réseau radiométéorologique.

Sur le premier se transmettent les avis des départs, des arrivées, en un mot l'échange des messages nécessaires à l'exploitation normale des lignes aériennes et à leur sécurité.

Par le deuxième, on avertit le pilote du temps, des grains, des orages qui peuvent lui faire modifier sa route ; on lui passe les relèvements radiogoniométriques lui permettant de naviguer avec sécurité lorsque les conditions météorologiques réduisent la visibilité ou interdisent la vue du sol.

Le troisième réseau, radiométéorologique, est destiné à assurer la centralisation de

certain points déterminés des renseignements météorologiques intéressant les routes aériennes, puis d'assurer la diffusion *rapide et à longue distance*, de ces renseignements indispensables.

Le réseau radioélectrique

Pour réaliser les postes du réseau radioélectrique français, on a utilisé trois grandes catégories d'appareils :

1^o Des postes de 2 kilowatts avec antenne. Leur portée — 1.500 kilomètres — est assurée de tout temps et en tous lieux ;

2^o Des postes de 500 watts, avec antenne dont la portée est de 800 kilomètres ;

3^o Des postes de 250 watts avec antenne dont la portée est de 400 kilomètres.

Ces postes, qui doivent répondre aux exigences d'un trafic intense et dont toute défaillance peut être cause d'un accident grave sont équipés de façon à parer à toute éventualité. Tous sont doublés d'un ensemble de secours qui peut se substituer immédiatement au poste principal.

Comme on l'imagine, la réalisation de ces postes exige une installation importante ; celle-ci comporte une salle où se trouvent les émetteurs, une table de réception, un tableau de marche ; une autre salle comprend les machines proprement dites, groupe électrogène de semi-courant, groupe de secours ; une troisième salle est occupée par les accumulateurs ; enfin, l'installation comprend un magasin pour les pièces de rechange, les accessoires et, à l'extérieur, une antenne. Celle-ci, pour les postes de 2 kilowatts, est montée sur quatre pylônes métalliques de 50 mètres de hauteur ou sur deux pylônes de 75 mètres.

Ces pylônes — on le devine — constituent des obstacles. C'est pourquoi le plus souvent — c'est le cas du Bourget — l'ensemble de l'installation radioélectrique a été placé à plusieurs kilomètres du terrain lui-même. Cet éloignement est d'ailleurs désirable pour une autre raison. L'émission d'un poste puissant empêche une bonne réception.

La dépense générale d'installation d'un poste radio tel que nous venons de le décrire, est estimé à 500.000 francs au minimum.

Enfin, il faut rappeler, pour Le Bourget, l'installation de guidage hertzien (1).

Si l'on observe une carte de la France, on s'aperçoit qu'aéronautiquement parlant, notre pays, en raison beaucoup, d'ailleurs, de son harmonieuse configuration, est petit. Il n'est pas hasardeux de dire que, dans un

avenir très prochain, on traversera la France de bout en bout en trois heures. Déjà de Paris-Bourget à Marignane-Marseille, escale de dix minutes à Lyon, la Compagnie Air-Union transporte régulièrement les voyageurs en trois heures trente.

En raison de cette exigüité relative de notre territoire, Paris et Marseille apparaissent comme les deux grands ports aériens indispensables.

Il faut signaler, parmi les projets d'aéroports français les plus modernes, celui de Chambéry, dont on a récemment posé la première pierre. Chambéry aura ceci d'original et de particulièrement intéressant que la présence d'un plan d'eau idéal (le lac du Bourget) permettra aux hydravions, aussi bien qu'aux avions, de se poser près de cette ville. Jusqu'ici, en France, seul, Marignane offre semblables facilités. On sait, d'autre part, qu'à Alger on veut, afin de combiner les avantages de l'aérodrome et du bassin pour hydravions, creuser un véritable lac artificiel.

Dans nos colonies, quelques noms seuls se détachent, bien dégagés de tous les autres. C'est Alger et Tunis, clés de nos communications trans méditerranéennes. C'est Dakar, ensuite, le terminus tout indiqué des traversées transatlantiques-sud. Enfin, en Extrême-Orient, Saïgon apparaît comme l'un des futurs grands ports aériens.

Tous les pays, par un abus des mots qui ne se remarque pas seulement, d'ailleurs, dans le domaine de l'aéronautique, comparent volontiers leur territoire à une plaque tournante. Un pays est toujours, si l'on tombe dans cette vanité facile, la plaque tournante de quelque chose. Pourquoi n'avouerions-nous pas qu'à notre avis, la France n'est pas, en matière de communications aériennes, une plaque tournante ? Elle est un terminus naturel des relations transatlantiques, aussi bien vers le sud que vers le nord, et elle est la tête de ligne de nos relations intercoloniales.

Par sa configuration, sa position géographique, la France est beaucoup plus comparable à la Grande-Bretagne qu'à l'Allemagne, par exemple. En raison de sa position éminemment centrale, l'Allemagne, elle, peut constituer une plaque tournante. Le destin aéronautique de la France nous paraît autre : communications intercoloniales, communications transatlantiques doivent constituer les deux objectifs essentiels de sa politique aéronautique et doivent influencer sur l'établissement immédiat de son infrastructure.

J. LE BOUCHER.

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

LES NOUVEAUX PROCÉDÉS DE PRODUCTION ET DE MESURE DES TRÈS BASSES TEMPÉRATURES

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Nous avons exposé récemment (1) les progrès réalisés dans la conquête des hautes températures. L'intérêt qui s'attache à la production des températures très basses n'est pas moindre, du point de vue scientifique comme dans le domaine industriel, que ce soit dans la recherche de la constitution de la matière (2) ou dans la fabrication de l'air liquide (3) et dans tant d'autres applications. C'est au laboratoire cryogène de l'Institut du froid de Leyde déjà décrit ici (4), à la suite du voyage d'étude de notre collaborateur en Hollande, que se poursuivent les expériences les plus curieuses à ce sujet. Le professeur de Haas, co-directeur de cet Institut, vient, en effet, d'y réaliser tout récemment les températures les plus froides jusqu'ici inatteintes : à cinq centièmes de degré seulement du zéro absolu ! Le professeur Houllévigue expose ici les nouveaux et si ingénieux procédés — basés sur des effets magnétiques — qui ont été utilisés pour arriver à ce but et nous montre comment de telles températures ont pu être mesurées par les savants, qui ont su enrichir de leurs découvertes l'un des chapitres les moins bien explorés de la physique moderne.

Le zéro absolu

La température présente cette originalité qu'alors qu'elle s'étend indéfiniment vers le haut, elle s'arrête brusquement vers le bas ; elle n'est indéfinie que dans un seul sens. On sait, en effet, que sa limite inférieure, le zéro absolu, ou pôle du froid, a été fixée à 273 degrés (exactement 273°,09) au-dessous de la température de la glace fondante. Semblablement, lorsqu'on s'écarte du sol suivant la verticale, on peut s'élever indéfiniment, tandis qu'on ne peut pas s'enfoncer plus avant que le centre de la Terre.

Il y a là une sorte de paradoxe qui tient non à la nature des choses, mais à la convention adoptée pour définir et mesurer les températures. Cette définition est fondée sur les variations de pression d'un corps idéal, le gaz parfait, dont les gaz réels peu liquéfiables, l'azote, l'hydrogène, l'hélium, s'approchent beaucoup lorsque leur pression est faible.

Supposons, pour fixer les idées, qu'un gaz parfait (5) (pratiquement, un des trois gaz

cités ci-dessus, sous pression réduite) soit enfermé dans un récipient *R*, imperméable et de volume constant, relié à un manomètre *M* (fig. 1). Plongé dans la glace fondante, il possède une pression que je prends pour unité ; si l'enceinte *E*, où il est placé, s'échauffe, la pression s'élève ; elle s'abaisse si *E* se refroidit ; en tout cas, sa valeur, multipliée par 273,09, mesure la température absolue, qu'on désigne, en l'honneur de lord Kelvin, par la lettre *K*, en conservant *C* pour représenter l'échelle centésimale ordinaire. Ainsi, 0°K, le zéro de température absolue, correspond au cas idéal et pratiquement irréalisable où la pression de ce gaz serait rigoureusement nulle, et l'échelle thermométrique ainsi définie est identique à l'échelle centésimale légale, augmentée de 273,09 : donc, à 100° C, température centésimale de l'eau bouillante sous la pression normale, correspond, dans l'échelle absolue, 273,09 + 100, et de même pour toutes les autres températures.

D'après cette définition, il est évident que la pression ne pouvant jamais devenir négative, la température absolue, qui lui est proportionnelle, ne saurait descendre au-dessous de zéro ; mais il en résulte aussi que tous les degrés de cette échelle sont loin d'être équivalents : pour refroidir un gaz de 1 degré à partir de la glace fondante, il faut diminuer sa pression de 1/273° de sa valeur ; mais si le gaz est à —100° C, le même abaissement de température fera diminuer sa pression de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 201, page 193.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 117.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 6, page 390.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 180, page 439.

(5) Jusqu'à —220° C, le thermomètre à hydrogène est en retard, par rapport au gaz parfait, de 0°,08 ; le thermomètre à hélium, au contraire, avance de 0°,006, mais à —252°, cette avance s'est transformée en un retard de 0°,02. En tout cas, on sait toujours, par l'étude des gaz réels, ce qu'il convient d'ajouter ou de retrancher à leurs indications, pour en déduire celles qu'aurait données un gaz parfait.

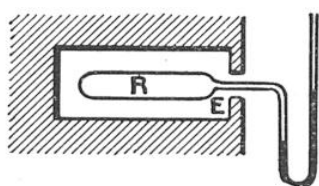


FIG. 1. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN THERMOMÈTRE À GAZ

La température de l'enceinte E est mesurée par la

pression qui règne dans le récipient R, contenant un gaz parfait, pression que l'on lit sur le manomètre M.

$1/173^{\circ}$ de sa valeur actuelle ; s'il est à -200° C, la pression devra diminuer de $1/73^{\circ}$ et à 250° C, de $1/23^{\circ}$ de sa valeur ; ceci nous explique pourquoi la conquête des basses températures devient de plus en plus difficile à mesure qu'on cherche à la pousser plus avant ; gagner 10 degrés, au voisinage de la température ambiante, est une opération très simple ; passer de -100° à -110° C, c'est déjà beaucoup moins facile et la difficulté s'accroît à mesure qu'on tend vers le pôle du froid.

Pourtant, d'immenses progrès ont été réalisés ; en rappeler la suite serait refaire l'histoire scientifique d'un long siècle ; mais on peut les distribuer en trois périodes : dans la première, on a demandé le froid à la fusion des solides, c'est-à-dire aux mélanges réfrigérants, ce qui a permis d'atteindre -20° C. La seconde période, beaucoup plus fructueuse, a mis en jeu, pour produire le froid, un autre changement d'état, la vaporisation des liquides et, subsidiairement, la détente des gaz ; par ces procédés, progressivement perfectionnés, on a pu s'approcher à moins de 1 degré du zéro absolu ; enfin, une méthode entièrement nouvelle et reposant sur un phénomène magnétique, a permis, depuis quelques mois, de se rapprocher encore de la limite théorique. Laissant de côté l'emploi des mélanges réfrigérants, qui ne présente plus qu'un intérêt historique, nous nous occuperons uniquement des deux derniers procédés.

Le cycle frigorifique

On désigne sous le nom de cycle frigorifique la série, indéfiniment renouvelée, des transformations que subit un gaz liquéfiable : enfermé, à l'état liquide, dans l'évaporateur E (fig. 3), il s'évapore par l'aspiration d'une pompe M, qui le refoule et le comprime dans le liquéfacteur L, où il retourne à l'état liquide pour être ensuite ramené à l'évaporateur, où il subit une nouvelle gazéification, et ainsi de suite indéfiniment. On voit que l'effet de cette opération est de maintenir une certaine différence de température entre l'évaporateur et le liquéfacteur ; si on désigne par p la pression qui règne en E et P celle qui

existe en L, la courbe de tension de vapeur AS (fig. 5) définit immédiatement les températures C et T ; si le liquéfacteur est maintenu par une circulation d'eau à la température ambiante, l'évaporateur sera donc à une température d'autant plus basse que le vide sera plus poussé au-dessus du liquide ; notons toutefois qu'on ne saurait descendre au-dessous du point S où le liquide se congèle, ce qui limite nécessairement le froid qu'on peut obtenir avec un gaz frigorigène donné.

Lorsqu'on pratique cette opération avec des gaz aisément liquéfiables, comme l'ammoniaque, le gaz sulfureux, l'anhydride carbonique, on réalise une réfrigération modérée qui est utilisée dans les frigorifiques industriels ; la température maintenue dans l'enceinte froide F de l'évaporateur descend rarement au-dessous de -10° C, ce qui suffit amplement dans la plupart des cas, c'est-à-dire lorsqu'on utilise le froid pour conserver les aliments ou les denrées altérables ; on sait quelle extension a prise cette industrie et avec quelle souplesse elle se plie aux conditions très variées qui lui sont imposées.

J'ai dit que l'emploi d'un seul frigorigène imposait une limite infranchissable au refroidissement qu'on peut obtenir ; mais on peut se tirer d'affaire, et pousser plus avant, en associant plusieurs cycles frigorifiques en cascade, fonctionnant avec des gaz de moins en moins liquéfiables, l'enceinte froide du premier servant d'enceinte chaude au suivant. C'est cette méthode qui a été suivie par les artisans des basses températures, Pictet, Wroblewski et Olzewski, Dewar et, finalement, le plus illustre et, si le génie est une longue patience, le plus génial de tous, le Hollandais Kamerlingh Onnes. Cette revue a déjà consacré plusieurs articles au magnifique laboratoire cryogène établi à Leyde par ce sa-

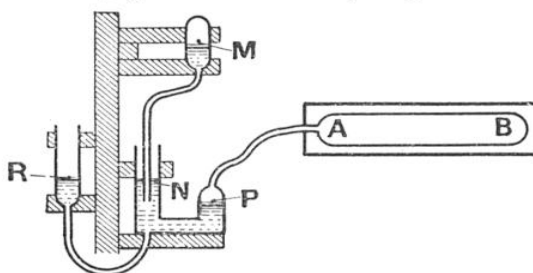


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN THERMOMÈTRE À GAZ « RÉEL »

Il comporte un réservoir AB en platine iridié communiquant avec un manomètre-baromètre MNP. Un réservoir auxiliaire R permet de ramener la hauteur de niveau dans P à un repère fixe, si bien que la pression du gaz est mesurée, comme il se doit, à volume constant.

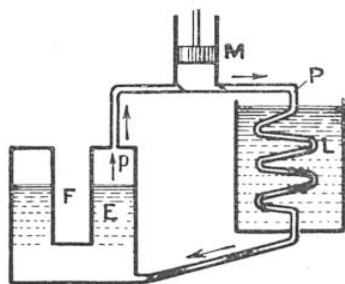


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN « CYCLE » DE LIQUÉFACTION

Les vapeurs formées dans l'évaporateur E, en échange thermique avec la chambre

froide F, sont aspirées par la pompe M, puis comprimées et liquéfiées dans le liquéfacteur L, d'où elles retournent à l'évaporateur.

vant (1) ; je n'y reviendrai que pour rappeler les cycles successifs qui y fonctionnent en cascade. Une machine à air liquide permet de réaliser une première enceinte froide où la température varie, suivant la pression, entre -182° et -217° C. Cet abaissement de température permet, combiné avec la détente, de liquéfier l'hydrogène, dont l'évaporation réalise des températures comprises entre -253° et -259° C. Enfin, un dernier cycle est formé avec l'hélium qui peut être liquéfié à son tour et dont l'évaporation permet de pousser plus loin encore l'abaissement de température ; Kamerlingh Onnes avait atteint, par ce moyen, $-271^{\circ},5$ C, soit $1^{\circ},5$ K, mais un de ses successeurs, M. Keesom, a pu pousser plus loin encore : une évaporation rapide, dans un vide très poussé, a permis de descendre jusqu'à $0^{\circ},71$ K.

Grâce à ces résultats, le laboratoire de Leyde est devenu un lieu de pèlerinage pour les physiciens, comme La Mecque pour les musulmans ; c'est là qu'ils viennent tous apporter, avec l'offrande de leur reconnaissance, de nouveaux problèmes à résoudre qui se rapportent aux propriétés de la matière brute, organisée ou même vivante, aux très basses températures ; les résultats acquis ont profondément modifié les idées, un peu simplistes, qu'on se

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 181, page 439.

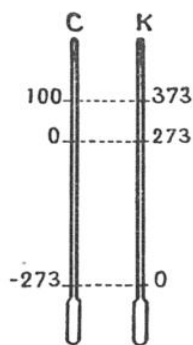


FIG. 4. — SCHÉMA MONTRANT LA CORRESPONDANCE DES ÉCHELLES CENTÉSIMALE (C) ET KELVIN (K)

Les « degrés » ont même valeur. Seuls, varient les points de départ des deux graduations.

formait sur l'état des corps au voisinage du zéro absolu ; je n'insisterai pas sur ce point qui a été traité, avec tous les développements voulus, dans le remarquable article, cité plus haut, de M. Labadié ; mais il me reste à montrer que le « miracle de Leyde » se poursuit et que de nouveaux progrès ont été réalisés dernièrement par l'emploi d'une méthode originale.

Une nouvelle méthode de refroidissement

L'hélium ayant donné tout ce qu'on pouvait en espérer, et aucun gaz moins liquéfiable n'étant connu, il faut recourir à un autre procédé pour pousser plus avant vers le pôle du froid ; M. de Haas, qui partage avec M. Keesom la direction du laboratoire cryogène, en a trouvé le principe dans un curieux phénomène, découvert assez récemment par MM. Pierre Weiss et Piccard et qui a reçu

NATURE DE L'ÉCHANTILLON	POIDS	TEMPÉRATURE ATTEINTE
	Milligrammes	
Fluorure de cérium.....	505	$0^{\circ},13$ K
Ethylsulfate de didyme...	68,2	$0^{\circ},12$ K
Ethylsulfate de cérium. ..	183	$0^{\circ},08$ K
Alun de potassium et de chrome.....	336,7	$0^{\circ},05$ K (1)

(1) $0^{\circ},05 = -273^{\circ},04$ C.

TABEAU DONNANT LES TEMPÉRATURES ATTEINTES SUIVANT LES ÉCHANTILLONS TRAITÉS A LEYDE

le nom d'*effet magnétocalorique* ; il consiste en ceci que l'aimantation d'un corps magnétique s'accompagne d'un dégagement de chaleur, tandis qu'inversement sa désaimantation produit une absorption de chaleur, c'est-à-dire un abaissement de température ; M. Langevin a d'ailleurs donné une explication théorique de ce phénomène et montré les conditions dans lesquelles il présente le plus d'intensité ; on avait donc des raisons de penser qu'il est particulièrement prononcé aux très basses températures pour les corps que les physiciens nomment *paramagnétiques* et dont l'aimantation est faible à la température ordinaire.

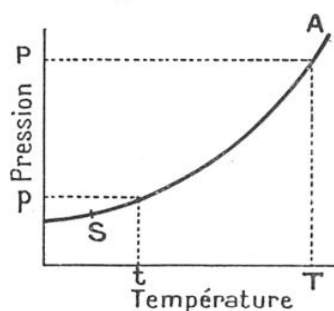
Voici, dès lors, comment l'expérience fut réalisée par M. de Haas : l'échantillon A (fig. 6), mis en expérience, est enfermé dans un tube de verre, suspendu lui-même, par une tige en silice S, au fléau F d'une balance très sensible, équilibrée, à l'autre extrémité, par l'attraction qui s'exerce entre deux bobines B¹ B² parcourues par un courant

électrique dont on peut régler l'intensité (on notera, en passant, la commodité de cette méthode de pesée qui dispense de manipuler des poids). L'échantillon *A* est refroidi par une enceinte contenant de l'hélium liquide, qu'on vaporise sous pression réduite, cet hélium étant lui-même protégé par une enveloppe d'hydrogène liquéfié. Dans ces conditions, le corps *A* arrive à une température très basse que M. de Haas évalue à $1^{\circ},35$ K. D'autre part, *A* est placé dans le voisinage des pièces polaires *NR* d'un gros électroaimant; il est ainsi soumis à un champ magnétique qui, dans un certain nombre d'expériences, atteignait 27.600 gauss; il est, par suite, fortement aimanté.

Les choses étant à ce point et l'équilibre de température étant établi, on amène brusquement le champ magnétique à une valeur très faible (par exemple, dans plusieurs expériences, à 850 gauss); l'échantillon se désaimante brusquement, et, en vertu de l'effet magnétocalorique, il doit se refroidir au-dessous de la température initiale, $1^{\circ},35$ K.

Il s'agit maintenant de savoir de combien il s'est refroidi; c'est là une opération difficile et même un peu aléatoire, car il faut renoncer à se servir du thermomètre à gaz, qui a cessé de fonctionner à de telles températures. Voici donc comment M. de Haas s'est tiré d'affaire: on mesure l'attraction exercée sur l'échantillon *A* par le champ résiduel de l'électroaimant; les lois du magnétisme nous enseignent que cette attraction varie en sens inverse de la température absolue; par suite, elle est d'autant plus grande que l'échantillon se sera refroidi davantage; la balance permettra donc de savoir jusqu'où la température s'est abaissée par l'effet magnétocalorique. Le tableau page 282 résume les résultats obtenus.

Ces résultats, le dernier surtout, montrent l'efficacité du nouveau procédé pour atteindre des températures extraordinairement basses,



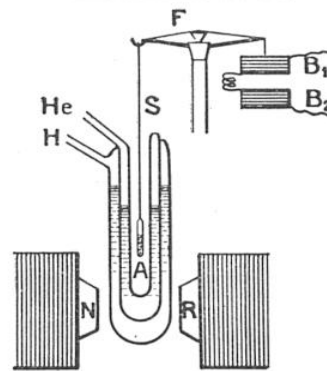
et ils ouvrent à la recherche scientifique un domaine qui, il y a un an encore, lui sem-

FIG. 5. — COURBE DES TENSIONS DE VAPEURS SATURANTES

Cette courbe donne les températures *t* et *T*, respectivement atteintes dans l'évaporateur et dans le liquéfacteur (fig. 3), en fonction des pressions *p* et *P* qui règnent dans ces appareils.

FIG. 6. — SCHÉMA DE L'EXPÉRIENCE DE M. DE HAAS, QUI A PERMIS DE RÉALISER LES TEMPÉRATURES LES PLUS BASSES JUSQU'À PRÉSENT ATTEINTES

L'échantillon *A* est refroidi dans une double enceinte à hydrogène et à hélium liquides, entre les deux pôles *NR* d'un électroaimant créant un champ magnétique intense. En ramenant brusquement ce champ à une valeur très faible, l'échantillon *A* se désaimante et se refroidit alors par effet magnétocalorique.



blait interdit. Pourtant, il ne faudrait pas en surestimer l'importance; s'ils permettent d'atteindre, momentanément, des températures très voisines du zéro absolu, ils sont encore impuissants à les maintenir, ce qui est la condition nécessaire à des observations suivies; de même, l'aviateur qui a pu survoler le pôle ne peut prétendre aux mêmes résultats que l'explorateur qui y a séjourné. Mais on sait, dorénavant, qu'aucun veto absolu ne s'oppose à la réalisation de ces températures extrêmes, et c'est un résultat de la plus haute importance.

Un laboratoire cryogène à Paris

Si nombreuses sont les applications, industrielles et scientifiques, des basses températures que notre *Office National des Recherches et Inventions* a décidé d'installer un laboratoire approprié à ces recherches. Déjà, un décret du 16 juillet 1931 avait institué un comité technique du froid composé de savants, de délégués de l'administration et de représentants des industries intéressées; mais que peut un comité sans laboratoire, sinon palabrer? Heureusement, la loi sur l'outillage national, votée à la fin de 1931, mettait à sa disposition une somme de 3 millions de francs, dont les gravures jointes à cet article montrent l'utilisation commencée.

Ce nouveau laboratoire cryogène sera installé dans un bâtiment, actuellement en construction, de deux étages, couvrant chacun 720 mètres carrés, dans lequel on a prévu tout ce qui est nécessaire aux opérations techniques et scientifiques; à cet effet, on trouvera, au rez-de-chaussée, outre les machines génératrices du froid, des plates-formes d'essai pour les réfrigérateurs de toutes puissances jusqu'à 500.000 frigories

et avec chambre d'épreuve pour les expériences sur les wagons et autres véhicules de transport des denrées périssables. Au premier étage seront installées des chambres, pour expériences de laboratoire, refroidies suivant une gamme de températures décroissantes, respectivement à 5, 10, 15, 20, 40 et 50 degrés au-dessous de zéro ; enfin, un toit-terrasse supportera des condenseurs à ruissellement et d'autres appareils spéciaux.

lement en permettant des recherches nouvelles dans le domaine de la physique pure. Certes, il ne s'agit pas, pour l'instant, de faire concurrence à l'incomparable Institut cryogène de Leyde ; plus modestement, on se contentera de pousser jusqu'à la liquéfaction de l'hydrogène, c'est-à-dire qu'on n'ira pas plus loin que 15 degrés Kelvin ; il n'est pas moins vrai que ce laboratoire rendra des services inappréciables aux savants français,

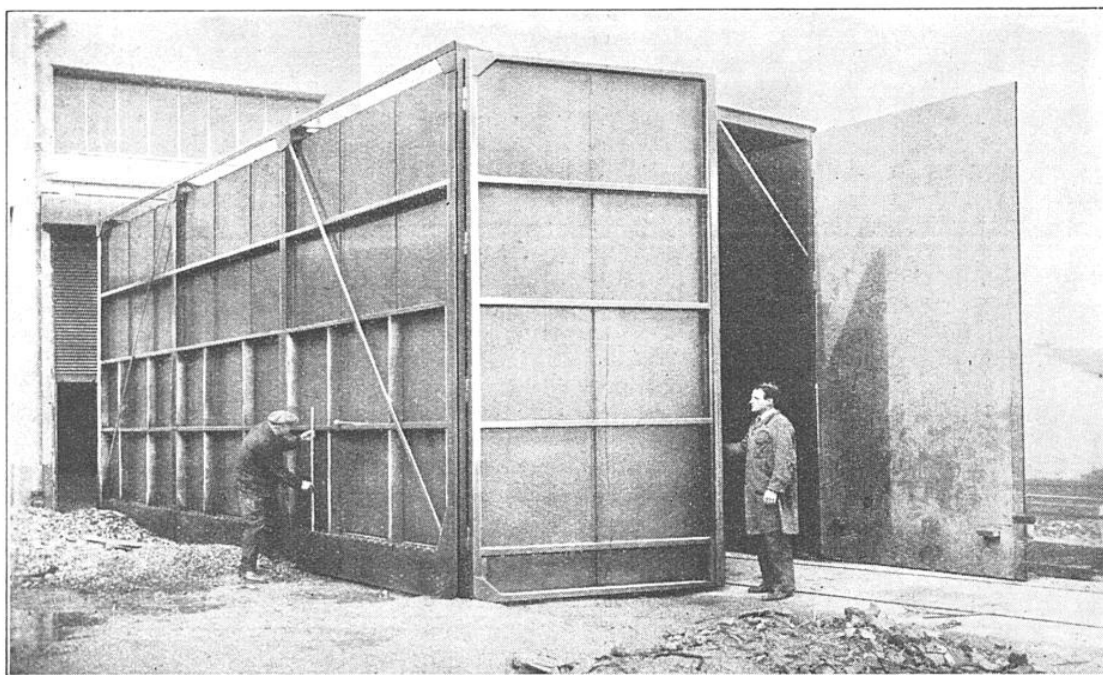


FIG. 7. — VOICI UNE CHAMBRE D'ESSAIS POUR WAGONS FRIGORIFIQUES, EN COURS D'INSTALLATION, AU LABORATOIRE CRYOGÈNE DE L'OFFICE NATIONAL DES RECHERCHES SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELLES ET DES INVENTIONS, A BELLEVUE (SEINE-ET-OISE)

Cet appareillage, spécialement adapté aux recherches industrielles, sera complété par un laboratoire de très basses températures, édifié dans le bâtiment central de l'Office, à proximité du grand électroaimant de l'Académie des Sciences, qu'il complètera uti-

chimistes, physiciens ou biologistes ; il est fort heureux que cette entreprise ait été amorcée avant la grande pénitence que la détresse budgétaire va imposer à nos laboratoires.

L. HOULLEVIGUE.

Le jour où le moteur Diesel, à combustible liquide ininflammable dans les conditions ordinaires, sera appliqué sur nos transports aériens, bien des pertes de vies humaines seront évitées.

En France, comme en Allemagne, en Italie et aux Etats-Unis, le problème est toujours à l'étude.

LE MOTEUR DIESEL A DÉJÀ CONQUIS LA TRACTION ROUTIÈRE. S'IMPOSERA-T-IL AUSSI POUR LA TRACTION FERROVIAIRE ?

Par Maxime du ROURET

Nous avons déjà exposé (1) les avantages comparés de la vapeur et de l'électricité pour la traction ferroviaire. Mais ce ne sont pas là les seuls modes de propulsion utilisables : depuis longtemps déjà, on avait songé à employer le moteur Diesel. Toutefois, ce n'est guère que depuis quelques mois qu'il est entré dans la pratique. Le problème se présente, d'ailleurs, sous différents aspects : dans le domaine de l'autorail léger (2), il n'est pas douteux que le moteur Diesel à huile lourde constitue une solution d'avenir et soit appelé à remplacer le moteur à explosions à essence trop dangereux (incendie). Dans le domaine de la locomotive, remorquant un train plus ou moins lourd, la question est beaucoup plus controversée. Le « Diesel » présente l'avantage, sur la machine à vapeur, de pouvoir fonctionner sans arrêt sur de longs parcours. Par contre, à puissance égale, il est sensiblement plus lourd si l'on incorpore dans son poids, comme cela est logique, celui des organes de transmission, généralement électriques, indispensables à son application à la traction. Il sera surtout apprécié aux colonies, où son emploi s'impose, dans les régions relativement dépourvues d'eau telles que l'Afrique du Nord par exemple (3). Il ne faut pas, en effet, confondre locomotive et autorail, ainsi que l'auteur l'expose dans l'étude ci-dessous.

LES nouveautés sensationnelles se succèdent dans la traction ferroviaire. Après le pneurail de Michelin et le pneucier de « de Dietrich » et de la « Lorraine », c'était la *Pauline* et les autorails légers, et, maintenant, voici le moteur Diesel à transmission électrique qui apparaît en même temps sur la locomotive et sur l'autorail.

En effet, des locomotives Diesel (4) à transmission électrique commencent à circuler sur les Chemins de fer de Ceinture de Paris et sur le réseau du P.-L.-M. Une de ces locomotives vient même d'effectuer d'une seule traite l'énorme randonnée de 860 kilomètres entre Paris et Marseille, et cela à la vitesse moyenne de 100 kilomètres à l'heure. Une autre a fait ses preuves d'adaptation pratique à la traction en assurant pendant près de cinq mois, dans la région de Lyon, un service de voyageurs avec une parfaite régularité, toujours disponible pour une marche sans incident.

En outre, d'ici peu, un autre essai aussi sensationnel se produira : celui d'une grande autorail articulée, également Diesel électrique, du genre de celle en service entre Berlin et Hambourg, pouvant transporter une centaine de voyageurs à une vitesse de 120 kilomètres à l'heure, mais sur un parcours quatre fois moindre, celui de 200 kilomètres entre Paris et Lille, par exemple.

Une question se pose alors : puisque le moteur Diesel à transmission électrique apparaît en même temps sous la forme « locomotive » et sous la forme « autorail », y aura-t-il concurrence entre ces deux formes ? Sous la première forme, est-ce, après la locomotive électrique, un nouveau rival de la locomotive à vapeur qui se lève ?

Le problème du transport n'est en somme qu'un problème d'inertie

C'est par la légèreté et la puissance que doit s'imposer l'autorail (1). L'idée initiale de ce nouvel engin, c'est, en effet, sur une ligne déficitaire aux gares trop rapprochées, de remplacer le train classique, trop lourd,

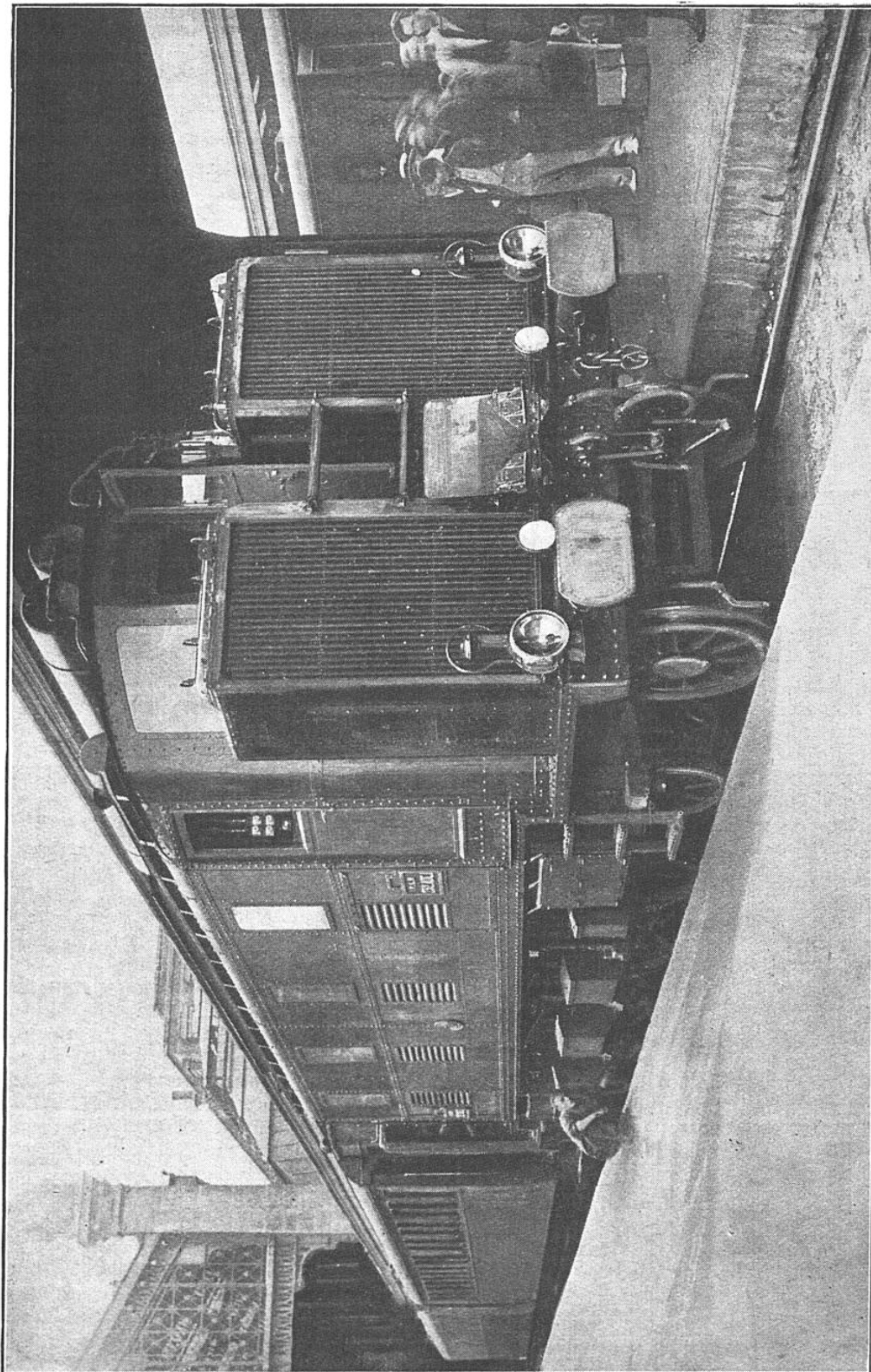
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 195, page 179.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 177 et 182.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 195, page 179.

(3) Voir page 219 de ce numéro.

(4) Toutes ces locomotives sont fabriquées par l'industrie française : Compagnie des Forges et Aciéries de la Marine et d'Homécourt, Compagnie Electro-Mécanique et Société Alsthom. Les moteurs sont fournis par la Compagnie de Construction Mécanique, procédés Sulzer, et par la Société M. A. N.



CETTE NOUVELLE LOCOMOTIVE DIESEL ÉLECTRIQUE P.-L.-M., POUR TRAINS RAPIDES, A EFFECTUÉ RÉCEMMENT D'UNE SEULE TRAITE, EN NEUF HEURES ET SANS RAVITAILLEMENT, LE TRAJET PARIS-MARSEILLE EN REMORQUANT UN TRAIN DE 90 TONNES

Poids total : 100 tonnes sur sept essieux. Poids adhérent sur trois essieux moteurs : 54 tonnes. Puissance : 920 ch. Capacité d'approvisionnement : 2.200 litres de gas oil. Poids d'eau de réfrigération du moteur : 1.350 kilogrammes. Huile de graissage : 650 kilogrammes. Sable : 450 kilogrammes. Outillage : 350 kilogrammes.

par un véhicule plus léger, donc plus apte aux fréquents arrêts et rapides démarrages.

Suivant la formule saisissante de M. Dautry, directeur général des Chemins de fer de l'Etat, dans une retentissante conférence à l'Université de Zurich, en mars 1932, il faut prohiber le train de marchandises de détail, c'est-à-dire le camion à vapeur de 500 tonnes, ainsi que le train de voyageurs de petites gares, c'est-à-dire l'autobus de 300 tonnes entre deux villages voisins.

Pour la petite distance, il faut donc du « léger », et, pour la grande, du « lourd ». N'est-ce pas là un problème de balistique ? Pour les courtes portées, le projectile léger ; mais, pour les grandes, le projectile lourd, qui, par son inertie, conserve mieux sa vitesse initiale et économise la puissance qui le propulse. Pour les petites distances, le léger se réalise en supprimant la locomotive et en concentrant en un unique véhicule la fonction de locomotion et la fonction de transport. Mais cette concentration limite la capacité de transport du combustible, dont l'approvisionnement réduit d'autant l'emplacement nécessaire à la charge utile. Si les distances à parcourir restent courtes, cet inconvénient reste minime. Mais s'il s'agit de parcourir de très longs parcours sans arrêt ni possibilité de ravitaillement, il faut revenir à la locomotive, c'est-à-dire fractionner le véhicule en éléments spécialisés ; l'un pour la traction : c'est la locomotive proprement dite ; l'autre pour le combustible : c'est le tender ; et les autres pour la charge utile : ce sont les wagons ou les voitures à voyageurs.

Entre ces deux cas extrêmes s'intercalent certains services de banlieue, où la locomotive fusionne avec le tender sous forme de locomotive-tender.

Pour la locomotive et pour l'automotrice, le moteur Diesel s'impose au rail

Le moteur — quel qu'en soit son type — économise l'eau qui doit se transformer en vapeur, puisque le combustible brûle directement dans les cylindres. D'où une première économie de poids mort.

Le combustible est utilisé sous forme liquide, c'est-à-dire sous la forme la moins encombrante et la plus facilement logeable. D'où une nouvelle économie de poids mort.

Tant qu'il s'agit des puissances modérées des légères autorails, jusqu'à 120 ch environ, le combustible peut rester de l'essence légère (densité, 0,7 environ) et peut brûler dans les moteurs du type automobile, c'est-à-dire d'un poids moyen de 2 kilo-

grammes par cheval. D'où encore une économie de poids mort.

Mais ce combustible trop inflammable réintroduit, sur la voie ferrée, les risques d'incendie qui avaient nécessité la substitution de l'éclairage électrique à l'éclairage au gaz dans les voitures à voyageurs. En outre, pour des puissances supérieures à 150 ch, il est d'une combustion trop vive et trop brisante pour pouvoir être utilisé. C'est comme si l'on voulait brûler dans un canon la poudre vive d'un fusil.

Aussi, le rail s'intéresse-t-il de plus en plus au moteur Diesel, qui utilise un autre combustible liquide, le *gas oil*, non inflammable, de gouttelettes plus grosses et qui est, pour ainsi dire, à l'essence aux fines gouttelettes ce qu'est la poudre aux grosses lamelles des canons à la poudre aux petits fusils.

Mais le *gas oil* est plus lourd que l'essence ; sa densité est d'environ 0,85. En outre, tandis que c'est par une étincelle électrique que le moteur à explosion met « le feu aux poudres » dans la charge d'air et d'essence pulvérisée, c'est par une compression poussée jusqu'à 36 kilogrammes par centimètre carré que le moteur Diesel enflamme la charge de *gas oil* injectée dans l'air comprimé. Cette pression maximum, sextuple de celle qui se produit dans le moteur à explosion, entraîne un cylindre bien plus solide et, par suite, bien plus lourd, et comme, en outre, le moteur Diesel fonctionne sur une combustion moins vive et tourne, par suite, moins rapidement, il est beaucoup plus pesant par cheval (1), tout en étant capable, dans son ensemble, de produire plus de chevaux.

C'est ainsi que, tout en étant en continuelle évolution, le moteur Diesel des nouvelles locomotives en essai sur la Ceinture et sur le P.-L.-M. pèse encore une douzaine de kilogrammes par cheval pour 700 tours par minute. Aussi, pour pouvoir s'adapter à une autorail même lourde, comme celle de la ligne Berlin-Hambourg, un tel moteur doit-il doubler son allure de rotation jusqu'à 1.400 tours par minute, de façon à pouvoir s'alléger jusqu'à 5 kilogrammes

(1) Si le moteur Diesel ne peut pas être, par cheval, moins de 150 % plus lourd que le moteur à explosion, s'il consomme un combustible 20 % plus lourd, par contre il en consomme 20 % de moins (pas même 200 grammes par cheval-heure, au lieu de 250 environ), et pour un prix inférieur de 80 %. Les frais d'exploitation par kilomètre-train de l'autorail Diesel — déjà inférieurs d'au moins 45 à 60 % à ceux du petit train classique à vapeur — semblent être également inférieurs de 30 à 35 % à ceux de l'autorail à essence.

par cheval. Le moteur s'allège à la fois par la construction (bâti en tôles soudées, par exemple, au lieu d'acier moulé) et par l'augmentation du nombre de tours.

**Mais pour accoupler le Diesel
aux essieux moteurs,
la transmission électrique s'impose**

Pas plus que le moteur d'auto, le Diesel ne peut s'accoupler directement aux essieux moteurs. Si, pour démarrer, la locomotive à vapeur a à sa disposition immédiate

Mais les puissances et les efforts en jeu sont trop élevés. L'embrayage devrait glisser pour éviter la brutalité des démarrages, et, étant donné la grandeur des forces en jeu, la boîte de vitesses atteindrait des dimensions prohibitives.

Aussi, étant donné les dispositifs de plus en plus en usage dans la traction électrique ferroviaire, il paraît naturel d'employer la transmission électrique, dont la souplesse et la sécurité sont mises en évidence sur les locomotives électriques.

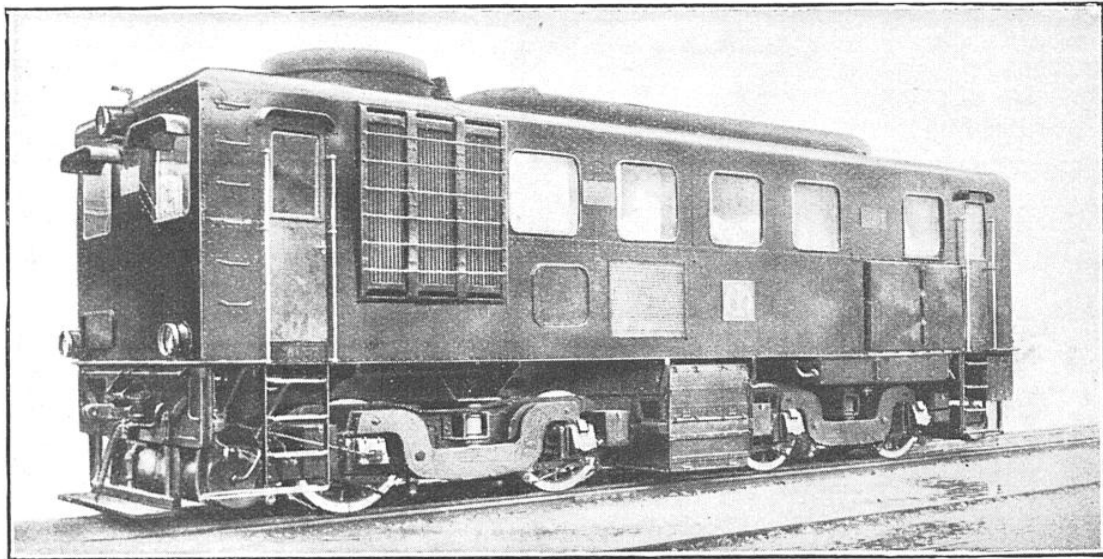


FIG. 1. — LOCOMOTIVE DIESEL ÉLECTRIQUE, DE CONSTRUCTION ALLEMANDE, DESTINÉE AU CHEMIN DE FER « SUD-MANDCHOURIEN »

Moteur à 7 cylindres, à 4 temps, MAN, à injection de combustible, de 700 ch

l'énorme réserve d'énergie accumulée dans sa chaudière, le moteur qui brûle directement le combustible dans ses cylindres ne présente pas les mêmes ressources. Non seulement il ne peut pas se mettre en route de lui-même, mais il ne peut fonctionner au-dessous d'une certaine allure de rotation ; 100 à 150 tours par minute sont, pour le Diesel, nécessaires pour obtenir la compression sans laquelle l'allumage des charges suivantes ne peut se produire.

Par conséquent, pour le démarrage, il est nécessaire de désaccoupler le moteur avec les roues motrices. Ce n'est qu'après le lancement du moteur que le réaccouplement est possible.

Dans ces conditions, pour éviter des chocs nuisibles au matériel comme aux voyageurs, une transmission s'impose. On pense, tout naturellement, à celle de l'automobile.

Une centrale électrique mobile sur rails

C'est de 1912 à 1914 que datent les premiers essais des locomotives Diesel. Le moteur Diesel, avec ses 6 ou 8 cylindres verticaux, actionne, par un arbre moteur horizontal, une dynamo génératrice principale directement accouplée. Cette dynamo lance son courant dans les moteurs de tractions suspendus aux essieux mêmes, à la manière de ceux des locomotives électriques.

Cet arbre entraîne également une excitatrice, dont le courant produit le champ magnétique nécessaire à cette dynamo, ainsi qu'une génératrice auxiliaire, dont le rôle est de charger la batterie d'accumulateurs fer-nickel (qui démarre le moteur comme dans une auto), de comprimer, par un groupe moteur spécial, l'air nécessaire aux freins, de faire circuler, par un autre

groupe, l'eau qui refroidit le moteur Diesel, enfin de mouvoir par un troisième groupe le ventilateur d'air de refroidissement de cette eau elle-même à travers les éléments d'un radiateur. Ce dernier groupe moteur est le seul qui ne soit pas commandé par la batterie, puisque, quand le Diesel s'arrête, il n'a plus à être refroidi.

A l'aide d'un contrôleur manipulé des cabines mêmes du mécanicien, comme sur une locomotive électrique ordinaire, on met en circuit des résistances entre l'excitatrice et le champ magnétique de la génératrice principale. On fait ainsi varier l'excitation de cette dernière (1) et, en fin de compte, l'intensité du courant alimentant les moteurs qui actionnent les essieux.

L'ensemble du véhicule se présente donc comme une centrale électrique mobile sur rail.

Malheureusement, cette double transformation de la liaison électrique entre le Diesel et les roues motrices

— tout en permettant des rendements de transmission très élevés, allant jusqu'à 85 %, et tout en offrant l'avantage d'une très grande souplesse — le rapport de la transmission pouvant varier d'une façon continue et doser convenablement l'accélération de la locomotive suivant la nature de son service — présente l'inconvénient de peser très lourd.

Tandis que le poids du moteur Diesel proprement dit arrive à n'être que d'une douzaine de kilogrammes par cheval, la liaison électrique dépasse une vingtaine de kilogrammes par cheval et atteint même dans certains cas, 25 à 35 kilogrammes pour les locomotives très puissantes (2).

(1) En même temps que varie l'excitation, varie également le régime du Diesel, qui, suivant l'allure de la marche à obtenir, peut tourner à trois régimes différents.

(2) Dans certains cas particuliers, on peut profiter des avantages de souplesse qu'offre la transmission

L'autorail Diesel électrique en face du train à vapeur

Une autorail, qui doit, en principe, être légère pour desservir rapidement de nombreuses gares rapprochées les unes des autres, peut-elle alors s'accommoder de la lourdeur relative du Diesel électrique ?

Il ne peut guère s'agir ici que d'autorails d'un type spécial, plus lourdes parce que destinées à des parcours plus longs. C'est ainsi que, pour assurer, à certains moments de la journée, des relations extrêmement rapides entre des grands centres

relativement éloignés (Paris-Lille, par exemple), avec un nombre de voyageurs insuffisant pour un train rapide à vapeur, on peut concevoir une autorail plus lourde avec Diesel électrique plus puissant.

Mais encore ne peut-on réaliser cette combinaison qu'au prix d'un allègement considérable du Diesel

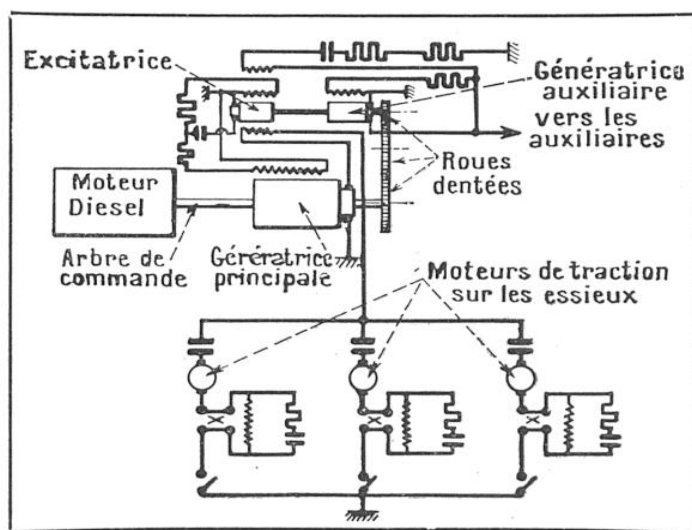


FIG. 2. — SCHÉMA DE LA DISTRIBUTION ÉLECTRIQUE DE LA LOCOMOTIVE DIESEL P.-L.-M., 920 CH

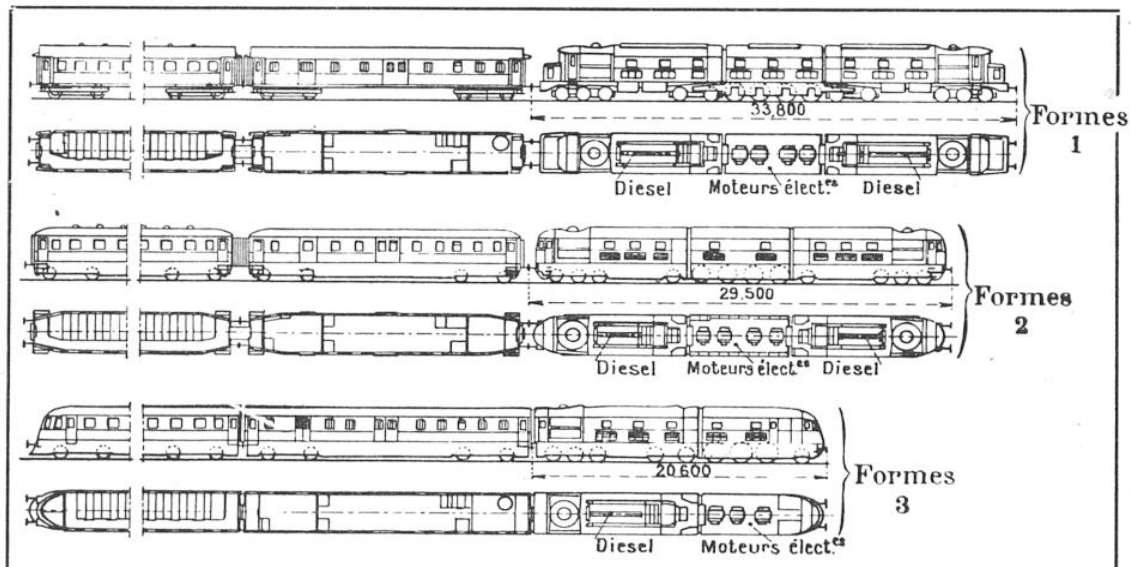
proprement dit. En profitant des progrès de la métallurgie dans l'élaboration d'aciers spéciaux, en utilisant des dispositifs particuliers et, surtout, en augmentant l'allure du moteur, on peut arriver à descendre jusqu'à 5 kilogrammes par cheval pour la partie thermique, la partie électrique s'allégeant quelque peu au-dessous de 20 kilogrammes par cheval. C'est grâce à ces artifices qu'une autorail, comme celle de Berlin à Hambourg, arrive à ne peser, par voyageur, que 700 kilogrammes environ

pour reporter, sur certaines unités du convoi tiré par la locomotive, les moteurs de traction suspendus aux essieux. C'est ainsi que, sur le *Ferrocarril del Sud* de Buenos-Ayres, une locomotive électrique de 1.200 ch lance le courant produit par ses deux génératrices principales aux dix moteurs répartis sur les essieux des cinq remorques qu'elle tire. C'est comme une rame du Métropolitain produisant elle-même son courant. La locomotive est allégée d'autant ; mais, dans le total, le poids mort à mouvoir reste très élevé.

(plus du double de poids mort des petites autorails légers), alors que le train rapide à vapeur qu'elle remplace aurait nécessité à peu près dans les 2.000 kilogrammes par voyageur.

L'économie de poids mort est donc certaine, dans ce cas particulier, par rapport à la vapeur. Suivant certaines prévisions que l'expérience doit vérifier, le prix de revient au kilomètre, charges comprises, serait les 60 % environ de celui d'un train rapide.

S'il s'agit d'un service spécial comme celui envisagé par la Petite Ceinture de Paris, où les mêmes machines doivent servir à la fois aux trains de voyageurs, aux trains de marchandises et aux manœuvres ; s'il s'agit également, dans une aussi grande agglomération qu'est Paris, d'éviter la fumée et le bruit si gênants pour les riverains, s'il s'agit enfin d'assurer un service continu de travail de vingt-deux heures sur vingt-quatre — les deux autres heures étant résér-



(Transactions of the A. S. M. E., du 30 septembre 1932, p. 235.)

FIG. 3. — RÉSULTATS DES EXPÉRIENCES FAITES, AUX ÉTATS-UNIS, SUR LA RÉSISTANCE QUE L'AIR OPPOSE À LA MARCHÉ DE TOUT UN TRAIN À LOCOMOTIVE DIESEL ÉLECTRIQUE

La formule utilisée a été : Résistance de l'air = $c \times \frac{\gamma}{2g} \times SV^2$ (V, vitesse ; S, projection de la section sur un plan transversal à la marche ; γ , poids spécifique de l'air ; $g = 9 \text{ m } 81$, et c est un coefficient numérique de résistance du train). Les variations de ce coefficient ont été étudiées en fonction du nombre de véhicules composant la rame et en fonction de la forme de ces véhicules plus ou moins étudiée au point de vue aérodynamique. Ces résultats sont donnés sur le schéma suivant.

Mais ce type de train rapide peut lui-même évoluer dans le sens de l'allègement, étant donné les tendances nouvelles de la locomotive à vapeur, ainsi que celles de la voiture moderne en acier, qui, tout en restant aussi solide, peut devenir bien moins lourde !

La locomotive Diesel électrique en face de la locomotive à vapeur

Si, par suite de sa lourdeur, le Diesel électrique ne peut convenir à l'autorail que dans le cas particulier que nous venons d'envisager, par contre, il semble mieux convenir sous forme d'unité motrice séparée, c'est-à-dire sous la forme de locomotive.

Peut-il alors concurrencer la vapeur ?

vées au graissage et à la visite — tout en étant capable de démarrer 500 tonnes, non compris la machine, sur des rampes de 12 millimètres par mètre, la locomotive Diesel électrique de la Ceinture, de 800 ch et de 89 tonnes, paraît, à première vue, plus avantageuse et, sans doute, plus économique qu'une locomotive à vapeur soumise au pénible dégrassement journalier de sa grille et contrainte, pendant de longs stationnements au cours des manœuvres, à rester inutilement sous pression.

C'est pour la même raison que la Compagnie P.-L.-M. essaie, à la gare de Lyon, trois locomotives Diesel électrique de manœuvres de 600 ch et 84 tonnes, concurrem-

ment avec des locomotives à vapeur à quatre essieux couplés. Si l'avantage sur la vapeur semble à peu près évident, il est, par contre, encore impossible de pouvoir le chiffrer exactement.

Quant à la locomotive Diesel électrique que la Compagnie P.-L.-M. a essayée entre Paris et Marseille, elle est d'un type tout différent. C'est une machine rapide de 920 ch et de 100 tonnes, qui, à la vitesse moyenne de 100 kilomètres à l'heure, a tiré, d'une seule traite, sans arrêt sur 860 kilomètres, un convoi de 90 tonnes, composé de deux grandes voitures métalliques à voyageurs.

Il s'agit là plutôt d'un essai de la plus grande distance franchissable sans ravitaillement et à la plus grande vitesse, c'est-à-dire d'un essai dans des conditions aussi voisines que possible de celles d'un Transsaharien. En parcourant sans arrêt les 860 kilomètres qui séparent Paris de Marseille, la locomotive Diesel électrique du P.-L.-M. a bien prouvé qu'elle pouvait faire le service des trois locomotives à vapeur au moins qu'exige, sur un tel parcours, la nécessité des arrêts pour le ravitaillement en eau. Mais, avec sa puissance de 920 ch et son poids de 100 tonnes, elle ne tirait que 90 tonnes à 100 kilomètres à l'heure, alors que les locomotives à vapeur qu'elle remplaçait sont capables, avec leurs quelque 2.400 ch et leurs 170 tonnes de poids environ, *tender chargé compris*, de tirer à la même vitesse un train de 500 tonnes. Autrement dit, par cheval, la locomotive Diesel électrique en question pèserait 30 kilogrammes environ de plus que chacune des trois locomotives à vapeur qu'elle a remplacées sur ce parcours.

Une autre locomotive Diesel électrique, commandée par la Compagnie P.-L.-M. Algérien sur un programme différent, a réalisé, en palier, la vitesse soutenue de 90 kilomètres-heure en remorquant un train de 150 tonnes, composé de voitures à trois essieux, c'est-à-dire de véhicules présentant une résistance au roulement plus élevée que celle des voi-

tures métalliques à boggies. Cette machine ne pèse que 73 tonnes et son Diesel développe 750 chevaux.

Sans doute, si ces machines pèsent plus lourd que les locomotives à vapeur, elles ont un rendement de traction cinq fois supérieur. Mais leur combustible et leur prix d'achat sont trois fois plus coûteux. Aussi le bilan de la substitution est-il difficile à évaluer. Un tel calcul a, néanmoins, été tenté par M. Lavarde, ingénieur du génie maritime, en supposant une locomotive Diesel électrique remplaçant deux locomotives à vapeur de même puissance. En comparant, en effet, une locomotive Diesel électrique de 2.000 ch et coûtant 3 millions

et deux locomotives à vapeur de même puissance et coûtant chacune 1 million, et en prenant, pour la première, un parcours annuel de 90.000 kilomètres et, pour chacune des deux autres, 50.000 kilomètres, M. Lavarde est arrivé — en tenant compte du prix du charbon, trois fois et demie meilleur marché que le gas oil (130 francs la tonne rendue aux dépôts, au lieu de 450 francs), et en totalisant les frais de combustible,

d'huile, de conduite, d'entretien, d'intérêts et d'amortissement à 10 % — à un chiffre de 600.000 francs par an pour la locomotive Diesel électrique, contre 700.000 pour les deux locomotives à vapeur qu'elle remplace; rentabilité très faible à côté de celle des autorails, car, ici, au lieu d'avoir un poids mort considérablement réduit, on a un poids mort plutôt accru.

Par conséquent, tout au moins en l'état actuel des choses, le seul point qui semble indiscutable est celui de l'extraordinaire sobriété en eau de la locomotive Diesel électrique, alors que la locomotive à vapeur, buveuse insatiable, est obligée de traîner un tender d'autant plus lourd que les points d'eau sont plus éloignés (1).

(1) Les régions très civilisées, où les grands centres se multiplient et où l'eau et le charbon sont abondants, continueront probablement à donner encore la préférence à la locomotive à vapeur, sauf dans le cas des manœuvres de gare et sauf, également, dans le cas de certains trains de grand luxe, type

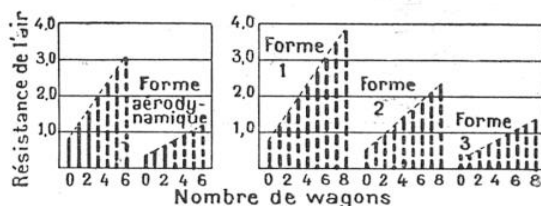


FIG. 4. — SCHÉMA DONNANT LA VALEUR DE LA RÉSISTANCE DE L'AIR EN FONCTION DU NOMBRE DE WAGONS, POUR LES TRAINS DONT LES FORMES ONT ÉTÉ DONNÉES SUR LA FIGURE PRÉCÉDENTE

On voit qu'en passant de la forme ordinaire 1 à la forme 2, puis à la forme 3, la puissance nécessaire à la traction de huit voitures par une locomotive Diesel électrique, à la vitesse de 130 kilomètres-heure, décroît de 3.900 ch à 2.300 ch, soit de 40 %. Cependant le poids total du convoi diminue de 600 tonnes à 510, soit de 15 %.

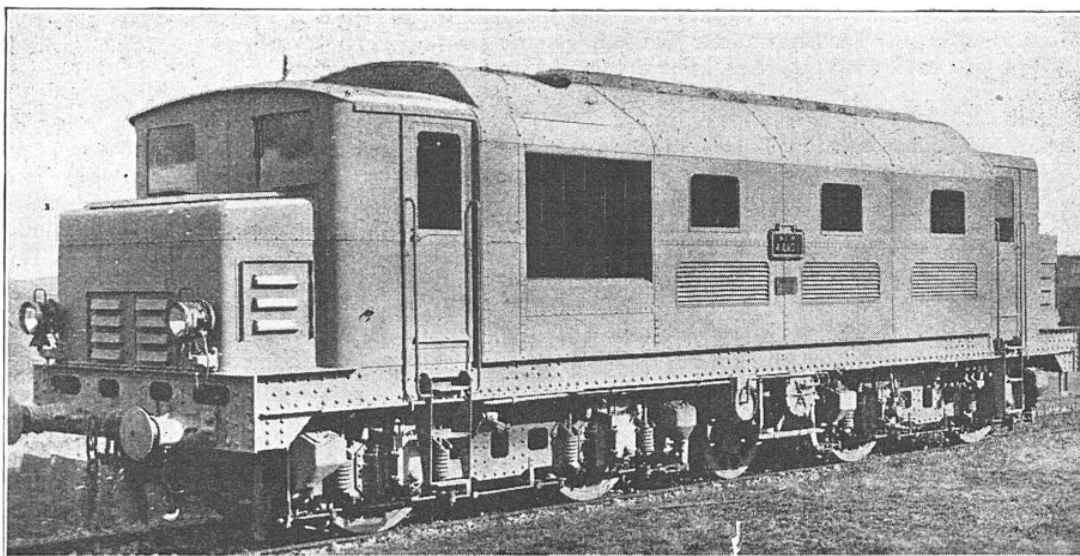


FIG. 5. — TYPE DE LOCOMOTIVE A MOTEUR DIESEL ET TRANSMISSION ÉLECTRIQUE, UTILISÉE POUR MANŒUVRES PAR LES CHEMINS DE FER DE CEINTURE

En voici les caractéristiques principales : puissance, 600 ch ; poids total, 83 tonnes réparties sur cinq essieux (un porteur et quatre moteurs) ; poids adhérent sur quatre essieux moteurs, 72 tonnes.

Dans ces conditions, il est difficile de pronostiquer ce que sera l'avenir de la locomotive Diesel électrique. Si le Diesel proprement dit a une tendance à s'alléger avec les progrès de la suralimentation, avec ceux de l'emploi du deux temps et aussi avec ceux du double effet, qui fait, peu à peu, ressem-

bler son cylindre à celui de la vapeur travaillant sur les deux faces du piston — parallèlement, la locomotive à vapeur se perfectionne aussi et tend à s'alléger par l'augmentation de la pression.

La traction ferroviaire est ainsi en perpétuelle évolution, surtout à l'heure où, sous l'effet de la concurrence routière, le rail est à un tournant de son histoire. Rien d'étonnant alors que l'on se trouve actuellement devant une multitude d'engins ferroviaires nouveaux sans qu'il soit possible de dire encore quel en est le meilleur. Le technicien se réserve ; il laisse jouer l'expérience, et si quelques essais le renseignent assez vite du point de vue de la *traction*, seul le temps est capable de lui dire, à la longue, si, du point de vue de l'*exploitation*, la légèreté, par exemple, n'est pas contraire à la longévité et n'accroît pas démesurément l'amortissement du nouveau matériel.

C'est là toute la raison des longs tâtonnements actuels. MAXIME DU ROURET.

Pullmann par exemple, où l'on recherche la suppression des fumées salissantes (cas d'un projet P.-L.-M.). Mais dans les pays tropicaux, où l'eau est rare et les distances énormes à parcourir, c'est la locomotive Diesel électrique qui aura la préférence. C'est ainsi que le Siam est le pays qui utilise le plus ce type de locomotive, car, en certains endroits, il y a peu d'eau ; en outre, faute de charbon, la chauffe se fait avec du bois, qui dégage une fumée d'autant plus désagréable qu'il s'agit d'une région chaude où les fenêtres des compartiments sont presque toujours ouvertes. L'Afrique du Nord paraît une région toute désignée pour le développement de la locomotive Diesel électrique, non seulement pour la raison de la rareté de l'eau, mais aussi pour celle de sa mauvaise qualité. Les eaux magnésiennes de l'Afrique du Nord nécessitent en effet, presque chaque mois, dans les locomotives à vapeur, des réfections de chaudière extrêmement onéreuses.

La balance commerciale de l'Allemagne, en 1933, se solde par un excédent de 667.800.000 marks des exportations (soit plus de 4 milliards de francs), alors que la France laisse apparaître un déficit de près de 10 milliards pendant la même année.

LA TRACTION FERROVIAIRE A SA VOIE FERRÉE ; LA TRACTION AUTOMOBILE DOIT AVOIR SA ROUTE

Par Charles BRACHET

Notre réseau routier n'est pas plus adapté aux besoins actuels de notre circulation automobile que notre réseau ferré n'est approprié aux exigences du transport moderne. A quoi servirait le magnifique essor de la mécanique automobile, tant pour véhiculer les voyageurs que pour transporter les marchandises, si la voie qui lui est nécessaire ne lui était pas adaptée? C'est pour ces raisons que des grands pays, comme l'Italie, l'Allemagne, ont déjà consacré à la circulation automobile des routes spécialement étudiées et exclusivement réservées à cette fin. (Nous citerons ici pour mémoire les superbes autostrades de la région de Milan et des Lacs.) En France, nous n'en sommes encore qu'à des conjectures! L'administration des Ponts et Chaussées a eu certainement quelque mérite à améliorer depuis dix ans, autant que faire se peut, nos routes nationales. L'Etat, comme les départements, ont consacré des milliards à cet objet; mais à quoi bon posséder des voitures de tourisme rapides, qui font couramment 80 kilomètres de moyenne, et des cars confortables, qui marchent à 70 à l'heure sur des routes bien aménagées, si ces véhicules perdent tout le bénéfice de cet accroissement de vitesse à traverser les agglomérations qui jalonnent la grand'route? L'autostrade Paris-Nice en est un fâcheux exemple. De tout cela, il faut conclure que, tant qu'on n'aura pas réalisé un réseau d'autoroutes pour la traction automobile, on aura certes enregistré quelques améliorations, mais, à notre avis, elles ne seront que des demi-mesures. Puisque le fameux programme d'équipement national a surtout pour but de donner du travail à la main-d'œuvre en chômage et de ranimer l'économie nationale, la construction de grands itinéraires autoroutiers à travers la France, pour en relier les principaux centres, serait, à tous les points de vue, œuvre bienfaisante. La carte d'Europe, qui illustre l'article ci-dessous, en signale d'ores et déjà toute l'expansion possible. Malheureusement, la question budgétaire prime la question technique, et c'est là le principal obstacle à cette transformation radicale dont dépend l'avenir de la locomotion moderne.

LES « autostrades » — en français, nous dirons *autoroutes* — sont nées en Italie. Après l'autoroute qui relie Milan aux lacs de Lombardie, avec bifurcations sur Varese et Bergame, voici réalisée l'autoroute Rome-Ostie et, en construction, Florence-Livourne.

Le 18 février 1933, inaugurant le Salon de l'Automobile de Berlin, le chancelier Hitler affirmait : « Comme jadis la voiture à cheval s'est donné sa route et la locomotive sa voie ferrée, l'automobile doit recevoir les autoroutes nécessaires à son développement. Si, jusqu'ici, on évalua la culture d'un peuple par le nombre de kilomètres de ses chemins de fer, l'avenir portera cette même évaluation sur la longueur de ses autoroutes. » Aussi bien, le plan étudié par l'Allemagne en matières d'autoroutes — nous le montrerons plus loin — apparaît

véritablement grandiose et, dès maintenant, l'« Hafraba » (autoroute Hambourg-Francfort-Bâle) est en construction.

L'Espagne réalise, de son côté, une *auto-via* (à chaque pays son langage) de Madrid à Irun et va entamer « Madrid-Séville » et « Madrid-Barcelone ».

Les Etats-Unis ne construisent plus, en fait, que des autoroutes et pensent à relier leur réseau, déjà formidable, avec l'Argentine, par le Mexique, l'Amérique Centrale, la Colombie, le Pérou, la Bolivie et le Brésil, jusqu'à Buenos-Ayres.

L'Angleterre a son plan d'autoroutes, naturellement subordonné à son budget.

La Belgique a également étudié un réseau d'autoroutes où les voitures pourront circuler à 120 kilomètres-heure.

Que doit faire la France ? Tâchons d'éclairer notre opinion

Interréaction du véhicule et de la route

La nécessité des autoroutes dans la civilisation moderne procède d'une loi rigoureusement confirmée dans le passé : la route et le véhicule sont fonction l'un de l'autre. Tantôt, c'est la technique de la route qui précède celle du véhicule, et tantôt c'est celle-ci qui est en avance sur celle-là. Mais une civilisation n'est bien assise que si l'accord entre les deux termes se trouve bien réalisé, ou *tend* sans cesse à se réaliser.

Il faut insister ici sur le grand exemple historique confirmant cette loi. C'est pour n'avoir pas su réaliser l'accord réciproque du véhicule et de la route que l'empire romain a sombré sous les invasions. Les célèbres voies impériales dont la Rome antique couvrit l'Europe, depuis l'Angleterre et la Germanie jusqu'à la Sicile, ne purent suffire à la préserver des invasions barbares, parce que la légion n'eut jamais de convois d'intendance faute de véhicules rationnels. Les voies romaines ne supportèrent guère d'autre trafic que le passage des troupes et des bêtes de somme qui, à la différence des hommes, n'avaient guère besoin d'un « pavage » bien perfectionné, mais, au contraire, d'un sol meuble (le fer à cheval n'était pas inventé).

Pourtant, elles eussent parfaitement convenu à nos automobiles, ces voies romaines aux fondations extrêmement soignées et rigides, pavées de larges dalles soutenues par d'autres pierres plates posées « sur champ », l'ensemble constituant un réseau d'écoulement de l'eau (voir notre croquis). Nos meilleures conduites intérieures auraient donné sur ce « tapis de roulement », comme on dit aujourd'hui, le maximum de leur vitesse. Le profil et les courbes de ces voies ne l'auraient pas interdit, puisqu'aussi bien ce sont leurs traces que nous parcourons bien souvent encore de nos jours sans nous en douter. Cependant, sur ces belles routes, lisses et sans poussière (les cavaliers et les convois de bât utilisaient les bas-côtés semés d'herbages), il n'y avait pas de voitures, au sens le plus rudimentaire du terme. Je ne parle pas de la « suspension », l'antiquité ne connaissait pas les ressorts. Je fais allusion seulement au « moteur », c'est-à-dire à la bête de trait. *On ne savait pas l'atteler*. Les « chars » antiques étaient entraînés, en effet, par l'attelage le plus irrationnel qui soit : le cheval tirait sur le « timon » non par un trait, mais par un « joug » s'appuyant sur le garrot de l'animal et s'atta-

chant à son cou par un « collier de gorge », instrument propre à l'étrangler plutôt qu'à obtenir de lui un rendement moteur digne de ce nom. Aussi les règlements des transports sur route de l'empereur Adrien défendaient de charger à plus de 250 kilogrammes (style moderne) les camions (*carpentaria*) à quatre roues et à deux chevaux. Quant aux cabriolets de poste (à un cheval), destinés à trotter, ils ne portaient jamais plus qu'une cinquantaine de kilogrammes en plus du conducteur. Aujourd'hui, deux chevaux tirent, en camionnage, 2.500 kilogrammes et un seul cheval, au trot, quatre personnes. La conclusion est donc patente : *la route antique, d'une technique parfaite, demeura pratiquement inexploitée faute de véhicules*.

Au moyen âge, revirement total de la situation : le « collier d'épaules » vient au x^e siècle, supplanter le « collier de gorge » antique (1). Le timon ne sert plus qu'à la direction du véhicule : le « trait » souple relie le collier au palonnier et les chevaux sont ferrés. On les attelle en file. La *vitesse* et la *capacité* du transport sont désormais acquises, le véhicule moderne à traction animale est inventé. Oui, mais il n'y a plus de routes. Les barbares sont passés par là. Il ne reste plus que des pistes seulement praticables aux chars à bœufs. On mettra plusieurs siècles pour réinventer la route, nécessaire au véhicule renouvelé. Celui-ci devance donc nettement celle-là. Et l'accord entre l'un et l'autre n'est finalement obtenu qu'au xix^e siècle, ainsi que le démontre la progression suivante réalisée dans les vitesses horaires moyennes des transports en diligence : les vitesses étaient « de 2 kilomètres à la fin du xvii^e siècle ; de 3 km 400 à la fin du xviii^e ; de 4 km 300 en 1814 ; de 6 km 500 en 1830 ; de 9 km 500 en 1850 » (Edmond Chaix). Quand les diligences atteignirent 12 kilomètres à l'heure, les règlements publics intervinrent. La cadence du trot du cheval ne pouvait, d'ailleurs, pousser plus loin.

Aujourd'hui, sur les mêmes routes, nos autos font aisément 100 kilomètres à l'heure. Elles voudraient bien passer au 140, *mais la route s'y oppose*. Tout comme au moyen âge, le véhicule a repris son avance technique sur la route. Rétablir l'accord : c'est tout le problème des autoroutes.

Faisons le point. Examinons les progrès de notre réseau routier actuel.

En 1857, au déclin de la diligence, dominée par le chemin de fer, la France avait

(1) La découverte de ces faits *techniques* capitaux est due au commandant Lefebvre des Noettes.

13.000 kilomètres de routes ; en 1870, elle en possédait 18.000 ; en 1873, 21.700 ; en 1879, 30.500 et 40.900 en 1896, à la naissance de l'automobile. Ces chaussées étaient établies suivant la technique inventée par l'ingénieur écossais Mac-Adam, c'est-à-dire avec un tapis de roulement constitué par un empierrage mélangé de terre et comprimé au rouleau, à l'état humide.

C'est sur ces routes, parcourues au moindre vent par des nuages de poussière, que l'automobile fait ses débuts. En 1900, on recense

nombre des voitures atteint 453.000 et celui des poids lourds, 77.500 (statistiques Michelin). Ces nombres transposent dans l'organisation civile des transports le problème né des convois militaires. Le problème de la route ne saurait être éludé plus longtemps. Le défaut d'entretien a laissé notre réseau routier (le premier du monde avant 1914) dans l'état le plus lamentable. On connaît le travail de réfection et d'amélioration qui se trouve aujourd'hui réalisé. Le pavage au macadam a été remplacé par le « tar-

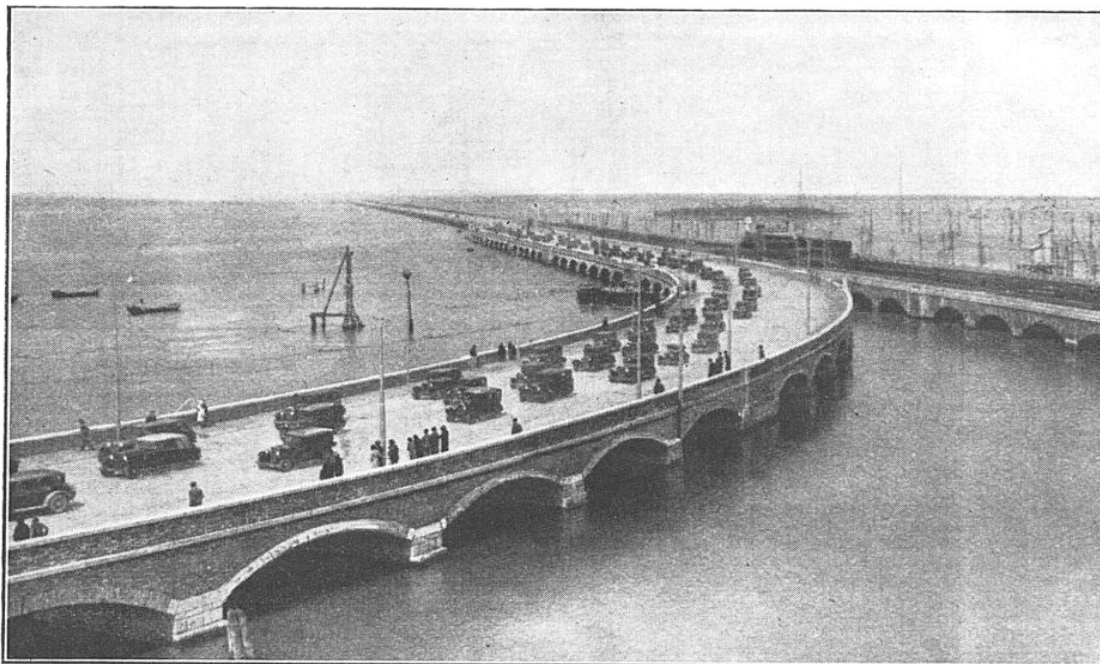


FIG. 1. — L'AUTOSTRAD-VIADUC ACCÉDANT A VENISE, A TRAVERS LA LAGUNE

3.000 voitures ; en 1905, 21.523 ; en 1910, 53.669 ; en 1914, 107.535. Avec la guerre, c'est le transport automobile intensif des poids lourds qui fait son apparition. La route de Bar-le-Duc à Verdun, la « voie sacrée », se substitue à la voie ferrée par nécessité stratégique. En mars 1917, 6.000 camions la parcourent journellement, transportant 15.000 hommes et 22.000 tonnes de munitions. Et c'est la technique du « macadam » qui supporte encore ce trafic, grâce à un rechargement continu de la chaussée, sous les roues mêmes des véhicules. La guerre qui suscita tant de progrès techniques marqua, cette année-là, la fin de la vieille route des diligences.

En 1920, à 153.600 voitures de tourisme s'ajoutent 77.500 camions ; en 1925, le

macadam », dans lequel le goudron vient servir de liant à la pierraille. Le profil transversal bombé de la chaussée est abandonné pour faciliter la tenue de la route par les châssis. Les virages sont relevés. Et, depuis 1921, aucune limitation de vitesse ne pèse sur l'automobile.

Aujourd'hui, le nombre des voitures de tourisme dépasse 1.400.000 et celui des poids lourds 450.000.

Les routes actuelles sont « saturées » de trafic automobile

Est-ce à dire que l'auto doit abandonner les voies actuellement en service ?

Loin de le prétendre, on pourrait même affirmer que, si les transports automobiles ne devaient pas se développer encore et

demeurer au point où ils sont présentement, les routes actuelles y suffiraient, moyennant les améliorations déjà réalisées ou en voie de l'être. A ce propos, il semble bien que l'on pose mal le problème de l'autoroute : c'est mal plaider sa cause que de vouloir en faire une nécessité pressante ; c'est l'automobile de demain qui appelle l'autoroute et qui, sans elle, ne pourra voir le jour qu'avec difficulté. Des camions de 4, 6 et 8 tonnes circulent à raison de 35 à 40 kilo-

française comportait à ce moment 40.000 kilomètres de routes nationales sur 600.000 kilomètres de chemins capables d'être parcourus, au total, par les voitures. Depuis 1930, 40.000 kilomètres supplémentaires de ces voies diverses ont dû être pris en charge d'entretien par l'Etat.

Ici, une remarque s'impose : le réseau ferré français mesure 45.000 kilomètres. M. Dautry, directeur général de la Compagnie de l'Etat, est d'avis que 15.000 kilo-

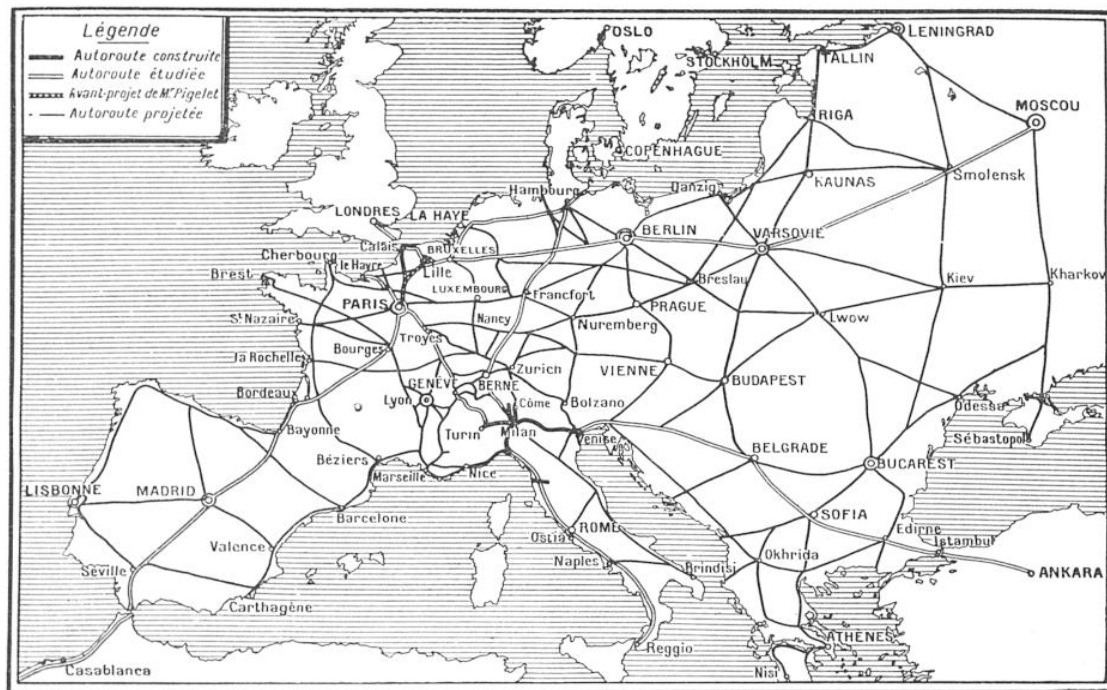


FIG. 2. — COMMENT ON ENVISAGE UN RÉSEAU D'AUTOROUTES A TRAVERS L'EUROPE
Projet établi par le Bureau international des Autoroutes, de Genève.

mètres à l'heure. Des fourgons de 20 tonnes font du 15 à l'heure, en retard sur ceux qui, aux Etats-Unis, représentent des masses unitaires de 30 tonnes et dont les vitesses rivalisent avec celle des voitures quand ce sont des autobus aux longs parcours, avec couchettes.

La fréquence quotidienne de passage des véhicules s'est élevée dans la proportion suivante : pour 47 voitures de tourisme et 18 camions « comptés » en moyenne, sur la route, en 1920, les Ponts et Chaussées comptent 206 voitures et 49 camions en 1928. Le tonnage brut passe de 192 en 1920 à 635 en 1928. Les fréquences maxima (au voisinage des grandes villes) atteignent 1.500, 2.000 et 5.000 par jour. La voirie

mètres de ces voies doivent être défermées et transformées en routes, afin de reporter sur 30.000 kilomètres restant d'artères principales la totalité du budget proprement ferroviaire. Cette proposition fort sage est le signe avant-coureur de la démission partielle de la voie ferrée au bénéfice de la route. La concurrence de la route à la voie ferrée par les autocars et les poids lourds est une question bien connue. Nous n'y reviendrons pas en détail. Nul ne songe à freiner le progrès. Le véhicule autonome destiné à s'adapter aux variations et modalités diverses du trafic a déjà fait son apparition sur les rails. (1).

En conclusion, la technique de la route se trouve à un point critique. Améliorées

(1) Voir *La Science et la Vie*, n°-195, page 179.

dans leur revêtement mais sans s'écarter de la technique du « macadam », élargies mais sans sortir de leurs tracés séculaires, les routes actuelles touchent à un point de saturation du trafic automobile. Et, malgré cette saturation, la route fait peser sa concurrence sur la voie ferrée, tandis que l'automobile ne demande qu'à se développer. Il faut donc lui offrir un réseau spécial, conçu dans le schéma général de la circulation du pays, en accord avec la voie ferrée, d'une part, et, d'autre part, le réseau existant que personne ne songe à délaisser et dont l'amélioration ne doit pas cesser d'être poursuivie.

Comment on conçoit l'autoroute

La route spécialement établie pour l'auto devra être *rectiligne* sur des sections aussi longues que possible, aussi bien dans le plan horizontal que dans le vertical (profil). La ligne droite n'est plus seulement ici un principe « de plus court chemin », mais « de plus grande vitesse » et, surtout, « de vitesse uniforme », c'est-à-dire d'un régime de circulation aussi « constant » que possible.

Cette condition entraîne la réalisation de tous les ouvrages d'art (viaducs, tranchées et tunnels) qui seront nécessaires.

L'autoroute doit éviter toutes les agglomérations, villes ou bourgades, qu'elle desservir par des raccords.

L'infrastructure de l'autoroute doit être établie pour supporter non seulement les tonnages unitaires actuellement atteints, mais ceux que le présent laisse prévoir pour un avenir immédiat.

Son revêtement (ou pavage) doit être conçu en vue de subir non seulement les vitesses actuellement courantes en « poids lourds », mais aussi des vitesses supérieures.

Un réseau d'autoroutes doit constituer un domaine aussi « fermé » que celui des voies ferrées actuelles, et même plus fermé puisque non seulement aucun véhicule étranger, aucun animal, aucun cycliste, aucun piéton ne doit y pénétrer, mais qu'aucun de ces éléments circulant ne doit même pouvoir la traverser en passage à niveau. Les autos innombrables ne peuvent se signaler aux gardes-barrières à la manière des trains.

Comme la voie ferrée, l'autoroute doit être signalisée en fonction des rares accidents de son tracé, notamment aux bifurcations. Les véhicules admis à l'utiliser seront également soumis à un code rigoureux d'avertissement mutuel. L'ordre et la discipline sont

inséparables de la conception de l'autoroute.

Probablement, et comme cela existe sur les autostrades italiennes (notamment sur la voie Rome-Ostie), l'éclairage de la chaussée (en lumière rasante) devra suppléer ou du moins compléter l'éclairage individuel des véhicules.

Chacune des deux voies « montante » et « descendante », de l'autoroute, devra être assez large pour permettre le dépassement des véhicules lents par les véhicules rapides. En aucun cas, ces deux voies ne devront se chevaucher ni prêter à confusion.

L'expérience italienne

Du reste, au point de vue strictement technique, l'expérience de l'autoroute n'est plus à faire. L'Italie en a pris l'initiative. Cette initiative a été favorisée, il faut bien le dire, par la pauvreté et le mauvais état initial du réseau routier italien. Aujourd'hui très amélioré, ce réseau n'en est pas moins développé sur la formule nouvelle.

La plaine lombarde et le trafic touristique intense de ce pays favorisé ont incité une société privée à établir, sous le contrôle de l'Etat, la fameuse autostrade « Milan-Les Lacs », véritable autodrome sur lequel maints amateurs inexpérimentés sont allés griller, à une « moyenne » de 120 à l'heure, des moteurs établis pour n'atteindre cette vitesse que par exception.

Les ouvrages d'art, au nombre de deux cent dix-neuf, nécessités par cette exécution, ne sont pas sensationnels. Les pentes n'y dépassent pas 3 % et sont raccordées par un rayon de courbure vertical d'au moins 3.000 mètres de rayon. Le problème technique le plus important consista à « surpasser » le réseau des routes existantes, les voies ferrées et les cours d'eau, afin de conserver la complète autonomie de la route. Les résistances de ces ouvrages ont été calculées pour supporter des trains de véhicules de 30 à 10 tonnes. Ils seraient insuffisants, par conséquent, au libre transit des unités « poids lourd » de 30 tonnes lancées en Amérique. Les unités devraient y être espacées et leur circulation contrôlée.

Le pavage adopté, après l'examen des expériences américaines, n'est autre qu'un béton de ciment. Pour 85 kilomètres de longueur, d'une largeur variant suivant les tronçons de 14 à 11 mètres, la superficie couverte par ce pavage atteint 750.000 mètres carrés. On a employé 120.000 mètres cubes de sable et 500.000 quintaux de ciment.

Cent kilomètres de routes simples ont dû être construites pour établir le rac-

cord du réseau national avec l'autoroute.

Aux points de jonction se trouvent des maisons cantonnières chargées de percevoir les droits d'entrée des véhicules, car l'autostrade est à péage. Les cantonniers cyclistes ou motocyclistes sont chargés, en outre, de la police de la route, du service d'inspection et de secours, du service de distribution de l'essence et des pneumatiques.

Les signalisations ont un grand développement sur l'autostrade ; d'une grande simplicité, elles préviennent l'usager 150 mètres avant chaque barrière d'entrée, ou avant chaque bifurcation ou avant chaque chantier de réparation. Une large bande centrale de couleur blanche marque l'axe de la route dans les virages et aux bifurcations. Une série de bornes rasantes blanches, dont le heurt n'offre aucun danger, jalonne les bas-côtés de la chaussée, afin de guider éventuellement l'autovéhicule dans la brume.

Les tarifs de circulation sont gradués suivant que le parcours est entier ou réduit : aller, ou aller et retour, et suivant la catégorie et la puissance de l'autovéhicule. Les bandages en fer sont interdits : ceux en caoutchouc plein, non pneumatiques, paient une taxe supplémentaire.

Dans le devis de cette autostrade, on avait tablé sur un transit journalier de 1.000 machines. Les comptages effectués en accusent un minimum de 800.

Les conditions économiques de l'autoroute

Et ceci nous conduit à l'inévitable question : l'autoroute paie-t-elle ?

Il faut avouer que, dans le cas d'une route de pur tourisme, les péages sont juste rémunérateurs, si l'on considère que la dépense de premier établissement doit être amortie en cinquante ans. Toutefois, malgré la crise, le trafic se maintient, bien que le facteur accoutumance soit, de la part du public, un élément de retard.

L'expérience italienne doit être concluante, puisqu'elle se développe et même se spécialise dans une voie projetée à l'usage exclusif des poids lourds : Gênes-Turin-Milan. Cette dernière expérience montrera si le trafic purement marchand est suffisant pour rémunérer les frais d'établissement d'une autoroute. Il est certain que, si le transport lourd pour route ordinaire est d'ores et déjà rémunérateur, *a fortiori* offrira-t-il, sur autoroute, une marge capable d'attirer l'usager, tout en indemnisant l'entrepreneur.

Mais la formule de l'autoroute à péage est-elle bien celle de l'avenir ? Nous ne le pensons

pas. Ces voies spéciales devront s'intégrer purement et simplement au réseau national au titre de l'outillage national. Le péage — comme pour nombre d'ouvrages d'art actuels — ne peut constituer qu'une mesure administrative toute provisoire.

En ce qui concerne la France, il est un projet qui, dès maintenant, semble devoir primer tous les autres : c'est celui dit de « l'autoroute du Nord », Paris-Lille avec bifurcation, à Beauvais, sur Abbeville et Calais. Sur ce parcours tout en plaine, les ouvrages d'art seront réduits au minimum et le principe de la ligne droite facilement observé. Et, bien entendu, c'est le trafic commercial, non le tourisme, qui devra alimenter l'autoroute.

Le parcours Paris-Le Havre est ensuite tout indiqué.

Nous commencerions ainsi notre expérience nationale des autoroutes par tronçons, comme ont fait les Italiens, en reléguant, pour l'instant, le tourisme au second plan. L'autoroute n'est pas et ne saurait être, en effet, le chemin de tourisme qui, par définition, est flânerie et recherche des sites curieux, voire des parcours difficiles. Par contre, une autoroute Paris-Avignon, bifurquée sur Grenoble et Genève, jusqu'à Toulon, amènerait le touriste à pied d'œuvre dans le minimum de temps.

La concurrence ferroviaire

On objectera que le trafic auquel aspire l'autoroute est déjà concédé à la voie ferrée.

Encore une fois, nous ne pensons pas que rien puisse empêcher de jouer une concurrence technique inéluctable entre le rail et la route, et, puisque concurrence il y a, ne vaut-il pas mieux éviter une longue bataille de tarifs qui ne ferait vivre personne ? La solution de l'autoroute court au-devant de la difficulté au lieu de l'éluder. Et puisque les chemins de fer sont partout en déficit dans le monde, ne faut-il pas suivre le conseil du grand spécialiste cité plus haut et qui conseille de désaffecter d'ores et déjà les parties auxiliaires du réseau ferré ?

Quant aux artères principales, elles devront, de toute évidence, se spécialiser, organiser certains points de leurs parcours pour drainer le trafic local au moyen de routes *affluentes* et non « concurrentes ».

En d'autres termes, et sans développer la question, il est certain que la route et le rail ne peuvent plus s'ignorer désormais et doivent conjuguer leurs techniques au lieu de les opposer.

CHARLES BRACHET.

LA LUMIÈRE, SOURCE D'ÉNERGIE INÉPUISABLE DES TRANSFORMATIONS CHIMIQUES

Par Guy EMSCHWILLER

DOCTEUR ÈS SCIENCES

CHEF DES TRAVAUX DE CHIMIE GÉNÉRALE AU CONSERVATOIRE NATIONAL
DES ARTS ET MÉTIERS

La lumière — vocable sous lequel nous désignons l'ensemble des radiations, visibles, ultraviolettes, infrarouges — est, au même titre que la chaleur et l'électricité, un agent physique susceptible de provoquer ou d'accélérer les transformations chimiques et chimico-biologiques les plus variées. La Nature nous offre déjà de multiples exemples de ces réactions « photochimiques » ; la fonction « chlorophyllienne » le confirme ; il s'agit, comme on le sait, de la décomposition du gaz carbonique par les plantes vertes, sous l'action de la lumière, avec absorption de carbone et dégagement d'oxygène. Le mécanisme de ce phénomène est, du reste, encore bien loin d'être élucidé dans tous ses détails... Par ailleurs, l'action de la lumière sur les éléments et composés chimiques, quoique souvent moins apparente, se manifeste d'une manière générale. Elle provoque, suivant les circonstances, soit des décompositions (eau, gaz ammoniac, etc.), soit des synthèses telle que celle de l'acide chlorhydrique. Dans la pratique, cette action est tantôt nuisible, tantôt féconde. C'est ainsi que, dans l'industrie des matières colorantes, le problème des couleurs « stables » à la lumière est l'un des plus délicats à résoudre. Par contre, l'application des phénomènes photochimiques se répand dans de nombreux domaines, à commencer, bien entendu, par la photographie, tout en se poursuivant aujourd'hui par les synthèses photochimiques, industrielles (chloruration des gaz de pétrole entre autres) et l'« irradiation » de certains produits organiques (vitaminisation). Ainsi s'ouvre un nouveau champ d'action à la thérapeutique qui n'a pas dit son dernier mot.

La photochimie a pour objet l'étude des réactions chimiques provoquées par la lumière et par les radiations qui l'avoisinent dans le spectre, ultraviolettes et infrarouges. L'activité chimique n'est l'apanage d'aucune catégorie de radiations ; on sait, en effet, que les plaques photographiques peuvent être rendues sensibles tout à la fois aux rayons X, ultraviolets, lumineux ou infrarouges (1), soit qu'il y ait action directe sur le gélatinobromure d'argent, soit qu'une substance colorante serve d'intermédiaire.

Il importe, avant tout, de noter que la lumière agit indépendamment de toute élévation de température. On peut être frappé d'un coup de soleil, — véritable action photochimique — au printemps, alors que la température est peu élevée, et même dans les régions polaires. La lumière provoque d'ailleurs, quelquefois, des transformations que la chaleur est incapable de produire. Ainsi certains pigments blancs, utilisés en

peinture, les « lithopones », jouissent, quand on les a mal préparés, de la fâcheuse propriété de noircir à la lumière ; or, non seulement la chaleur ne saurait provoquer une telle altération, mais, bien au contraire, un lithopone noirci par la lumière retrouve, si on le chauffe, sa blancheur initiale.

La lumière agit chimiquement, suivant un mode qui lui est propre, tout comme la chaleur ou comme l'électricité. Il est possible d'en donner une représentation, grâce à nos connaissances les plus modernes sur la structure discontinue de la matière et de la lumière.

Molécules et photons

On sait comment les chimistes du XIX^e siècle ont imposé la notion de discontinuité de la matière, en donnant un sens expérimental au vieux concept métaphysique de l'atome. La continuité des choses n'est qu'apparence ; elles sont, en réalité, constituées par la juxtaposition de corpuscules élémentaires, les molécules. C'est à leurs

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 189, page 197.

molécules qu'il faut rapporter les propriétés chimiques des corps; ce sont les molécules qui sont les véritables « individus » chimiques. Elles résultent, le plus souvent, de l'assemblage de constituants plus simples, les atomes. Ainsi, dans la molécule d'oxygène se trouvent associés deux atomes d'oxygène; dans la molécule d'eau, deux atomes d'hydrogène et un atome d'oxygène; dans la molécule de saccharose, douze atomes de carbone, vingt-deux atomes d'hydrogène et onze atomes d'oxygène. On connaît des centaines de milliers de types de molécules, — et les possibilités de la synthèse organique en rend le nombre illimité — tandis qu'il n'existe guère plus de quatre-vingts types d'atomes véritablement différents pour le chimiste. Les réactions chimiques apparaissent ainsi comme des migrations d'atomes de molécules d'un certain type à des molécules d'un autre type.

On a réussi à dénombrer les molécules. Dans un molécule-gramme, c'est-à-dire dans 22.414 centimètres cubes de tout corps chimique à l'état gazeux parfait, à la température du zéro centésimal, sous la pression de 76 centimètres de mercure, il y en a $6,06 \times 10^{23}$, soit 27 milliards dans 1 millionième de millimètre cube. Ces molécules sont en perpétuel mouvement; douées des vitesses les plus variables, elles se heurtent les unes aux autres, en changeant de vitesse — donc d'énergie cinétique — à chaque rencontre, plusieurs millions de fois par seconde. Des lois régissent cette agitation thermique apparemment désordonnée. La proportion de molécules, dont l'énergie est comprise entre deux valeurs données, est à tout instant fixée statistiquement; elle ne dépend que de la température, et nullement de la pression ni de la nature chimique. On a représenté sur la figure 1 une courbe de répartition des énergies des molécules d'un gaz. Le maximum correspond à l'énergie cinétique la plus probable, un peu inférieure à la valeur moyenne de l'énergie des molécules. L'énergie cinétique moyenne d'une molécule d'un gaz quelconque, à 0°, est égale à $5,62 \times 10^{-14}$ ergs, ce qui fait 814 calories par molécule-gramme. L'énergie moyenne croît proportionnellement à la température absolue

(température en degrés centésimaux augmentée de 273); elle est de 18.700 calories à 6.000°, température approximative du soleil.

La lumière, comme la matière, possède une structure discontinue. Elle est constituée par des corpuscules se déplaçant à la vitesse considérable de 300.000 kilomètres par seconde dans le vide. Ces corpuscules, ou photons, sont, comme les molécules, porteurs des énergies les plus diverses, mais, ici, les variations d'énergie se traduisent par des variations, non de la vitesse qui est constante, mais de la fréquence de l'onde vibratoire qui leur est associée, comme à tout corpuscule en mouvement, selon les conceptions de la mécanique ondulatoire (1). L'énergie

d'un photon est égale au produit de la fréquence par la constante dite de Planck, égale à $6,55 \times 10^{-27}$ ergs, la fréquence étant égale au quotient de la vitesse par la longueur d'onde. On peut donc parler de la fréquence d'un photon, de sa longueur d'onde et, plus communément, de sa « couleur ».

On ne peut concevoir de lumière sans corps matériel qui la produise. On sait que toute substance émet des photons, par le phénomène dit du rayonnement thermique, en nombre d'autant plus grand que la température est plus élevée. Il est

ainsi émis des photons de toutes les fréquences et, tout comme les énergies des molécules des gaz parfaits, les énergies de ces photons sont soumises à des lois. La loi de répartition de l'énergie des photons est la même que la loi de répartition de l'énergie des molécules, tout au moins dans le cas de ce que les physiciens appellent le « corps noir », ou radiateur parfait. La courbe de la figure 1 est donc valable aussi pour les photons, à la même température. Seules, les échelles diffèrent. Somme toute, la lumière se comporte comme un gaz; d'ailleurs, comme les gaz, elle exerce une pression, très faible il est vrai.

L'énergie moyenne des photons émis à 0° par les radiateurs parfaits est donc égale à $5,62 \times 10^{-14}$ ergs, comme pour les molécules des gaz parfaits; cela fait 814 calories pour $6,06 \times 10^{23}$ photons, ce que l'on peut appeler une molécule-gramme du gaz lumière. Une telle énergie correspond à une

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 191, page 369.

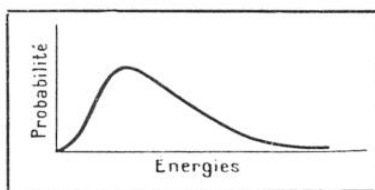


FIG. 1. — DISTRIBUTION DES ÉNERGIES DES MOLECULES D'UN GAZ PARFAIT

On a porté en abscisses les énergies et en ordonnées la probabilité pour les molécules de posséder l'énergie correspondante. La même courbe est valable aussi pour les énergies des photons émis, à la même température, par le corps noir ou radiateur parfait.

longueur d'onde d'environ 35 microns (1), assez loin dans l'infrarouge. Les photons « visibles » n'apparaissent en quantité notable que dans le rayonnement des corps chauffés au delà du rouge sombre, au-dessus de 400 à 500°. A la température du soleil, l'énergie moyenne des photons émis correspond à une longueur d'onde de 1,5 micron, encore dans l'infrarouge. Il faudrait dépasser 10.000° pour que les photons « moyens » soient rouges et 20.000° pour qu'ils soient ultraviolets. Nos sources usuelles de lumière, en particulier les lampes à incandescence, émettent donc surtout des photons infrarouges et peu de photons ultraviolets ; ce ne sont du reste pas des radiateurs parfaits.

Si les corps qui nous entourent émettent de la lumière, visible ou invisible, ils peuvent aussi absorber la lumière qui vient les frapper.

La lumière ne peut agir chimiquement que si elle est absorbée

L'absorption de la lumière est un phénomène général, qui consiste en la disparition des photons lors de leurs rencontres avec les molécules. C'est à lui qu'est due la coloration des corps, un corps ne paraissant coloré que s'il absorbe des photons visibles. Une substance donnée n'absorbe que des photons de fréquences déterminées, suivant des proportions qu'on peut chiffrer au moyen de coefficients, de telle sorte que si l'on fait traverser de la matière par un faisceau de lumière comprenant des photons de toutes les fréquences, on constate qu'à la sortie les photons ont plus ou moins disparu selon leur fréquence. Pour cela, il suffit d'observer, au moyen d'un spectroscope, le spectre de la lumière après passage à travers la substance en question, et que l'on appelle spectre d'absorption. On voit, par exemple, sur la figure 2, le spectre d'absorption d'une solution d'ergostérol dans l'alcool. Il n'est pas deux substances qui absorbent exactement de la même manière ; chaque corps peut donc être caractérisé par son spectre d'absorption. Aussi s'est-on efforcé de rattacher les spectres d'absorption à la structure des molécules ; la lumière constitue un réactif de choix pour analyser les modes d'assemblage des atomes à l'intérieur des molécules.

L'absorption joue en photochimie un rôle fondamental, car les photons ne peuvent provoquer de transformations que dans les systèmes qui les absorbent. L'action sélective des photons se rattache ainsi à leur absorp-

tion sélective ; l'étude de l'absorption des corps s'impose en photochimie et doit précéder toute recherche.

Il est remarquable que certains corps, qui demeurent inchangés en présence de photons qu'ils n'absorbent pas, peuvent y devenir sensibles par adjonction de substances absorbantes. Ces substances, dites « photosensibilisatrices », restent inaltérées au cours des réactions que leur présence autorise. C'est ainsi que les plaques photographiques ordinaires ne sont guère impressionnées que par les photons bleus, violets et ultraviolets ; en ajoutant à l'émulsion des colorants convenables, on peut les rendre sensibles au vert, au jaune, au rouge et même à l'infrarouge (1) ; si l'on superpose un certain nombre de sensibilisateurs, on obtient des plaques, dites « panchromatiques », presque également sensibles à tous les photons visibles.

On connaît beaucoup de réactions photosensibilisées par les corps les plus divers : chlore, brome, iode, sels de fer, oxyde de zinc, vapeur de mercure. Les sensibilisateurs peuvent même amener, dans la substance vivante, des transformations qui aboutissent à des lésions cellulaires extrêmement manifestes ou à la mort. Ainsi, certains protozoaires, tués rapidement par l'ultraviolet, sont insensibles à la lumière visible. Mais, si à la préparation vivement éclairée, on ajoute certains colorants, dénués en eux-mêmes de toxicité, on assiste en quelques secondes à l'arrêt des mouvements et à l'éclatement de la cellule. Ce phénomène n'existe pas seulement pour les organismes unicellulaires, mais aussi pour les animaux et pour l'homme. Un animal blanc, qui a reçu une injection d'éosine, présente, exposé à la lumière, des troubles graves pouvant aboutir à la mort. Cela peut s'observer encore chez les animaux qui ont ingéré certains végétaux, comme le millepertuis, contenant naturellement des substances sensibilisantes.

L'absorption, condition nécessaire, n'est pas suffisante

Que devient la lumière qui disparaît ? Que fait la matière des photons qu'elle absorbe ?

Le processus élémentaire de l'absorption consiste en la captation des photons par les molécules, une molécule ne pouvant capter à la fois qu'un photon, un photon ne pouvant être capté que par une seule molécule. Les énergies de la molécule et du photon s'ajoutent. De la sorte, l'énergie de la molécule qui absorbe un photon peut se trouver augmentée considérablement, puisque l'énergie

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 189, page 197.

des photons visibles dépasse 40.000 calories par molécule-gramme, et celle des photons ultraviolets 80.000. Par ces apports très importante d'énergie, les molécules peuvent être rendues aptes à des transformations chimiques.

En effet, l'étude profonde du mécanisme des réactions chimiques a appris qu'à un instant donné, la plupart des molécules d'un corps sont inaptes à réagir et que la réactivité chimique est le monopole de molécules privilégiées, dites molécules actives. Les molécules actives se distinguent par leur énergie, qui est supérieure à une valeur minimum, appelée énergie d'activation. Les énergies d'activation sont variables avec la nature des réactions chimiques. On les calcule par la connaissance de la variation avec la température des vitesses des réactions chimiques, et il est aisé de démontrer, à partir de la loi de répartition de l'énergie des molécules d'un

gaz, que la proportion des molécules, dont l'énergie dépasse à tout instant l'énergie d'activation, varie précisément avec la température comme la rapidité des réactions chimiques. Les énergies d'activation sont petites pour les réactions qui s'effectuent aisément dès la température ordinaire, grandes quand on ne les peut produire qu'à des températures élevées.

Dans les réactions chimiques ordinaires, c'est de l'agitation thermique que les molécules tirent leur énergie d'activation : au cours de leurs rencontres, où elles changent d'énergie, les molécules finissent par acquérir toutes, au bout d'un temps plus ou moins long, une énergie permettant leur activation. L'énergie d'activation peut aussi être fournie aux molécules par le rayonnement thermique, et toutes les réactions chimiques peuvent être considérées comme photochimiques dans la mesure où le rayonnement

thermique intervient pour les provoquer. Enfin, l'énergie qui se trouve libérée au cours d'un très grand nombre de réactions chimiques peut, elle aussi, contribuer à l'activation de molécules.

Dans les réactions photochimiques, c'est la lumière qui active les molécules ; mais l'absorption d'un photon par une molécule ne la transforme en molécule active que si l'énergie du photon est supérieure à l'énergie d'activation de la réaction chimique possible. L'absorption de la lumière, condition nécessaire des réactions photochimiques, n'est donc pas une condition suffisante. On

comprend aussitôt pourquoi peu de réactions photochimiques sont provoquées par les photons infrarouges, tandis que nombreuses sont celles dues aux photons visibles, et surtout aux photons ultraviolets. L'énergie des photons ultraviolets dépasse l'énergie d'activation du plus grand nombre des réactions chimiques, de telle sorte qu'il

est rare que l'absorption de l'ultraviolet ne s'accompagne de transformations chimiques.

Les sources de lumière qu'on utilise en photochimie

Pour être en mesure de provoquer des réactions photochimiques, il faut, avant tout, disposer de sources produisant en quantités notables des photons absorbables par les corps qu'on étudie et possédant des énergies suffisamment élevées.

Le problème est simple, tant qu'il s'agit de la lumière visible. Il y a la lumière du soleil et toutes les sources qui sont bien connues. Le difficile est d'accumuler beaucoup d'énergie lumineuse dans de faibles espaces.

Pour les radiations ultraviolettes, il y a encore le soleil ; mais les photons ultraviolets les plus riches en énergie qu'émet le soleil sont absorbés par l'atmosphère et ne parviennent pas jusqu'à nous. On est

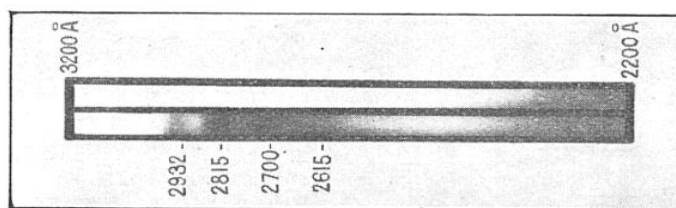


FIG. 2. — SPECTRE D'ABSORPTION DE L'ERGOSTÉROL

On voit, au-dessus, le spectre ultraviolet continu, s'étendant de la longueur d'onde 3.200 angströms (à gauche) jusqu'à 2.200 angströms (à droite), tel qu'il est produit par les tubes à hydrogène, dont il est question plus loin. Au-dessous, on constate qu'après avoir traversé une solution alcoolique d'ergostérol la lumière se trouve plus ou moins privée de photons de certaines fréquences. Il n'y a aucune absorption jusque vers 3.000 angströms, de même entre 2.500 et 2.400 angströms. L'absorption est, par contre, notable entre 3.000 et 2.500 angströms ; elle passe par des maxima et des minima délimitant quatre « bandes ». Les maxima d'absorption, qui correspondent aux régions les plus noires, ont lieu pour les longueurs d'onde 2.932, 2.815, 2.700, 2.615 angströms.

obligé, le plus souvent, d'avoir recours à des sources artificielles d'ultraviolets. Ce ne sont pas, comme la plupart des sources de lumière visible, des corps portés à l'incandescence, car il faudrait atteindre des températures considérables pour produire de l'ultraviolet en quantité notable. On s'adresse aux phénomènes électriques de la décharge, de l'arc ou de l'étincelle. On obtient des émissions continues, c'est-à-dire toute la gamme des photons ultraviolets, par des décharges dans des tubes contenant de l'hydrogène sous pression réduite, ou en faisant jaillir des étincelles dans de l'eau entre électrodes d'aluminium. Mais, le plus souvent, les émissions sont discontinues ; il n'y a production de photons ultraviolets que de certaines fréquences. C'est le cas des lampes à vapeur de mercure ou des étincelles condensées jaillissant entre électrodes de zinc, de nickel, de cadmium, de fer, etc.

Ce sont les lampes à vapeur de mercure en silice (quartz) qu'on utilise le plus communément ; la figure 3 représente un type de lampe à vapeur de mercure qui rend de grands services dans les laboratoires pour l'étude des réactions photochimiques. On peut aussi employer avantageusement l'arc au carbone, à la condition d'avoir minéralisé l'âme des charbons au moyen de sels métalliques appropriés. Les progrès de la technique, mettant à la disposition des chercheurs des sources toujours plus perfectionnées, ont contribué déjà notablement aux progrès de la photochimie et devront être encore étendus pour lui permettre de conquérir davantage le domaine des réalisations industrielles.

Dans l'utilisation de l'ultraviolet de grande fréquence, on est limité, non par les sources, mais par le manque de transparence des milieux. Déjà, le verre est opaque à l'ultraviolet de moyenne et de grande fréquences. Il faut opérer, le plus souvent, dans des récipients, soit en verres spéciaux, ou mieux en silice fondue. L'ultraviolet de très grande fréquence est lui-même absorbé non seulement par la silice, mais aussi par l'air et par l'eau. Il devient donc très difficile d'effectuer des recherches au delà d'une certaine fréquence. Pratiquement, on ne peut guère disposer de photons ultraviolets dont les énergies soient supérieures à 150.000 calories par molécule-gramme.

La lumière, agent de destruction

Les possibilités de la photochimie sont innombrables. Les réactions photochimiques

sont multiples et diverses, comme les réactions chimiques elles-mêmes. La lumière permet des transformations nouvelles, accélère des réactions déjà connues, aide à les orienter. Il n'est pas de substance dont il n'y ait intérêt à connaître les propriétés sous l'action de la lumière, visible ou ultraviolette.

Tous les corps sont susceptibles de subir des transformations photochimiques. Les corps composés, en particulier, sont tous plus ou moins détruits par les photons, d'énergie suffisante, qu'ils absorbent. On appelle *photolyses* ces décompositions photochimiques. Ainsi, l'eau est décomposée par l'ultraviolet de grande fréquence en hydrogène et eau oxygénée. La photolyse du gaz chlorhydrique donne de l'hydrogène et du chlore ; celle de l'hydrogène sulfuré, de l'hydrogène et du soufre ; celle du gaz ammoniac, de l'hydrogène et de l'azote. Parmi les corps solides, l'exemple le plus célèbre est celui de la décomposition des sels d'argent, base de la photographie. Dans le domaine de la chimie organique, les décompositions connues sont innombrables. Par exemple, l'alcool ordinaire libère de l'hydrogène, de l'éthane, de l'oxyde de carbone ; l'acétone, solvant usuel des vernis, se dissocie en éthane et oxyde de carbone.

La lumière apparaît ainsi comme un agent universel de destruction, agent d'autant plus dangereux qu'il reçoit souvent le renfort d'alliés redoutables, comme l'oxygène de l'air et l'humidité. Bien des corps ne subissent, en présence de lumière seule, que des décompositions relativement peu importantes, mais ils sont rapidement détruits sous l'action combinée de la lumière et d'un agent atmosphérique. Il est donc heureux que la lumière solaire se trouve débarrassée par l'atmosphère de ses photons ultraviolets de grande fréquence, sinon presque tous les corps seraient détruits à la surface du globe et la vie aurait été impossible.

Du point de vue scientifique, l'étude des photolyses présente un grand intérêt, car la connaissance des produits de destruction peut fournir des renseignements précieux sur la constitution des corps, sur les relations entre atomes à l'intérieur des molécules.

Les réactions de décomposition photochimique jouent, dans la pratique, un rôle considérable, puisque la plupart des produits industriels et agricoles demeurent presque constamment soumis à l'action de la lumière. L'étude des altérations photochimiques présente, pour le technicien, ce

premier intérêt qu'elle le met davantage en mesure de les éviter.

Au premier rang, parmi les plus sensibles, figurent les substances colorées, sur lesquelles sont susceptibles d'agir non seulement la lumière ultraviolette, mais aussi la lumière visible. C'est un problème pratique de particulière importance que celui qui concerne la stabilité à la lumière des matières colorantes, des pigments, des teintures et des peintures.

La stabilité des matières colorantes à la lumière est chose éminemment complexe. Elle ne dépend pas seulement de la nature chimique du colorant, mais aussi des conditions d'emploi. Une légère modification dans un procédé de teinture suffit à provoquer des différences marquées dans les résultats. La nature de la fibre joue également un rôle important : un colorant très stable sur coton peut être très fragile sur laine ou sur soie. De plus, la lumière agit aussi sur les fibres, comme le démontre un fait bien connu des praticiens de la teinture, et qu'ils désignent assez improprement sous le nom de « frappe d'air ». Un tissu, insolé de façon inégale en ses différentes parties, se teint ensuite irrégulièrement, de façon beaucoup plus intense aux endroits les plus éclairés.

La connaissance des modalités de l'action des radiations sur les colorants et sur les fibres doit avoir pour résultat l'obtention de teintures stables à la lumière. Malheureusement, on n'a pas encore trouvé de solution générale. Sans doute, l'addition de produits stabilisateurs se révèle parfois efficace, mais le plus sûr est encore de choisir les colorants les plus stables à la lumière de par leur constitution chimique.

L'action de la lumière dans la chimie des matières colorantes n'est pas toujours nuisible, et l'on a pu en tirer parti. Elle peut, en effet, s'accompagner parfois de la production de couleurs, et l'on a proposé de raviver photochimiquement des couleurs imprimées sur tissus, pour rectifier des nuances ne cor-

respondant pas aux teintes désirées. La production de couleurs par l'intermédiaire de réactions photochimiques est utilisée dans la reproduction sur papier des dessins industriels par les procédés dits de diazotypie. On a aussi envisagé, bien qu'encore peu réalisée, l'impression photographique sur tissus par les procédés dits de « phototeinture ».

La décoloration des substances colorées par la lumière est utilisée dans les procédés de blanchiment photochimique. Ainsi, le blanchiment des toiles et des cotonnades a, de tout temps, été effectué sous l'action de la lumière solaire. On peut avoir recours à

l'intervention de puissants arcs au mercure, combinée à l'emploi d'agents chimiques. Les huiles végétales peuvent être décolorées sous l'action de la lumière solaire, en particulier les huiles de lin très fines destinées aux artistes peintres. Il serait, en général, dangereux d'appliquer la décoloration photochimique aux matières grasses alimentaires, car elle risquerait de s'accompagner d'un rancissement. Mais il n'est pas de meilleur procédé pour

blanchir la cire d'abeille que de l'exposer à la lumière.

Bien que beaucoup plus stables que les matières colorantes, les pigments minéraux utilisés en peinture peuvent aussi subir des transformations dangereuses. Nous avons indiqué au début le cas des lithopones; on en pourrait citer d'autres. D'ailleurs, la présence d'huile peut entraîner l'altération photochimique de pigments relativement stables en son absence, comme le blanc de plomb, le blanc de zinc, le minium.

La sensibilité à la lumière de tant de produits oblige souvent à procéder avant leur emploi à des essais rapides de stabilité. On utilise habituellement les lampes à vapeur de mercure pour accélérer l'altération photochimique des peintures, vernis, teintures, impressions, papiers, étoffes, encres, caoutchouc, produits pharmaceutiques, etc. De tels essais n'ont qu'une valeur indicative, parce que effectuées dans des conditions

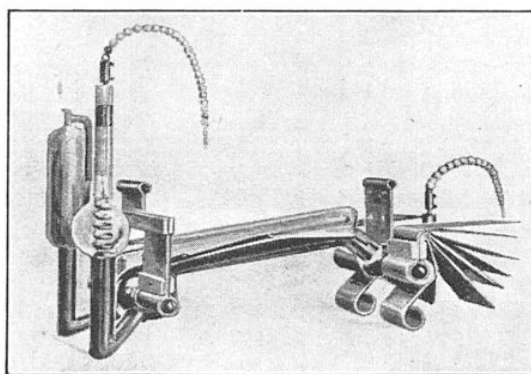


FIG. 3. — LAMPE A VAPEUR DE MERCURE EN SILICE, TYPE « HENRI GEORGE »

Cette lampe, qui fonctionne sur le courant continu, se caractérise par son allumage automatique, qui présente, sur les systèmes à basculement, l'avantage d'une grande sécurité d'emploi.

différentes de celles qui sont réalisées dans la pratique ; en particulier, la lampe à vapeur de mercure émet des photons de grande fréquence, qu'on ne rencontre pas dans la lumière solaire.

L'application de beaucoup la plus importante des décompositions photochimiques est la photographie. Par elle, la photochimie possède à son actif une des découvertes fondamentales de la science moderne. Un art nouveau lui est dû : la cinématographie. La plaque photographique constitue l'un des plus puissants moyens d'étude de la lumière même, et la physique contemporaine lui doit des acquisitions essentielles.

On peut mentionner quelques autres applications, considérablement plus modestes, des décompositions photochimiques. La dessiccation des vernis est accélérée par la lumière, et l'emploi de l'ultraviolet est recommandé pour l'obtention du cuir verni. On peut purifier photochimiquement certains solvants, par exemple ceux qui contiennent des combinaisons métalliques, comme le fer carbonylé, que la lumière détruit ; on peut aussi désulfurer les benzines. On a suggéré de dénicotiner le tabac par emploi de sources puissantes de lumière. Il faut enfin signaler qu'on stérilise les eaux potables, et même l'air, par l'ultraviolet ; les bactéries nuisibles sont détruites soit par action directe des photons, soit par l'intermédiaire de l'ozone produit photochimiquement à partir de l'oxygène.

La lumière, agent de synthèse

La lumière n'est pas seulement un agent de destruction, c'est aussi un agent de synthèse. Quand on éclaire un mélange de plusieurs corps, dont l'un au moins absorbe, il peut se produire les réactions chimiques les plus diverses, qui, souvent, n'auraient pas eu lieu dans l'obscurité, ou beaucoup plus lentement. Des corps nouveaux peuvent aussi prendre naissance, comme aussi, plus simplement, à partir d'un seul corps, par des réactions d'isomérisation (déplacements d'atomes à l'intérieur des molécules) ou de polymérisation (réunion de plusieurs molécules en une seule).

Il est remarquable que la lumière peut créer les mêmes corps qu'elle détruit. L'ultraviolet transforme l'oxygène en ozone et refait de l'oxygène à partir de l'ozone. La lumière provoque la décomposition du gaz chlorhydrique, mais en permet plus aisément la synthèse à partir du chlore et de l'hydrogène.

Dans quel cas y a-t-il décomposition ? Dans quels cas y a-t-il synthèse ? La compo-

sition de la lumière employée a une influence déterminante. En principe, le corps est décomposé quand on l'éclaire au moyen de photons qu'il absorbe ; on en fait la synthèse quand les photons sont absorbés par les produits à partir desquels on veut le préparer. Aussi, pour réaliser des synthèses photochimiques dans les meilleures conditions, il importe de disposer des seuls photons qui provoquent la synthèse et d'éliminer ceux qui provoquent la décomposition. Comme les sources usuelles produisent des photons des fréquences les plus diverses, on est conduit à sélectionner les photons. Le meilleur moyen d'éliminer les photons nuisibles est de les absorber par passage à travers des corps appropriés, gaz, solutions, verres, qui jouent le rôle d'écrans et ont reçu le nom de « filtres de lumière ».

L'orientation des réactions chimiques possibles par la sélection des radiations constitue l'un des caractères spécifiques les plus importants des transformations photochimiques. Elle peut permettre de s'arrêter à des stades intermédiaires, difficilement saisissables par les méthodes chimiques usuelles, de telle sorte qu'il y a des corps qu'on ne sait préparer que par voie photochimique.

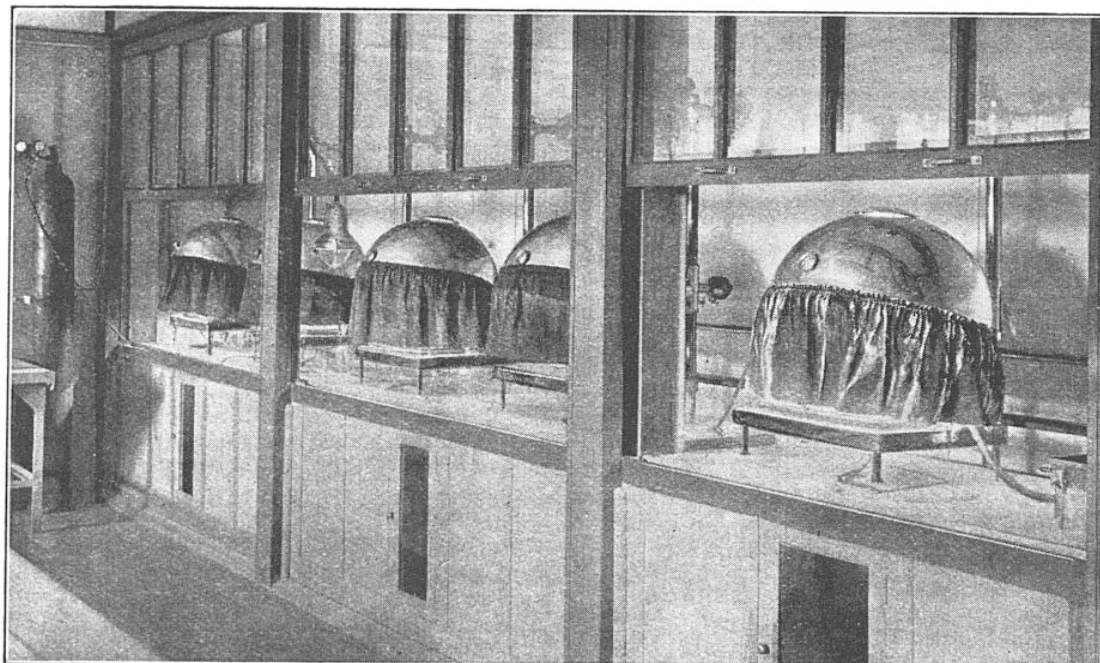
Malgré tout, les problèmes que pose la synthèse photochimique sont complexes et difficiles à résoudre. Aussi, elle n'a reçu encore qu'un petit nombre d'applications. Mais la raison essentielle est que l'obtention de quantités importantes de produits nécessiterait des installations encombrantes et coûteuses. L'énergie lumineuse, aussi bien artificielle que naturelle, est trop diluée ; il faudrait pouvoir produire du « gaz lumière » sous forte pression. La majeure partie des photons produits par les sources n'est pas même utilisée, du fait qu'ils ne sont pas absorbés. En conséquence, les procédés photochimiques ne peuvent, en général, entrer en concurrence avec les autres ; en particulier, le développement des méthodes catalytiques est venu entraver celui des méthodes photochimiques.

Cependant, la synthèse photochimique peut quelquefois se montrer avantageuse. Elle acquiert un intérêt exceptionnel quand elle est la seule à permettre la préparation des composés, comme c'est le cas pour la vitamine D.

Les vitamines sont, comme on sait, des principes organiques qui n'interviennent dans les phénomènes biochimiques qu'à doses extrêmement petites, mais sont cependant indispensables à la vie de l'homme et de l'animal. Les principales sont : la vita-

mine liposoluble de croissance ou vitamine *A*, la vitamine antirachitique ou vitamine *D*, la vitamine antinévritique ou vitamine *B1*, la vitamine antiscorbutique ou vitamine *C*. La composition chimique de certaines est assez bien connue. Ainsi, la vitamine *A* est le carotène, ou plutôt une substance apparentée au carotène, matière colorante qui donne sa couleur à la racine de carotte. La vitamine *D* est un stérol isomère de l'ergostérol, de formule brute $C^{27}H^{42}O$, et se pro-

La préparation de la vitamine *D* est délicate. Il importe d'éclairer l'ergostérol, à l'abri de l'oxygène, avec des photons de fréquence convenables et de ne pas prolonger trop longtemps l'irradiation, afin d'obtenir les meilleurs rendements possibles et d'éviter la production d'autres composés à action toxique. L'intérêt de cette méthode est accru par le fait que de très petites quantités de vitamine *D* suffisent à la production d'effets curatifs. La figure ci-dessous repré-



(Photographie fournie par les Etablissements Byla.)

FIG. 4. — SALLE D'IRRADIATION DE L'ERGOSTÉROL POUR L'OBTENTION DE LA VITAMINE *D*

duit aux dépens de celui-ci par action de l'ultraviolet.

L'histoire de la découverte et de l'isolement de la vitamine *D* est curieuse. Au rachitisme, on connaissait deux remèdes, l'huile de foie de morue et la cure solaire. On reconnut que la substance active de l'huile de foie de morue est un stérol ; puis on s'aperçut que certaines substances naturelles, inactives ou peu actives, comme le lait, la levure, l'huile d'olive, l'huile d'arachide, pouvaient être rendues antirachitiques ou plus fortement antirachitiques, en les soumettant à l'action de la lumière ultraviolette. On fut donc conduit à chercher quel stérol est activable par irradiation ; seul, l'ergostérol, extrait de l'ergot de seigle ou de la levure de bière, jouit de cette propriété. L'ergostérol s'isomérisé par irradiation en vitamine *D*.

sente une salle d'irradiation de l'ergostérol.

De même, le développement de la radiothérapie par la lumière ultraviolette, visible ou infrarouge peut être dû à l'action bien-faisante de substances produites en très petites quantités dans le corps par voie photochimique, comme aussi certains l'attribuent en partie à la destruction d'éléments nocifs. On sait, en tout cas, combien sont importants les effets de la lumière ultraviolette sur la peau, sur le sang ; la radiothérapie s'est incontestablement révélée efficace dans le traitement du rachitisme, de la tétanie, de la spasmophilie, dans de nombreux cas de déficiences, dans la pathologie chirurgicale. C'est, toutefois, une arme dangereuse que les médecins ne manipulent qu'avec prudence, car il arrive qu'elle soit contre-indiquée.

On peut, de façon générale, songer à employer utilement les procédés de synthèses photochimique, toutes les fois qu'il ne s'agit que de transformer de petites quantités de matières. Tel est le cas pour le vieillissement artificiel des liqueurs et des spiritueux, où l'ultraviolet peut provoquer une amélioration du goût sans grands frais. De même, l'odeur des parfums peut être modifiée avantageusement par l'irradiation.

Mais la réaction de synthèse photochimique la plus importante est la synthèse des hydrates de carbone, ou glucides, par les plantes. L'étude de cette réaction est pour l'humanité d'intérêt capital, puisque c'est à la nutrition carbonée des plantes sous l'action du soleil que nous devons notre propre nourriture, et aussi la formation des houilles et peut-être des pétroles aux âges géologiques. Malheureusement, malgré le nombre considérable des travaux déjà effectués, tant au XIX^e siècle que dans ces dernières années, on ne sait encore que bien peu de choses. C'est à peine si l'on est en mesure de répondre aux deux questions principales qui se posent : quelles transformations subit l'anhydride carbonique absorbé par la plante ? Quel est le rôle dévolu à la lumière ?

La fixation du gaz carbonique par les plantes vertes sous l'action de la lumière, s'accompagne d'un dégagement en volume égal d'oxygène. En même temps, des composés chimiques nouveaux apparaissent dans la plante. Il doit se former d'abord des glucides simples, du type des sucres, comme le glucose et le fructose, à partir desquels les plantes constituent des hydrates de carbone plus complexes : amidon, gommes, celluloses, matières de réserve et soutien.

Cette transformation du gaz carbonique exige l'intervention de la lumière ; cependant la lumière solaire n'est pas absorbée par le gaz carbonique, mais par un pigment vert des feuilles, la chlorophylle. L'assimilation du carbone apparaît donc comme une réaction photochimique indirecte, où la chlorophylle joue apparemment le rôle de sensibilisateur. Si, comme il a été vu plus haut, on connaît beaucoup de réactions photochimiques sensibilisées, le mode d'action exact des sensibilisateurs n'est pas toujours connu ; ils n'agissent pas tous de la même manière et le rôle joué par la chlorophylle n'est pas encore complètement élucidé.

Le processus de l'assimilation chlorophyllienne est, en réalité, très complexe et ne fait pas intervenir seulement des réactions

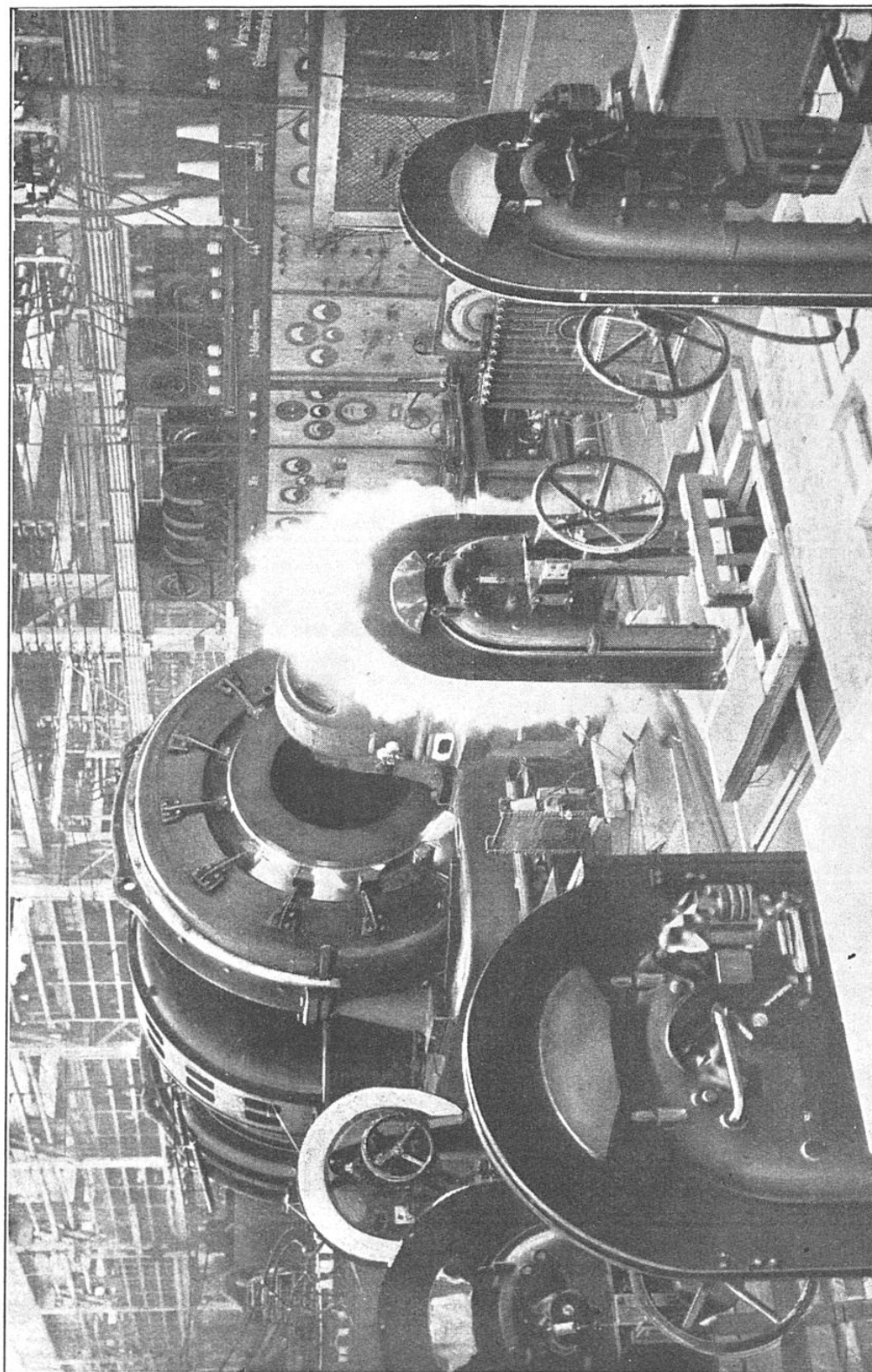
photochimiques. Des réactions biochimiques se produisent, dues à des facteurs protoplasmiques. Les actions de surface doivent jouer aussi un rôle prépondérant ; il semble, en effet, qu'on puisse préparer des sucres au laboratoire à partir d'anhydride carbonique, en l'absence de substance vivante, sous l'action de la lumière visible, tout comme dans les plantes, en opérant en présence de poudres colorées, telles le carbonate de nickel ; ces poudres fonctionnent comme photosensibilisateurs, mais elles semblent agir aussi en activant au préalable l'anhydride carbonique, par des actions de surface, lors du phénomène d'adsorption.

On peut encore réaliser au laboratoire la synthèse photochimique des sucres, en soumettant le formol à l'ultraviolet. Le formol peut, à son tour, être produit par voie photochimique en soumettant à l'ultraviolet un mélange d'oxyde de carbone et d'hydrogène, ou le gaz à l'eau, en présence de vapeur de mercure qui intervient comme stabilisateur. Ces expériences n'appartiennent pour l'instant qu'au domaine du laboratoire, bien qu'elles aient donné lieu à un certain nombre de brevets.

Ce ne sont pas, en vérité, les brevets de synthèses photochimiques qui manquent. On a, entre autres, revendiqué la fabrication photochimique de matières plastiques à partir de l'isoprène, du chlorure ou de l'acétate de vinyle. Surtout, on a espéré tirer parti de l'action du chlore sur les carbures pour préparer industriellement des dérivés chlorés avec le secours de la lumière ultraviolette, ou même visible ; la chloruration du toluène a même été utilisée comme point de départ de la fabrication de l'alcool benzylique, des aldéhydes et acides benzoïques. Il paraît que la chloruration photochimique des gaz des pétroles américains pourrait présenter un intérêt pratique et permettre la fabrication de solvants chlorés. On voit par là combien de réalisations seraient permises, si les deux difficultés fondamentales du coût et de l'encombrement de l'énergie lumineuse étaient levées.

Malgré tout, la photochimie, dans son état actuel, n'est pas riche que de promesses. On lui doit beaucoup déjà, tant dans le domaine des applications que dans celui de la spéculation théorique. C'est un chapitre fondamental de la science que celui de la chimie de la lumière.

GUY EMSCHWILLER.



VOICI LES NOUVEAUX ET PUISSANTS DISJONCTEURS PROTÉGÉANT LES CENTRALES ÉLECTRIQUES CONTRE LES SURINTENSITÉS DE COURANT. On procède ici à l'essai d'un disjoncteur ultra-rapide destiné à couper un courant de 45.000 ampères à 3.000 volts. La forte flamme autour du disjoncteur permet de se faire une idée de l'importance de l'arc, qui doit être « étouffé », très rapidement pour éviter détérioration et danger dans l'installation.

APRÈS LES DISJONCTEURS DANS L'HUILE, VOICI DE NOUVEAUX DISJONCTEURS SANS HUILE

Est-ce un progrès en électrotechnique
pour assurer la sécurité ?

Par Jean KLONINGER

INGÉNIEUR A LA SOCIÉTÉ BROWN-BOVERI

La minuscule étincelle qui se produit à l'ouverture d'un commutateur d'installation électrique domestique ne dure qu'un temps relativement minime. Mais elle se transforme en un arc intense et de plus grande durée lorsqu'il s'agit de couper des courants d'une intensité de plusieurs milliers d'ampères sous une tension de plusieurs milliers de volts. Alors, un tel arc brûle les contacts, prolonge le passage du courant au moment même où il devrait être interrompu et tout cela ne se produit pas sans danger. Il importe donc de l'éteindre le plus rapidement possible. On utilise généralement dans ce but des appareils appelés disjoncteurs baignant dans l'huile, celle-ci jouant le rôle d'isolant entre les contacts dès leur séparation. Or, récemment, on vient de réaliser de nombreux dispositifs encore plus perfectionnés dont l'intérêt a retenu toute l'attention du dernier Congrès International des Electriciens (1). On a, en effet, utilisé dans ces appareils l'eau pure, voire même l'air comprimé, pour obtenir le même résultat qu'avec l'huile. A cette occasion, nous exposons ici comment fonctionnent les différents types de disjoncteurs modernes, leurs avantages, leurs inconvénients, sous la signature de l'un des ingénieurs les plus qualifiés, dont le nom fait autorité dans l'électrotechnique internationale.

Comment éteindre l'arc électrique ?

L'ARC électrique a été décrit déjà plusieurs fois dans cette revue, entre autres dans le n° 181, de juillet 1932. Il s'agissait alors de l'arc se produisant dans la soupape à vapeur de mercure, mais l'arc qui s'établit dans les disjoncteurs n'en diffère que par certains détails. Il y a toujours, dans un arc, passage d'électrons de la cathode vers l'anode, ces électrons constituant le courant électrique proprement dit, et formation d'ions, c'est-à-dire de particules de matière ionisées ; ces ions servent d'échelons, facilitent le passage du courant électronique, en diminuant la résistance diélectrique entre la cathode et l'anode et, par conséquent, la tension nécessaire pour faire jaillir l'arc entre les électrodes.

Il en est de même de l'arc qui s'établit dans le disjoncteur au moment de la séparation des contacts. La vapeur de métal, provenant des contacts chauffés par l'arc, contribue d'autant plus à l'ionisation que la différence de potentiel nécessaire pour

produire l'ionisation est d'environ de moitié plus faible dans les vapeurs métalliques que, par exemple, dans l'hydrogène, l'oxygène ou l'azote. Dans le disjoncteur qui emploie l'huile comme agent diélectrique, les gaz qui se forment entre les contacts, sous l'effet de la chaleur intense développée par l'arc, sont tout d'abord de l'huile vaporisée, puis des hydrocarbures plus ou moins complexes, comme le méthane, et enfin de l'hydrogène. Dans le disjoncteur qui emploie de l'eau comme liquide extincteur, il se forme bien entendu de la vapeur d'eau, puis de l'hydrogène et de l'oxygène. Dans les disjoncteurs à air comprimé, il n'y a, en dehors des vapeurs métalliques provenant des électrodes, pratiquement que de l'oxygène et de l'azote. Tous ces différents gaz, plus ou moins ionisés, constituent le milieu à faible résistance diélectrique dans lequel l'arc est maintenu par le courant électrique qui passe entre les contacts.

S'il s'agissait d'un courant continu, il serait presque impossible d'interrompre l'arc de la façon employée dans les disjoncteurs actuels pour courant alternatif. En effet,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 198, page 463.

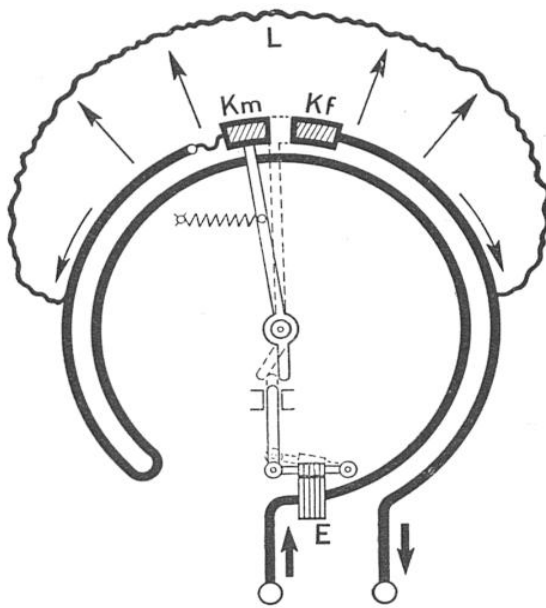


FIG. 1. — PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT D'UN DISJONCTEUR ULTRA-RAPIDE POUR COURANT CONTINU

Sous l'effet d'une surintensité, l'électroaimant E provoque le déclenchement du disjoncteur et la séparation du contact fixe Kf et du contact mobile Km. L'arc L jaillit entre les contacts ; le soufflage magnétique provenant du noyau de fer aimanté par le circuit indiqué en trait plein étire l'arc dont les points d'amorçage se déplacent en s'écartant. L'extinction se fait en $1/100^{\text{e}}$ de seconde environ.

pour que l'arc à courant continu puisse s'éteindre, il est nécessaire d'en augmenter considérablement la résistance en l'étirant, ce qui se fait le plus souvent au moyen d'un soufflage magnétique intense ; on obtient ainsi une réduction progressive du courant qui, lorsqu'il est suffisamment diminué, ne peut plus maintenir l'arc. Le disjoncteur ultra-rapide, avec soufflage magnétique, peut, de cette façon, couper des arcs à courant continu de plusieurs dizaines de milliers d'ampères en un temps extrêmement court (environ $1/100^{\text{e}}$ de seconde). Il ne s'agit toutefois que de tensions moyennes de l'ordre de quelques milliers de volts.

L'interruption du courant alternatif est beaucoup plus facile :

on emploie couramment des appareils qui peuvent couper pratiquement n'importe quelle intensité de courant intervenant en exploitation, même en cas de court-circuit, et ceci sous des tensions atteignant 220.000 volts par exemple.

En effet, on ne peut même pas dire que le disjoncteur coupe le courant alternatif, car celui-ci s'interrompt de lui-même dès que son intensité passe par 0, c'est-à-dire à la fin de chaque alternance. A ce moment, l'arc établi entre les contacts du disjoncteur s'éteint et tout le rôle du disjoncteur consiste à en empêcher le réamorçage. Ce rôle n'est toutefois pas si facile à remplir qu'il paraîtrait à première vue ; en effet, nous avons vu que la gaine gazeuse dans laquelle l'arc brûlait était très fortement ionisée, par suite du dégagement intense de chaleur dans l'arc, et que, par conséquent, sa résistance diélectrique était faible, de sorte que la tension qui est rétablie aux bornes du disjoncteur, dès que le courant a passé par 0, suffit à percer la gaine gazeuse et à réamorcer l'arc.

Pour empêcher ce percement, il faut d'abord maintenir aussi faible que possible le degré d'ionisation de la gaine en évacuant, au fur et à mesure de sa production, la chaleur dégagée par l'arc. Il faut ensuite procéder à une désionisation rapide et énergique

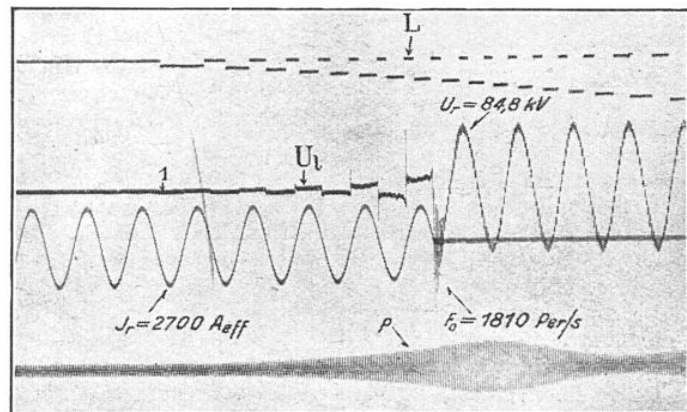


FIG. 2. — OSCILLOGRAMME DE LA COUPURE D'UN COURT-CIRCUIT AU MOYEN D'UN DISJONCTEUR DANS L'HUILE

Le courant de court-circuit J_r est de 2.700 ampères, la tension rétablie de 84.800 volts. On voit, à partir de la séparation des contacts, en 1, la tension de l'arc qui s'amorce au commencement de chaque alternance. La résistance de l'arc augmentant, sa tension ne croît pas également ; mais ce n'est qu'après dix alternances que l'arc est définitivement interrompu, les conditions étant particulièrement défavorables par suite de la fréquence propre très élevée du circuit ($F_0 = 1.810$ périodes-seconde). En P, on a enregistré la pression à l'intérieur de la cuve et en L la distance croissante entre contacts.

de la gaine gazeuse, afin d'en augmenter la rigidité diélectrique assez tôt pour que l'arc ne puisse plus être réamorçé, la tension rétablie étant alors insuffisante pour le percement.

Dans la plupart des disjoncteurs, ce rétablissement de la rigidité diélectrique ne se fera pas assez rapidement pour empêcher un ou deux réamorçages, et ce n'est qu'au bout de quelques alternances, ayant correspondu chacune à un nouveau réamorçage d'arc, que la distance entre contacts aura augmenté suffisamment pour que la résistance diélectrique entre les contacts se soit suffisamment accrue pour en empêcher le percement et le rétablissement de l'arc.

On a tout intérêt à réduire autant que possible la durée totale de l'arc, c'est-à-dire le nombre de réamorçages consécutifs avant l'extinction définitive. En effet, non seulement la chaleur dégagée pendant la durée de l'arc brûle les contacts qu'il faudra remplacer

d'autant plus souvent, mais encore dans les disjoncteurs à huile, la carbonisation de celle-ci est d'autant plus intense que la durée de l'arc a été plus grande. Ceci nécessite un filtrage et même un remplacement d'autant plus fréquents de l'huile que l'extinction de l'arc a été moins rapide. Ce qui, toutefois, est beaucoup plus sérieux que toutes ces considérations, c'est la quantité de gaz produits, qui augmente considérablement avec la durée de l'arc et entraîne une augmentation rapide de la pression dans la cuve et des sollicitations qui en résultent. Toutes autres choses restant les mêmes, le disjoncteur devra donc être d'autant plus grand et plus solide et, par conséquent, plus cher, que la durée de l'arc sera plus grande.

Le problème technique et économique consiste donc à construire un disjoncteur éteignant l'arc après un nombre aussi faible que possible d'alternances, et ceci sans dispositifs coûteux ou complexes qui auraient d'autres désavantages au point de vue de l'exploitation. Le problème technique du disjoncteur est un problème de désionisation, c'est-à-dire d'élimination rapide des ions par refroidissement et balayage.

Placé sous cet angle, ce problème se sim-

plifie ; on verra qu'un liquide extingueur sera d'autant plus apte qu'il provoquera, par vaporisation ou par convection thermique, un refroidissement plus intense de la gaine. L'huile et l'eau, liquides si différents au point de vue électrique, sont, en ce qui concerne la désionisation, toutes les deux excellentes ; l'huile ayant toutefois l'avantage d'être un diélectrique parfait à l'état liquide et de simplifier la construction

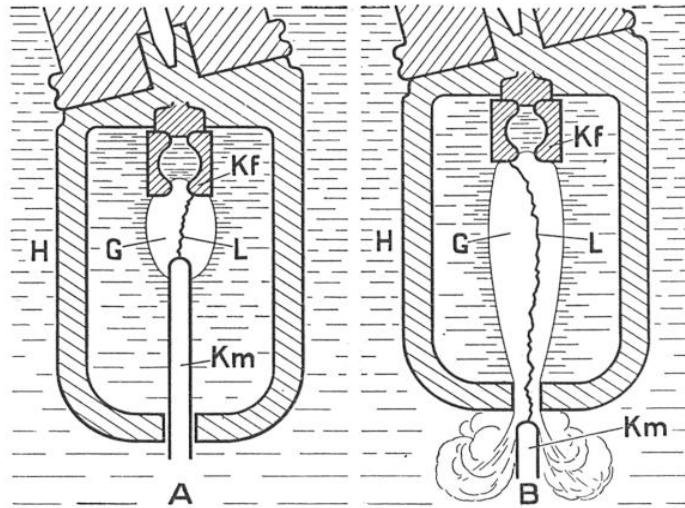


FIG. 3. — PRINCIPE DE LA CHAMBRE D'EXTINCTION DE L'ARC

La figure A montre le contact mobile Km venant de quitter le contact fixe Kf. Un arc L est amorcé, créant la bulle gazeuse G qui ne peut pas s'étendre et cause une augmentation de la pression dans la chambre d'extinction pleine d'huile et placée elle-même dans la cuve H du disjoncteur pleine d'huile également. En B, le contact mobile a quitté la chambre d'extinction, et les gaz comprimés dans la chambre s'échappent, provoquant un balayage et une désionisation intense de l'arc qui s'éteint, s'il ne l'a pas déjà fait avant.

du disjoncteur, puisque, dans la position ouverte, il suffira d'un certain espace entre les contacts placés dans l'huile pour que l'arc ne puisse jaillir. Lorsqu'on emploie l'eau, par contre, il est indispensable de ménager hors de l'eau un espace isolant, dans l'air par exemple, qui maintiendra l'isolation nécessaire entre les contacts ouverts. L'eau est excellente pour la désionisation, mais présente une rigidité diélectrique beaucoup trop faible à l'état liquide pour qu'une simple séparation des contacts sous l'eau empêche le rétablissement de l'arc, lorsque la tension normale existe entre les contacts ouverts. Telles sont les données principales du problème de l'établissement de disjoncteurs puissants et rapides.

Le disjoncteur dans l'huile

Le disjoncteur dans l'huile est employé depuis déjà près de quarante ans. Il représente encore, aujourd'hui, le disjoncteur le plus simple pour les tensions moyennes et le plus sûr pour les tensions très élevées. En effet, pour les tensions moyennes, il suffit de séparer sous l'huile les contacts à une vitesse et à une distance suffisantes pour obtenir l'interruption rapide de courants de court-circuit extrêmement élevés. Pour les très hautes tensions, l'huile, dont la rigidité diélectrique est excellente, représente l'isolant idéal lorsque le disjoncteur est ouvert, c'est-à-dire lorsque la tension totale de service existe entre les contacts séparés. Suivant l'intensité de service (intensité nominale) et suivant l'intensité maximum de court-circuit que l'appareil devra tenir et couper, on prévoit différents types de contacts, les contacts massifs, fermant bout à bout, étant les plus simples, mais ne permettant pas de tenir une intensité de court-circuit très élevée. C'est pourquoi on les remplace, dès que cette condition est exigée, par des contacts sectionnés fermant le circuit en plusieurs points et subdivisant ainsi l'intensité maximum qui doit passer par un seul point. En effet, l'intensité de court-circuit n'a pas seulement un effet thermique à la rupture qui endommage le contact et le brûle d'autant plus que la durée de l'arc est plus grande et que l'intensité est plus élevée, mais elle produit, sur le disjoncteur fermé ou fermant sur un court-circuit, des effets électrodynamiques qui ont tendance à ouvrir les contacts fermés ou à en empêcher la fermeture sur court-circuit. Un arc intense jaillit alors entre les contacts presque fermés qui les

brûle, les soude parfois, et non seulement entraîne un non-fonctionnement de l'appareil, mais peut même en causer la destruction par explosion. C'est pourquoi, dans les réseaux présentant des intensités de courant extrêmement élevées (de l'ordre de grandeur de 50.000 ampères d'amplitude), on emploie des contacts spéciaux compensant les effets électrodynamiques, comme, par exemple, les contacts solénoïdes.

Pour les tensions relativement élevées, une simple coupure, ou même une double coupure par phase ne suffit plus, car la longueur d'arc à la rupture libre deviendrait excessive, et on emploie soit la rupture multiple subdivisant l'arc en un certain nombre de tronçons courts et plus faciles à étouffer, soit la rupture sous pression. La première solution a l'avantage d'être extrêmement simple et très sûre, mais nécessite, pour les tensions très élevées, une quantité d'huile considérable ; la seconde solution est celle dont l'importance s'est le plus accrue au cours des dernières années, pour pouvoir diminuer la quantité d'huile contenue dans les disjoncteurs à très

haute tension, et par suite, diminuer leur prix.

La construction classique de la seconde solution, c'est la chambre de compression, dite aussi chambre d'explosion. L'arc est maintenu à l'intérieur d'une chambre de faible dimension, résistante à une pression élevée, quoique étant nécessairement en matière isolante. La bulle gazeuse ne peut pas se développer librement, comme dans le disjoncteur à rupture libre. La surface de vaporisation de l'huile est maintenue à proximité de l'arc, ce qui en favorise le refroidissement par vaporisation. La pression monte rapidement, augmentant la rigidité diélectrique des gaz, et si l'arc ne s'éteint

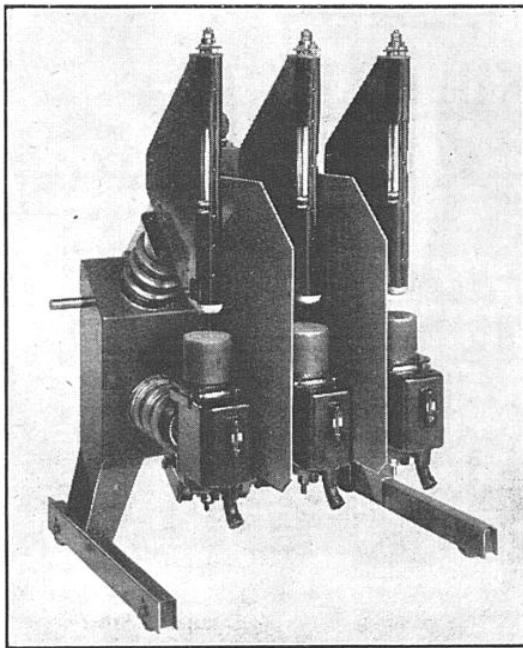


FIG. 4. — DISJONCTEUR TRIPOLAIRE DANS L'EAU POUR 24.000 VOLTS (POUVOIR DE COUPURE : 250.000 KILOVOLTS-AMPÈRES) On voit, au-dessus de la chambre de détente, l'intervalle dans l'air qui constitue le diélectrique dans la position ouverte des contacts. Les contacts mobiles sont remontés dans leurs gaines, qui en contiennent le dispositif de commande.

pas dans la chambre même, son extinction sera assurée au moment où, le contact mobile sortant de la chambre, un balayage avec refroidissement intense se produira autour du contact mobile portant une des extrémités de l'arc. Ces chambres de compression, quoique excellentes en principe, ont donné, pendant des années, des déceptions assez fréquentes, car il est impossible de les calculer à l'avance, et des plates-formes permettant une quantité suffisante d'essais à grande puissance n'existaient pas encore.

Une solution intéressante et qui utilise tout particulièrement la convection thermique est celle du disjoncteur dit à *convecteur*. Le convecteur est une chambre d'extinction utilisant moins la pression que la circulation dirigée des gaz dont on se sert pour refroidir et désioniser rapidement la gaine gazeuse. Le convecteur s'est montré extrêmement avantageux et très sûr ; il permet de couper un arc même à tension très élevée (par exemple, 100.000 volts de tension

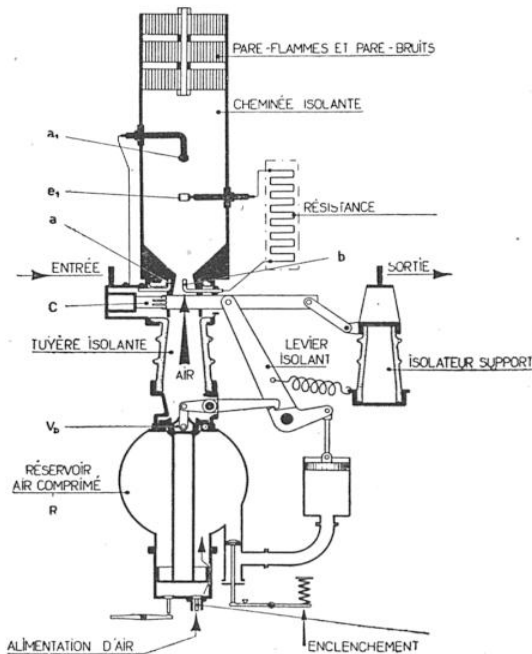
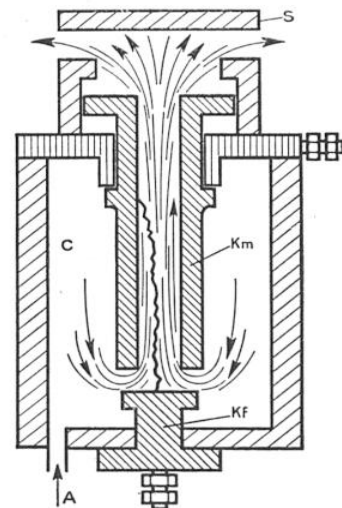


FIG. 5. — PRINCIPE DU DISJONCTEUR A AIR COMPRIMÉ DES « A. C. E. D. »

L'arc jaillit en c, au moment de la séparation des contacts. Il est entraîné par l'air provenant du réservoir R et s'échappant par la valve V_d ouverte. L'arc, s'amorçant d'abord entre les pare-étincelles a et b, passe rapidement à sa position b- a_1 , tendu en ligne droite et où il est rapidement désionisé. S'il se réamorçe, il le fera entre e_1 et a_1 , c'est-à-dire avec la résistance r en circuit, qui provoquera alors l'extinction définitive.

FIG. 6. — PRINCIPE DU DISJONCTEUR A AIR COMPRIMÉ A CONTACT CYLINDRIQUE

L'air comprimé arrivant en A maintient continuellement sous pression le cylindre C en matière isolante. Au moment de la coupure, le contact mobile K_m se sépare du contact fixe K_f . L'arc jaillit, est entraîné à l'intérieur du contact cylindrique par la circulation énergique de l'air et se trouve rapidement désionisé et interrompu. La soupape S se referme et la pression se rétablit immédiatement à l'intérieur du disjoncteur, qui, ainsi, est toujours sous pression.



de phase) avec une seule coupure et avec une durée totale de l'arc de 2 à 4/100^{es} de seconde. Cette durée de l'arc, qu'il est facile d'obtenir dans les tensions moyennes, est un progrès énorme pour des tensions aussi élevées. La quantité de l'huile nécessaire dans l'appareil à convecteur est très faible ; elle ne représente que le quarantième environ de celle qu'il faudrait dans un disjoncteur à rupture multiple de construction normale.

Quoique le disjoncteur dans l'huile soit d'une sécurité pratiquement absolue aujourd'hui, des accidents se sont produits avec des disjoncteurs de puissance insuffisante, mal construits ou mal entretenus, entraînant des incendies et, presque toujours, une production intense de fumée, se traduisant par des dépôts de suie importants sur les isolateurs, qu'il faut alors nettoyer avant de pouvoir reprendre le service. Non seulement les conceptions modernes du disjoncteur dans l'huile ont rendu très improbable la défaillance de l'appareil, mais il est possible, en encastrant le disjoncteur jusqu'au couvercle dans une cellule n'évacuant pas dans le tableau, de circonscrire très étroitement les suites d'une défaillance et d'éviter, de toutes façons, l'incendie et les dépôts de suie.

Pourtant, un mouvement se dessine de plus en plus en faveur du disjoncteur sans huile, qui — quoique n'étant pas aussi simple à construire que le disjoncteur dans l'huile et entraînant, par conséquent, une dépense plus importante — a l'avantage d'éviter de façon absolue l'incendie. Les deux

types de disjoncteurs sans huile qui ont, jusqu'à présent, été réalisés pratiquement, sont le disjoncteur dans l'eau, appelé aussi disjoncteur à détente, et le disjoncteur à air comprimé.

Le disjoncteur dans l'eau

Comme nous l'avons déjà vu, on peut, aussi bien que l'huile, employer l'eau pour le refroidissement et la désionisation de la gaine de l'arc. L'extinction se fait alors sous pression ; l'appareil comporte une chambre de compression dans laquelle se produit la vaporisation de l'eau, le refroidissement consécutif à cette vaporisation suffisant déjà, dans la plupart des cas, pour éteindre un arc de faible intensité. De la chambre de vaporisation, les gaz s'échappent dans une chambre de détente où le contact mobile entraîne une extrémité de l'arc, s'il n'est pas encore éteint. La détente brusque, le balayage violent et la désionisation intense qui s'ensuivent provoquent alors, de façon sûre, l'extinction définitive de l'arc ; à ce moment, il y a, entre le contact fixe et le contact mobile, non pas seulement le liquide extinc-teur constitué principalement par de l'eau chimiquement pure, mais un intervalle d'air qui doit être d'autant plus grand que la tension est plus élevée. Cette séparation des contacts par l'air est indispensable, à cause de la rigidité diélectrique insuffisante de l'eau. Cette rigidité diélectrique très faible entraîne encore une conséquence : c'est la nécessité absolue d'une vitesse très élevée du contact mobile, surtout à la fermeture. En effet, si le disjoncteur ferme sur un court-circuit, bien avant que les contacts ne se seront fermés, un arc jaillira à travers l'eau et produira une quantité importante de vapeur qui non seulement agira comme un piston sur le contact mobile et l'empêchera de se fermer, mais qui peut provoquer l'explosion de l'appareil par surpression. Il est donc indispensable que le contact mobile ait une vitesse très élevée, pour éviter la production d'un arc et rendre absolue la fermeture, même sur court-circuit. A la rupture, le contact mobile est accéléré par ce même effet de piston qui tend à en empêcher la fermeture sur court-circuit. Il est incontestable que le disjoncteur dans l'eau — qui, d'ailleurs, a donné des résultats excellents et qui évite complètement l'incendie — doit être d'une construction robuste et muni d'une commande très puissante. C'est la raison pour laquelle on n'utilise, pour cette commande, ni un électroaimant, ni un moteur électrique, mais des ressorts tendus à

l'avance, soit à la main, soit par un petit moteur électrique, et qui sont déclenchés à la fermeture et à l'ouverture par de petits électroaimants commandés à distance. La commande par air comprimé a donné également des résultats excellents pour le disjoncteur dans l'eau.

La vitesse élevée des contacts suffit à assurer le bon fonctionnement de l'appareil pour les tensions moyennes allant, par exemple, jusqu'à 24.000 volts. Au-dessus de cette tension, la vitesse nécessaire deviendrait indésirable au point de vue mécanique, et c'est pourquoi on a recouru à un artifice. Afin de ne pas fermer dans l'eau, sur un court-circuit, le disjoncteur proprement dit est complété par un sectionneur dans l'air en série ; au moment où le disjoncteur dans l'eau se ferme, le sectionneur est encore ouvert, et c'est ce dernier, dont le mouvement est conjugué avec celui du disjoncteur, qui ferme en réalité le circuit, évitant ainsi la fermeture du courant dans l'eau. A la rupture, au contraire, c'est le disjoncteur qui ouvre d'abord, interrompant ainsi le circuit, et le sectionneur ouvre ensuite sans courant.

L'expérience pratique montre que les disjoncteurs dans l'eau conviennent parfaitement à l'usage pour lequel ils ont été construits. La quantité d'eau expulsée sous forme de vapeur est minime, car la plus grande partie de la vapeur produite se recon-dense et est récupérée. Les remplissages sont peu fréquents et peuvent se faire même le disjoncteur étant sous tension et les contacts fermés. On se sert alors d'une bouteille fixée à l'extrémité d'une perche isolante.

Le disjoncteur à air comprimé

On a vu que, dans les disjoncteurs à liquide, la désionisation était assurée par des gaz se produisant, dans le disjoncteur même, sous l'effet thermique de l'arc. Il n'en est pas de même dans le disjoncteur à air comprimé, celui-ci n'utilisant aucun liquide ; par contre, l'air est comprimé à l'avance dans une installation appropriée et distribué aux différents disjoncteurs. Au moment de la coupure, l'air comprimé provoque un balayage et une désionisation de l'arc qui l'amènent rapidement à extinction.

Dans certains disjoncteurs, cet effet est encore accru par l'utilisation de résistances qui accélèrent la diminution du courant. Dans la plupart des disjoncteurs, on se contente seulement de procéder à un refroidissement et à une désionisation intense de l'arc, maintenu dans la position la plus propice pour une extinction rapide. Des

recherches ont montré que la meilleure utilisation de l'air a été obtenue lorsqu'un jet d'air entourait l'arc concentriquement et lui faisait subir un effet de lamination, qui non seulement refroidit énergiquement la gaine ionisée, mais procède à un balayage intégral des ions non encore neutralisés. L'air comprimé à l'avance se prête particulièrement bien à ce mode de désionisation.

services auxiliaires assurant l'alimentation à air comprimé font défaut.

L'influence du réseau sur le pouvoir de coupure des disjoncteurs

Deux facteurs électriques influencent le travail du disjoncteur.

1) *La tension de service.* — En effet, plus cette tension est élevée, plus la tension

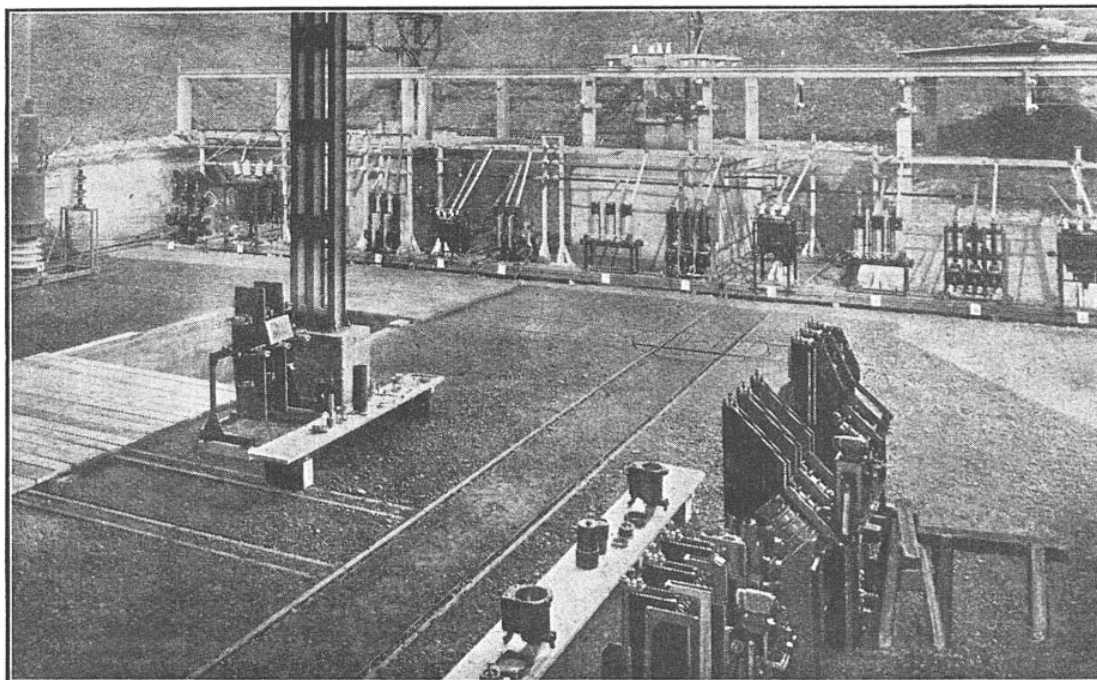


FIG. 7. — LE PROBLÈME DE LA COUPURE DE PUISSANCES ÉLEVÉES PRÉSENTE UNE TELLE IMPORTANCE DANS LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE QUE LES SERVICES D'ESSAIS DES DISJONCTEURS NÉCESSITENT UN MATÉRIEL CONSIDÉRABLE

Voici les stands d'essais en court-circuit, montrant, prêts à subir les épreuves à puissances très élevées, des disjoncteurs de différents modèles, dans l'huile, dans l'eau, à air comprimé et, tout à gauche, un disjoncteur à convecteur pour 110.000 volts. A l'avant-plan, un disjoncteur à air comprimé et des disjoncteurs dans l'eau, en partie démontés après les essais qu'ils ont subis.

Il ne faut, toutefois, pas ignorer que le disjoncteur à air comprimé est assujéti à la présence d'un compresseur ; il n'est prêt à fonctionner que si l'air comprimé ne lui fait pas défaut, tandis que le disjoncteur à liquide, s'il est muni de relais directs, peut toujours couper un court-circuit, même lorsque tous les services auxiliaires sont arrêtés.

Cette sujétion de l'appareil à air comprimé a amené les constructeurs à doter le disjoncteur lui-même d'une réserve d'air comprimé suffisante pour qu'il puisse, comme un disjoncteur à liquide, couper encore un court-circuit de puissance maximum, même si les

rétablie aux bornes du disjoncteur, après le passage par zéro du courant, est importante, et plus l'arc a de chances de se réamorcer.

2) *L'intensité du courant.* — La quantité de chaleur développée dans l'arc et, par conséquent, le degré d'ionisation de la gaine et sa faiblesse diélectrique sont fortement influencés par l'intensité du courant, qui a, par contre, un effet avantageux dans ce sens qu'elle produit un soufflage magnétique facilitant le balayage ionique.

Il faut tenir compte également des facteurs suivants :

3) *Le déphasage du courant par rapport à*

la tension. — Plus ce déphasage est prononcé, plus la tension a une valeur élevée au moment du passage par 0 de l'intensité, et plus l'extinction définitive est rendue difficile. Ce déphasage est déterminé par la self-induction du circuit, par exemple, la réactance des transformateurs, de la ligne, etc.

4) *La vitesse de rétablissement de la tension rétablie.* — Ce dernier facteur a été trop négligé jusqu'à ces toutes dernières années, et c'est une des raisons, peut-être même la principale, pour laquelle le problème du pouvoir de coupure du disjoncteur était si décevant et pourquoi on n'arrivait pas, en plate-forme d'essai, à obtenir des pouvoirs de coupure comparables à ceux que l'expérience pratique semblait attribuer aux disjoncteurs placés dans les réseaux. Si l'on considère un oscillogramme (voir la fig. 2) représentant photographiquement les différents facteurs intervenant lors de la coupure d'un court-circuit, on voit que la tension qui se rétablit à la fin de chaque alternance, et après le passage par 0 du courant et l'extinction de l'arc qui s'ensuit n'a pas du tout l'allure de la sinusoïde correspondant à la fréquence du régime. Le rétablissement de la tension est beaucoup plus rapide que celui d'une tension dont la fréquence serait de 50 périodes-seconde, par exemple. On voit, en réalité, qu'au moment du rétablissement de la tension, une fréquence d'un ordre beaucoup plus élevé se superpose à la fréquence de régime, et que la vitesse de rétablissement est donnée par cette fréquence élevée. On l'a reconnue comme étant la fréquence propre du circuit oscillant, constitué par l'inductance et la capacité du circuit interrompu par le disjoncteur.

Nous avons vu que le rôle du disjoncteur était de créer une régénération diélectrique de la gaine assez rapide pour que la tension rétablie ne puisse plus la percer ; il y a donc lutte de vitesse entre cette régénération diélectrique, provoquée par la désionisation de la gaine, et la tension rétablie, qui est d'autant plus dangereuse que sa vitesse de rétablissement est plus grande, c'est-à-dire que la fréquence propre du circuit est plus élevée. Or, dans la plupart des réseaux, la capacité de la ligne ou du câble, entre phases et par rapport à la terre, intervient de façon très importante pour diminuer la fréquence propre du circuit à couper. La résistance ohmique a encore un effet amortisseur, de même la charge que les consommateurs donnent au réseau. Des essais assez nombreux montrent que, dans la plupart des réseaux, elle est de l'ordre de 100 à 300 pé-

riodes-seconde. Ce n'est que très rarement que l'on arrive à 1.000 ou 1.500 périodes-seconde. Par contre, la fréquence propre des plates-formes d'essai à grand pouvoir de coupure peut atteindre 20.000 à 30.000 périodes-seconde. On voit donc l'extrême sévérité d'un essai en plate-forme par rapport aux sollicitations que l'on rencontre généralement dans les réseaux, et c'est ce qui explique le dilemme devant lequel se trouvaient les constructeurs, il y a encore quelques années, en voyant que des disjoncteurs, dont on voulait abandonner la construction parce qu'ils donnaient des résultats déplorables en plate-forme d'essai, se comportaient pourtant, en exploitation, de façon excellente dans la plupart des cas.

Est-ce à dire que l'essai en plate-forme est inutilement sévère et que l'on doit faire intervenir un facteur de sécurité pour déterminer le pouvoir de coupure en exploitation, qui serait alors beaucoup plus élevé que celui que l'on obtient en plate-forme ? Ce raisonnement serait très dangereux, car si, dans la majorité des cas, la fréquence propre en exploitation est très faible, elle peut, dans certaines conditions de fonctionnement du réseau, atteindre des valeurs qui se rapprochent de celles que l'on a en plate-forme. Il faut donc considérer la marge entre la fréquence propre de la plate-forme d'essai et celle que l'on rencontre généralement en exploitation non pas comme un facteur de sécurité constant, mais comme un facteur de probabilité donnant, en effet, une sécurité très intéressante en exploitation, mais sur laquelle on ne peut jamais compter pour se permettre de diminuer le pouvoir de coupure réel que l'on demande au disjoncteur.

Le problème du disjoncteur, qui a été pendant bien des années un des plus touffus de l'électrotechnique, peut être considéré aujourd'hui comme résolu. Les sollicitations qui interviennent dans cet appareil sont bien connues et peuvent être soit calculées à l'avance pour certains types d'appareils à rupture libre, soit constatées en plate-forme. Les disjoncteurs dans l'eau et à air comprimé emploient un agent extincteur non inflammable, ce qui supprime encore le tout dernier risque des disjoncteurs dans l'huile. Il serait toutefois prématuré de vouloir, dès aujourd'hui, donner la préférence de façon générale à un certain genre d'appareils ; comme dans beaucoup d'autres domaines de l'électrotechnique, des considérations d'espèce interviendront, dans la plupart des cas, pour fixer le choix de l'appareil.

JEAN KLONINGER.

LA CHIMIE SYNTHÉTIQUE INDUSTRIELLE

DES MATIÈRES PLASTIQUES ARTIFICIELLES CONCURRENCE DE NOMBREUX MATÉRIAUX NATURELS

Par Roger SIMONET
AGRÉGÉ DES SCIENCES PHYSIQUES

L'industrie des matières plastiques artificielles a pris, depuis une dizaine d'années seulement, un essor véritablement prodigieux dans tous les pays. Ces substances, dont l'origine, la nature et les propriétés sont très diverses, ont, en effet, trouvé des domaines d'utilisation extrêmement variés, soit sous forme de vernis, soit comme poudres à mouler notamment. Dans ce dernier cas, elles remplacent couramment le bois, la porcelaine, la corne, les métaux et même le verre (1), dans la fabrication d'objets multiples tels qu'accessoires électriques, vaisselle et verrerie, objets de toilette et de décoration, manche d'outils, engrenages, meubles, ornements divers, etc., etc. C'est là l'une des créations aussi variées qu'inattendues que la chimie organique ne cesse de nous apporter dans la vie courante en multipliant les fabrications industrielles nées de la synthèse chimique.

Les matières plastiques synthétiques

Sous la dénomination assez vague de *matières plastiques*, on désigne des produits artificiels très divers, qui offrent comme caractéristique commune celle d'être malléables et faciles à travailler, soit par moulage, soit par usinage. Ces produits sont utilisés dans la fabrication de multiples objets, employés dans toutes les branches de l'industrie.

Une autre caractéristique essentielle des matières plastiques est leur origine organique ; les unes, comme les résines synthétiques, ont pris un développement considérable dans ces dernières années et sont à base de produits de synthèse ; d'autres, comme les dérivés de la caséine, ont une origine animale ; d'autres encore, comme les dérivés de la cellulose et du caoutchouc, sont fournies par les végétaux.

Le terme de résines synthétiques ou artificielles embrasse tous les produits résineux, obtenus par synthèse, en nombre de plus en plus grand, et qui sont capables de remplacer, dans l'usage, les résines naturelles. Ces substances, dont la dureté et la solubilité peuvent être, à volonté, réglées dans de larges limites, sont des corps plastiques moulables à chaud ; certaines sont assez solubles pour entrer dans la composition de vernis résistants. Elles n'ont pas de point de fusion, défini, mais ce qu'on appelle un *point de goutte*.

Sans comprendre dans la famille les pro-

duits dérivés chimiquement des résines naturelles (par éthérification, par exemple), nous classerons les résines synthétiques en trois séries :

- 1° Les résines résultant de la condensation des aldéhydes avec les phénols et les amines ;
- 2° Les résines d'indène et de coumarone ;
- 3° Les résines diverses, et, notamment, celles à base de glycérine et d'urée.

Toutes sont, généralement, obtenues en présence d'un agent de condensation fonctionnant comme catalyseur, avec libération d'eau.

Les résines à base d'aldéhydes et de phénol

Les résines artificielles sont connues depuis relativement peu de temps et, cependant, le principe premier de leur préparation remonte à plus de cinquante ans. On sait, depuis cette époque, qu'il y a formation de corps résineux, sous des actions très diverses, telles que celles de la potasse sur certaines essences de térébenthine, de lavande ou de genièvre, notamment celle de l'acide phosphorique sur l'essence d'amandes amères. On doit à Bayer, depuis 1872, la connaissance de la genèse de résines artificielles par action générale des aldéhydes sur les phénols en présence d'acides, comme les acides sulfurique ou chlorhydrique.

Vers 1896, le chimiste Trillat prépara un certain nombre de résines aldéhydiques qu'il présenta à l'exposition de 1900. Au cours de ses recherches sur la préparation industrielle du formol et ses applications, le savant fran-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 199, page 72.

gais avait observé la formation de résines, solubles et insolubles dans l'alcool, en condensant les phénols avec l'aldéhyde formique. Il fut le premier à tenter une utilisation industrielle des nouvelles résines ; ces substances, qui provenaient de la condensation du formol et de l'aldéhyde acétique avec le phénol, furent employées pour remplacer partiellement le camphre dans l'industrie du celluloid. Le procédé n'eut pas le succès mérité, car il n'était pas économique ; les résines coûtaient fort cher, parce que la matière première, le formol, était d'un prix élevé.

En dehors des résines à base de phénols, M. Trillat a utilisé notamment celles des polyphénols des goudrons de Norvège.

En 1909, le docteur H. Baekeland publia son mémoire fondamental sur la bakélite, industrialisa le procédé et réalisa en Amérique la fabrication d'une résine artificielle, la « bakélite ».

Depuis un an environ, des nouvelles résines synthétiques, type bakélite, ont été mises au point et sont employées pour la préparation des vernis à séchage rapide, possédant des propriétés de résistance remarquable, et que l'on classe en trois groupes.

Le premier groupe comprend trois résines qui diffèrent par leur coloration : très pâle ou ambrée ou foncée. Ces résines peuvent être utilisés pour la fabrication de vernis à séchage rapide de grande durée, résistant à l'humidité et aux agents faiblement alcalins.

Le deuxième groupe comprend des produits liquides et visqueux, de coloration variable et qui peuvent être employés comme matière première dans la préparation des vernis, avec ou sans addition d'huile. Ces produits trouvent des applications dans la fabrication des *verniss cellulosesques*, des *verniss à cuir* et des *verniss à trempe*.

Le troisième groupe renferme enfin des résines dont les caractéristiques se rapprochent de celles des produits appartenant aux deux groupes précédents, mais dont le prix est moindre.

Les résines synthétiques d'*Isolémil* sont formées de résines formophénoliques pures ou mélangées avec des gommes synthétiques ou naturelles. Elles n'existent sur le marché que sous forme de *laques*, c'est-à-dire de solutions dans divers solvants. La qualité des produits est distinguée par des lettres et des numéros accolés au terme général.

Les résines au furfural

Le furfural, associé au phénol, fournit des vernis en général fortement colorés de

teintes profondes et dont les propriétés dépendent de proportions relatives des deux composants. Si le furfural est en excès, par rapport aux proportions équimoléculaires, la résine obtenue est infusible et insoluble, elle se forme rapidement en présence de 0,2 % d'acide chlorhydrique. Si, au contraire, c'est le phénol qui domine, le produit obtenu est élastique et soluble dans l'alcool et dans l'acétone.

Un peu de soude ou de carbonate de sodium à 1 % environ peut remplacer l'acide chlorhydrique.

En employant, comme matière première, l'aniline et le furfural, et, comme catalyseur de condensation, le carbonate de sodium, on obtient finalement, vers 110 degrés, une résine facilement soluble, en rouge brun, dans l'alcool et l'acétone, et qui donne au bois le coloris et le brillant du mahogoni.

Les résines au furfural sont de plus en plus employées en Amérique.

Les résines de coumarone et d'indène

La distillation des goudrons de houille produit, entre autres substances, deux composés chimiquement voisins : la *coumarone* et l'*indène*, découverts tous deux par Spilker, vers 1890.

La coumarone se présente sous l'aspect d'un liquide incolore, légèrement plus dense que l'eau, bouillant à 177 degrés, solidifiable à -18 degrés, insoluble dans l'eau et les alcools. Cette matière existe surtout dans la fraction lourde des benzols qui, tout naturellement, sont employés comme matière première à la fabrication des résines.

L'indène, qui accompagne la coumarone en proportions sensiblement équivalentes, est un liquide huileux, incolore, bouillant à 182 degrés, solidifiable, -2 degrés et légèrement plus dense que l'eau. Cette substance se distingue de la coumarone par une plus grande instabilité et, notamment, par une oxydation rapide sous l'action de la lumière et de la chaleur.

Les résines coumaroniques sont utilisées actuellement, en grande quantité, pour encoller le papier. Elles remplacent la résine de pin, dans certaines fabrications, comme celles de la cire à cacheter, par exemple.

Grâce à une résistance intéressante aux alcalis et aux acides, les vernis aux résines coumaroniques et à l'huile de bois se prêtent surtout à l'enduisage du béton et du mortier de ciment. A la lumière, ces vernis deviennent un peu plus foncés ; mais on peut parer, en partie, à cet inconvénient en leur ajoutant du blanc de titane.

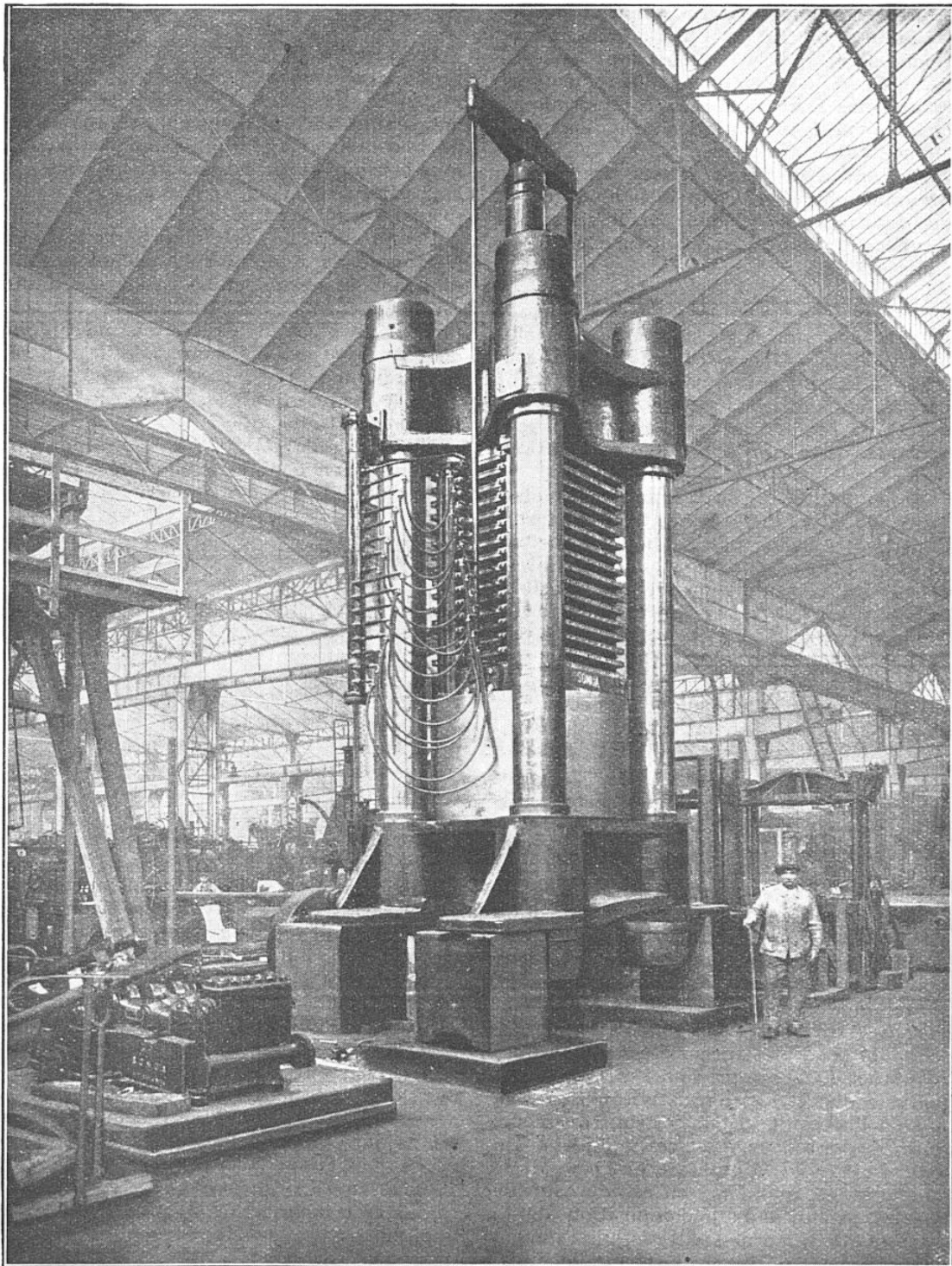


FIG. 1. - VOICI L'UNE DES PRESSES A MATIÈRES PLASTIQUES LES PLUS PUISSANTES DU MONDE
Cette presse hydraulique, de construction française, a une force de 6.500 tonnes. Elle est utilisée pour le moulage des matières plastiques en plaques.

Les vernis aux résines coumaroniques et à l'huile de bois de Chine donnent une couche sèche qui se distingue par sa résistance élevée à l'éclatement. On incorpore avantageusement les résines coumaroniques dans les vernis nitrocellulosiques, dont elles augmentent l'adhérence.

Elles se distinguent d'avec les résines formophénoliques en ce qu'elles ne dégagent que des traces de phénol, lorsqu'elles sont chauffées pendant deux heures avec de la chaux sodée.

Le glyptal, résine glycéro-phtalique

Après des années de recherche, les chimistes de la « General Electric Co », aux Etats-Unis, sont parvenus à mettre au point une résine synthétique, nommée *glyptal*, qui est un produit de condensation de glycérols et d'anhydride phtalique, d'où son nom.

Au point de vue de ses propriétés physiques, le glyptal se présente sous forme d'un produit jaune pâle, et même, parfois, blanc et transparent. Par chauffage, il se transforme en produit insoluble et infusible. En vieillissant, il ne se fendille pas, mais, aux températures élevées, il perd peu à peu ses propriétés. Non chauffé, il est soluble dans l'acétone, mais son solvant le plus utilisé est formé d'un mélange d'acétate de benzène et d'alcool dénaturé.

Il possède la propriété, très importante, de se fixer solidement sur les surfaces polies, ce qui permet de l'employer, comme ciment, pour coller ensemble des feuilles de matières polies, telles que le mica, le verre, la porcelaine. La « General Electric » a mis à profit cette faculté pour confectionner des produits isolants, destinés notamment à la confection des collecteurs des machines électriques. Jusqu'à présent, les ciments employés pour réunir les lames de mica étaient à base de gomme laque. Or, le glyptal est bien supérieur à cette substance, en particulier au point de vue des propriétés mécaniques (résistance à la compression) et électriques (pouvoir diélectrique, résistivité). Sa résistance à l'usure et sa densité sont du même ordre de grandeur. La carbonisation du glyptal est moins à craindre que celle de la gomme laque, et même, en cas de coup de feu, les produits de décomposition de la résine synthétique ne sont pas aussi dangereux que ceux de la résine naturelle, puisqu'elle conduit mal l'électricité et n'attaque pas le cuivre. C'est pour toutes ces raisons que le glyptal tend à remplacer, de plus en plus, la gomme laque en électrotechnique.

Les résines à base d'urée

Les procédés dont nous venons de parler produisent rarement des résines transparentes et incolores. Les produits obtenus ont, le plus souvent, une coloration jaunâtre plus ou moins foncée qui s'accroît parfois avec le temps et qui est due aux impuretés, à leur attaque à l'air, à l'attaque des réceptifs, même émaillés.

Pour remédier à cet inconvénient, Helin a proposé de remplacer le phénol par un diphenol, la résorcine. La résine résultante est bien incolore et inaltérable, mais le produit est cher et sa résistance mécanique ou électrique est inférieure à celle des résines au phénol.

On fonde de grands espoirs sur les résines incolores et transparentes dérivées de l'urée.

Le prix de l'urée, que l'industrie pourrait fournir à bon compte comme dérivé de la cyanamide, fait entrevoir une fabrication intéressante de produit de choix.

Les matières plastiques animales (caséine)

L'idée d'utiliser la caséine du lait pour la fabrication de matières plastiques est fort ancienne : au contraire, la fabrication de la caséine formolée est de date relativement récente.

La plasticité du coagulum, qui se forme dans le lait sous l'influence de l'addition de présure ou d'un acide, était déjà connue avant 1890 ; il existait même, à Besançon, une société qui fabriquait des objets de tabletterie en comprimant à chaud la caséine humectée.

Mais, à la longue, la caséine comprimée se désagrégeait sous l'influence de l'humidité ; elle se gonflait rapidement et se ramollissait, perdant rapidement sa forme primitive.

La caséine formolée, c'est-à-dire traitée par le formol, ne présente pas ces inconvénients ; à la suite de nombreuses études, diverses maisons se sont mises à fabriquer rationnellement cette matière, en lui donnant des noms particuliers divers : *galalith*, *margalith*, *lactolith*, etc. La caséine formolée est aujourd'hui désignée, d'une manière générale, par l'appellation de *corne artificielle*.

Cette matière présente des caractéristiques bien différentes de la caséine ordinaire, quoique sa composition centésimale en oxygène, hydrogène, azote et carbone, ait peu varié, par suite de la fixation du résidu méthyleuniqué du formol. Elle ne change pas de couleur ; elle est devenue complètement insoluble, non seulement dans l'eau,

mais dans les réactifs acides ou alcalins, même concentrés.

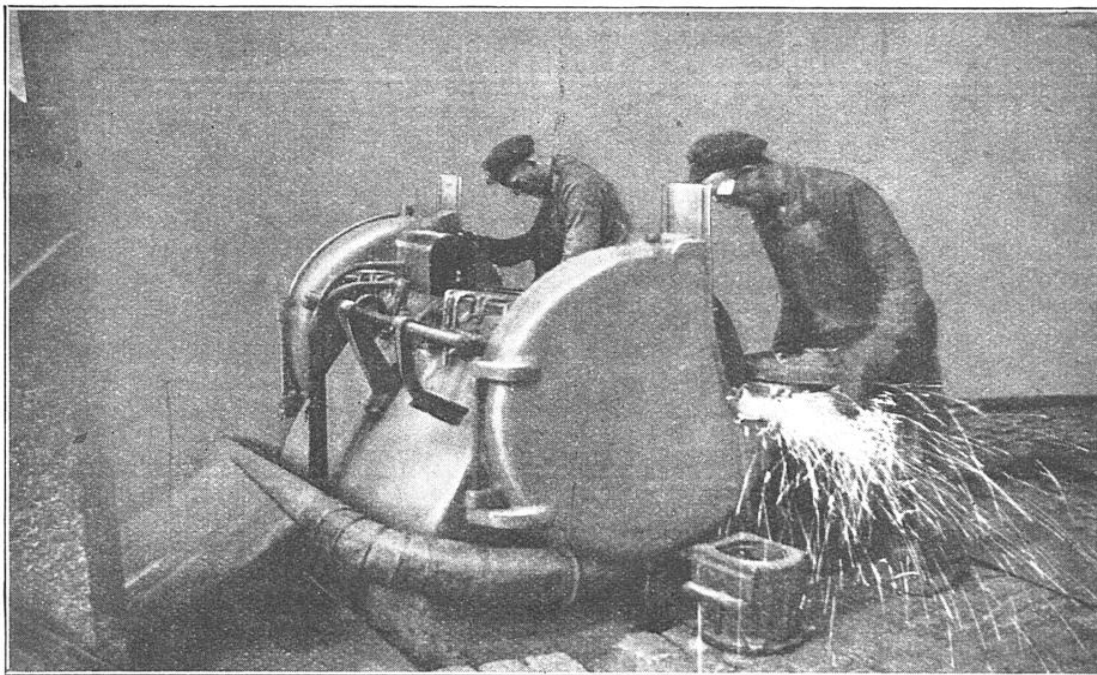
Elle est ininflammable, inattaquable, dans les conditions ordinaires, par les micro-organismes et par les sucres gastriques, ainsi que par les diastases.

Toutefois, on constate un léger gonflement, par suite de la fixation d'une petite quantité d'eau, comme c'est le cas pour la corne. Mais elle reprend rapidement son état primitif une fois exposée à l'air. Mise dans

boîtes et accessoires de parfumerie, décorés de toutes façons.

Il faut faire une mention spéciale à la petite bijouterie et, en particulier, aux bracelets et colliers en corne artificielle dont les débouchés, depuis quelques années, sont devenus considérables, surtout à l'exportation.

Actuellement, on fabrique de grandes quantités de boutons pour costumes d'hommes et de femmes, depuis les petits modèles jusqu'aux plus grands diamètres ; ces bou-



(Photo Springer.)

FIG. 2. — LES MATIÈRES PLASTIQUES ONT DES APPLICATIONS EXTRÊMEMENT VARIÉES
Voici, en particulier, des meules dont la texture est à base de bakélite.

l'eau chaude, pendant quelques minutes, elle devient extrêmement souple, et peut prendre toutes les courbures désirables. Dans cet état, on peut également l'estamper pour lui donner des gravures en relief.

D'autre part, à l'état sec, elle peut être sciée, tournée, perforée, poncée et acquérir le plus brillant poli. Contrairement au celluloïd, elle est ininflammable et peut constituer d'excellentes masses isolantes.

Ce sont ces précieuses qualités qui lui ont donné des emplois toujours plus nombreux, soit sous forme de plaques, soit sous forme de bâtons ou de tubes.

Les industries de la mode l'utilisent couramment en en faisant des peignes, des montures de brosses, d'ongliers, etc., des

tons peuvent également être décorés et présentés sous les formes les plus variées. Les articles de Paris, objets de tabletteries, en corne artificielle, sont en nombre illimité ; on fabrique des dominos, des dés, des pendentifs, des billes, des boucles, articles de bureaux ; on s'en sert également dans l'ameublement.

On fait également des poignées et manches de cannes, parapluies, ombrelles, avec des bâtons que l'on courbe à chaud et grave au moyen d'appareils à estamper.

Les aiguilles à tricoter en galalith sont particulièrement prisées pour leur bonne tenue et leur parfait poli, qui leur donne un frottement pratiquement nul sur la laine.

Les fabricants d'articles de bureaux pro-

duisent aussi avec la caséine formolée des coupe-papier, plumiers, liseuses et surtout porte-mines et stylographes, dont les coloris, variés à l'infini, s'adaptent très facilement au goût du jour.

Il arrive fréquemment que ces objets, destinés à servir de publicité, sont marqués de diverses réclames.

L'électricité et en particulier l'équipement des appareils d'appartements consomment des quantités assez importantes de corne artificielle, sous la forme d'interrupteurs de fil souple, poires de sonnerie, poires électriques, accessoires de T. S. F. et d'automobiles.

Les matières plastiques végétales

Les plus importants des produits dérivés de la cellulose sont le celluloïd et l'acétate de cellulose.

Le celluloïd est obtenu par dissolution de nitro-cellulose — résultant, comme on sait, de l'action de l'acide nitrique sur la cellulose — dans de l'alcool camphré avec addition de matières colorantes convenablement choisies. Le celluloïd contient un tiers environ du poids de camphre et les deux tiers de nitro-cellulose. C'est un corps très élastique, très souple, très dur, imperméable, mais qui offre l'inconvénient de ne pouvoir résister à des températures élevées et d'être très inflammable. Les usines le livrent généralement sous forme de plaques, de bâtons ou de tubes qui peuvent être façonnés à chaud ou à froid par les industries de transformation.

L'acétate de cellulose, ou acétyl-cellulose, est obtenu par éthérification des corps à fonction alcoolique par l'acide acétique. Il en existe d'ailleurs plusieurs variétés, qui se prêtent à des fabrications extrêmement diverses. Par l'adjonction de matières colorantes, on peut lui donner des aspects décoratifs très appréciés dans la fabrication de nombreux objets, et notamment des articles de tabletterie. L'acétate de cellulose est souvent livré dans les industries de transformation de la même manière que le celluloïd ; mais il présente sur ce corps l'avantage d'être inaltérable, d'où son emploi, notamment, dans la fabrication des films cinématographiques.

Il est à noter que la cellulose, sous diverses formes et notamment sous celle de farine de bois, entre dans la composition de nombreuses poudres à mouler, dont nous parlerons tout à l'heure.

La principale des matières plastiques à base de caoutchouc est l'ébonite, obtenue par cuisson prolongée du caoutchouc avec

une proportion variable, mais toujours importante, de soufre.

Cette matière, qui est très isolante au point de vue électrique et résiste bien aux températures élevées, présente, en même temps, une résistance remarquable aux acides. Aussi, ses applications sont-elles multiples dans les domaines les plus divers : confection de revêtement anti-acides et d'appareillage pour l'industrie chimique, fabrication de stylographes, canules, etc., constitution de bacs d'accumulateurs, fabrication de pièces isolantes pour industries électriques, etc.

Les applications des résines synthétiques sous la forme de vernis et de laques

L'utilisation des résines synthétiques, sous la forme liquide, notamment pour les travaux d'imprégnation et la préparation des vernis isolants, est basée, la plupart du temps, sur la propriété que possèdent les gommés naturelles et les résines synthétiques, avant polymérisation, d'être solubles dans un grand nombre de corps. On peut ainsi fabriquer des vernis de concentrations diverses, qui sont utilisés à toutes sortes de travaux de revêtement et d'imprégnation des surfaces de conducteurs électriques ; d'autre part, des produits analogues sont couramment employés pour l'agglomération des isolants feuilletés, tels que les micanites ; certaines micanites, à base de résines synthétiques, peuvent se presser, se cisailer et se tourner aussi facilement que les micanites à la gomme laque.

La plupart des vernis synthétiques isolants modernes sont utilisés à froid, les corps enduits étant ensuite chauffés afin de provoquer la polymérisation des résines synthétiques et d'obtenir des surfaces diélectriques extrêmement résistantes, assurant un isolement parfait et durable.

Les vernis isolants tiennent aujourd'hui une place fort importante dans la construction électrique ; mais, il est nécessaire que les constructeurs n'utilisent que des produits parfaitement bien étudiés.

Les solvants les plus fréquemment employés pour la préparation des vernis isolants sont les alcools éthylique ou méthylique, le « white spirit », la benzine, etc. ; quant à la concentration, elle est extrêmement variable, suivant la destination du vernis. Elle est souvent voisine de 40 ou 60 % (en poids). La coloration peut être soit naturelle, c'est-à-dire d'un blond plus ou moins foncé, suivant la teinte de la gomme ou de la résine, soit noire ou rouge, d'après

les applications auxquelles sont destinés les vernis ; les uns sèchent naturellement à l'air, tandis que les autres, plus nombreux, doivent être séchés à l'étuve. Ceux pour lesquels on désire obtenir une polymérisation complète sont parfois chauffés jusqu'à des températures de 200 degrés ou de 250 degrés.

A l'heure actuelle, les fabricants de vernis synthétiques préparent, pour les industries électriques, une gamme extrêmement complète de produits spécialement adaptés non seulement aux divers emplois, mais aussi aux tensions de services envisagées. A côté des vernis isolants noirs ou blancs, qui ont de multiples applications, notamment pour les bobines d'induit des dynamos et des moteurs, on prépare des vernis isolants spéciaux pour les tôles d'induits et de transformateurs, des vernis spéciaux pour fibres, des vernis-émaux noirs ou mordorés pour les fils émaillés, et, enfin, pour la définition des machines électriques, des émaux isolants de toutes couleurs, plastiques et très adhérents. Citons également des peintures spéciales pour carcasses de moteurs et des vernis spéciaux pour imprégnation du papier, imprégnation des bobinages, etc.

Les bons vernis isolants n'attaquent jamais le cuivre, sont absolument imperméables et insolubles dans les huiles minérales ; au point de vue de leurs applications, ils peuvent être, suivant les cas, employés au pinceau, par trempage, ou au pistolet automatique.

Les vernis isolants, à base de résines synthétiques, servent à la préparation de papier, de cartons et de tissus imprégnés, que l'on utilise le plus souvent, sous forme de tubes, pleins ou creux, et de plaques ; ces divers éléments servent notamment à l'isolement des éléments des transformateurs et à la confection de bornes de haute tension ; pour les applications de ce genre, ils présentent divers avantages sur la porcelaine, étant moins fragiles, plus légers, de construction plus simple et de rigidité électrique supérieure.

En ce qui concerne les imprégnations, et particulièrement les imprégnations de bobinages, divers procédés ont été imaginés ; le plus souvent, ils comportent d'abord un séchage dans le vide du corps à traiter, puis une imprégnation sous vide et pression, la vaporisation du solvant et la polymérisation par chauffage de la résine synthétique ; les éléments peuvent ainsi être complètement imprégnés et isolés, ce qui a permis la construction de moteurs électriques fonc-

tionnant dans l'eau — et même dans l'eau de mer et dans l'huile chaude — sans le moindre inconvénient.

Les applications des matières plastiques sous la forme de poudres à mouler

L'industrie des moulages de matières plastiques est déjà fort ancienne et le nombre des matières pour moulage augmente tous les jours.

Ces matières sont toujours composées de deux éléments : le *liant* ou *agglomérant*, d'une part, et le *produit d'addition* ou *charge*, d'autre part.

Le liant ou agglomérant rend la masse plastique ; c'est l'élément principal du produit, et c'est lui qui communique au produit moulé ses propriétés essentielles aux points de vue physique, chimique, électrique.

Le produit d'addition, ou charge, améliore généralement les qualités mécaniques, et aussi, quelquefois, les qualités chimiques et électriques ; mais il a surtout le gros avantage de diminuer le prix de revient, car, souvent, son prix est assez modique.

Les agglomérants sont fort nombreux, et on peut même dire que tous les corps plastiques par eux-mêmes peuvent servir de base pour la fabrication d'une matière à mouler. Si on considère, d'autre part, que chaque liant peut enrober des charges très variées, on voit immédiatement que le nombre des matières plastiques est considérable.

Parmi ces agglomérants, les suivants sont surtout employés : résines synthétiques, etc.

Ces agglomérants possèdent naturellement des qualités différentes les unes des autres, donnant lieu à des applications également différentes.

On peut néanmoins classer ces liants en deux catégories :

Dans la première sont les liants qui, pendant le moulage, ne subissent qu'un changement physique, la réaction chimique, si elle existe, étant très faible.

Ces liants deviennent plastiques quand on les moule, et reprennent leur rigidité une fois moulés et refroidis. L'objet ainsi formé peut être à nouveau ramolli par réchauffage et donner, par un deuxième moulage, un objet semblable ou différent. A cette catégorie de produits, appartiennent les résines naturelles, les gommes, les bitumes, les asphaltes, etc.

Tous ces produits ont l'inconvénient de ne pas résister à des températures élevées, et on ne peut, en général, dépasser 100°, c'est-à-dire la température de l'eau bouillante.

Dans la deuxième catégorie sont les liants qui, une fois moulés, donnent des produits durs et infusibles, c'est-à-dire des produits ne ramollissant plus et résistant à la température, jusqu'à ce que celle-ci soit telle que les objets soient décomposés, ce qui est le sort commun de tous les produits organiques.

A cette deuxième catégorie appartiennent les matières plastiques considérées précédemment. Ce sont, aujourd'hui, les produits les plus intéressants, et ce sont ceux sur lesquels se porte surtout, actuellement, l'activité de l'industrie du moulage.

Le produit d'addition peut être une charge végétale, une charge minérale, ou un mélange des deux.

Comme charges végétales, nous trouvons : la sciure de bois, le coton, la soie, l'alfa, le chanvre, le lin, etc. ; comme charges minérales : la craie, la baryte, la silice, l'ardoise, le mica, le marbre, l'amiante, etc.

Les deux principaux produits employés dans l'industrie des poudres à mouler sont actuellement la sciure de bois et l'amiante ; le premier est adopté parce que, d'une part, sa densité est assez faible, et, d'autre part, parce qu'il augmente considérablement la résistance mécanique de l'objet fini ; le second est utilisé parce qu'il augmente la résistance à la chaleur de l'objet.

Pour obtenir la poudre à mouler, on broie la matière plastique, on la mélange avec la sciure de bois, puis on fait passer ce mélange au laminoir dont les rouleaux sont chauffés ; la matière fond, imprègne la sciure de bois, et, en arrêtant au moment voulu, on obtient ainsi des feuilles de diverses teintes, si on on a eu soin d'ajouter en même temps un colorant. Ces feuilles sont, ou grossièrement concassées, ou broyées ; la matière à mouler se présente alors sous forme de plaques ou de poudres.

Voici maintenant un certain nombre d'applications des produits moulés à bases de matières plastiques, qui montrent combien est immense le champ d'exploitation de cette industrie. Emploi en T. S. F. sous forme de postes, cadrans, verniers, boutons pour rhéostats, leviers, interrupteurs ; emploi en aviation ; emploi en automobile pour les appareils d'allumage et pour différentes pièces, telles que : boules de levier, cantines, bacs d'accumulateur ; emploi en cinématographie, photographie, tabletterie, téléphonie.

Les poudres à mouler sont employées aussi pour la fabrication de manches de cafetière, articles de vaisselle, manches d'outils,

meubles, pièces de machines diverses, etc.

Les pièces moulées remplacent, en partie, la porcelaine et le bois dans un grand nombre d'applications ; on en fait un emploi très important en électricité générale et en électricité domestique ; enfin, on les emploie pour la fermeture des tubes d'étain, de parfumerie et pharmacie, étuis à savon, cigarettes, etc.

La fabrication des objets moulés fait appel à des presses qui sont, la plupart du temps, des presses hydrauliques — dont certaines à marche rapide — dont les puissances sont assez variables, allant de quelques tonnes à plusieurs milliers.

Les accumulateurs hydrauliques, que l'on emploie aujourd'hui très fréquemment pour la commande des presses, remplacent avantageusement les anciens systèmes d'accumulateurs à contre poids. On construit de tels appareils pour toutes les capacités demandées et pour des pressions spécifiques allant jusqu'à 600 hectopièzes. Leur alimentation est assurée par pompe hydraulique d'un débit approprié et ils comportent tous les accessoires de sécurité et appareils de fonctionnement automatique nécessaires.

Signalons enfin un régulateur de pression hydraulique, d'un principe nouveau, pouvant s'adapter sur toutes les presses hydrauliques et permettant de régler la pression des services d'une façon continue et précise dans les limites du quart au sixième, suivant le type. Cet appareil convient pour des pressions allant jusqu'à 400 hectopièzes et pour un débit allant jusqu'à 120 litres-minute.

Notons que la fabrication des matières plastiques et la préparation des poudres à mouler font aussi appel à un matériel spécial, dans lequel certains constructeurs ont réalisé de grands progrès. C'est ainsi que l'on fournit, aujourd'hui, à l'industrie des matières moulées des pétrisseurs-mélangeurs analogues à ceux qui sont d'un usage courant dans l'industrie de la soie artificielle, et qui comportent essentiellement une cuve horizontale dont la partie inférieure est formée par deux demi-cylindres tangents, dans lesquels tournent des palettes de forme spéciale. La cuve peut, suivant les cas, être en tôle d'acier ou en fonte, établie soit pour le travail à froid, soit pour le travail à chaud, avec, dans ce dernier cas, chauffage à la vapeur, à l'électricité, au gaz ou à l'huile. La vidange de la matière traitée s'effectue par basculement de la cuve, ou par des ouvertures appropriées pratiquées dans la partie inférieure de cette cuve.

ROGER SIMONET.

LA SCIENCE MODERNE A RÉSOLU LE PROBLEME DE L'ÉPURATION DES EAUX DANS LES VILLES

Par Victor JOUGLA

A la suite d'une recrudescence momentanée de la fièvre typhoïde à Paris, due à une erreur de la compagnie distributrice, nous avons entrepris une enquête pour savoir quels étaient les meilleurs procédés scientifiques pour obtenir une eau d'alimentation de bonne qualité. Nous avons montré, dans un article récent (1), qu'on pouvait lutter efficacement contre certaines maladies infectieuses par la vaccinothérapie et la sérothérapie ; mais il est un moyen encore plus efficace, c'est de supprimer la cause du mal en donnant aux consommateurs une eau exempte de bacilles (celui d'Eberth, notamment). La science, en effet, met aujourd'hui à notre portée des procédés ayant fait leur preuve et d'une application à la fois pratique et économique.

LE bacille d'Eberth responsable de la fièvre typhoïde est un des plus fragiles qui soient. Un rien le tue. Quel que soit le procédé employé pour la stérilisation des eaux potables (ozone, rayons ultraviolets, javellisation, verdunisation), on constate que le terrible bacille a complètement disparu après une certaine dose de traitement, alors qu'il reste encore, dans les eaux traitées, toute une kyrielle de ses cousins germains, peu recommandables certes, mais moins sûrement mortels, les colibacilles.

Comment se fait-il donc que, malgré cette fragilité bien connue et malgré les traitements appliqués aux eaux de la consommation urbaine par les usines municipales, la fièvre typhoïde apparaisse aussi souvent à l'état épidémique dans telle ou telle grande ville ? Nul n'ignore que le cas s'est produit récemment à Paris, dans les derniers mois de l'an dernier. Il existe donc, en France, un problème de « l'eau saine », à la solution duquel est suspendue la santé d'un peuple, et même sa vitalité. Voyons comment il se pose et quelles méthodes scientifiques permettent de le résoudre.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 11.

Le problème de l'eau saine tel que le posent les « statistiques » concernant la mortalité typhique

Il n'est pas inutile de représenter ce problème par les nombres statistiques frappants qui mesurent le retard de notre pays, à ce point de vue, sur d'autres grandes nations. Nous empruntons ces données au rapport fait, au nom de la Commission d'hygiène de la Chambre, sur la *Protection de la Santé publique*, par M. le docteur Goujon, député du Rhône. Elles sont résumées dans les tableaux 1 ci-contre, et 2, page 327.

Les deux tableaux combinés de la Société des Nations et du Mouvement de la

DÉSIGNATION	1927	1928	1929
Paris	5,8	5,2	4,1
Londres	0,7	1,1	1,0
107 villes anglaises	0,7	1,0	0,9
Berlin	0,6	0,5	0,9
49 villes allemandes	0,9	1,1	0,9
New York	1,2	1,3	1,1
Boston	1,1	0,6	1,7

TABLEAU 1. — NOMBRE DE DÉCÈS PAR
100.000 HABITANTS RÉSULTANT DE TYPHOÏDE
OU PARATYPHOÏDE

(Tableau fourni par les statistiques de la Société
des Nations, section de l'hygiène.)

population française montrent donc que, pour les 49 grandes villes françaises (Paris excepté) la mortalité typhique atteint 9,2 par 100.000 habitants, tandis que 107 villes anglaises et 49 villes allemandes présentent une mortalité typhique dix fois moins élevée.

Dans ces conditions, il est tout naturel de se demander par quels procédés l'Angleterre, l'Allemagne, les Etats-Unis purifient leurs eaux potables, pour obtenir des résultats aussi « sensationnels ».

La réponse est immédiate : « Le facteur

de cet extraordinaire redressement de la santé publique en ces pays a été le *chlore* », constate le docteur Goujon.

Et cette assertion se démontre.

En 1930, l'Etat de New York nota une mortalité de 1,2 pour 100.000 habitants, alors que cet indice était de 26,7 en 1900, époque à laquelle le chlore n'était pas en usage. Même cause bienfaisante en Angleterre et en Allemagne.

La « javellisation »

Quant à ses inconvénients éventuels, employé depuis trente ans dans un groupe de nations totalisant 200 millions d'âmes, le chlore a démontré son innocuité absolue.

Mais il existe plusieurs manières d'administrer le chlore dans l'épuration des eaux. Voici le plus ancien et le plus sommaire des procédés, connu sous le nom de « javellisation ».

On mélange à l'eau une certaine dose d'hypochlorite de chaux, ou de chlore pur, à l'état gazeux. Deux hypothèses sont également plausibles : ou bien le chlore attaque directement les matières organiques en suspension dans l'eau et décompose par là même les microbes qui font partie de ces matières organiques ; ou bien le chlore

libère de l'oxygène en décomposant l'eau pour s'assimiler son hydrogène. Dans ce dernier cas, ce serait l'oxygène « naissant » qui « brûlerait » la matière organique. Et, finalement, le chlore demeurerait dans l'eau à l'état de chlorure de sodium, c'est-à-dire de... sel de cuisine !

Pour être assuré que toute la matière organique (dont les microbes sont la partie vivante) est détruite au sein de l'eau, il convient de fournir à celle-ci un excédent de chlore. Un inconvénient apparaît aussitôt : le goût détestable laissé au liquide. On s'en débarrasse par addition d'hyposulfite de soude, qui donne encore naissance à du chlorure de sodium.

Le procédé ne donne prise

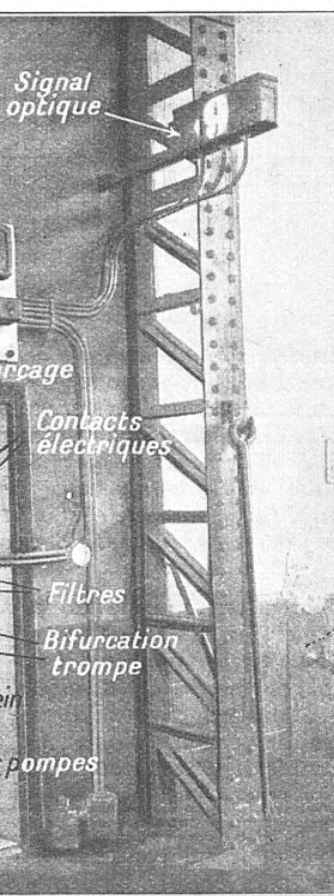


FIG. 1. — UN POSTE DE VERDUNISATION DES EAUX A L'USINE DE POMPAGE D'IVRY

Le poste est composé de deux parties symétriques et identiques comprenant une éprouvette à niveau constant qui contient la « liqueur verdunisante » (solution dosée d'hypochlorite de soude) dans laquelle puise le système d'aspiration décrit dans le schéma suivant. Un bac « d'amorçage » — à trop plein — arrête l'appareil quand la pompe de l'usine cesse de fonctionner. Un contact électrique (également détaché sur le schéma) actionne un signal d'alarme, composé d'une lampe et d'une sonnette, dès que le poste cesse lui-même de fonctionner correctement. Ces interruptions sont enregistrées sur un appareil chronomètre à bandes (voir photographie suivante) destiné à contrôler le personnel surveillant en cas de panne.

à aucune critique théorique. Appliqué avec soin, comme il l'est en Allemagne, il fournit une eau potable parfaitement immunisée. La dose utilisée doit atteindre 3 milligrammes de chlore par litre d'« eau de source » ou d'« eau filtrée » — d'après les déclarations de feu le docteur Roux, directeur de l'Institut Pasteur (1932).

Pour être assuré de la destruction des bacilles d'Eberth et des colibacilles, il convient de laisser cuver l'eau traitée de trois

à six heures et de doser ensuite avec précision l'hyposulfite nécessaire à la neutralisation de l'excès de chlore.

Cette neutralisation est de première importance, puisque de sa réussite dépend la potabilité de l'eau.

La « verdunisation »

Supposez, maintenant, qu'on ne dispose pas de réservoirs de traitement suffisants pour assurer les trois ou six heures de repos avant livraison à la consommation, ni de l'installation convenable pour assurer le mélange parfait de l'hyposulfite de soude. Le procédé de javellisation devient impossible à appliquer. C'est précisément ce qui est arrivé durant la guerre, et particulièrement au service d'alimentation des eaux des troupes combattant sous Verdun. Les soldats, écœurés par le goût de chlore, préféreraient à l'eau de l'intendance celle de pluie, accumulée dans les trous d'obus.

C'est alors qu'intervint l'invention véritablement géniale du commandant Bunau-Varilla, ingénieur du corps des Ponts et Chaussées, chargé « du service des eaux » de la II^e armée. Frappé de la vanité de la méthode employée (par suite du refus de la troupe), le commandant résolut de déterminer scientifiquement le *minimum* de chlore nécessaire à la disparition des coli-

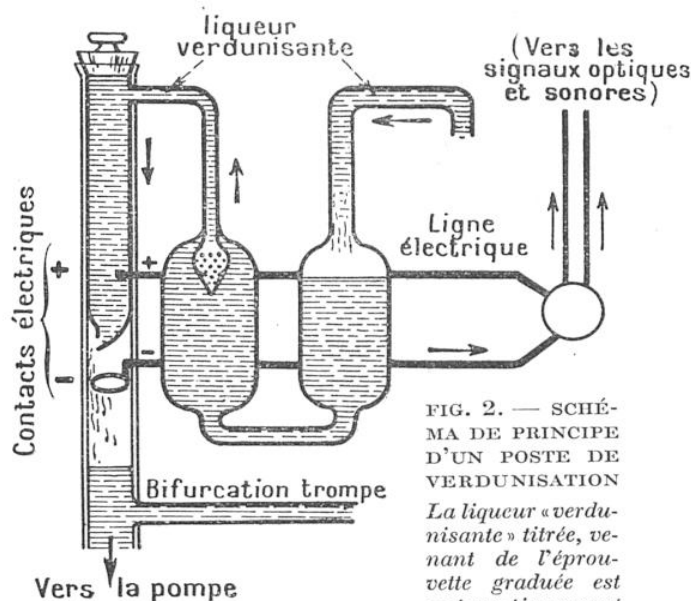


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN POSTE DE VERDUNISATION

La liqueur « verdunisante » titrée, venant de l'éprouvette graduée est automatiquement aspirée par la succion même de la pompe de l'usine. Elle traverse une trompe de verre perforé (nez d'éléphant), qui la filtre de ses impuretés éventuelles, et retombe (en léchant la paroi du tube) vers l'issue qui la conduit au corps de la pompe desservie. Le schéma montre la disposition du circuit électrique que ferme la liqueur en s'écoulant de + à -. Une « bifurcation trompe » assure le désamorçage de l'appareil dès que l'aspiration de la pompe cesse.

bacilles dans les eaux utilisées. En vertu du principe de la moindre résistance du bacille d'Eberth comparée à celle des colibacilles, il était évident que la disparition de ceux-ci serait un critérium suffisant de la disparition de celui-là.

Le docteur Cathoire, mobilisé comme lui, se chargea des observations microbiologiques.

M. Bunau-Varilla commença par une dose de 1/3 de milligramme, soit neuf fois moindre que la dose réglementaire. Mais il soumit le liquide à une forte agitation. L'analyse bactériologique, effectuée sitôt après ce traitement, révéla que tous les colibacilles étaient morts.

Il poussa plus loin son expérience et réduisit la dose de chlore à 1/5^e de milligramme, avec le même succès. Puis à 1 décimilligramme : trente fois moins que la dose réglementaire ! Les colibacilles étaient tués. L'opération, instantanée, ne nécessitait aucune attente,

Désignation	Population	Nombre de décès typhiques	Décès typhiques par 100.000 habitants
Les 16 villes françaises ayant plus de 100.000 habitants, Paris non compris.....	3.439.382	371	10,8
Les 14 villes françaises ayant entre 70.000 et 100.000 habitants.....	1.169.946	72	6,1
Les 10 villes françaises ayant entre 50.000 et 70.000 habitants, non comprises celles du département de la Seine et Versailles.....	611.247	67	10,3
Les 9 villes (département de la Seine plus Versailles) ayant entre 50.000 et 100.000 habitants.....	565.607	24	4,2
Les 49 villes françaises au-dessus de 50.000 habitants, non compris Paris.....	5.786.182	534	9,2

TABEAU 2. — NOMBRE DE DÉCÈS DUS A LA FIÈVRE TYPHOÏDE EN FRANCE

(Extrait de la statistique du mouvement de la population — 1929.)

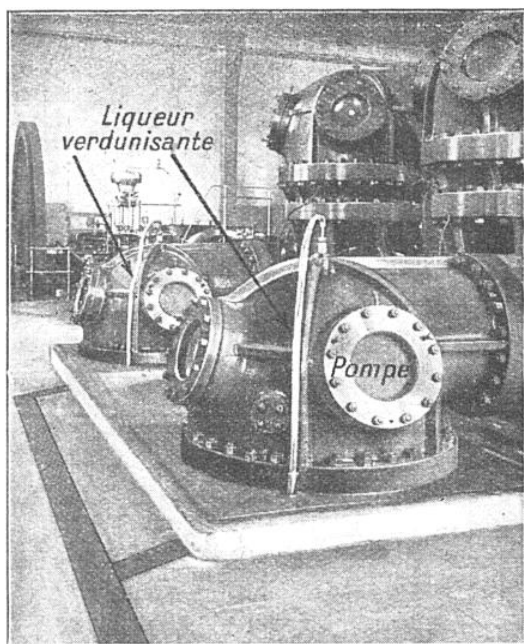


FIG. 3. — L'ARRIVÉE DE LA LIQUEUR VERDUNISANTE AU CORPS DE POMPE

On aperçoit la canalisation (en sombre sur le sol) qui conduit la liqueur du poste au corps de pompe, par un tube de cuivre recourbé. Celui-ci plonge à l'intérieur de la pompe jusque au-dessous du système de soupapes, situé ici au niveau du sol, en sorte que la liqueur, traversant ces soupapes pour remonter dans le corps proprement dit, subit le maximum de turbulence.

ni aucune cuvaïson spéciale (difficile à organiser sous les obus). Et les soldats ne trouvaient plus ni l'odeur ni le goût du chlore. Ils buvaient enfin, à leur soif, de l'eau saine.

Telle fut la naissance du procédé d'épuration aujourd'hui vulgarisé sous le nom de « verdunisation ».

Mais la paix venue, vous pensez bien que l'inventeur, homme tenace, résolu d'avoir le fin mot du « phénomène » observé et utilisé sous les obus : il continua de réduire les doses de chlore tout en perfectionnant les appareils de mélange improvisés à Verdun. La dose de chlore fut abaissée à $1/2$ décimilligramme par litre (c'est le dosage utilisé par la ville de Lyon), puis à $1/4$ de décimilligramme. Cette dose, adoptée à Dieppe, vient d'être encore abaissée par cette ville à $1/5^e$ de décimilligramme, ce qui représente une dépense de 3 francs d'hypochlorite pour une consommation journalière de 17.000 mètres cubes. Et tous les colibacilles sont éliminés !

Dès 1924, le professeur Téchoueyres démontra, à Reims, que 1 centimilligramme de chlore par litre suffisait à tuer le *bacille d'Eberth*, seul responsable de la typhoïde.

Nous sommes loin des 3 milligrammes nécessités par la « javellisation ».

Les appareils de mélange Bunau-Varilla sont aussi des appareils de sécurité

Tout le mérite de l'inventeur revient donc à avoir compris l'importance de l'opération « physique » du « mélange » dans l'action stérilisante du chlore sur l'eau.

On n'apportera jamais assez d'attention à ce phénomène de la diffusion de la matière dissoute dans un solvant : 1 milligramme de carmin colore 10.000 litres d'eau, de même, d'ailleurs, qu'une infime parcelle de musc envahit de ses « vapeurs » impondérables une atmosphère de plusieurs mètres cubes. Pour diluer dans l'eau les infimes parties de chlore qui suffisent à assurer l'efficacité de la verdunisation, il fallait procéder en plu-

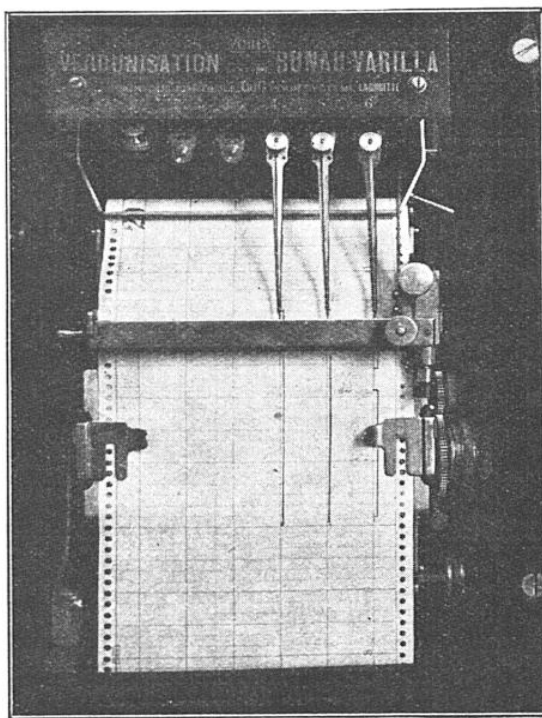


FIG. 4. — LA BANDE DE CONTRÔLE

Les stylets traceurs correspondent chacun à un circuit électrique du poste de verdunisation. Dès que le poste cesse de fonctionner, le stylet se déplace vers la gauche. Le décrochement ainsi marqué sur la bande mesure, par sa position et sa longueur, l'heure précise et la durée du non-fonctionnement.

sieurs temps : établir tout d'abord une première solution parfaitement brassée d'hypochlorite de soude, que l'on diluerait dans un volume d'eau plus grand en maintenant la « turbulence » des deux liquides. La liqueur ainsi obtenue sera la « liqueur verdunisante », au « titre » parfaitement déterminé, qui sera injectée à son tour (sous un volume par conséquent non négligeable et facile à doser pratiquement) dans le corps de pompe véhiculant l'eau destinée à la consommation. C'est dans ce corps de pompe que se fait le mélange définitif.

Les appareils réalisés dans ce but, utilisés notamment dans les usines municipales de pompage de la Ville de Paris, à Auteuil et à Ivry, présentent une véritable perfection technique dont témoignent nos photographies comme nos schémas explicatifs. Ces documents montrent la progression du mélange, mais aussi les dispositifs de sécurité mis en œuvre pour alerter l'usine de pompage dans le cas où l'appareil cesserait de fonctionner. En suivant

le schéma, on verra notamment que :
1° Si la liqueur verdunisante vient à cesser de couler, une sonnerie électrique retentit, en même temps que joue un signal lumineux indiquant le point de l'usine où s'est produite la défaillance ;

2° Si la pompe cesse de fonctionner, l'appareil cesse de fournir la liqueur verdunisante.

L'automatisme du montage est absolu. Le réglage des doses, extrêmement facile, se fonde sur le débit de la pompe. Quoi de plus simple ?

Un graphique enregistre automatiquement les temps et les suspensions de fonctionnement de l'appareil. Toute négligence du personnel surveillant est donc enregistrée.

La jonction de l'appareil verdunisant à la pompe de service est extrêmement simple : celle-ci *aspire* avec l'ensemble de sa charge les doses qui lui sont destinées.

La verdunisation, première expérience d'une science nouvelle :

la « bioradiance »

Laissons maintenant la technique matérielle de l'installation pour une tentative d'explication du phénomène de stérilisation. Celui-ci est indéniable : le graphique ci-joint du nombre de *colibacilles* par unité de

volume, comptés sur un circuit d'aspiration (avant verdunisation) et au refoulement (après verdunisation), suffit à démontrer sa réalité. Mais comment des doses de chlore aussi infimes peuvent-elles avoir raison d'un pullulement de bacilles dispersés dans un volume d'eau 50 millions de fois plus étendu qu'elles-mêmes ?

L'explication de ce fait a conduit M. Bunau-Varilla à formuler une hypothèse scientifique bien curieuse, et le

professeur Técheuysres à faire une expérience qui la confirme pleinement. Cette hypothèse, la voici : la dispersion quasi instantanée du chlore en une infinité de particules ayant une réaction subite sur la matière organique de l'eau engendre, au sein du liquide, non seulement la formation classique d'une certaine quantité de chaleur, mais encore un dégagement de lumière à très courte longueur d'onde (rayons ultraviolets). Ceci est parfaitement compatible avec les théories chimiques. Ce serait ce rayonnement ultraviolet, explosant littéralement au sein du mélange en tous ses points à la fois, qui anéantirait les microbes pathogènes.

L'expérience du professeur Técheuysres,

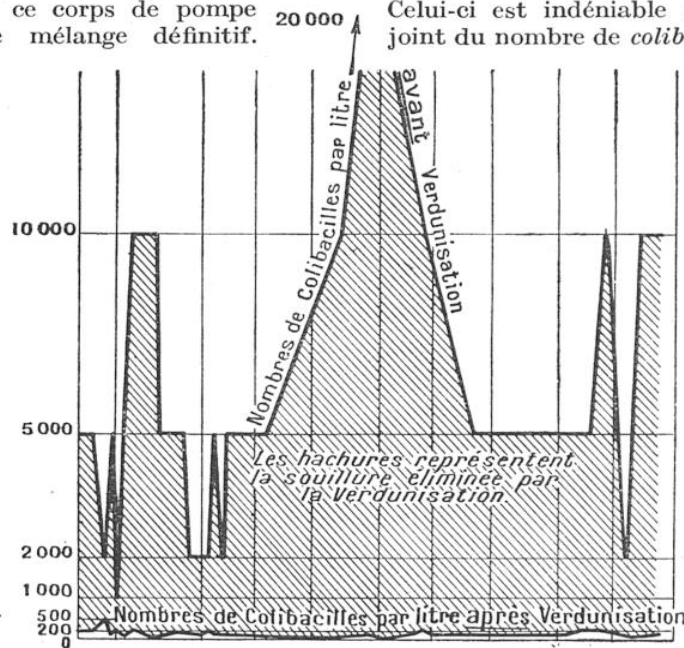


FIG. 5. — CE GRAPHIQUE MONTRE, HEURE PAR HEURE, LES NOMBRES RELATIFS DE COLIBACILLES PRÉSENTS DANS L'EAU AVANT LA VERDUNISATION (COURBE SUPÉRIEURE) ET APRÈS VERDUNISATION (COURBE INFÉRIEURE)

Désignation	En 1926	En 1927	En 1923	En 1929
Nice.....	14,6	17,3	13,0	14,6
Brest.....	11,73	7,33	11,73	10,26
Lorient.....	19,2	9,6	7,21	7,21
Saint-Brieuc.....	46,1	30,7	46,1	23
Avignon.....	12,4	24,8	12,4	16,5

TABEAU 3. — CE TABLEAU DONNE LA MORTALITÉ POUR 100.000 HABITANTS DES VILLES FRANÇAISES UTILISANT L'OZONISATION POUR TRAITER LES EAUX

qui semble confirmer cette hypothèse, consiste à plonger dans un bain d'eau chargée de matières organiques une éprouvette contenant une culture de colibacilles. On verse de l'hypochlorite dans le bain; si l'éprouvette est en quartz, les microbes sont tués dans une proportion de 30 % bien que le liquide verdunisé ne soit pas en contact avec eux. Si l'éprouvette est en verre, les bacilles et colibacilles survivent. Explication : les rayons ultraviolets produits dans le milieu organique verdunisé traversent le cristal, agissent donc sur les microbes, tandis que le verre, opaque à ces mêmes rayons, les préserve. La proportion de 30 % correspond de manière très plausible aux microbes situés au voisinage immédiat de la paroi de quartz.

L'émission de rayons ultraviolets par une matière organique (l'urée) traitée à l'hypochlorite a été rendue visible par luminescence en 1927 (expérience du docteur Mallet).

D'autre part, M. et M^{me} Magron et M. Reiss ont fait, voilà quelques années, l'expérience suivante : si on place des larves d'oursins dans un aquarium séparé par une lame de quartz d'une solution sucrée en cours d'oxydation, cette oxydation a une influence sur le développement des larves d'oursins. Si la lame de quartz est remplacée par une lame de verre, l'influence disparaît. L'oxydation se traduirait donc, ici encore, vraisemblablement, par une émission de rayons ultraviolets, et c'est là précisément une réaction analogue à celle de l'hypochlorite sur une matière organique.

L'action antibacillicide des rayons ultraviolets a été d'ailleurs mise en évidence par MM. Philibert et Risler. Elle est maintenant tellement connue qu'on a songé à utiliser directement la lumière ultraviolette de lampes à vapeur de mercure pour stériliser l'eau. Mais pour la réussite de l'opération, l'eau doit glisser en pellicules extrêmement minces sur les parois de quartz des lampes,

— sinon, les rayons ultraviolets ne pénétreraient pas la masse aqueuse et n'agissent efficacement qu'en surface. C'est dire qu'à moins d'engager des dépenses prohibitives, la stérilisation industrielle de l'eau par le rayonnement ultraviolet est irréalisable. Il suffit de voir une pompe aux usines d'Auteuil ou d'Ivry pour en être convaincu. Le procédé n'est donc pas industriel. Et pourquoi se donner

tant de peine, puisque la verdunisation reviendrait finalement à créer un feu croisé de ces rayons stérilisants au sein même du liquide traité ?

Mieux que stérilisante, la verdunisation « vitaminise » les eaux

Soutenu par les théories scientifiques les plus certaines de la biologie moderne, M. Bunau-Varilla affirme que le processus interne de formation des rayons ultraviolets confère aux matières grasses demeurées en suspension dans l'eau (principalement l'eau de rivière, de la Seine, du Rhône), la vertu supérieure d'être vitaminisées. On connaît aujourd'hui les relations du rayonnement ultraviolet avec la vitamine D : on crée cette vitamine dans le cacao par irradiation à l'ultraviolet ; c'est l'ultraviolet qui, vraisemblablement, crée les vitamines dans les végétaux et dans les algues du plancton marin dont se nourrissent les sardines, vitamines que les morues accumulent dans le filtre de leur foie, en se nourrissant desdites sardines, et que nos enfants retrouvent finalement dans l'huile de foie de morue. La verdunisation serait-elle, dans ces conditions, un facteur de vitalité pour nos enfants ?

C'est ce que semblent confirmer les statistiques de la ville de Lyon. Depuis que la verdunisation est adoptée à

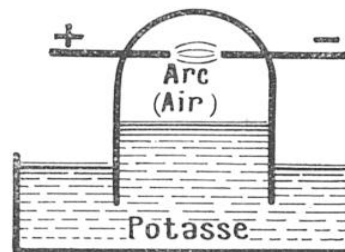


FIG. 6. — L'EXPERIENCE PAR LAQUELLE CAVENDISH ANALYSA L'AIR, AVANT LAVOISIER

L'étincelle électrique jaillissant dans l'air sous cloche, au-dessus d'un bain de potasse, produit de l'ozone, tout en combinant l'oxygène à l'azote pour former un acide nitreux que la potasse absorbe. Ainsi l'on voit bien que la production d'ozone est inséparable de celle des produits nitreux.

Lyon, la mortalité des enfants au-dessous de cinq ans s'est considérablement abaissée (26,4 %) ainsi que d'ailleurs à Reims (29,5 %), à Bar-le-Duc (27 %).

Dans certains haras (à Gris-les-Plâtres, près de Pontoise), l'eau des abreuvoirs ayant été verdunisée à la suite d'une épizootie de « fièvre ondulante » qui avait tué vingt-deux juments sur trente-cinq, l'épizootie fut arrêtée net. Etant donné son coût déri-

Les résultats de la verdunisation sont incontestables : à Reims, où l'on n'a constaté qu'un cas de typhoïde en quatre ans (par 100.000 habitants) ; à Lyon, où la mortalité typhique est tombée à 0,87 pour 100.000 (en 1931) et à 1 pour 100.000 (en 1932) ; à Paris, où la mortalité est passée de 4,9 par 100.000 en 1931 à 2,5 en 1932, par suite de la verdunisation des eaux brutes de rivière. Carcassonne, la ville la plus typhique

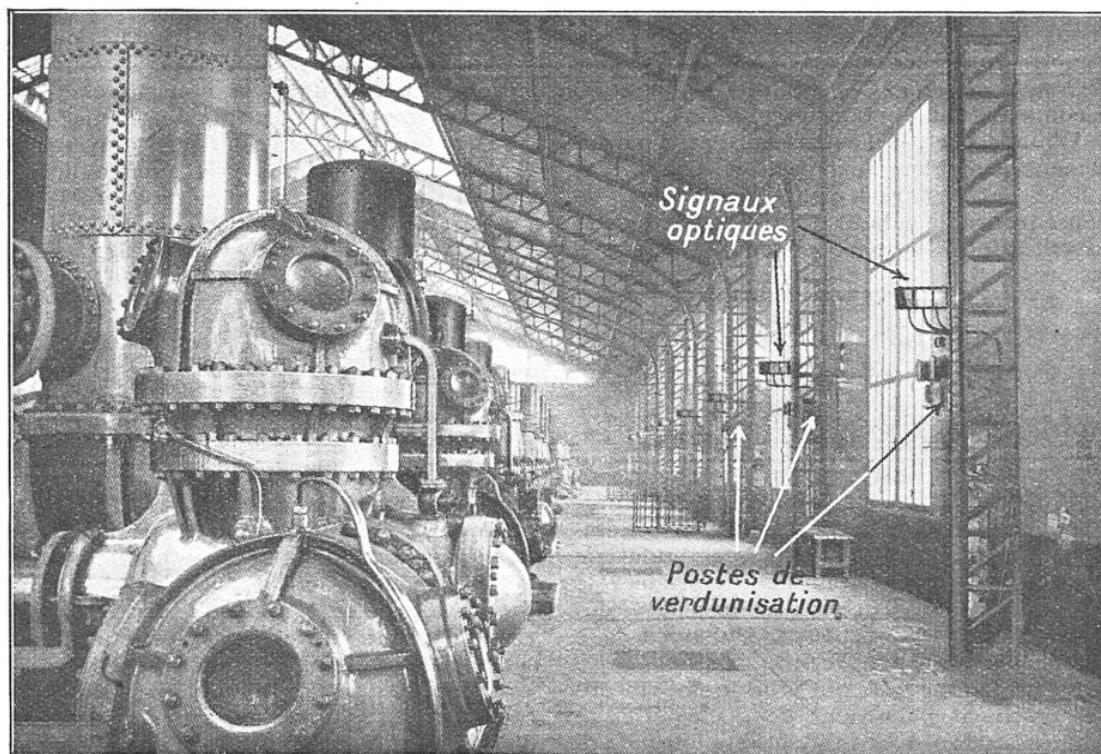


FIG. 7. — VUE D'ENSEMBLE DES POMPES DE L'USINE DE VITRY (VILLE DE PARIS)

A chaque système de pompes correspond un poste de verdunisation et ses signaux optiques d'alarme visibles d'un bout à l'autre de l'usine.

soire, la verdunisation est, en effet, applicable et doit être appliquée aux eaux brutes, même aux eaux d'arrosage. Que de bacilles d'Eberth transmis par les salades !

Les piscines doivent être verdunisées : elles le sont à Paris.

L'eau qui sert au lavage des ustensiles de laiterie et à la fabrication du beurre. Celui-ci se trouve amélioré de ce fait (constatation officielle d'une grande firme laitière).

Dans l'industrie de la bière, l'eau verdunisée fait disparaître le ferment parasite de « la tourne », sans que la fermentation normale soit entravée.

de France avant la verdunisation de ses eaux, ne connaît plus la typhoïde, grâce à l'application de la méthode de M. Bunau-Varilla.

Pourquoi donc faut-il que Paris conserve le procédé de la javellisation de l'eau potable dans certains de ses secteurs où l'eau, certains jours, empest le chlore ? Le public doit savoir que l'odeur nauséabonde du chlore disparaît dans la verdunisation. Pourquoi maintenir le public ignorant dans un état d'animosité contre « le chlore » sans distinguer les procédés si différents pour l'épuration des eaux d'alimentation ?

Existe-t-il d'autres procédés pratiques d'épuration ?

On préconise souvent d'autres procédés d'épuration des eaux, notamment leur traitement par l'ozone.

L'ozone est un gaz dont la molécule contient trois atomes d'oxygène. Il s'obtient par le passage de l'oxygène à travers un arc électrique. La foudre produit de l'ozone. Mais l'étincelle électrique appliquée à l'air, non à l'oxygène pur, donne naissance également à des produits nitreux résultant de l'azote atmosphérique, *si l'air n'est pas parfaitement desséché*. Ces produits ne sont pas recommandables pour l'organisme.

D'autre part, si l'eau cesse d'être parfaitement limpide, l'ozonisation n'est plus efficace et les règlements ordonnent, en conséquence, la substitution immédiate de la javellisation dès que l'accident est constaté.

Et s'il faut, ici encore, faire parler les statistiques, le tableau 3, page 330, que rapporte le docteur Goujon, est assez éloquent. Il exprime la mortalité typhique par 100.000 habitants dans les villes qui utilisent l'ozonisation de leurs eaux.

L'ozonisation, procédé connu de longue date, n'est appliqué ni en Allemagne, ni en Angleterre, ni aux Etats-Unis. L'Italie adopte la verdunisation pour ses camps aéronautiques.

Les villes des Sables-d'Olonne, de Cosne, de Lavaur, de Dinard et de Thouars ont dû y renoncer pour y substituer la verdunisation, procédé dont le bon marché, qui défie toute concurrence par lui-même, s'accroît encore de ce fait que l'inventeur, M. Bunau-Varilla, n'a pris aucune licence pour l'application de sa méthode et l'offre gratuitement à l'humanité.

VICTOR JOUGLA.

LA REPRISE DES AFFAIRES AU SALON DE L'AUTOMOBILE DE NEW YORK

A la suite d'une visite au Salon de l'Automobile de New York, un de nos collaborateurs a constaté que l'industrie américaine a retrouvé un essor considérable par rapport au « marasme » accentué des deux années 1932 et 1933. Qu'on en juge par ces quelques chiffres :

La firme *Chevrolet*, qui fabrique la voiture de prix moyens, a atteint, depuis le début de l'année 1934, une production journalière de 2.000 véhicules, alors qu'elle n'atteignait qu'un millier il y a un an. La firme *Ford*, qui avait subi une régression encore plus marquée, se vante de « sortir » maintenant 3.200 voitures (8 cylindres) par jour. Or, il y a un an à peine, la cadence était inférieure à celle de Chevrolet (1).

Si nous passons dans le domaine des voitures de prix supérieurs, telles que la *Chrysler*, nous constatons que cette firme a enregistré, au Salon de New York, 50 millions de dollars de commandes (voitures de puissances diver-

ses), soit approximativement 750 millions de francs, c'est-à-dire la production d'une de nos grandes usines pendant cinq mois.

Ces exemples suffisent à démontrer que, depuis la mise en vigueur du plan Roosevelt (*New Recovery Act*), une reprise des plus sensibles s'est manifestée dans la production industrielle, dont l'automobile est l'une des branches les plus importantes. Ce regain d'activité prouve que l'économie dirigée n'a pas abouti à des résultats aussi négatifs que l'annonçaient ses détracteurs. Rien qu'au point de vue du chômage, cette rationalisation de la production a été particulièrement efficace.

Nous aurons, du reste, prochainement, l'occasion de présenter une étude synthétique, sous la signature d'un collaborateur qualifié, ayant séjourné aux Etats Unis pour examiner les répercussions de l'économie dirigée américaine depuis la mise en exécution des fameux codes destinés à discipliner les différentes industries.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 190, page 347.

EN SIGNALISATION FERROVIAIRE, VOICI CE QU'IL RESTE A FAIRE

Le nouveau système américain est plus rationnel que le nôtre

Par Jean LABADIÉ

La récente catastrophe du réseau de l'Est a montré que notre système de signalisation ferroviaire était loin de réaliser la sécurité parfaite. En particulier, le dispositif de répétition des signaux sur la locomotive — par l'intermédiaire des appareils de voie dénommés « crocodiles » — est d'un fonctionnement assez aléatoire. A cet égard, le système américain de signalisation continue (cab signal), qui indique d'une façon permanente, au moyen de voyants placés sur la machine, l'état de la voie à l'avant du train, est certainement bien supérieur à ce qui existe en Europe. L'Amérique, dans ce domaine comme dans beaucoup d'autres, nous montre la voie du progrès mécanique, de plus en plus orienté vers le contrôle automatique.

LA France possède des voies ferrées aussi bonnes que celles de n'importe quel pays du monde. Cette phrase, recueillie dans un article technique du *Daily Herald*, écrit à la suite de la catastrophe de Lagny, résume excellemment, venant de l'Angleterre, berceau des chemins de fer, ce qu'il faut penser de l'épouvantable tamponnement qui coûta la vie à deux cents personnes. « Cette catastrophe, ajoute le technicien, aurait aussi bien pu se produire dans notre pays, ainsi qu'en témoignent les deux cent vingt-quatre morts de la catastrophe de Gretna. »

Nous prenons acte de cette déclaration. La moyenne annuelle des voyageurs tués en France par accidents ferroviaires ressort, en effet, pour les années 1930, 1931, 1932, à 3,5 par 100 millions de personnes transportées. Cette moyenne est de 3,7 pour l'Angleterre ; de 5,6 pour l'Allemagne et de 6,2 pour les Etats-Unis. Les fluctuations de cette moyenne sont donc à la merci d'accidents exceptionnels comme ceux de Lagny et de Gretna, et ceux-ci se répartissent sans distinction sur tous les réseaux du monde, suivant la remarque même du technicien britannique. Il serait donc injuste de médire de l'exploitation ferroviaire française dans son ensemble. N'empêche que de tels désastres prouvent qu'en France, comme ailleurs, il reste des progrès à accomplir. En matière de signalisation, particulièrement, car s'il est une cause d'accident qui jamais ne devrait apparaître, c'est bien

celle du non-fonctionnement d'un signal. Un réseau ferré constitue, pour les véhicules, un système de guidage à un seul degré de liberté (1), comme on dit en cinématique, le plus simple, par conséquent, des mécanismes de translation. Il est donc inadmissible que ce mécanisme ne fonctionne pas à la perfection, à l'instar de tant d'autres montages industriels, c'est-à-dire, en l'espèce, sans la moindre erreur de *direction* (aiguillages) ni d'*intervalle* de sécurité entre les véhicules (« block-system »).

La première partie de ce programme, qui résume tout le problème de la sécurité, doit être considérée comme absolument réalisée partout où sont installées les cabines modernes d'aiguillage. A chacune de ces bifurcations, extrêmement complexes aux abords des grandes gares, on trouve aujourd'hui une cabine qui centralise tous les mouvements d'aiguilles dans un seul mécanisme rigide, agencé de telle sorte que deux ouvertures de voies incompatibles ne puissent être effectuées simultanément : c'est le système des « enclenchements », aujourd'hui porté à un point voisin de la perfection, qui assure ce département de la sécurité. Nous ne reviendrons pas sur ce sujet (2), bien que le mouvement des aiguilles soit nécessairement lié aux signaux de la voie destinés à protéger

(1) Le navire et l'auto se mouvant sur un plan jouissent de deux degrés de liberté. L'avion, si on lui assigne la condition d'avancer horizontalement, possède trois degrés de liberté.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 99, page 193.

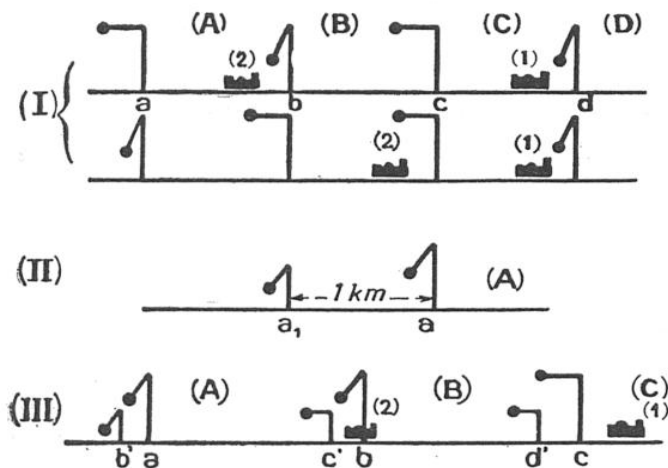


FIG. 1. — SCHÉMA DU « BLOCK-SYSTEM »

I. Le train (2) est entré sur le canton A : le sémaphore a se ferme. Le train (1), qui le précède, est encore en C. Le sémaphore c est donc fermé, tandis que b est ouvert devant (2). — II. Tout sémaphore a protégeant un canton A est précédé d'un signal avancé a_1 « d'avertissement », à 1 kilomètre, qui est la distance minima prévue pour un freinage utile au maximum de la vitesse. — III. Sur les voies très fréquentées, le signal avancé d'un sémaphore coïncide avec le sémaphore précédent, ce qui permet de ramener à 1 kilomètre la longueur du canton. On voit ici la position relative des deux espèces de signaux (distingués l'un de l'autre pour la commodité du dessin) quand le train (2), averti par c' que la section C est occupée, franchit au ralenti le sémaphore b. Le signal c' se referme derrière lui ; c et d sont fermés, et c' ne pourra se rouvrir qu'après l'ouverture de c (enclenchement).

les bifurcations, ou la gare qu'administre le poste d'aiguillage. Ces signaux sont répétés dans la cabine ; leurs sémaphores sont le plus souvent à portée visuelle du garde circulant dans sa galerie vitrée ; leurs mouvements sont d'ailleurs également contrôlés par des enclenchements liés aux moteurs d'aiguille. Donc, le fonctionnement propre de ces signaux atteint au maximum de la sécurité. Tout ce que nous allons dire à propos de la seconde partie du problème, la conservation des intervalles entre les trains, et la « signalisation de la voie », qui a pour but d'assurer cette conservation, sera d'ailleurs valable pour les signaux de protection des gares et embranchements.

Le principe du « block-system » est maintenant universel

Le « block-system » découle d'un principe élémentaire pouvant se formuler ainsi : La ligne étant divisée en cantons bien définis, deux convois qui se suivent ne doivent jamais se trouver sur un même canton de voie ferrée.

Si cette prescription est observée, toute collision entre deux convois consécutifs devient mathématiquement impossible.

Cette prescription rationnelle si simple comporte, pour sa réalisation, des moyens techniques dont la complexité et le perfectionnement n'ont cessé de croître à mesure que s'intensifiait le trafic ferroviaire et que la vitesse des trains augmentait. Effectivement, voyez-vous que ce principe soit appliqué aux automobiles et à une grande route très fréquentée ? Impossible ! Les autos se succèdent trop rapides, à intervalles trop courts. Et, bientôt peut-être, les trains de vront suivre le même rythme. C'est d'ailleurs une des raisons d'être des automotrices récemment apparues. Rien n'est donc plus curieux que l'évolution du « block-system ».

Prenons-le, pour commencer, dans toute sa simplicité originelle.

Un premier schéma (fig. 1) suffit à l'expliquer. Il représente quatre cantons de la voie : A, B, C, D. Le canton A vient de recevoir un train 2 qui suit un premier train 1 déjà engagé sur la section C. Le

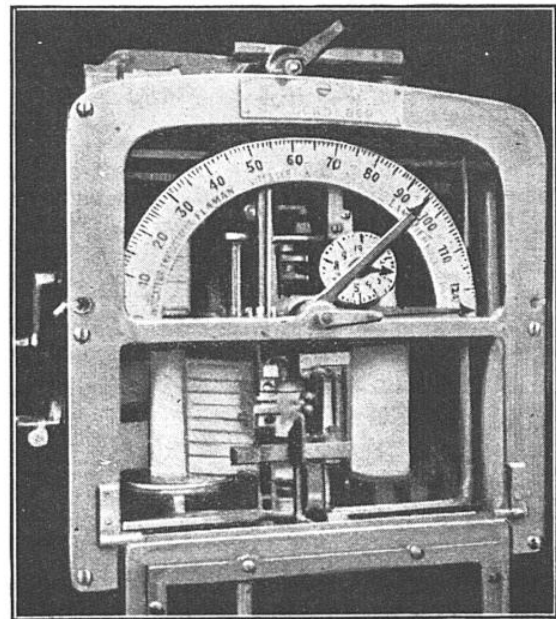


FIG. 2. — VOICI L'APPAREIL « FLAMAN », QUI EST A LA FOIS INDICATEUR DE VITESSE ET ENREGISTREUR DE SIGNAUX ACOUSTIQUES

sémaphore *a*, qui protège ce canton, se met donc à l'arrêt (bras sémaphorique horizontal). Le canton *B* est libre ; le sémaphore *b* est donc baissé (signification : passage autorisé). La section *C* est occupée par un deuxième train : *e* est donc fermé et *d* ouvert. Si le train 2 gagne du terrain, il ne peut entrer dans *C* tant que le train 1 s'y trouve, etc...

Il est à peine besoin de faire remarquer la gêne que ces couvertures successives apportent au trafic. Du point de vue *intensité du trafic*, si les cantons sont très longs, la

phorique *a*, *b*, *c*..., de pourvoir également au signal d'avertissement *b'*, *c'*, *d'*..., pour le canton situé au-delà du sien propre. On peut alors réduire le canton au minimum de la distance de freinage (1 kilomètre), et l'on aboutit ainsi au schéma III dans lequel nous séparons les deux signalisations d'avertissement (*b'*, *c'*, *d'*...) et d'arrêt absolu (*a*, *b*, *c*) afin de les mieux distinguer, mais en observant que les deux dispositifs peuvent tout aussi bien figurer sur le même poteau. Nous voyons aussitôt quelle doit être la situation de la signalisation d'en-

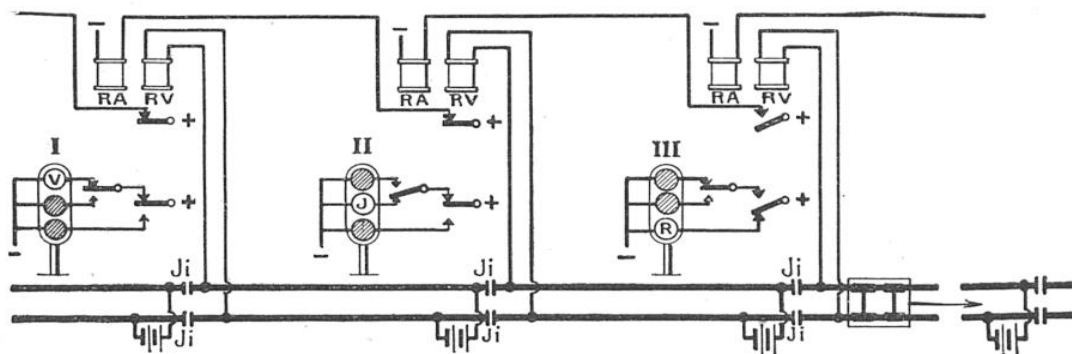


FIG. 3. — SCHÉMA DU BLOCK AUTOMATIQUE LUMINEUX

Nous avons représenté ici deux cantons de la voie compris entre les signaux I et II et II et III. Les essieux du train (sur la ligne à droite) court-circuitent le courant qui (par des piles) alimente le canton de block III. Le relais RV, du panneau III, ne recevant plus de courant, laisse tomber ses « contacts ». Mais la chute du contact inférieur établit un circuit qui provoque l'apparition du feu d'arrêt R (rouge) sur le même panneau III. Le canton III-IV se trouve donc protégé. — Mais la chute du contact supérieur de ce même relais RV coupe le courant qui doit exciter le relais RA du panneau II. Le contact de ce relais, en tombant, provoque l'apparition du feu d'avertissement J au panneau II. — Mais le panneau II n'étant plus à l'arrêt, les deux relais RA et RN du panneau I sont sous tension : le montage électrique indique alors que, seul, le feu V (vert) est allumé, et c'est le signal « voie libre » dans la nouvelle convention. Le canton I-II est donc ouvert sans condition, tandis que II-III ne l'est que sous condition de ralentissement.

fréquence des trains sera faible. Du point de vue *vitesse*, si les cantons sont trop courts, le freinage d'un train rapide ne sera plus efficace : un signal fermé sera franchi malgré le mécanicien, qui ne peut freiner qu'arrivé à sa portée, et l'élan peut conduire à la collision du train 2 sur 1 arrêté. La longueur de voie minimum nécessaire à un rapide pour stopper sur le coup de frein, s'il marche à 100 kilomètres à l'heure, étant de 1 kilomètre, on voit donc que le sémaphore *a* d'ouverture-fermeture de chaque canton doit être précédé d'un signal *a'* répétant l'avertissement à 1 kilomètre en avant du sémaphore. Ceci revient à immobiliser une plus grande partie de la voie, à *allonger le canton*.

Le facteur « intensité du trafic » s'y oppose. Comment l'accorder avec le facteur « vitesse » ? En demandant à chaque poste séma-

semble quand le train 2, ayant franchi la section *A*, se trouve dans le canton *B*, tandis que *C* est occupé par le train 1 : la section *A* est *absolument libre*. Mais la section *B* n'est que *relativement libre* : son sémaphore *b* est ouvert quand le train 2 se présente, mais, au même point, son signal d'avertissement *c'* est fermé, ce qui autorise le train 2 à y pénétrer, *mais* en ralentissant et prêt à stopper en vue de la fermeture éventuelle du sémaphore *c*, au cas où le canton *C* ne serait pas encore évacué par le train 1. Ainsi, sans perdre trop de temps, les convois se succèdent au maximum de fréquence de passage sur les cantons, sans abandonner jamais la faculté de stopper en temps utile.

Et c'est là le schéma du « block-system » universellement adopté en l'état actuel de la technique.

Nous remarquerons immédiatement que les positions relatives des deux espèces de signaux (avertissement et arrêt) rencontrés, à chaque poste sémaphorique, par un train en route se résument en trois cas, seuls possibles, que nous empruntons au poste du canton A : a ouvert et b' ouvert ; a ouvert et b' fermé ; a fermé et b' fermé. Jamais on ne trouvera le signal d'avertissement b' ouvert, tandis que a serait fermé.

Et maintenant, comment se réalisent en signaux concrets, sur le terrain, ces différents cas ?

« d'effacement » masquera ou démasquera l'écran coloré et traduira la position « ouvert » par le feu blanc de la lanterne. Tels sont les moyens de la signalisation mécanique.

Les commodités du courant électrique, jointes aux progrès de l'éclairage électrique, ont permis de remplacer les signaux mécaniques par des signaux « lumineux » (1), c'est-à-dire par un jeu de lampes colorées fixes qui s'éteignent ou s'allument à chaque poste sémaphorique suivant l'une des trois combinaisons couplées reconnues ci-dessus comme seules possibles : un feu vert con-

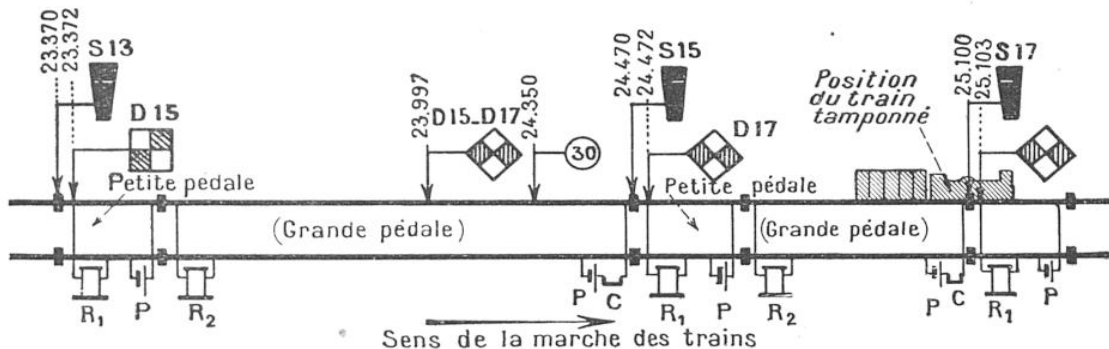


FIG. 4. — BLOCK AUTOMATIQUE A SIGNAUX MÉCANIQUES (CAS DU RÉSEAU DE L'EST)

Voici l'état de la signalisation au point précis (sémaphore S 17) où se produisit l'accident de Lagny. La silhouette grise marque la position du train tamponné à cheval sur le sémaphore S 17. On distingue les circuits de voie constituant les « grande » et « petite » pédales ; la grande pédale R₁ commande le sémaphore qui la précède ; la petite R₂ commande le détonateur destiné à avertir le mécanicien qu'il « brûle » le signal d'arrêt du sémaphore, en l'espèce S 15. Ce sémaphore est couvert par les signaux d'avertissement D 15 et D 15 - D 17, eux-mêmes enclenchés sur S 17 (c'est-à-dire solidaires de ce dernier et qui ne s'ouvrent que si celui-ci s'ouvre). Le paragraphe spécial inséré dans le texte permet de suivre toutes les hypothèses de non-fonctionnement des signaux dans le cas de Lagny.

Les deux espèces de signaux : « mécaniques » et « lumineux »

Nous avons supposé, jusqu'ici, que les signaux adoptés sont du type sémaphore, c'est-à-dire à forme de bras ou de palettes qui se baissent ou se relèvent : et c'est le geste naturel d'un homme qui fait signe « d'arrêter », le bras tendu. Mais une palette qui pivote à la manière d'une girouette n'est pas moins rationnelle. Aperçue de front, elle signifie « arrêt », de profil « voie libre » ; on réserve les palettes en losange aux signaux avancés (d'avertissement) et les disques aux signaux sémaphoriques proprement dit. Mais ces disques et palettes ont été colorés afin de les mieux distinguer, les disques en rouge bordés de blanc, les palettes en damiers vert et blanc. Il faut les éclairer la nuit : les signaux avancés le seront par une lanterne verte et les disques par une lanterne rouge. Le mouvement

sacré à l'avertissement, un feu rouge consacré à l'arrêt et un feu blanc, allumés par couples peuvent bien donner, par conséquent : blanc et blanc (ouverture absolue), vert et blanc (ouverture relative), vert et rouge (fermeture absolue). Mais le jeu des couleurs permettant d'enrichir cette signalisation par extinction et allumage de feux, on a introduit une troisième couleur l'« orangé ». Le nouveau code coloré (pour les signaux lumineux exclusivement) se traduit ainsi : vert, *voie libre* ; orangé, *avertissement* ; rouge, *arrêt absolu*. Nous n'insisterons pas sur ces détails qui ont fait l'objet ici d'un article spécial (2).

Le block manuel et le block automatique

Le schéma des signaux étant acquis, comment les met-on en service ?

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 107, page 373.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 170, page 111.

Deux méthodes : l'ancienne, par action manuelle d'un homme de garde à chaque tête de canton, le *sémaphoriste* ; la moderne, *commande automatique* par le passage des trains.

Les deux états de la signalisation de voie sont actuellement en service sur les différents réseaux des pays les plus avancés, et sur chaque réseau on les rencontre également dans leurs lignes diverses dont le

Abstenons-nous d'entrer dans les détails mécaniques. Contentons-nous d'exposer les principes essentiels.

Le « block-system » manuel est encore en usage sur le plus long parcours des grandes lignes ferrées françaises.

Le P.-L.-M. ne connaît même que lui ; quant aux autres réseaux ils n'ont que quelques centaines de kilomètres équipés

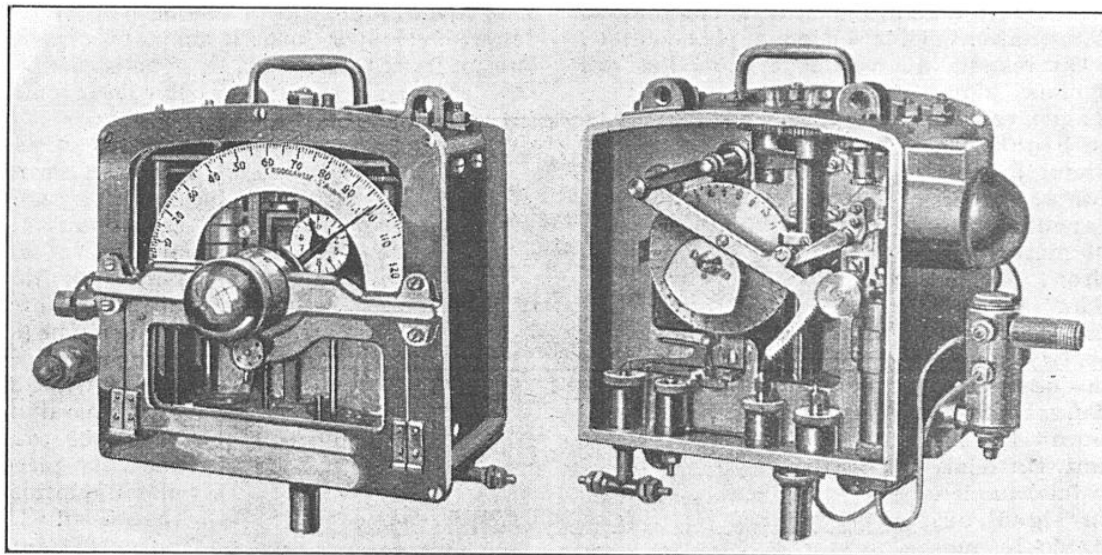


FIG. 5. — LES APPAREILS « FLAMAN » ET « RODOLAUSSE » RÉUNIS

L'appareil Flaman (à gauche) constitue un indicateur de vitesse qui enregistre sur un ruban de papier à déroulement continu : 1^o la courbe des vitesses réalisées à tout instant par la locomotive ; 2^o le fonctionnement du « gueuier » d'alarme déclenché à bord de la machine par le « crocodile » placé sur la voie ; 3^o les signaux rencontrés fermés que le mécanicien est tenu de pointer par actionnement d'un levier sur l'appareil. — L'appareil Rodolausse (à droite), expérimenté par le P.-O., se surajoute au Flaman par juxtaposition des deux boîtiers. Ce dernier a pour fonctions supplémentaires : d'avertir acoustiquement (au départ) quand la pression manque dans la conduite générale (air comprimé) des freins ; de limiter la vitesse en rapport avec cette pression, par action automatique sur les freins ; de limiter encore la vitesse quand est dépassé le maximum prévu sur le graphique de route ; de contrôler les arrêts et les ralentissements sur les points dangereux ; d'indiquer à tout instant, après le passage d'un signal d'avertissement fermé, le chemin à parcourir pour arriver au point protégé. Cette dernière fonction exige l'installation sur la voie de « déclencheurs » mécaniques (figure suivante).

trafic n'exige pas la même perfection technique. Les motifs d'ordre financier interviennent également dans l'extension du meilleur équipement, comme ils interviennent dans sa répartition. Donc, il ne faut pas s'attendre à un classement des divers pays ou réseaux par ordre des perfectionnements réalisés. Ce classement serait d'autant plus injuste que certains de ces perfectionnements — tel l'usage des traverses en fer en Allemagne — interdisent certains autres, — en l'espèce l'automatisme par un courant de voie et, plus encore, la signalisation permanente à bord de la locomotive.

en automatique. Encore, certains techniciens se demandent s'ils ont à s'en louer.

Block manuel. — Voici donc le schéma de ce fonctionnement. Quand le *sémaphoriste* aperçoit les lanternes rouges placées en queue du train qui vient d'entrer dans *A*, son canton, il ferme la voie en mettant à l'arrêt, par une seule manœuvre, le *sémaphore a* et le *signal d'avertissement b'* qui y est adjoint. Mais, grâce à un mécanisme d'enclenchement, il ne pourra ouvrir ce dernier signal *b'* qu'après la fermeture du signal *b* à la sortie du train hors du canton *A*. Cette ouverture s'effectuera sur l'ordre soit d'une

sonnerie actionnée par le sémaphoriste du canton *B*, soit d'un téléphone reliant les deux postes. L'ordre ne peut être transmis tant que *b* n'est pas fermé.

Block automatique. — Ce n'est pas aux lecteurs de cette revue qu'il est besoin de faire observer combien l'automatisme des manœuvres précédentes est facile à obtenir, du moins en théorie, au moyen de circuits électriques commandés par les passages des trains. C'est là un problème de télé mécanique élémentaire. Voici le schéma le plus courant.

On installe au voisinage immédiat des signaux, dans chaque canton de block, un circuit de voie formé, sur un parcours de 30 mètres environ, par les deux rails isolés, à chaque bout, au moyen de joints spéciaux. Une pile fournit le courant. Un relais installé au pied du signal actionne le moteur du signal. Mais le relais ne déclenche ce moteur qu'en l'absence du courant, c'est-à-dire quand le train passe, court-circuitant, par ses roues et ses essieux, le courant de voie. L'ensemble de ce montage s'appelle une « pédale ».

On conçoit que, si le système est bon pour actionner des signaux mécaniques, *a fortiori* l'est-il pour allumer et éteindre des signaux lumineux. Aussi peut-on dire qu'en règle générale il n'existe pas de signalisation lumineuse manuelle. Le block automatique lumineux représente les derniers progrès en la matière. Mais, sur 30.000 kilomètres de lignes françaises de trafic intense, 400 kilomètres seulement sont équipés par cette méthode, dont nous donnons le schéma figure 3, page 335.

Signalisation sur la machine

Supposons que le « block-system » de la voie fonctionne parfaitement. Il reste le facteur humain de l'attention du mécanicien

aux signaux. Songez à la vitesse à laquelle passe un rapide devant un sémaphore et à la rapidité de perception qui doit être celle de l'homme responsable de l'exécution du signal, malgré le brouillard et parfois le givre qui vient masquer les voyants des signaux lumineux, la nuit.

C'est pour aider au bon fonctionnement de ce facteur humain qu'intervient la signalisation à bord de la locomotive, dont on peut dire aujourd'hui qu'elle ne peut cesser de se développer jusqu'à supplanter peut-être un jour, totalement, la signalisation de la voie devenue désuète.

Pour l'instant, en France, la signalisation sur la machine se borne au déclenchement d'une sirène (le « gueulard ») par le contact électrique d'un balai qui touche une pièce métallique installée sur la voie, dénommée « le crocodile », et dont la mise sous tension dépend de l'ouverture du signal avancé en face duquel elle se

trouve. Le montage est agencé de telle sorte que, si le signal est fermé, le « gueulard » joue sur la locomotive. C'est parfait en principe, mais il suffit d'une mince couche de glace sur le crocodile pour que le contact (qui dure quelques fractions de seconde) ne se produise pas ou soit insuffisant.

Au lieu du simple « contact », on peut installer un jeu de bobines (une sur la voie, une sur la machine) qui s'influencent par induction magnétique.

En sus du signal sonore, on peut naturellement provoquer, par les moyens que nous venons d'indiquer, l'arrêt automatique ou le freinage du train. Mais cette solution, essayée en Allemagne et en Angleterre, apparaît trop brutale pour la conduite des convois. On préfère s'adresser à la conscience du mécanicien et contrôler ses actes professionnels. C'est à quoi pourvoit l'appareil « Flaman ».

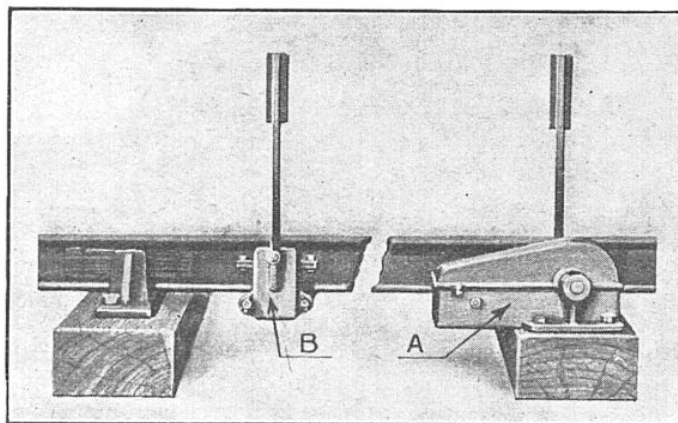


FIG. 6. — DÉCLENCHERS DE VOIE FIXÉS AUX RAILS, DANS LE SYSTÈME « RODOLAUSSE »

Sur cette figure, A désigne le levier mécanique qui déclenchera le freinage ou l'arrêt automatique du train devant un signal fermé, et B, le déclencheur portatif s'agrafant sur le rail pour couvrir les travaux. Ces déclencheurs agissent par choc sur un doigt mécanique correspondant fixé à la locomotive.

C'est un appareil qui enregistre, sur une même bande de papier, la vitesse du train et les signaux acoustiques déclenchés à bord par le crocodile. Aucune excuse, par conséquent, de non-audition dudit signal. De plus, le mécanicien est tenu de « pointer » lui-même, sur le Flaman, les signaux fermés qu'il rencontre. C'est ce qu'on appelle « pointer la vigilance ». Il est évident que toute défaillance du mécanicien est ainsi contrôlée. Celui-ci se méfie donc de ce surveillant impassible qui, malheureusement, demeure impuissant si le contact du crocodile ne fonctionne pas.

Dans ce dernier cas — d'ailleurs, un ultime signal de détresse est prévu : ce sont les « pétards » placés sur la voie au niveau des sémaphores d'arrêt absolu et dont les premières roues de la locomotive déclenchent automatiquement l'explosion.

Mais ici la « distance minimum de freinage » intervient, au cas où ce dernier signal sonore est entendu. S'il ne l'est pas, c'est alors la catastrophe — comme à Lagny.

Schéma exact des signaux au niveau du tamponnement de Lagny

Nous croyons intéressant de donner un schéma de la signalisation de la voie ferrée de l'Est au point même où s'est produit l'accident de Lagny.

Le lecteur reconnaîtra sur ce schéma deux « pédales » R, composées d'un circuit de voie, d'une pile et d'un relais. La plus courte (petite pédale), d'une longueur d'environ 30 mètres, à la suite du sémaphore S, doit assurer la détonation des pétards de détresse; la « grande pédale » qui lui fait suite va jusqu'au sémaphore suivant, dont elle com-

mande le fonctionnement. Au moment de l'accident, le train tamponné n° 55 était arrêté au sémaphore S₁₇, comme l'indique notre croquis.

Qu'a-t-il pu se passer ?

Sans préjuger des résultats de l'enquête, il apparaît que, dans l'hypothèse d'un non fonctionnement de signaux, il faudrait admettre que les deux damiers (signaux avancés), numérotés sur le croquis D₁₅-D₁₇ et D₁₇, se seraient dérangés après avoir été ouverts par l'effet de l'ouverture du sémaphore S₁₇,

— alors que le train 55 avait déjà dépassé le sémaphore S₁₅, et ce dernier sémaphore ne se serait pas remis à l'arrêt de lui-même au passage du train 55.

Comment tout cela a-t-il pu se produire ?

1° Ou bien il y eut coïncidence mécanique à l'ouverture du sémaphore S₁₅, et, simultanément, maintien en position de « voie libre » du relais de la petite pédale R (d'où le non éclatement des

détonateurs suivant la déclaration du mécanicien, où leur éclatement tardif, suivant un autre témoignage ; l'appareil se serait alors décoincé sur les vibrations du passage du train).

2° Ou bien il y eut coïncidence à l'ouverture du sémaphore S et, simultanément, maintien en position excitée du « relais de continuité » marqué C sur notre schéma. (Ce relais a pour fonction de renvoyer le courant dans la grande pédale dès que les dernières roues du train l'ont quittée et d'assurer ainsi l'ouverture des signaux précédents. N'oublions pas, en effet, que les relais assurent la fermeture des signaux par absence du courant et leur ouverture par présence du courant.)

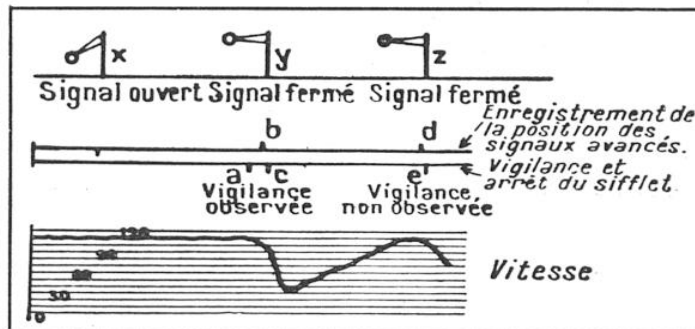


FIG. 7. — COMMENT SE PRÉSENTE L'ENREGISTREMENT DE LA POSITION DES SIGNAUX SUR UNE BANDE DE L'APPAREIL « FLAMAN » RÉGLEMENTAIRE

L'état de la voie étant celui qu'indique le schéma supérieur : le signal x, ouvert, inscrit sur la bande un petit trait de stylet (par l'action du crocodile sous tension) ; le signal y, fermé, est vu par le mécanicien qui arrête le train et pointe, en conséquence, « la vigilance » a ; le « gueulard » fonctionnant au passage du crocodile du signal fermé, le trait b s'inscrit sur la bande ; en fermant le « gueulard », le mécanicien inscrit automatiquement le trait de contrôle c. Le signal z est fermé et le mécanicien, qui ne l'a pas vu, le brûle : le crocodile déclenche alors le « gueulard » et, par conséquent, le trait de pointage d. Quand il ferme le « gueulard », le mécanicien inscrit encore le trait de contrôle e. — En bas, la courbe des vitesses correspondant aux manœuvres de freinage effectuées en conséquence.

3° Ou bien, enfin, les deux relais R_1 , R_2 de la grande et de la petite pédale sont demeurés simultanément excités.

Cette dernière hypothèse expliquerait également l'explosion *tardive* des pétards du sémaphore.

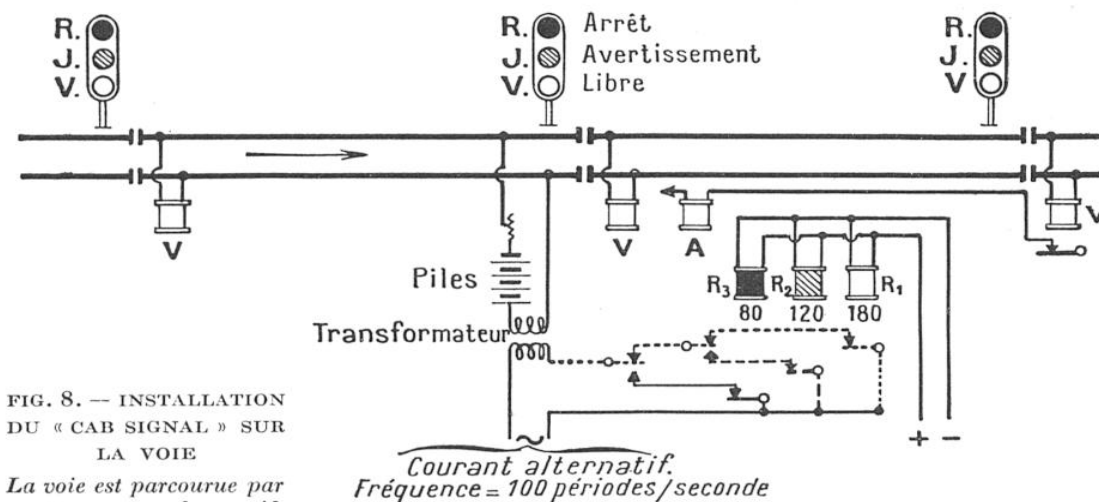
La signalisation permanente à bord de la locomotive

Cette courte digression technique étant faite simplement pour montrer le jeu réel des signaux et leur grande complexité, nous observons que la simple gelée (régnant

ne résolvent le problème de la sécurité. Cette répétition « discontinue » ne peut qu'affaiblir l'attention du mécanicien aux signaux *réels* de la voie, et son fonctionnement lui-même ne prévient pas le mécanicien d'un changement éventuel survenu dans l'état du canton où il vient de pénétrer régulièrement.

La vitesse des trains modernes, comme l'intensité du trafic, réclament l'adoption d'une *signalisation permanente à bord de la locomotive*.

Cette technique est précisément devenue



ce jour-là) a pu suffire à coincer les appareils, comme il suffit également d'une mince couche de glace sur le crocodile pour empêcher le contact électrique de s'établir entre celui-ci et le balai de la machine.

Cet appareil (solidaire, répétons-le, du signal avancé ou « damier » et non représenté sur notre croquis) consiste en un simple « plot » allongé. Ce dispositif élémentaire, inventé en 1880 (date à laquelle il était efficace étant donné la lenteur relative des trains), n'a été installé qu'en 1925 sur les réseaux français. Et la plupart des réseaux étrangers ont continué de le dédaigner, comme périmé. En vain a-t-on imaginé des procédés de pétrochage pour écarter la gelée. Ni le crocodile, ni les bobines d'induction, ni le « doigt mécanique » implantés sur la voie, qui sont les trois procédés actuels assurant la répétition des signaux sur la machine,

possible par les moyens, aujourd'hui bien connus, des courants à fréquence plus ou moins élevée — que l'on peut confier aux rails d'où ils passent sur la machine par simple induction sur un système inducteur placé à l'avant — prélevés par des amplificateurs à lampes triodes et confiés à des relais qui se chargent de traduire, aux yeux du mécanicien, les signaux dont ils sont chargés et, par surcroît, d'agir, si on le désire, sur la conduite même du train soit en le freinant, soit en l'arrêtant le plus automatiquement du monde.

C'est l'Amérique qui a inauguré cette méthode, dite du *cab signal*, dans le cas de la signalisation permanente par voyants colorés dans la cabine du mécanicien, et du *train control* dans celui d'une action automatique sur la marche du train.

Le montage électrique du *cab signal*, tel

qu'il est utilisé couramment aux Etats-Unis, est indiqué dans le schéma ci-joint. L'état de chaque canton de block se traduit, dans le courant de voie de ce canton, isolé, par un signal codé à trois formes bien distinctes qui correspondent : à l'arrêt impératif (rouge), au ralentissement (orangé), à la voie libre (vert). Des relais sélecteurs, analogues à ceux du téléphone automatique, dirigent chacun de ces signaux, quand il

d'obtenir l'arrêt automatique des trains au passage devant un signal d'arrêt fermé.

En France (1925), la Compagnie d'Orléans mettait en service d'essai, sur des lignes secondaires, dix appareils « Rodolausse » qui ont le même but : l'appareil Rodolausse est déclenché par un doigt mécanique fixé sur la voie et solidaire du signal d'arrêt. Le « Rodolausse » peut également traduire en freinage les indications du cro-

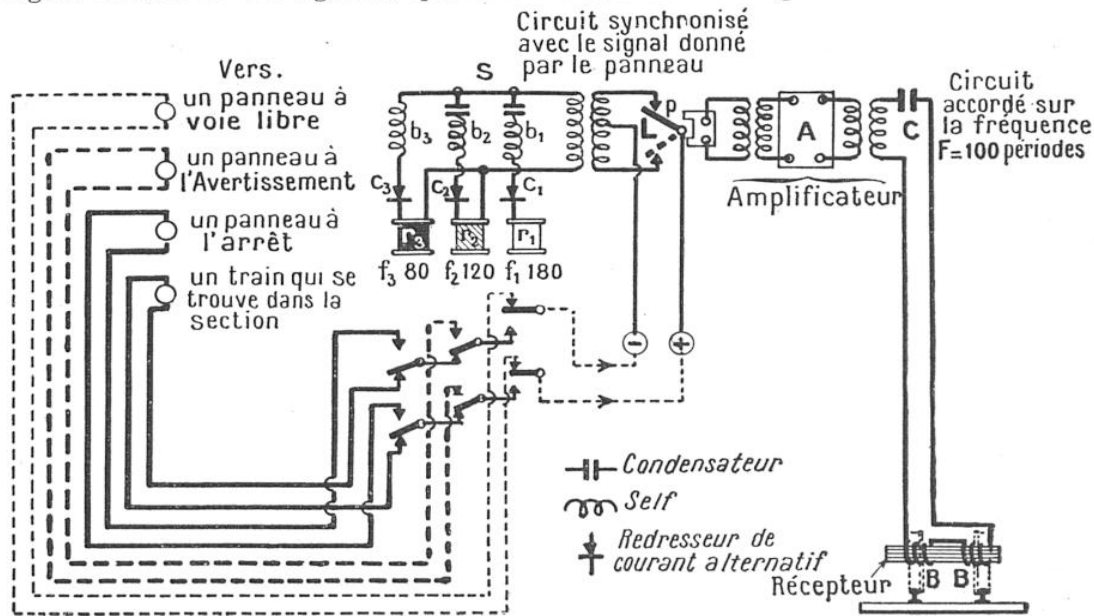


FIG. 9. — L'INSTALLATION DU « CAB SIGNAL » A BORD DE LA LOCOMOTIVE

Des bobines, enroulées sur une barre AB, placée à l'avant de la locomotive, reçoivent, par induction, le courant alternatif qui parcourt les rails comme il est montré dans le schéma précédent. Ce courant, par des bobines d'induction et un amplificateur, agit sur des relais vibreurs r_1 , r_2 , r_3 , synchronisés chacun à l'une des fréquences 180, 120, 80, dont nous avons montré le sens. Leur ensemble constitue donc un sélecteur S qui, agissant sur le circuit local L, déclenche l'allumage tantôt d'une lampe rouge correspondant à l'arrêt (fréquence 80), tantôt d'une jaune correspondant à l'avertissement (fréquence 120), et tantôt d'une verte (fréquence 180) correspondant à la voie libre. Si un train précédent se trouve sur la section de block, son influence sur le circuit du courant alternatif aboutit à un blocage spécial des trois relais, qui allume une quatrième lampe avertisseuse.

apparaît, vers la lampe colorée qui lui correspond et qui s'allume de ce fait.

Si l'on double le *cab signal* du système *train control*, voici ce qui se passe : si, cinq secondes après le passage d'un signal d'avertissement fermé, le mécanicien n'a pas agi sur les freins, c'est un relais qui se charge de le faire, automatiquement. Si le signal d'arrêt est franchi de même, sans intervention de l'homme, le relais joue à nouveau et bloque les freins.

Ces deux systèmes ne sont encore utilisés qu'aux Etats-Unis.

L'Angleterre et l'Allemagne ont seulement équipé quelques locomotives d'essais en vue

codile. En somme, ce dispositif vient se superposer à l'appareil Flaman. Mais il ne sort pas du mode de la signalisation discontinue.

La méthode américaine constitue seule la signalisation continue à bord de la locomotive. C'est l'avenir, à tel point qu'il est possible de concevoir, par ce système, la commande automatique des trains, à condition que ceux-ci soient mus électriquement et qu'ils soient exclusivement affectés aux marchandises. C'est ce qui a été pleinement réalisé à Londres, dans le réseau du métro postal souterrain (1).

L'Allemagne aurait sans doute déjà inau-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 133, page 41.

guré le *cab signal* et le *train control* en Europe si sa technique de construction des voies ferrées le permettait. Mais, étant donné l'usage des traverses en acier utilisées pour les substructures de ces voies, l'isolement électrique des rails qu'exigent ces méthodes se trouve irréalisable et s'oppose à leur adoption.

Les techniciens trouveront-ils le moyen de tourner la difficulté ? Etablira-t-on une ligne spéciale sur poteaux, agissant par courants porteurs de très haute fréquence sur une antenne portée par le train ? Utilisera-t-on les lignes télégraphiques qui bordent les voies pour suivre les trains par le même procédé tout le long de leur route, à partir d'un poste de *dispatching* en tête de ligne ? La technique moderne autorise toutes les solutions.

L'état actuel des perfectionnements sur les réseaux français et les réseaux étrangers

Il est à craindre qu'en matière ferroviaire la perfection de la signalisation soit toujours en retard sur celle de la voie et du matériel — car la mortalité due aux accidents de chemin de fer est véritablement insignifiante comparée à celle de la route ou à celle de l'avion.

Quoiqu'il en soit, voici, en résumé, l'état des perfectionnements actuellement adoptés, ou en essai, sur nos cinq grands réseaux et dans les trois pays étrangers qui, seuls, peuvent nous concurrencer :

Est : block automatique mécanique sur

sémaphore à voyants lumineux installé sur 500 kilomètres environ ;

Etat : 100 kilomètres environ de block automatique lumineux intégral (1) ;

Paris-Orléans : 150 kilomètres environ de block automatique lumineux. Essais de l'appareil Rodolausse.

Midi : block automatique par sémaphores mécaniques, installé sur le parcours Bordeaux-Sète ;

Nord : Rien. Block manuel ;

P.-L.-M. : Rien. Block manuel.

A l'étranger : l'*Allemagne*, à cause des traverses en fer est privée de block automatique. Essais en cours d'arrêt automatique des trains.

L'*Angleterre* a installé le block automatique lumineux (1933) sur le parcours Londres-Brighton (100 kilomètres environ) ; les grandes lignes sont équipées comme notre réseau de l'Est en automatique par sémaphores. La Compagnie du *Great Western Railway* essaie un signal discontinu à bord de la locomotive (genre crocodile).

Les *Etats-Unis*, enfin, tiennent la tête de la technique, comme nous venons de l'exposer ; mais le *cab signal* ne fonctionne encore que sur 10.000 kilomètres environ.

JEAN LABADIÉ.

(1) Signalons que des essais sont actuellement en cours sur le réseau de l'Etat (ligne Paris-Cherbourg), entre Bayeux et Le Molay, pour expérimenter le « cab signal » sur la voie déjà munie du « block system » automatique lumineux.

Les résultats sont extrêmement satisfaisants, mais les questions financières permettront-elles de généraliser l'application du système en France ?

Les techniciens savent l'importance prise dans l'industrie par les aciers spéciaux magnétiques, surtout depuis leurs applications à la radioélectricité, en particulier, et à l'électrotechnique, en général.

Parmi ces aciers jouant le rôle d'aimant, il faut signaler, tout spécialement, les aciers au cobalt. Ce métal a, en effet, la propriété de donner aux alliages, dans la composition desquels il entre en proportions plus ou moins grandes, des caractéristiques magnétiques déterminées suivant les emplois auxquels on les destine.

Le cobalt, dont les gisements sont peu abondants dans le monde, est surtout préparé par l'une des plus grandes firmes minières et métallurgiques de Belgique, grâce au minerai du Congo qu'elle possède. Or, une concurrence vient de s'annoncer dans ce domaine, par suite de la découverte toute récente d'aciers présentant également des propriétés magnétiques intéressantes bien que ne renfermant pas de cobalt. Ces alliages, découverts au Japon, seraient à base d'acier extrêmement dur, renfermant des proportions bien définies d'aluminium et de nickel. Ils présenteraient des avantages encore plus appréciables que ceux offerts par les aciers au cobalt. L'industrie japonaise entoure du plus grand secret cette fabrication toute nouvelle, dont elle tient à conserver le plus longtemps possible le monopole. Elle a su, en effet, réaliser une technique délicate toute spéciale pour la préparation de ces nouveaux produits métallurgiques, dont le prix de revient est nettement avantageux.

Au fur et à mesure que la Science met à notre disposition de nouveaux matériaux susceptibles d'applications, on voit la valeur des uns s'accroître rapidement, alors que d'autres, qui, jusqu'ici, par suite de la concurrence, étaient très recherchés, perdent de leur valeur commerciale. Serait-ce le cas du cobalt devant les aciers spéciaux du Japon ?

Nous aurons, du reste, l'occasion de publier ici des études sur la production et les applications du cobalt et sur les nouveaux aciers magnétiques sans cobalt.

VOICI DE NOUVEAUX PROCÉDÉS SCIENTIFIQUES POUR REPRODUIRE PLANS ET DOCUMENTS DE TOUTE NATURE

Par Paul NICOLARDOT

PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE D'AÉRONAUTIQUE

Pour reproduire à un petit nombre d'exemplaires des plans ou autres documents de toutes sortes, les ingénieurs, architectes, les industriels ne disposaient guère, jusqu'à ces dernières années, que de procédés soit coûteux et relativement compliqués (photozincographie) ou encore imparfaits (papier au feroprussiate, tirage sur bleu, etc.). Mais des perfectionnements considérables, encore peu connus des non-spécialistes, ont été mis au point récemment, qui rendent aujourd'hui les plus grands services pour le bureau de dessin comme pour l'enseignement. Nous citerons, en particulier, les nouveaux procédés à la gélatine, véritables modes d'impression aux encres grasses, qui permettent d'obtenir de très beaux tirages pour des prix assez minimes. Signalons encore les photographies directes sur papier, réalisées depuis peu dans ces appareils spéciaux appelés photostats, qui ont également résolu le même problème sous une forme différente, en réalisant pratiquement, rapidement et économiquement le tirage des plans et documents les plus variés.

DEPUIS une trentaine d'années, les procédés de reproduction ont été singulièrement améliorés, et l'ingénieur, l'architecte peuvent obtenir, en quelques heures, les documents qui leur sont nécessaires, en quantité aussi grande qu'ils le désirent, et toutes ces reproductions peuvent être établies rigoureusement à l'échelle du modèle, dessin, plan ou croquis.

Les moyens permettant au début de reproduire un document quelconque étaient peu nombreux et fort coûteux : c'étaient le piquage et la gravure sur cuivre. Par le piquage ont été obtenus autrefois, et péniblement, les doubles des plans cadastraux ; par la gravure, la reproduction à un plus grand nombre d'exemplaires de dessins, dont seuls les premiers tirages sont appréciés des amateurs.

Un premier progrès fut réalisé avec la lithographie. Sur une pierre calcaire à grain fin était reporté, à l'aide d'un papier spécial, dit autographique, le dessin ou le plan avec toutes les indications manuscrites. La découverte, par Nicéphore Niepce, de la propriété que possède le bitume de Judée insolé de devenir insoluble dans les essences ou la benzine permit ensuite de graver sur zinc, soit en formant des réserves inattaquables aux acides, soit en fixant l'encre d'imprimé

merie que le zinc préparé lithographiquement repousse. Ce procédé, encore fort employé, s'appelle la photozincographie et est encore appliqué, mais de plus en plus rarement, presque sans modifications, depuis une cinquantaine d'années, en étalant à la tournette sur une plaque de zinc bien décapée à l'acide nitrique à 3 %, lavée, séchée et recouverte d'une solution de noix de galle ou autre, de la benzine tenant en solution 5 % de bitume de Judée avec de l'acide citrique. Ce procédé exigeait l'action de la lumière, et le seul moyen connu alors, pour obtenir cette action, était l'exposition au soleil.

Il a, d'ailleurs, été remplacé par un procédé plus rapide, utilisant les colloïdes bichromatés, tels que la gomme et l'albumine. Le procédé à la gomme bichromatée, appelé méthode positive, permet d'obtenir des clichés zinc en partant d'un positif ; celui à l'albumine bichromatée permet d'obtenir des clichés zinc en partant de négatifs.

Les papiers imaginés par le grand inventeur français Poitevin, encore trop méconnu : papier au feroprussiate, papier à l'acide gallique, dit héliographe, papier cyanofer, papier sépia, exposés à la lumière solaire, permettaient d'obtenir des bleus, des sépias ou des

traits bleus, bruns, sur fond blanc. Tous ces papiers, d'origine bien française, qui ont rendu et rendent encore les plus grands services, ont permis de réaliser la reproduction de tous les documents. Leur sensibilité, leur résistance ont été considérablement améliorées. Mais c'est surtout grâce à l'emploi des lampes à arc que leur tirage a pu être exécuté sans se préoccuper des caprices du soleil, et que l'industrie de la reproduction des plans et dessins a pu se développer. Des châssis électriques de divers types ont été créés. Ils peuvent être classés en trois catégories.

Les premiers sont les châssis utilisés dès le début. Au lieu de les exposer au soleil, on plaçait devant eux les lampes à arc, qui montaient et descendaient sous l'action d'un mouvement d'horlogerie. Pour diminuer l'encombrement, on s'est servi de châssis cylindriques disposés verticalement; un perfectionnement a été apporté à l'emploi de ces châssis. Ils peuvent basculer et sont chargés plus commodément.

Enfin, on a créé des châssis à développement continu, dont les schémas ci-contre montrent le fonctionnement. Ce sont actuellement les seuls employés.

Pour obtenir avec les quatre types de papiers photographiques connus, des tirages se conservant bien, il fallait enlever par lavage tous les sels solubles qu'ils renfermaient, et encore, même avec cette précaution, les reproductions obtenues sur papier héliographique s'altéraient-elles à la longue. Les traits finissaient par s'effacer.

Sous l'action des bains, les papiers se déforment, et les reproductions ne sont plus à l'échelle exacte. Si le calque utilisé a servi plusieurs fois, s'il est fatigué, sali, les tirages reproduisent les plis, les cassures, les taches.

Récemment a été réalisé un nouveau progrès au point de vue de la rapidité; le progrès montrera s'il en est un au point de vue de la conservation, par l'emploi de papiers photopositifs aux diazoïques. Ils permettent d'obtenir des images positives en partant d'un calque positif.

L'image, formée sur le papier renfermant le sulfonaphtol, apparaît en milieu ammoniacal. On peut utiliser les vapeurs

d'ammoniaque ou une solution alcaline.

Dans le premier cas, les tirages sont placés dans une boîte fermée, sauf à la base; un récipient contenant une solution d'ammoniaque est placé sous cet orifice, et les vapeurs, montant dans la boîte, révèlent à sec le papier photopositif. Ce système a l'inconvénient d'être malodorant et, à la longue, dangereux, les vapeurs ammoniacales se répandant dans l'air ambiant. Le système de développement demi-sec ou *semi-humide* est de beaucoup préférable. Une petite machine met une solution révélatrice en contact avec le tirage exposé; le développement se fait rapidement et dans de bonnes conditions, en humectant à peine le tirage qui sèche immédiatement.

Ce procédé est, toutefois, assujéti au sort

de tous les papiers photographiques. Si le calque est neuf, la copie est belle; si le calque est usagé, tous les plis, froissements, cassures, viennent au tirage, et la copie, trop fidèle, offre un aspect médiocre. De plus, de création trop récente, ces papiers aux diazoïques n'ont pas encore prouvé leur stabilité; or, les

produits chimiques solubles qu'ils contiennent n'ayant pas été éliminés, cette stabilité reste douteuse. Pour les tirages destinés à être longtemps conservés, il est donc de beaucoup préférable d'envoyer la reproduction aux encres grasses inaltérables, celle-ci apportant seule la sécurité totale de conservation, comme le montrent les anciennes gravures.

C'est précisément là ce qu'ont réalisé les procédés Dorel, en mettant en œuvre les recherches du grand savant français Poitevin sur la gélatine et en y apportant des modifications heureuses. Sur une plaque de zinc est coulée une émulsion gélatineuse, formée principalement de gélatine additionnée de diverses substances, notamment de sulfate de fer. Dès que la couche s'est gélifiée, on applique sur elle un ferropurssiate spécial, qui donnerait des épreuves avec trait blanc sur fond bleu s'il était développé; mais on l'applique sur la couche de gélatine spéciale sans que ce ferropurssiate ait été développé ni fixé. Les parties du bleu qui n'ont pas été insolées, qui apparaîtraient en blanc après le développement et le lavage, réagis-

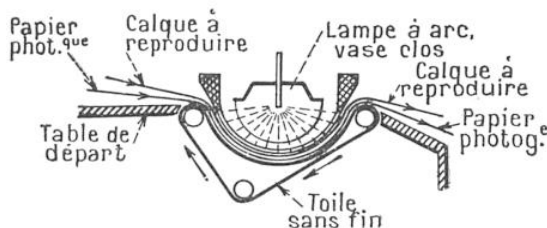


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN CHÂSSIS À DÉROULEMENT CONTINU POUR LA REPRODUCTION AUTOMATIQUE DES PLANS

Le calque et le papier photographique décrivent un demi-cercle autour de la lampe à arc.

sont sur la gélatine. Il se forme un véritable décalque et l'encre prend seulement sur ces parties. Par encrages et tirages successifs, on obtient des copies, en nombre limité, qui reproduisent fidèlement le dessin initial. La rapidité de reproduction est extrêmement grande. Tel est le principe du procédé Dorel initial, ou procédé à la gélatine. Véritable procédé d'impression aux encres grasses, mais constitué de telle façon que, pour un prix très abordable, il est accessible aux plus petits nombres d'exemplaires; ce procédé s'est développé en France et dans le monde entier et reste encore, à l'heure actuelle, le plus parfait des moyens de reproduction à petit nombre d'exemplaires, puisque l'on peut cliquer même pour un seul exemplaire. Les tirages par ce procédé peuvent se faire dans n'importe quelle tonalité; on peut les obtenir en une ou plusieurs couleurs. Le support du tirage peut être du papier à dessin à grain, du papier lisse, de la toile opaque ou transparente; avec ce procédé, tous les supports sont utilisables. Au clichage, on peut faire disparaître toutes les défauts de l'original, supprimer des chiffres, des cotes, des parties entières de dessin et, comme aucun bain n'intervient, l'échelle reste exacte. Les Anglais ont, d'ailleurs, appelé ce procédé *True to scale process* — le procédé à l'échelle véritable.

Tous les procédés de reproduction dont il a été parlé plus haut, si l'on en excepte l'autographie et la zincographie au bitume de Judée, presque abandonnées, ne peuvent être utiles que pour des petits nombres d'exemplaires. Pour des grands nombres, des procédés d'impression aux machines sont employés : machines plates ou rotatives « Offset ». Les premières utilisent un cliché zinc sur lequel le cliché est fait à l'envers. L'impression se fait directement du zinc au support papier du tirage. Ce procédé exclut l'emploi de toute la gamme si riche et si intéressante des papiers à grain et de tous les supports qui ne sont pas satinés. Par contre, les machines Offset impriment indifféremment sur tous les papiers, quelque

fort et accentué que soit le grain. En effet, avec l'Offset, le cliché zinc n'a aucun contact avec le papier à imprimer. L'image est clichée à l'endroit, se reporte à l'envers sur un caoutchouc spécial qui, entrant en contact avec le papier, lui restitue l'impression à l'endroit.

Par ce procédé, on peut exécuter une gamme très étendue de travaux : impression de plans de toute nature : cartes topographiques, géographiques, géologiques; affiches, musique, albums industriels, pages de livres, lettres de référence fac-simile, etc. Les tirages peuvent être faits en une seule ou en plusieurs couleurs, traits ou aplats, à l'échelle originale ou à des échelles agrandies ou réduites. Ce procédé est actuellement le plus perfectionné pour la reproduction des plans, dessins et documents.

Au moyen des ateliers photographiques, on peut exécuter la reproduction directe sur papiers photographiques au gélatino-bromure d'argent, à toutes échelles : grandeur, réduction, agrandissement, et la préparation de tous les clichés photogra-

phiques, permettant la reproduction par tous procédés quand le calque est absent ou son échelle modifiée.

Avec l'emploi d'appareils spéciaux, dits « Photostat », on peut, dans les services photographiques, reproduire directement sur papiers spéciaux, sans l'intermédiaire d'aucune plaque ou cliché, des reproductions photographiques absolument fac-simile et lisibles à l'endroit.

Enfin, on peut adjoindre aux départements reproduction des services annexes de complément : service de dessin pour la confection des originaux, la retouche; service de composition de maquettes pour publicité; services de façonnage, de pliage, de collage, d'entoilage, de brochage, de reliure.

Ainsi se réalisent des ensembles qui permettent d'aborder tous les problèmes de la reproduction des plans, dessins et tous documents quels qu'ils soient.

P. NICOLARDOT.

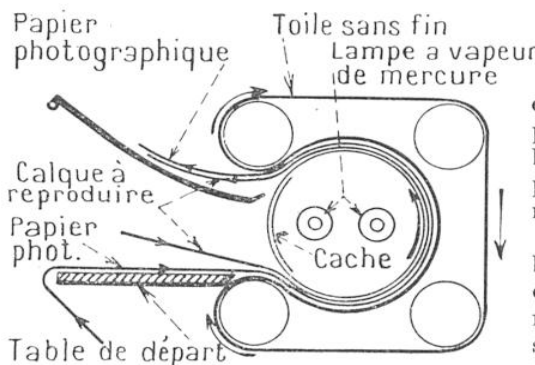


FIG. 2. — SCHÉMA D'UN AUTRE CHÂSSIS A DÉROULEMENT CONTINU

Le calque et le papier à reproduire décrivent ici trois quarts de cercle autour de la source lumineuse (lampe à vapeur de mercure).

UNE RÉVOLUTION EN CHIMIE : L'EAU N'EST PLUS UN COMPOSÉ DÉFINI, MAIS UN MÉLANGE DE DIVERSES COMBINAISONS

Par Camille MATIGNON

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES, PROFESSEUR AU COLLÈGE DE FRANCE

Dans le domaine scientifique, les hypothèses résistent tant qu'elles ne sont pas controuvées par l'expérience. C'est pour cette raison que, dans le domaine chimique notamment, différentes théories ont tour à tour été acceptées et abandonnées. Une découverte, toute récente, due à des savants américains, vient de nous apprendre, en effet, que l'eau, considérée jusqu'ici comme un composé rigoureusement défini (2 atomes d'hydrogène pour 1 atome d'oxygène), n'est, en réalité, qu'un mélange de plusieurs composés. Les chimistes en question sont arrivés à séparer l'eau en trois « eaux » différentes, de propriétés dissemblables au point de vue physique. Ce sont ces remarquables recherches que notre éminent collaborateur expose au public, en lui montrant les résultats vraiment inattendus auxquels elles ont conduit.

De toutes les formes de la matière, l'eau est certainement, depuis l'origine du monde, la substance la plus observée, la plus maniée, la plus universellement connue ; elle est indispensable à la vie, elle intervient dans toutes les transformations biologiques ou industrielles qui se font à basse température. Et, cependant, l'eau a été considérée pendant fort longtemps comme un élément, et ce n'est que depuis environ un siècle et demi que Lavoisier est parvenu à dévoiler la nature de ce corps et à démontrer qu'il résultait de la combinaison de deux éléments, l'hydrogène et l'oxygène. Des centaines de millions d'années avaient dû s'écouler avant que les observateurs, les philosophes, les alchimistes, tous les expérimentateurs de l'antiquité puissent percer le voile épais qui dissimulait la composition de l'eau. Et cette constatation donne par là même la mesure du génie de Lavoisier, de ce savant prodigieux qui honore tant le pays qui devait l'envoyer à l'échafaud.

Tous les chimistes avaient la certitude que l'eau était une substance bien définie, une espèce chimique, un principe immédiat, pour employer le langage scientifique ; et, cependant, quelques chimistes américains, MM. Lewis, Warburn, etc., tentèrent de démontrer qu'il n'en est rien et que l'eau est un mélange de plusieurs espèces chimiques ; autrement dit, il existe dans l'eau la plus pure plusieurs substances différentes.

On sait qu'un courant électrique traversant de l'eau, rendue conductrice par l'addi-

tion d'une petite quantité de base ou d'acide, se décompose en donnant du gaz hydrogène à l'électrode de sortie du courant et du gaz oxygène à l'électrode d'entrée. Inversement, en combinant l'oxygène et l'hydrogène, on reconstitue l'eau.

Effectuons cette décomposition en opérant sur 100 litres d'eau ; pendant que progressera la décomposition, le volume diminuera ; prélevons de temps à autre une petite quantité de cette eau et, après élimination de la base ou de l'acide introduits au début, déterminons, par les méthodes les plus précises, la densité de cette eau ; nous constaterons que la densité augmente avec la diminution du volume et que cette densité ne se modifie plus quand les 100 litres sont ramenés au volume de 1 demi-centimètre cube, c'est-à-dire sont réduits aux deux cent millièmes du volume initial. Nous avons maintenant une eau nouvelle, plus lourde que l'eau ordinaire ; à 25°, sa densité est 1,1056, ce qui veut dire qu'à cette température l'eau lourde, à volume égal, pèse 1,1056 fois plus que l'eau ordinaire. Tandis que l'eau se solidifie à 0° et bout à 100° sous la pression normale, l'eau lourde se solidifie à 3°8 et bout à 101°42 ; toutes ses propriétés physiques sont différentes ; indice de réfraction, viscosité, conductibilité, etc.

La densité de la vapeur de l'eau lourde est plus grande que celle de l'eau légère ; or, cette densité joue un rôle considérable en chimie, car elle permet de déterminer les grandeurs relatives des molécules des corps.

Alors que la densité de vapeur de l'eau lui impose une molécule pesant 18, celle de l'eau lourde donne 20 pour cette même grandeur moléculaire.

Nous savons que la molécule d'eau est constituée par deux atomes d'hydrogène pesant chacun 1 et un atome d'oxygène pesant 16, le tout conduisant bien au nombre de 18 pour le poids moléculaire de l'eau. Mais alors, comment est constituée cette eau lourde dont le poids moléculaire est 20?

Nous avons vu que, lorsque notre volume initial de 100 litres était réduit à 1 demi-centimètre cube, la densité de l'eau restait constante quand on continuait l'électrolyse. Recueillons à ce moment les deux gaz qui se dégagent aux électrodes : l'un est notre oxygène habituel, il en a les propriétés ; le second est un hydrogène différent de notre hydrogène. Sa densité gazeuse est double de celle de l'hydrogène. C'est un deuxième hydrogène, un « isotope » (1) de l'hydrogène, comme disent les chimistes, dont la molécule et le poids atomiques sont deux fois plus lourds que ceux de l'hydrogène connu. A l'eau lourde correspond donc un hydrogène lourd pesant 2 au lieu de 1. L'eau lourde, qu'on reconstitue d'ailleurs en combinant l'hydrogène lourd avec l'oxygène commun, est donc formée par deux atomes d'hydrogène lourd pesant chacun 2 et l'atome d'oxygène pesant 16, ce qui nous reconstitue bien notre poids moléculaire de 20.

Quelle quantité d'eau lourde existe dans de l'eau ordinaire? Il faut réduire, par l'électrolyse, le volume de l'eau à 1/200.000^e de sa valeur pour obtenir l'eau lourde ; mais, dans ce processus, on décompose une partie de cette eau lourde avant de la priver intégralement de l'eau légère ; il en résulte que sa teneur est supérieure au chiffre précédent. On a montré que l'eau contient environ 1/5.000^e de son poids en eau lourde.

Les théories toutes récentes sur la constitution intime des atomes avaient laissé prévoir l'existence de cet hydrogène lourd, double de l'hydrogène ordinaire, de cet isotope de l'hydrogène ; la vérification de cette prévision est une belle conquête de la science moderne. On a même pu prévoir aussi l'existence d'un deuxième isotope pesant, cette fois, trois fois plus que l'hydrogène commun, et, ces jours derniers, on semble bien avoir démontré l'existence de cet hydrogène plus lourd que le précédent. L'eau qui lui correspondrait, et dont le poids moléculaire serait alors $2 \times 3 + 16 = 22$, existerait dans l'eau lourde avec une teneur compa-

nable à celle de l'eau lourde dans l'eau légère, soit de l'ordre de 1/5.000^e, c'est-à-dire que l'eau ultra-lourde accompagnerait l'eau à la dose de 1/25^e du millionième.

Quelles seront les propriétés physiologiques de l'eau lourde? Avec les petites quantités qui ont été préparées jusqu'ici, on a déjà montré que les graines y germent beaucoup plus lentement que dans l'eau commune, que les fermentations y sont ralenties ou arrêtées. Bref, nous nous trouvons en présence d'une substance nouvelle, identique à l'eau de notre édifice moléculaire, mais construite avec changement de l'un des matériaux, l'hydrogène lourd au lieu de l'hydrogène léger.

Quels effets produisent l'introduction de cette eau dans les organismes vivants? Comment modifiera-t-elle leur métabolisme? N'est-elle pas un agent thérapeutique pour certaines maladies? Bien des questions passionnantes se posent en présence de ce sosie de l'eau ordinaire, sans laquelle la vie ne peut exister.

Ce n'est pas tout. L'existence de l'hydrogène lourd entraîne d'autres conséquences, beaucoup plus importantes encore. La synthèse organique a permis de préparer des milliers et des milliers de substances qui, toutes, contiennent de l'hydrogène. Remplaçons, dans ces corps, l'hydrogène léger par l'hydrogène lourd et nous pourrions obtenir ces mêmes corps sous la forme lourde ; c'est toute une chimie nouvelle à édifier. Chimie d'ailleurs plus étendue que la chimie actuelle, car, dans les molécules contenant plusieurs atomes d'hydrogène, on pourra remplacer progressivement l'hydrogène léger par l'hydrogène lourd et obtenir, par conséquent, autant de corps nouveaux que la substance mère contient d'atomes d'hydrogène. En particulier, l'eau possède deux atomes d'hydrogène ; il existe donc une eau demi-lourde obtenue en n'opérant qu'une seule substitution. Cette eau demi-lourde a été obtenue. De même l'alcool contient six atomes d'hydrogène ; on pourra faire avec six alcools nouveaux ; quelles seront les propriétés physiologiques de ces alcools? Produiront-ils l'ivresse ? Conserveront-ils les qualités de l'alcool commun à dose diluée et modérée ? Autant de problèmes qui se poseront non seulement pour l'alcool, mais pour toutes les substances qui composent l'arsenal thérapeutique actuel.

La découverte de l'eau lourde, et comme conséquence celle de l'hydrogène lourd, est donc certainement un événement scientifique d'importance.

CAMILLE MATIGNON.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 105.

NOTRE VISITE A L'INSTITUT PELMAN

UN de ces immeubles majestueux, à l'aspect cossu, en plein cœur de la capitale : c'est l'Institut Pelman.

Une animatrice : M^{lle} Z.-M. Belle. — Nous sommes reçus par l'administrateur-directeur, M^{lle} Z.-M. Belle, dans la magnifique salle en rotonde, centre de tous les ordres. M^{lle} Belle est l'animatrice de cette vaste entreprise intellectuelle et sociale. Sous sa direction, nous visitons les différents services.

La puissante organisation se révèle dès l'entrée des bureaux : salle de classement où près de 90.000 dossiers d'étudiants et 600.000 fiches de correspondants, lumineusement rangés, sont prêts à être consultés selon les besoins des services de psychologie, de librairie, d'édition, de comptabilité et de la revue. Plus loin, la salle de dactylographie, etc.

— Personne n'est plus convaincu de la valeur du Système Pelman, nous dit l'administrateur, que les employés eux-mêmes. Ils sont encouragés par les résultats que leur assure la pratique de notre système et par les témoignages enthousiastes des étudiants. Je suis arrivée à obtenir trois fois plus de rendement par un travail intelligent et réfléchi. Chaque employé prépare quotidiennement son emploi du temps, prend note du travail exécuté et du temps consacré à chaque tâche. Ainsi sommes-nous documentés sur les prix de revient et sur les moyens d'activer le rendement individuel. En ces temps de crise, tout travail de bureau serait charge stérile s'il n'était organisé avec autant de précision qu'à l'usine.

— Que représentent, demandons-nous, ces tableaux manuscrits que l'on voit un peu partout dans les bureaux ?

— Ils consignent les diverses opérations de chaque service. Leur but ? Eviter des oublis, stimuler l'effort et le répartir au mieux. Ici, *Travaux en cours*, ceux qu'il ne faut pas perdre de vue, mais réaliser par étapes ; plus loin, *Travaux-projets*, idées qui devront être mises au point, programme anticipé des activités futures de l'Institut Pelman.

« Avant la crise, la comptabilité était établie sur livres et sur fiches ; maintenant, des tableaux ont remplacé livres et fiches ; les statistiques y sont incorporées. Nul besoin d'attendre la fin du mois pour savoir quelle branche d'activité réclame un effort spécial, ni de feuilleter tout un album de fiches ; j'ai toute l'entreprise chaque semaine sous les yeux et, aussitôt, je puis préparer les améliorations nécessaires.

— Ces lourds services, commerciaux et administratifs doivent absorber toute votre activité.

— Nullement. La direction psycholo-

gique occupe la moitié de mon temps : révision des cours à décider, recherches psychologiques à faire exécuter, sujets à choisir pour notre revue. Mes très savants collaborateurs représentent la science, je représente les besoins du public, et les diverses mises au point m'incombent.

Le personnel enseignant. — Le personnel technique attaché à l'Institut Pelman, nous dit l'administrateur, travaille au dehors ; plus de quarante professeurs, éminents universitaires, mais surtout psychologues attentifs à la vie ; les travaux des étudiants leur sont confiés, selon leur compétence particulière. Ils ne viennent à l'Institut Pelman que sur rendez-vous.

Mais un directeur d'études psychologiques et un conseiller scientifique, MM. Paul Masson-Oursel et Emile Namer, assurent la permanence. Ils donnent des consultations, traitent les questions délicates, surveillent la correspondance et les travaux psychologiques.

M. Masson-Oursel, professeur en Sorbonne, est un philosophe et un orientaliste réputé. Il nous reçoit avec l'inimitable bonne grâce qui le caractérise. Vous découvrirez bientôt en lui un philosophe qui ne se confine pas les idées abstraites, un savant qui s'intéresse autant à la réalité qu'aux livres.

— Quelle sorte d'enseignement donnez-vous ici ? lui demandons-nous.

— Nous opérons par correspondance en communiquant l'une après l'autre douze leçons qui devront chacune être méditée et mise en pratique au minimum un demi-mois. Nos étudiants sont invités à faire certains exercices qu'ils doivent intégrer à leurs occupations journalières. A l'occasion de ce que nous apprenons d'eux-mêmes, nous leur donnons une direction psychologique appropriée à leur caractère et à leurs besoins.

— Comment connaissez-vous vos correspondants.

— Nous leur posons diverses questions qui, en partie, se recoupent, de sorte que notre information se prémunit contre les risques d'erreurs. Nous observons ainsi, soit dit en passant, bien des connexions entre les diverses déficiences dont sont affectés les gens, ou entre leurs qualités et leurs lacunes, etc. On ne sait pas assez que l'Institut Pelman est l'endroit du monde où se trouve sa plus riche documentation sur l'état psychique de l'humanité, de n'importe quelle condition ou profession.

— Je craignais que l'Institut Pelman ne renvoyât ses adeptes à l'école, mais je m'aperçois...

— A l'école de la vie, oui, mais avec, pour soutiens, des principes dont la plupart des

gens manquent cruellement? Qui donc a appris aux Ecoles, même dans les plus hautes, à penser par soi-même sur les problèmes que nous pose la réalité? Qui donc s'est vu enseigner, même dans une Université, l'art d'utiliser pour le mieux ses facultés, par exemple, son imagination inventive, de laquelle dépend notre originalité?

De l'ordre dans la réflexion, de la méthode dans l'action : voilà ce qu'enseigne le Pelmanisme ; *assurer ainsi le meilleur rendement professionnel et poursuivre le développement de la personnalité : tel est le double but de notre initiative.*

— La pratique de votre système est-elle ardue?

— Il n'est pas très difficile de méditer chaque jour deux ou trois pages de nos leçons, ni de mettre nos principes en application dans ses obligations quotidiennes. Voilà tout ce que nous demandons. Cela suffit pour acquérir en quelques mois une mémoire plus tenace, un jugement plus net et plus sûr, une volonté plus ferme, d'avantage d'ingéniosité à résoudre les difficultés que l'on rencontre à chaque instant dans les affaires, ou simplement dans la vie personnelle. Il y a moins à peiner pour réussir dans la vie que pour la « rater », si l'on n'agit pas n'importe comment et si l'on consulte des experts psychologues pour organiser utilement son activité.

— Vos adeptes sont-ils satisfaits des résultats qu'ils obtiennent par le Système Pelman?

— Les résultats varient suivant le sujet. Le Système Pelman ne donne pas une personnalité nouvelle ; il précise et développe celle qu'on a. Mais, sauf de rares exceptions, le Système Pelman révèle l'individu à lui-même, car il lui enseigne à tirer parti de ses ressources latentes.

— Vos étudiants restent-ils en contact avec vous quand leur cours est terminé?

— Les Pelmanistes, ainsi sont-ils fiers de s'intituler, demeurent fidèles à l'Institut où ils conservent, en leurs anciens maîtres, des amis sûrs.

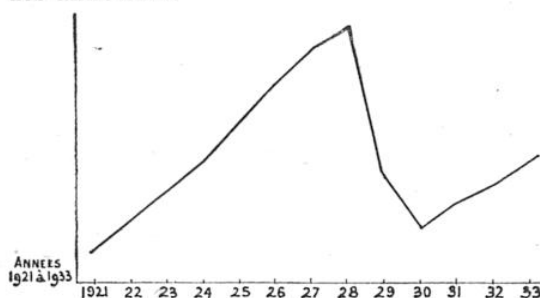


FIG. 1. — VARIATIONS DES RECETTES DEPUIS 1921 JUSQU'À 1933

Si le point culminant est l'année 1928, on voit que la diminution est surtout apparente en 1929-1930. Les années 1931, 1932 et 1933 marquent une progression croissante.

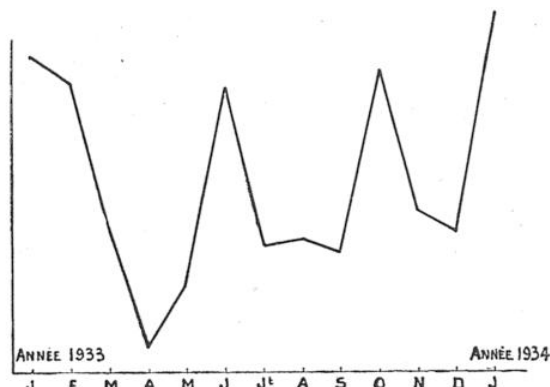


FIG. 2. — VARIATIONS DES RECETTES PENDANT LES MOIS SUCCESSIFS DE L'ANNÉE 1933

On voit périodiquement des hauts et des bas. Ces hauts et ces bas périodiques ont existé à toutes les époques, comme le montrent encore des graphiques de l'Institut Pelman portant sur des années normales.

Nous allons voir ensuite M. Emile Namer.

Il a fait naguère toutes ses preuves universitaires et s'est acquis une compétence incontestée comme philosophe et comme psychologue.

Parallèlement, il a mené une carrière d'affaires qui lui a appris ce que trop d'intellectuels ignorent. Son avis mérite donc d'être sollicité sur les questions de négoce.

— Ma collaboration à l'Institut Pelman, nous dit-il, remonte déjà à plus de douze années. J'y ai trouvé ce qu'aucune autre documentation, ni livresque, ni de laboratoire ou de clinique, ne fournirait pour nous renseigner sur les besoins humains : une observation directe de ce qui fait qu'un homme ou une femme réussit ou manque sa vie. On gagne ainsi en cette maison, presque malgré soi, une sagesse précieuse.

« Cette sagesse, qu'ici l'on acquiert professionnellement, j'ai été amené à la mettre en particulier au service des anciens Pelmanistes. Nous voulons, s'ils le désirent, pouvoir les guider, bien longtemps après la fin de leur cours, dans la réalisation d'eux-mêmes, car il faut, avant tout, faire des individus s'intéressant à la vie. Je tiens un important arsenal de bibliographie à la disposition de nos adeptes, et je puis orienter n'importe lequel d'entre eux dans les lectures qu'il devrait faire pour pousser plus loin le développement de sa personnalité.

« L'Institut m'a confié en outre un service de consultations pour affaires. Nombreux sont les commerçants qui, angoissés par la crise, nous demandent le secret d'une efficience supérieure dans la conduite de leurs entreprises, efficience singulièrement conditionnée par la capacité de penser, de travailler et de se posséder soi-même. Le public ignore trop quelles ressources la psychologie pratique tient à la disposition des intérêts individuels et collectifs. »

J. M.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

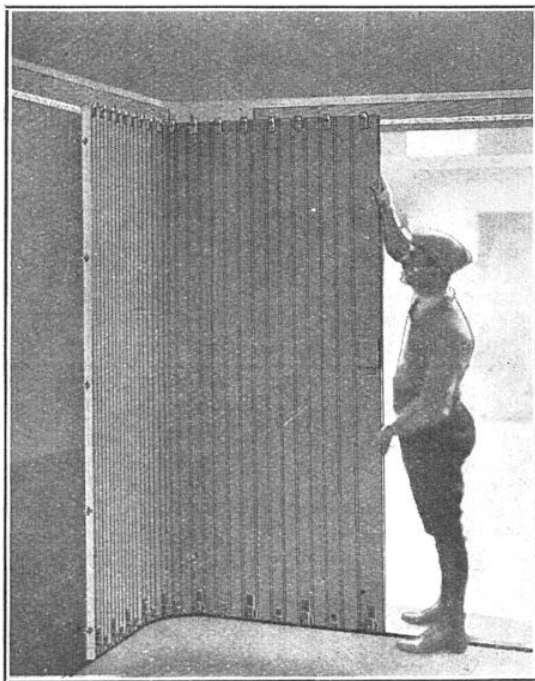
INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

La porte souple, en bois armé, offre le minimum d'encombrement

LA fermeture de certains locaux, notamment des garages, pose souvent de difficiles problèmes en raison de la place nécessaire à l'ouverture des vantaux. C'est tout d'abord pour ce cas particulier qu'a été étudiée et établie la porte souple *Poyer*, dont la photographie ci-contre montre un exemple de réalisation.

La souplesse de ses organes, d'un poids relativement léger, permet à un enfant de l'ouvrir ou de la fermer, et, cependant, un



LA PORTE SOUPLE « SYSTÈME POYER »

choc, même très violent, ne saurait l'enfoncer. Cette fermeture souple est, en effet, constituée par une ou plusieurs portes ondulantes qui, sous une poussée légère, glissent à l'intérieur du local et s'alignent le long des murs latéraux du garage, en épousant les angles, mêmes aigus.

La porte proprement dite se compose d'un assemblage de lames verticales en bois de 25 millimètres d'épaisseur, juxtaposées et maintenues jointes par des câbles d'acier dissimulés dans l'épaisseur du bois. Cet ensemble forme donc une porte en bois armé, souple et résistante. Chaque câble est d'ailleurs tendu par un ressort individuel, dont la tension peut être réglée à la main, de façon à obtenir le maximum de souplesse sans que les lames cessent d'être jointives.

La porte souple glisse sur un rail de 15 millimètres fixé au sol et se trouve guidée à sa partie supérieure dans toute sa longueur. Elle ne peut dérailler, ni gauchir.

Enfin, la condamnation est assurée par une serrure de sûreté spéciale.

Bien que créé surtout pour les garages, qui peuvent ainsi n'avoir que des dimensions très légèrement supérieures à celles de la voiture, ce système peut être utilisé partout sans nécessiter de dispositifs particuliers de construction.

Son entretien est à peu près nul (quelques gouttes d'huile sur les rails et les galets de temps en temps) et son fonctionnement ne peut être influencé par le temps (soleil, chaleur, pluie, froid).

Signalons enfin qu'elle peut être adaptée partout, puisqu'elle épouse les angles aigus comme les angles obtus. Son encombrement n'est que de 5 centimètres le long des murs, et la pose, grâce à la notice explicative jointe à chaque expédition, peut être exécutée par tout menuisier ou serrurier non spécialisé.

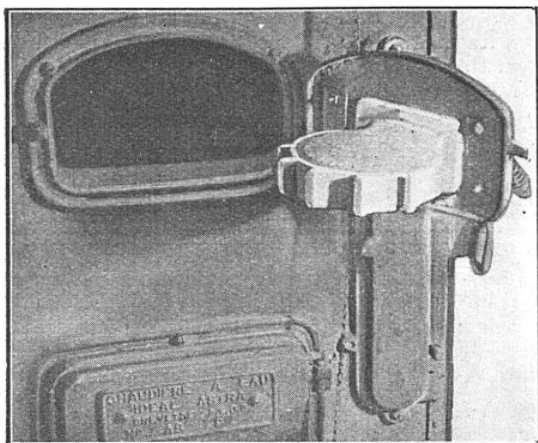
Ces portes se font en toutes dimensions, aussi bien pour les petits garages de hauteur très réduite dans les sous-sols que pour les grands garages d'autocars et d'avions.

Il est bon de retenir que seules les portes en bois protègent efficacement contre le froid et contre les rayons ardents du soleil. Les portes *Poyer* ont donc leur place indiquée sous tous les climats.

ETABLISSEMENTS POYER, rue d'Alsace-Lorraine, Petit-Quevilly (près Rouen).

Nouvel économiseur de charbon

LE prix du charbon étant déterminé, il est évident que l'on ne peut espérer diminuer le prix du chauffage qu'en assurant l'utilisation maximum des calories contenues dans le combustible. Or, en général, que se passe-t-il ?



L'ÉCONOMISEUR DE CHALEUR « EDCO »

L'air, apportant l'oxygène comburant, entre normalement sous la grille du foyer, traverse la couche de charbon en ignition et, poursuivant son ascension, entraîne avec lui, dans la cheminée et, par suite, dans l'atmosphère, une quantité importante de gaz chauds non brûlés. Or, ces gaz contiennent environ 40 % des calories du charbon qui sont irrémédiablement perdues.

Pour améliorer le rendement, il faut donc assurer la combustion aussi complète que possible de ces gaz. Le dispositif *Edco* a été étudié dans ce but. Placé directement au-dessus de la couche de charbon en combustion, il s'échauffe automatiquement. L'air qui le traverse s'échauffe également d'autre part, grâce à la turbulence créée par les événements spéciaux ménagés dans l'appareil ; cet air chaud est violemment brassé avec les gaz non brûlés et en assure la combustion. Dans ces conditions, suivant le combustible utilisé, l'économie varie de 15 à 35 %. Par ailleurs, ce système évite la production de fumées, le dégagement des gaz nocifs.

Signalons que cet appareil se place aisément derrière la porte de tout foyer. Cette porte doit, bien entendu, fermer hermétiquement pour que l'air soit obligé de traverser l'économiseur. Le réglage s'obtient aisément au moyen du papillon prévu à cet effet. On peut donc diminuer le tirage en fermant d'une certaine quantité le registre de la cheminée. Cette opération n'offre aucun inconvénient, puisque les gaz nocifs sont brûlés.

Edco, 130, rue du Château-d'Eau, Paris (10^e).

Pour faciliter le travail de bureau

CACHER une enveloppe ne constitue, évidemment, qu'un minime travail. Assurer la même tâche pour des centaines ou des milliers de lettres prend une importance telle qu'un service spécial doit être créé pour la mener à bien. A notre siècle

de la technique appliquée, la mécanique se devait de répondre à cette question d'organisation. Voici, en effet, des appareils fort simples qui apportent une élégante solution du problème posé.

La cacheteuse *Marc* se compose d'une boîte à deux compartiments séparés, le premier contenant un peu d'eau et trois vaporisateurs, le second un soufflet. Cette boîte est surmontée de deux couvercles à plans inclinés, articulés à leur extrémité. Le premier couvercle, sur lequel on pose l'enveloppe, couvre les vaporisateurs. Le second, muni d'un tapis roulant, couvre le soufflet.

Après avoir renversé en arrière le premier couvercle et garni d'eau le récipient, on place l'enveloppe sur ce couvercle, l'adresse au-dessus et la partie à coller engagée dans l'ouverture. On pose alors la main sur l'enveloppe, les doigts dépassant un peu en avant. Il suffit alors d'appuyer franchement. Le soufflet chasse l'air dans les vaporisateurs qui envoient une nappe d'eau pulvérisée sur la partie gommée. En chassant l'enveloppe en avant, celle-ci sort cachetée de l'appareil. L'opération devient rapidement automatique et on peut ainsi cacheter 1.000 enveloppes en 50 minutes.

Enfin, signalons la décacheteuse *Marc*, qui ouvre un volumineux courrier en quelques minutes, et le fixe-chèques *Marc*, qui gaufre et garantit ceux-ci contre toute falsification. Rappelons également la règle à calculs de poche, aujourd'hui bien connue, que nous avons décrite dans notre n° 101, page 402.



LA DÉCACHETEUSE « MARC »

ETABLISSEMENTS CARBONNEL & LEGENDRE, 12, rue Condorcet, Paris (9^e).

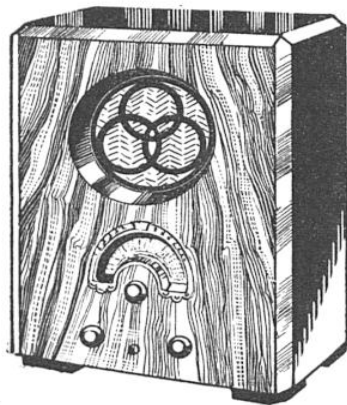
Excellent récepteur à 5 lampes, dont une à 7 électrodes

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.

L'*Heptodyne Ultima* comporte, en effet,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 199, page 19.

un montage à changement de fréquence, au moyen d'une heptode variable 2 à 7, suivi d'une amplification moyenne fréquence par pentode à pente variable. Vient ensuite une détection par pentode à grande pente 57,



LE NOUVEAU SUPERHÉTÉRODYNE 5 LAMPES

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 avec des appareils ordinaires.

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 appareil 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.

Le superhuilage permet de diminuer la consommation des moteurs en augmentant leur rendement

LA nouvelle formule fiscale, qui a pour effet d'augmenter le prix de l'essence, a attiré à nouveau l'attention du public sur les méthodes qui permettent de diminuer la consommation, tout en augmen-

tant le rendement mécanique du moteur.

Parmi ces méthodes, le superhuilage est certainement une des plus précieuses. Un simple coup d'œil sur le dessin ci-contre nous montre, en effet, que, dans chaque cylindre, la moitié environ de la surface est occupée par le corps du piston. Or, on sait que, seule, la partie inférieure de ce piston est régulièrement lubrifiée par l'huile du carter. On peut donc affirmer que tout se passe comme si deux pistons sur quatre fonctionnaient à sec. On aperçoit immédiatement les conséquences graves que cela peut avoir : ces surfaces flottant à sec tendent, en effet, à s'échauffer considérablement, absorbant par suite un travail qui est complètement perdu pour l'entraînement de la voiture, d'où diminution de puissance réelle de plusieurs chevaux, comme on a pu le contrôler au banc.

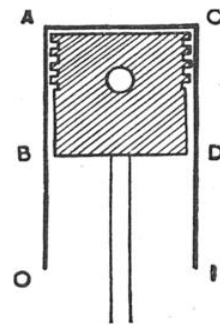
Pour supprimer cet inconvénient, il est nécessaire de trouver un procédé permettant de lubrifier ces surfaces. Le superhuilage nous le fournit : on sait qu'il consiste à mélanger à l'essence une certaine quantité d'huile spéciale. Bien entendu, il importe que cette huile soit de première qualité ; à cet égard, le *Fire-Point* donnera toute satisfaction.

Il suffit de le mélanger à la dose de 2 litres pour 1.000 litres d'essence, pour qu'aussitôt on constate, en particulier dans les reprises, une amélioration insoupçonnée. Si l'on tient compte de la moindre consommation de carburant réalisée, on obtiendra finalement une économie qui est de l'ordre de 3 à 4 %, soit environ 0 fr. 08 à 0 fr. 10 par litre d'essence. En effet, les prix d'entretien du moteur deviennent beaucoup moins lourds. On peut donc dire que le prix d'achat du *Fire-Point* est remboursé plusieurs fois par l'économie ainsi réalisée.

Rappelons que le *Fire-Point*, produit extra concentré, présente, seul, les garanties ci-après qui sont indispensables pour obtenir un huilage présentant les qualités requises :

- 1° 100 % de pureté absolue (certificat des Arts et Métiers) ;
- 2° Rigoureusement conforme aux recommandations de l'Académie des Sciences (séance du 23 janvier 1933) ;
- 3° Le seul donnant les résultats pratiques à la dose réduite de 2 litres pour 1.000 litres de carburant.

EMPIRE OIL, 6, rue de Lisbonne, Paris (8^e).



COUPE D'UN CYLINDRE

La partie ombrée A, B, C, D, représente la surface du piston dont la hauteur est d'environ la moitié de celle du cylindre.

Pour que les sourds puissent entendre

Il existe déjà de nombreux appareils destinés à permettre aux « durs d'oreille » de remédier à leurs infirmités.

Parmi ceux-ci, les appareils électro-acoustiques sont certainement les plus puissants. Ils comprennent, comme on le sait, un microphone, un écouteur et une pile. Mais il ne suffit pas, pour avoir une bonne audition, d'avoir une forte amplification du son, il faut également que le son amplifié soit pur et sans déformation parasite. A cet égard, les différents appareils *Clarvox* sont en tête du progrès. Et voici les différents modèles :

1^o Le *Ténor*, appareil ultra-léger (il ne pèse, en effet, que 162 grammes). Les trois pièces qui le composent : écouteur, microphone et pile, sont réunis par des cordons assez longs qui permettent de les disposer à volonté dans les vêtements. Ils peuvent ainsi passer complètement inaperçus ;

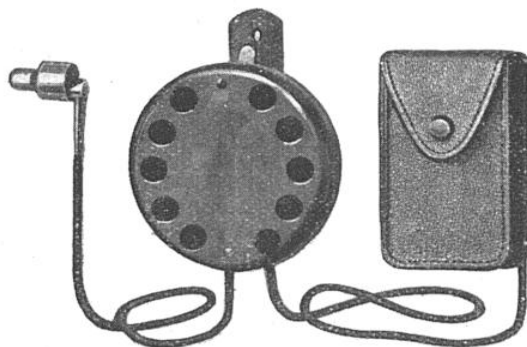
2^o Le *Réflexor*, pour surdité plus forte, également léger et pratique ; il comporte un boîtier de réflexion, enveloppant le microphone, si bien que les ondes sonores arrivent sur le microphone par réflexion ; elles sont donc concentrées et canalisées sans déperdition ;

3^o Le *Silent-Micro-Clarvox*. Cet appareil, grâce à l'application d'un principe nouveau (suppression des granules de carbone), a permis d'obtenir une amplification considérable avec une pureté de son absolue : absence de tous bruits parasites, rumeurs de fonds, bruits de frottements, craquements, même lorsqu'on agite violemment le microphone.

Cet appareil convient parfaitement aux très fortes surdités et, en particulier, aux surdités nerveuses (cas le plus fréquent), ainsi qu'aux oreilles sensibles.

Signalons, en outre, qu'il a l'avantage de fonctionner indifféremment avec les piles de 4,5 volts de commerce et les petites piles de 3 et 4 volts.

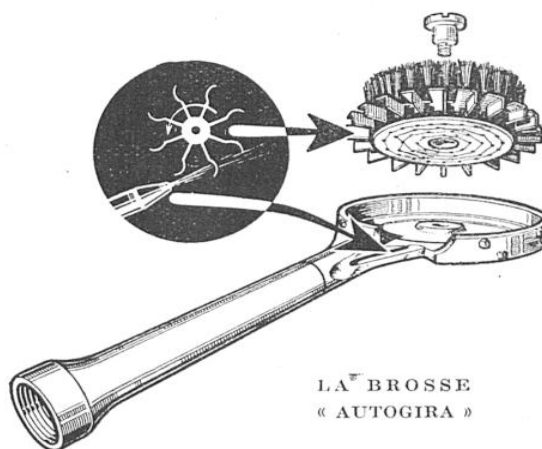
Les « durs d'oreille » ont ainsi une



L'APPAREIL « TÉNOR RÉFLECTOR »

gamme d'appareils parmi lesquels ils peuvent choisir celui qui convient le mieux à leur infirmité.

PORGÈS, 12, boulevard Magenta, Paris (10^e).



LA BROSSE
« AUTOGIRA »

Pour laver soi-même sa voiture

On sait que le lavage des voitures est une opération longue et peu agréable. Voici une nouvelle brosse qui permet de l'exécuter beaucoup plus rapidement et sans fatigue.

La brosse *Autogira* est montée, en effet, sur une sorte de petite turbine (voir figure ci-dessus) entraînée à plus de 1.000 tours à la minute par l'eau de lavage qui pénètre par le manche creux de la brosse.

L'effort de brossage est donc accompli automatiquement par l'eau, et il suffit alors de passer simplement la brosse sur la carrosserie pour laver celle-ci.

ETABLISSEMENTS M. P. G., 13, rue d'Armenonville, Paris-Neuilly.

Un répertoire téléphonique vraiment pratique

On conçoit facilement l'intérêt que peut présenter, pour les abonnés au téléphone, un répertoire permettant de trouver immédiatement le numéro de ses correspondants. Sous ce rapport, le nouveau répertoire *Helix* donne toute satisfaction.

Il est constitué, comme on le voit sur la figure page 354, par une série d'indicateurs mobiles articulés à leur base autour d'axes traversant le pourtour d'une plaque rotative. Chacun de ces indicateurs correspond à la première lettre du nom du correspondant que l'on veut appeler. L'ensemble est porté par un support mobile monté directement sur l'appareil téléphonique. Pour utiliser le répertoire, on amène tout d'abord la lettre alphabétique convenable vers le haut, en faisant tourner la plaque



LE RÉPERTOIRE « HELIX »

même manière. On voit par cela même la facilité des manœuvres. Le répertoire *Helix* est, par ailleurs, d'une construction extrêmement soignée et, en outre, les différents indicateurs sont amovibles, suivant

rotative. On attire ensuite l'indicateur correspondant hors de sa position de repos. On a alors immédiatement sous les yeux le nom et le numéro de son correspondant au milieu de tous ceux qui commencent par la même lettre. Pour inscrire un nom nouveau, on opère de la

un système breveté, ce qui permet de les remplacer isolément, suivant les besoins, sans grand frais. Voici quelques caractéristiques de cette fabrication : les indicateurs eux-mêmes sont en carton bristol de bonne qualité et de mince épaisseur, de manière que les inscriptions s'y fassent facilement lorsque le répertoire est posé à plat sur le bureau.

A cet effet, le répertoire s'enlève aisément de son support ; l'inscription terminée, on le replace sans plus de difficultés.

Les coins des indicateurs sont garnis en cuir et les lettres de l'alphabet sont imprimées en or vrai. Le disque arrière est tout en acier nickelé. Le support d'attache est en métal estampé nickelé, s'adaptant aisément au poste téléphonique. Le disque avant est exécuté en acier et fait corps avec le boulon central de fixation. Il est, en outre, garni de cuir. Dans un autre modèle, il est remplacé par une glace biseautée qui améliore encore la présentation.

V. RUBOR.

ESSOR « HELIX », 63, avenue Maurice-Maeterlinck, Bruxelles (Belgique).

L'Allemagne vient de célébrer le soixante-quinzième anniversaire de la naissance du constructeur d'avions Junkers, qui débuta dans la carrière industrielle par la fabrication des chauffe-bains et appareils ménagers où, du reste, il s'enrichit. Par contre, il perdit une grande partie de sa fortune en la consacrant à ses travaux aéronautiques, qui ont placé la firme Junkers parmi les plus puissantes du monde entier. On se souvient que le célèbre industriel de Dessau avait reçu notre collaborateur en mission en Allemagne, et lui avait exposé lui-même le fonctionnement de ses usines et de son remarquable bureau d'études (1). Une des gloires de Hugo Junkers dans son œuvre gigantesque, dont l'origine remonte à 1914, est d'avoir établi des appareils entièrement métalliques. Ce fut le premier constructeur du genre (tôle ondulée en duralumin léger et résistant) qui fut par la suite adopté par d'autres nations.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 157, page 13.

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 :

Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Îles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.

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 quel qu'elle de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Directeur : G. BOURREY. — Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.

**UNE
RÉVOLUTION
DANS LA TECHNIQUE
DU POMPAGE:**

**LES NOUVELLES
POMPES R. LEFI
SÉRIE R.**

Les principales qualités que l'usager demande à une pompe, sont l'économie et la sécurité !

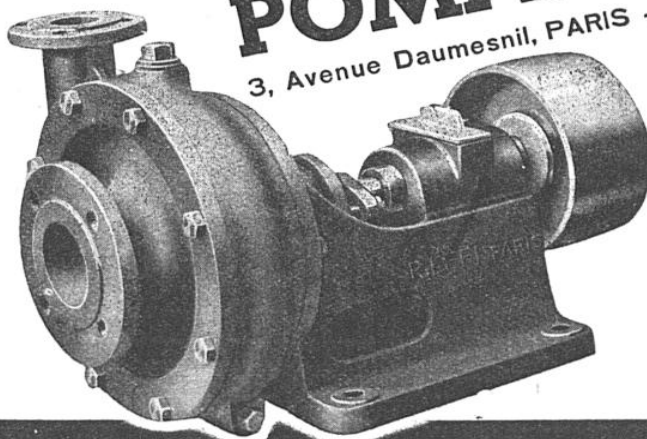
Les nouvelles pompes R. LEFI, série R., qui marquent un grand pas en avant de la technique de la pompe, présentent, au plus haut point, ces qualités. Ce sont des pompes centrifuges, les plus simples et les plus robustes. Grâce à une étude et une construction rationnelles, leur prix de revient - donc leur prix d'achat - est très avantageux ; leur haut rendement les rend très économiques d'emploi. Elles sont silencieuses, leur équilibre est automatique ; enfin, leur robustesse les met pratiquement à l'abri de la panne ; en un mot : une fois montées, on les oublie.

Leur gamme très étendue de débits et de pressions leur permet de répondre à tous les besoins domestiques et industriels.

Demandez renseignements et devis :

POMPES R. LEFI

3, Avenue Daumesnil, PARIS - Tél. : Diderot 88-75



SOURDS
vous pouvez entendre



GRACE AUX
APPAREILS CLARVOX
12, boulevard de Magenta, PARIS
Notice S franco sur demande (Voir article p. 353 de ce n°)

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^e

Vente des Livres et des Appareils
permettant les contrôles.

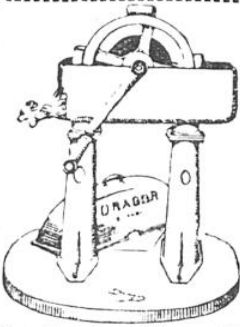
POMPES - RÉSERVOIRS
ÉLECTRICITÉ - CHAUFFAGE

CONSERVATION parfaite des ŒUFS
PAR LES
COMBINÉS BARRAL
Procédé reconnu le plus simple
et le plus efficace
par des milliers de clients.
5 COMBINÉS BARRAL
pour conserver 500 œufs
FRANCO A DOMICILE 11 FRANCS
Adresser les commandes avec un mandat-
poste, dont le talon sert de reçu, à
M. Pierre RIVIER, fabricant des Comb-
nés Barral, 8, villa d'Alésia, PARIS-14^e.
PROSPECTUS GRATIS SUR DEMANDE



PUBL. C. BLOCH

DRAGOR
Élévateur d'eau à godets
pour puits profonds et très profonds
A la main et au moteur. -
Avec ou sans refoulement. -
L'eau au 1^{er} tour de mani-
velle. Actionné par un enfant
à 100 m. de profondeur. - In-
congelabilité absolue. - Tous
roulements à billes. - Con-
trairement aux autres systè-
mes n'utilise pas de poulie de
fond. Donné 2 mois à l'essai
comme supérieur à tout ce
qui existe. - **Garanti 5 ans.**
Élévateurs DRAGOR
LE MANS (Sarthe)
Pour la Belgique :
39, allée Verte - Bruxelles



Voir l'article, n° 83, page 446.

Pour **25 fr.** une machine
à calculer de
poche (6×12 cm)
PRODUX
F. DARNAY
7, rue Coppel
PARIS



PROPULSEURS HORS-BORD
ARCHIMÈDES
27, Quai Victor Augagneur. LYON
POUR
tous bateaux:
PLAISANCE
PÊCHE
VOILIER
SPORT
TRANSPORT
GARANTIS UN AN

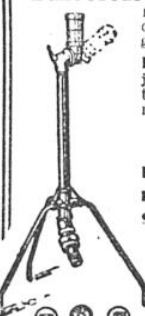


DEMANDEZ CATALOGUE
GRATUIT N° 23

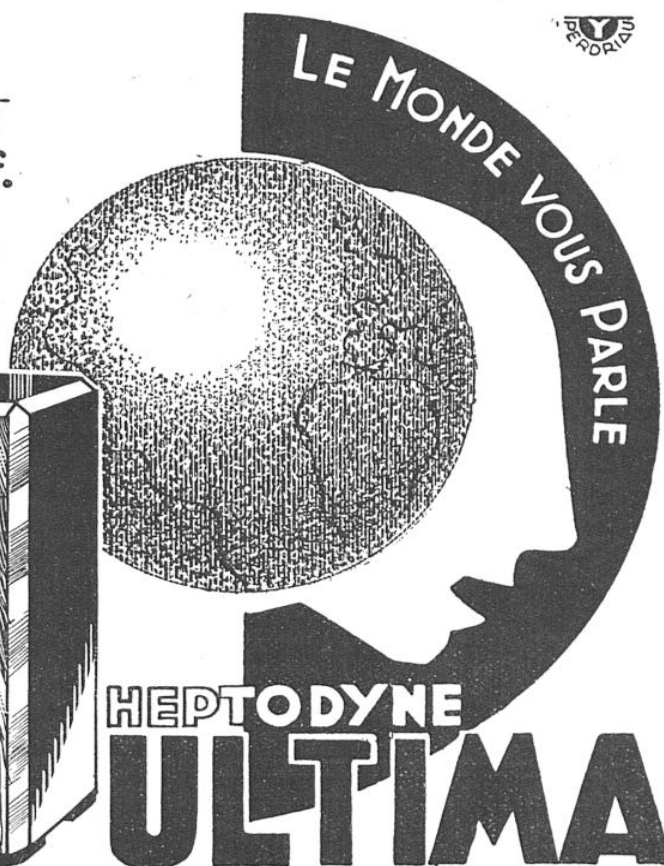
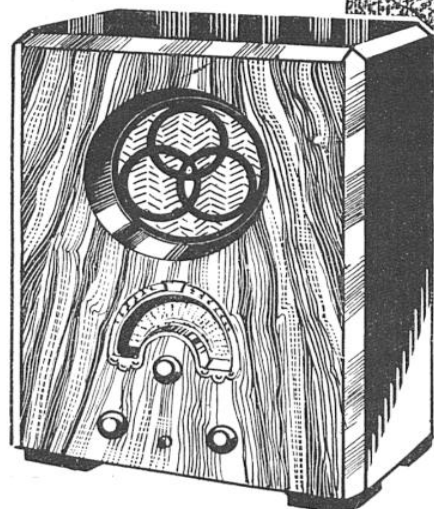
TOUS LES SCIAGES
et autres usages, avec...
et tous vos autres travaux avec
VOLT-SCIE sur courant lumière.
VOLT-OUTIL et **WATT-OUTIL** 1/2 cv
qui rainure, toupille, mortaise, etc...
Marche sur établi et sur courant-lumière
VOLT-SCIE, VOLT-OUTIL, WATT-OUTIL
sont trois machines artisanales de haute classe
S. G. A. S. ING.-CONSTR. Brevetés S. G. D. G. 44, rue du Louvre
PARIS (1^{er})



L'Arroseur IDEAL E. G., BREVETÉ S. G. D. G.,
ne tourne pas et donne l'arrosage en rond,
carré, rectangle, triangle et par côté; il est
garanti inusable et indé réglable.
L'Arroseur rotatif IDEAL E. G. est muni de
jets d'un modèle nouveau, réglables et orien-
tables, permettant un ar-
rosage absolument parfait.
Le Rateau souple IDEAL E. G.
Le Pistolet IDEAL E. G.
Le Pulvérisateur LE FRANÇAIS.
Seringues, Robinetterie, etc.
Eug. GUILBERT, Constructeur
160, avenue de la Reine, 160
3 JULOGNE-S-S. - T.: Moltor 17-76




PRIX COMPLET

895^{f.}

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'alimentation

Bardon 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

POUR LA SCIENCE
ET L'INDUSTRIE

LES APPAREILS Jules Richard

sont appréciés dans
le monde entier

BAROMÈTRES - ANÉMOMÈTRES
MANOMÈTRES - CINÉOMÈTRES
DYNAMOMÈTRES - AMPÈRÈMÈTRES
VOLTÈMÈTRES - SOLARIMÈTRES

AVIATION
Tous les appareils de Contrôle
Enregistreurs et Indicateurs

PHOTOGRAPHIE STÉRÉOSCOPIQUE
Homeos Glyphoscope
VERASCOPE

JUMELLES de THÉÂTRE et de TOURISME

E" Jules RICHARD

25, rue Mélingue, PARIS

« C'est par ce qui est à César...
... la précision aux appareils Jules Richard ! »

BON à découper
pour recevoir gratuite-
ment le catalogue K

"Publicis" 8.77

CHARGER soi-même ses ACCUMULATEURS
sur le Courant Alternatif devient facile
avec le

CHARGEUR L. ROSENGART

B. S. G. D. G.

MODÈLE N° 3. T. S. F.
sur simple prise de
courant de lumière
charge toute batterie
de 4 à 6 volts sous 5 ampères

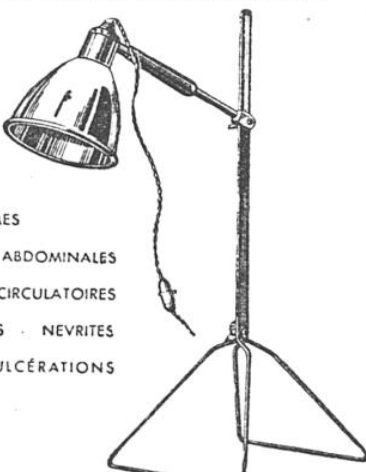
**SIMPLICITÉ
SÉCURITÉ
ÉCONOMIE**

Notice gratuite sur demande
61, boul. Soult, PARIS
TÉLÉPHONE : DIDEROT 07-21

10 ANS D'EXPERIENCE:
60.000 APPAREILS
EN SERVICE

L'INFRA - ROUGE

— A DOMICILE —
PAR LE PROJECTEUR
THERMO-PHOTOTHERAPIQUE
DU DOCTEUR ROCHU-MERY



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

LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
12. AV. du MAINE. PARIS. XV^e Tél. : Littré 90-13

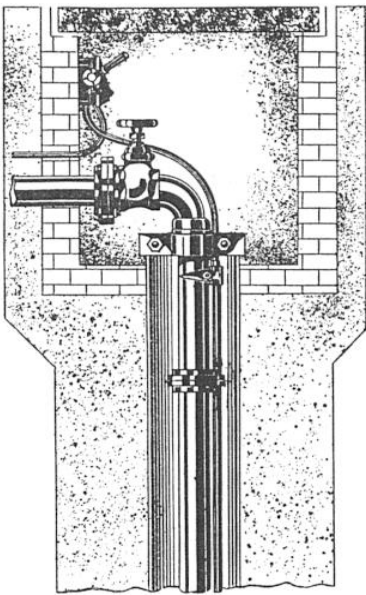
Voici un petit volume que tout
esprit cultivé lira avec profit :

Pour connaître la relativité, le choc, la fréquence, etc...

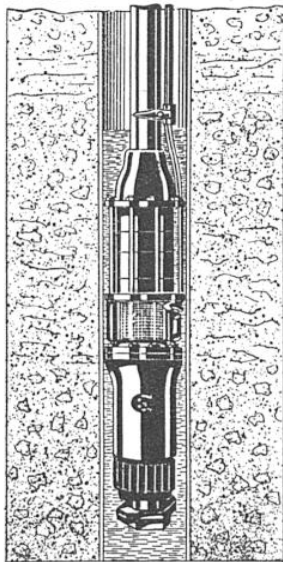
En l'écrivant, le remarquable vul-
garisateur de haute tenue qu'est no-
tre collaborateur **Marcel BOLL**,
a voulu mettre à la portée de tous
les notions les plus modernes sur les-
quelles repose l'édifice de la Science
contemporaine. On y retrouve, du
reste, les plus beaux articles rédigés
par l'auteur pour **La Science et la
Vie** sur la relativité, la fréquence,
la mécanique ondulatoire, etc. Voilà,
enfin, un ouvrage de science pure
que **La Science et la Vie** vous
recommande. **G. B.**

PRIX FRANCO :

France	16 75
Etranger	20 »



POMPES
Jeumont
VOGEL
A MOTEUR
IMMERGÉ
POUR Puits
PROFONDS

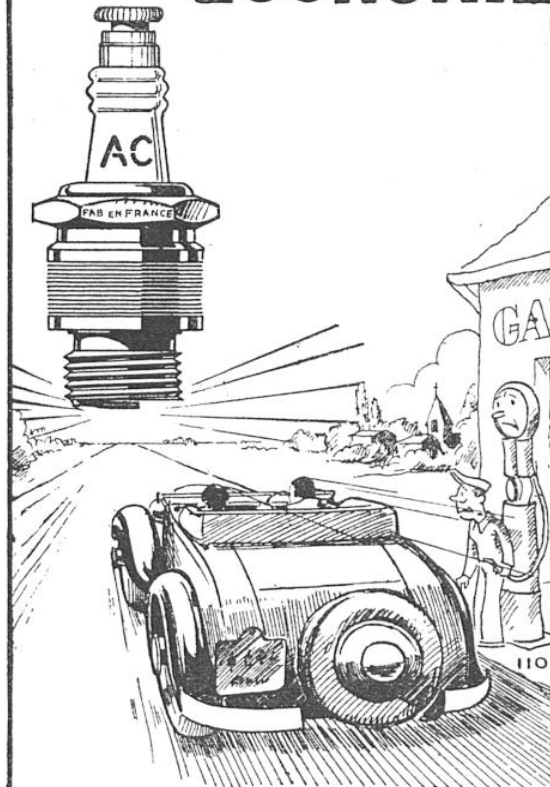


Renseignements

89, Bd. Haussmann, Paris (8^e)

dos

SECURITÉ ECONOMIE



Les bougies A C vous donneront, sans défaillance un allumage parfait "à toutes les allures."

Leurs électrodes en métal „Isovolt“ et leurs isolants de haute qualité assurent le rendement maximum du moteur et réduisent au minimum la consommation d'essence.

Sécurité et économie, vous serez assurées si vous exigez des "BOUGIES A C"

BOUGIES **AC** TITAN

89 A 95. BOULEVARD DE LORRAINE. CLICHY (SEINE)

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶MAISONS D'ARTICLES DE MÉNAGE
et 155, faubourg Poissonnière, Paris**MALLIÉ****TRÉSORS CACHÉS**

Tous ceux qui désirent connaître le secret du pendule et des corps radiants nous demanderont la notice du "MAGNETIC REVEALATOR" contre 2 francs en timbres. Permet de découvrir sources, gisements trésors, minéraux etc. 52
SWEETS FRÈRES Dep. 52
36¹ RUE DE LA TOUR D'AUVERGNE, PARIS 9^e

INVENTEURS
Pour vos
BREVETS

Adressez-vous à : **ROGER PAUL**, Ingénieur-Conseil
35, rue de la Lune, PARIS (2^e) **Brochure gratuite !**

LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

SEUL QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

PARIS, SEINE, SEINE-ET-OISE ET SEINE-ET-MARNE.....	Trois mois...	20 fr.
	Six mois.....	40 fr.
	Un an.....	76 fr.
DÉPARTEMENTS, COLONIES...	Trois mois...	25 fr.
	Six mois.....	48 fr.
	Un an.....	95 fr.
BELGIQUE.....	Trois mois...	26 fr.
	Six mois.....	70 fr.
	Un an.....	140 fr.
ÉTRANGER.....	Trois mois...	50 fr.
	Six mois.....	100 fr.
	Un an.....	200 fr.

SPÉCIMEN FRANCO
sur demande

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

PRIMES GRATUITES
fort intéressantes**SOURDS**

AUDIOS, toujours en
tête du progrès, donne même aux plus sourds,
**LA GARANTIE D'ENTENDRE
TOUT ET PARTOUT**
grâce à la découverte sensationnelle du
MATELAS D'AIR

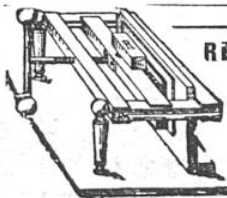
Demandez le livre illustré du **D^r RAJAU**
à **DESGRAIS**, 140, rue du Temple, PARIS
(Joindre 3 francs en timbres)

Fournisseur des Assurances sociales et centres d'appareillage

MANUEL-GUIDE GRATIS

INVENTIONSOBTENTION de BREVETS POUR TOUS PAYS
Dépôt de Marques de Fabrique

H. BOETTCHER fils, Ingénieur-Conseil, 21, Rue Cambon, Paris

**RÉLIER tout SOI-MÊME**

avec la **Relieuse-Mèredieu**
est une distraction
à la portée de tous

Outillage et Fournitures générales
Notice illustrée franco : 1 franc
V. FOUGÈRE & LAURENT, à ANGOULÈME

Faites votre chance

C'est la meilleure manière d'en avoir

Presque tous ceux qui ont réussi doivent leur succès à un ensemble de qualités qu'ils possédaient. Ils étaient capables de pressentir les événements et de s'y préparer. Ils savaient tirer parti des circonstances, les modifier à leur avantage, les susciter même pour mieux les exploiter ou s'en défendre à temps, au lieu de les subir ou de réagir à l'aveuglette et trop tard.

LE SYSTÈME PELMAN *Véritable Technique du Succès*

vous donnera ces qualités nécessaires pour atteindre aux situations les plus importantes dans la Société. Il vous apprendra comment l'on pense juste, c'est-à-dire selon la logique et d'accord avec la réalité objective. Il vous dotera d'une mémoire fidèle, d'une attention soutenue, d'une volonté tenace, d'une décision prompte et ferme, d'une intuition profonde. Il développera en vous le sens de l'initiative et la confiance en vous-même, nécessaire à votre progrès.

Par l'entraînement graduel de votre imagination créatrice, il fera de vous un être aux idées fructueuses, aux idées qui font fortune.

Vous voulez réussir, n'est-ce pas ? Vous aspirez à plus de bonheur ? Inscrivez-vous au Pelmanisme. Passez aujourd'hui

« **votre contrat de Succès** »

SYSTÈME PELMAN

LABORATOIRE 18

80, Boulevard Haussmann - PARIS (8^e)

LONDRES
DUBLIN

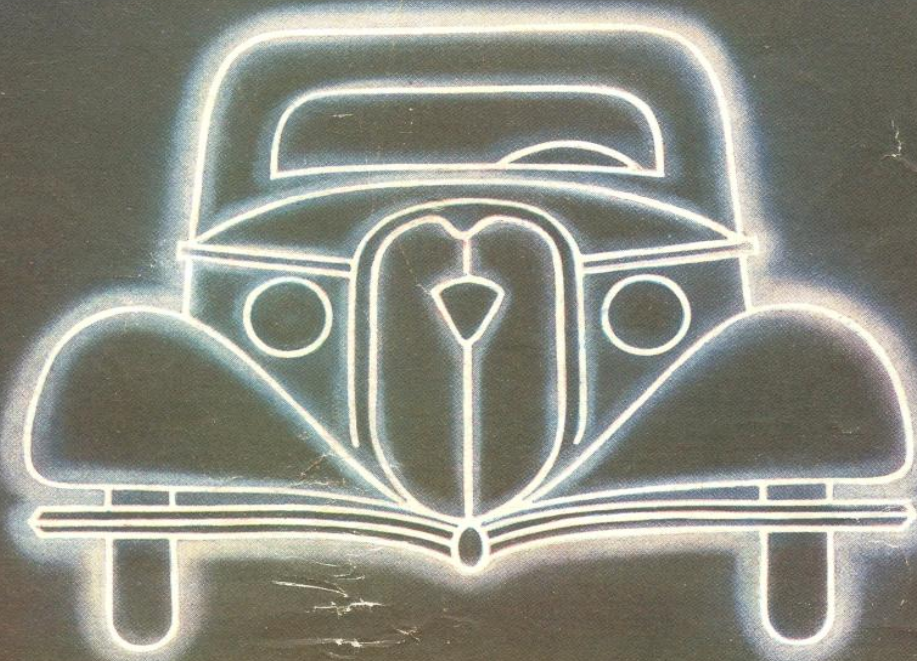
NEW YORK
AMSTERDAM

DURBAN
MELBOURNE

DELHI
CALCUTTA

40 ANS D'EXPÉRIENCE MONDIALE DANS TOUTES LES CLASSES DE LA SOCIÉTÉ
Sous la direction effective de Professeurs de Faculté et d'Hommes d'affaires éprouvés

Geugeot



*Carrosserie
aérodynamique
Roue avant
indépendante
succès 1934*

NEON
GRAPHIQUE
CHAULAIRE