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 nº 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

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 48. n. 219. Septembre 1935
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1935
Collation	1 vol. (XVIII p.-p.[173]-258) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 219
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.219

France et Colonies : 4 fr.

N° 219 - Septembre 1935

LA SCIENCE ET LA VIE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

TRÉFILERIES ET LAMINOIRS DU HAVRE

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 169.500.000 FRANCS

SIÈGE SOCIAL :

28, rue de Madrid, PARIS

ADRESSE TÉLÉGRAPHIQUE : "SILICIEUX"

Département de la Métallurgie
du Cuivre, de l'Aluminium et de leurs alliages

Fils et câbles nus et étamés pour l'électricité. — Planches, Bandes, Disques, Barres, Tubes. — Plaques de foyers et barres d'entretoises pour locomotives. — Tubes de condenseurs. — Feuilles minces d'aluminium. — Poudres métalliques, Douilles, Cartouches pour munitions de guerre. — Monnaies, Jetons, Médailles. — Magnésium. — Durcilium. — Inoxalium. — Alumagnèse et tous alliages légers laminés, étirés, profilés, etc. pour l'aviation.

Département de l'Acier
(Anciens Etablissements MOUTON)

Fils, Câbles, Pointes, Grillages, Ronces, Fils hautes résistances.

Département des Fils et Câbles isolés
(La Canalisation électrique et Câbles Grammont)

Fils et câbles isolés sous caoutchouc, sous ruban, sous tresse et sous plomb. — Câbles armés basse et haute tension. — Câbles téléphoniques et télégraphiques aériens, souterrains et sous-marins. — Matériel de pose de câbles. — Isolants.

Département des Corderies et Câbleries
(Corderies de la Seine)

Câbles acier toutes résistances pour Marine, Appareils de levage, Mines, Industrie, Travaux Publics. — Câbles en manille, chanvre, coton. - Gréement de bateaux. - Filets de pêche. - Ficelles et Cordes.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL — ÉCOLE DE NAVIGATION

placées sous
le haut patronage
de plusieurs Ministères

19, rue Viète, PARIS-17e
Tél. : Wagram 27-97

Cours sur place ou par correspondance

COMMERCE ET INDUSTRIE

Obtention de Diplômes ou accès aux emplois de
COMPTABLES
EXPERTS COMPTABLES
SECRÉTAIRES
DESSINATEURS
CHEFS DE SERVICE
INGÉNIEURS
DIRECTEURS

ARMÉE

T. S. F.
Spécialistes pour toutes les armes, E. O. R. et ÉCOLE d'ÉLÈVES-OFFICIERS

P. T. T.

BREVETS DE T. S. F.
Préparation spéciale au Concours de Vérificateur des Installations électromagnétiques.
Tous les autres concours :
DES ADMINISTRATIONS
DES CHEMINS DE FER, etc.
Certificats-Brevets-Baccalauréats

MARINE MILITAIRE

Préparation aux Ecoles des ÉLÈVES-INGÉNIEURS MÉCANICIENS (Brest) — des SOUS-OFFICIERS MÉCANICIENS et PONT — des MÉCANICIENS : Moteurs et Machines (Lorient) — à l'ÉCOLE NAVALE et à l'ÉCOLE des ÉLÈVES-OFFICIERS — BREVET DE T. S. F.

AVIATION

NAVIGATEURS AÉRIENS
AGENTS TECHNIQUES - T.S.F.
INGENIEURS ADJOINTS
ÉLÈVES-INGÉNIEURS
OFFICIERS MÉCANICIENS
ÉCOLES de ROCHEFORT et d'ISTRES
ÉCOLE DE L'AIR
SPÉCIALISTES ET E. O. R.

MARINE MARCHANDE

Préparation des Examens
ÉCOLES DE NAVIGATION
ÉLÈVES-OFFICIERS
LIEUTENANTS, CAPITAINES
OFFICIERS MÉCANICIENS
COMMISSAIRES, OFFICIERS T. S. F.

ÉCOLE DE NAVIGATION MARITIME
de NICE-VILLEFRANCHE-sur-MER

QUAI COURBET (Villefranche-sur-Mer)

Cours théoriques pour tous les examens de la Marine marchande, la Marine de Guerre et l'Air.
Exercices et visites de navires.

PROGRAMMES GRATUITS
(Joindre un timbre pour toute réponse)

UBLI-ELGY

E. Paracini

17

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Recherches Mécaniques et Physiques

(BREVETS SEGUIN FRÈRES)

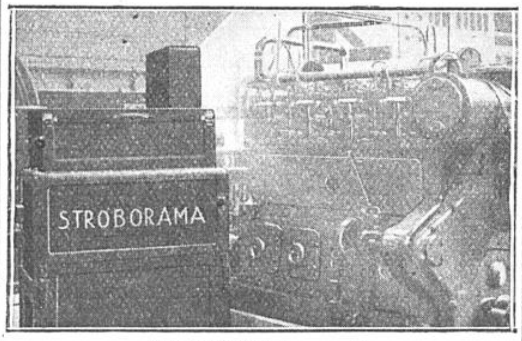
40, Rue de l'Echiquier, PARIS

Téléphone : Provence 18-35 à 37

Appareils stroboscopiques

STROBORAMA

à grande puissance



STROBORAMA TYPE A
Examen d'un moteur. — Office des Inventions, Bellevue

PHOTOGRAPHIE et CINÉMATOGRAPHIE

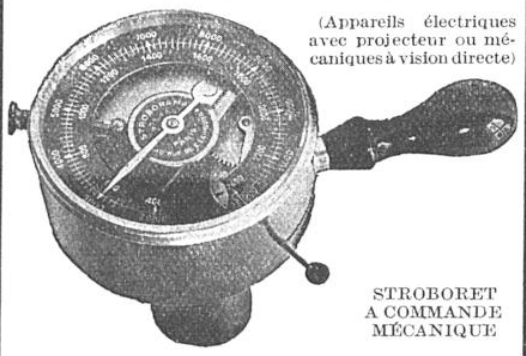
au millionième de seconde

ÉTUDES STROBOSCOPIQUES A FORFAIT

Télétachymètres Stroborama

pour MESURE et CONTROLE des VITESSES
à distance et sans contact

(Appareils électriques avec projecteur ou mécaniques à vision directe)



STROBORET
A COMMANDE
MÉCANIQUE

RÉGULATEURS SÉPARÉS

pour Moteurs électriques et

MOTEURS A RÉGULATEUR

donnant sans rhéostat une parfaite constance de vitesse à tous les régimes

Envoi gratuit

Choisissez la montre à votre goût sur le superbe Album nº 35-65, présentant :

600 MODÈLES DE MONTRES DE BESANÇON

tous les genres pour Dames et Messieurs qualité incomparable
Adressez-vous directement aux

SARDA

BESANÇON

FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRECISION

Ets SARDA les réputés fabricants installés depuis 1893.

un **ensemble unique...**

PHOTOGRAVURE
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE
DESSINS
PHOTOS
RETOUCHES

pour **illustrer vos Publicités**

Établissements

Laureys Frres

17, rue d'Enghien, Paris

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Pourquoi ne l'aviez-vous pas dit, que vous parliez l'Anglais ?

Ce gros client étranger était venu par hasard. Tout de suite il s'était intéressé à divers articles, mais il semblait que, faute de pouvoir s'expliquer clairement dans la même langue, on allait rater la grosse affaire. Déjà le client s'énervait, le Directeur perdait tout espoir, quand on lui dit que Paul Ramot, employé dans les bureaux du rez-de-chaussée, parlait couramment l'anglais.

Et en effet, appelé, Paul assuma le rôle d'interprète avec l'aisance d'un polyglotte bien entraîné et doué d'un accent parfait. Le client partit très satisfait, en félicitant le Directeur d'avoir su s'entourer d'un personnel moderne, alors que trop d'entreprises négligent de faire le nécessaire pour recevoir à tout moment les clients étrangers.

— Mais pourquoi ne l'aviez-vous pas dit, que vous parliez l'Anglais », jeta le Directeur à Paul Ramot, tout surpris de n'être pas simplement félicité.

— J'avais mentionné l'Anglais sur ma feuille d'emploi, répondit Paul. Je ne pensais pas...

— Tout le monde mentionne qu'il sait l'Anglais, mais personne ne le parle, rétorqua le Directeur. Il faut montrer exactement ce qu'on sait faire, mon garçon. Nous donnons tous les jours des traductions à faire au dehors. Beaucoup de nos clients, tout en s'efforçant de parler français, préféreraient se sentir très à l'aise dans leur propre langue, quand il s'agit d'acheter... Que faites-vous en bas ? Vous tenez les comptes clients.

— Oui, Monsieur le Directeur.

— Eh bien ! Montez à mon étage. Vous ferez la correspondance étrangère, pour connaître les clients étrangers qui peuvent venir, et nous collaborerons ! Naturellement vos appointements seront en proportion. Et pensez désormais à ne plus tenir caché ce dont vous êtes capable... »

Paul eut un avancement rapide et atteignit très jeune le poste de Directeur des Ventes.

Son cours Linguaphone, qui lui avait permis si vite de posséder à fond l'Anglais, lui était ainsi plusieurs fois remboursé dès la première épreuve, et lui ouvrait le plus bel avenir.

Cette petite histoire vraie vous fera certainement réfléchir. Vous aussi, vous pouvez apprendre chez vous n'importe quelle langue sans professeur coûteux, par la Méthode Linguaphone, création tout à fait moderne. Renseignez-vous, ne manquez pas de devancer vos concurrents et vos supérieurs. Demandez le beau volume illustré Linguaphone, qui vous sera envoyé gratuitement et sans aucun engagement pour vous. Il vous renseignera sur cette méthode si simple et si amusante.

ENVOYEZ CE COUPON AUJOURD'HUI MÊME

INSTITUT LINGUAPHONE, Annexe B 6
12, rue Lincoln (Champs-Elysées), **Paris (8e)**

Monsieur le Directeur,

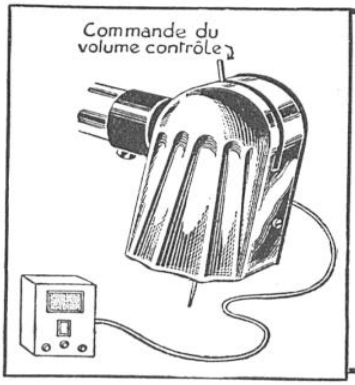
Je vous prie de m'envoyer, gratuitement et sans engagement pour moi, la brochure illustrée m'apportant tous les détails désirables sur la Méthode Linguaphone d'enseignement des langues vivantes. Les langues qui m'intéressent sont : .....

NOM .....

ADRESSE .....

.....

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



Le Pick-Up qui fait sensation par ses qualités techniques, sa présentation luxueuse, son moteur à induction silencieux, muni d'un départ et d'un arrêt intégral, par son plateau de 30 centimètres, **par son bras de pick-up à volume contrôle.**

Le tourne-disque "SON d'OR"

EST LA RÉVÉLATION DU MARCHÉ

Tête de pick-up seule (adaptable sur tout bras de phono) .. **75. »**
Coffre tourne-disque de luxe.. .. .. **475. »**

EN VENTE DANS TOUTES LES BONNES MAISONS ET A
" SON d'OR ", 5, Passage Turquetil, PARIS-XIe

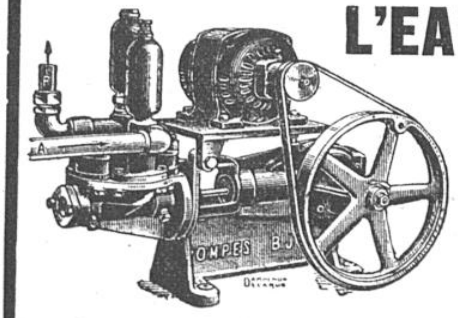
LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX
Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

GRAND 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	32 fr.
	Six mois..	60 fr.
	Un an..	120 fr.
ÉTRANGER.	Trois mois	50 fr.
	Six mois..	100 fr.
	Un an..	200 fr.



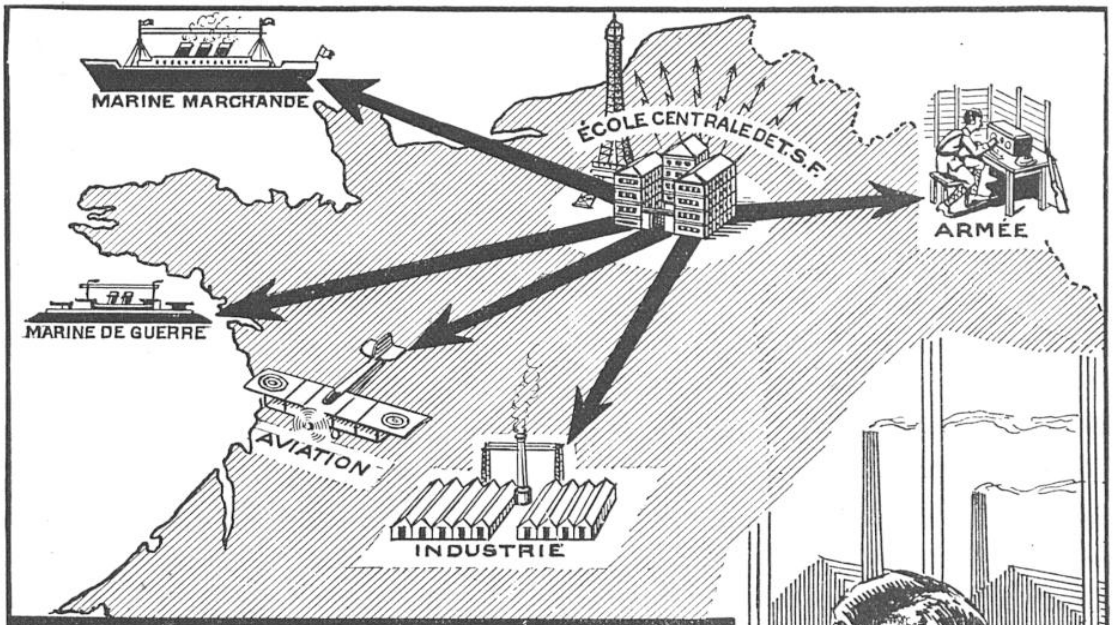
L'EAU MOINS CHÈRE A LA CAMPAGNE QU'A LA VILLE

Grâce à la nouvelle POMPE à piston **HYDRATOR**
Petite merveille de précision mécanique
Fonctionnant aussi bien sur les courants force et lumière
Débit horaire, **1.000** litres - Hauteur d'élévation, **40** mètres

DÉPENSE 0 fr. 30 par heure de marche

CATALOGUE COMPLET SUR NOS POMPES
FRANCO SUR DEMANDE ADRESSÉE AUX
Pompes B. J. M. - MARTIN et Cie, Ingrs-Constrs
35, rue Barbès, Montreuil-s-Bois
R. C. SEINE 245.132 B -:- TÉL. : DORIAN **63-66**

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, Rue de la Lune - PARIS (2e)

Toutes les préparations

PROFESSIONNELLES. - Radiotélégraphistes des Ministères ; Ingénieurs et Sous-Ingénieurs Radios ; Chefs-Monteurs ; Radio-Opérateurs des Stations de T. S. F. Coloniales ; Vérificateurs des installations électro-mécaniques ; Navigateurs Aériens.

MILITAIRES :

Génie. - Chefs de Postes et Elèves Officiers de Réserve.

Aviation. - Breveté Radio.

Cours spéciaux de Navigateurs Aériens.

Marine. - Breveté Radio.

Durée moyenne des études : 6 à 12 mois

L'Ecole s'occupe du placement et de l'incorporation

Cours du jour, du soir et **par correspondance**

DEMANDEZ RENSEIGNEMENTS POUR SESSION OCTOBRE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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'Ecole Universelle, méthodes qui sont, **depuis 28 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'Ecole Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **votre adresse** et le **numéro de la brochure** qui vous intéresse, parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous la 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 engagement de votre part.

BROCHURE N° 96.603, 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*, au *Certificat d'études P. C. B. et à l'examen d'herboriste.*

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

BROCHURE N° 96.605, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel depuis la onzième jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, 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* et aux *diplômes de fin d'études secondaires.*

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

BROCHURE N° 96.613, 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° 96.618, 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 Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 96.620, 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.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

BROCHURE N° 96.626, 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° 96.633, 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° 96.638, 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° 96.642, 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° 96.649, 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, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 96.652, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma :** Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 96.655, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme :** Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 96.663, 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° 96.665, concernant l'étude des **Langues étrangères :** *Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Annamite, Portugais, Arabe, Esperanto.* — **Tourisme** (Interprète).
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 96.674, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin :** Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les **Métiers d'art** et aux divers **Professorats,** E.P.S., Lycées, Ecoles pratiques.
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

BROCHURE N° 96.678, 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° 96.680, 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.)

BROCHURE N° 96.688, concernant l'**Art d'écrire,** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** *(Eloquence usuelle, Diction).*

BROCHURE N° 96.690, concernant l'**enseignement pour les enfants débiles ou retardés.**

BROCHURE N° 96.695, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à **MM. les Directeurs** de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16e)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Santé des dents

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

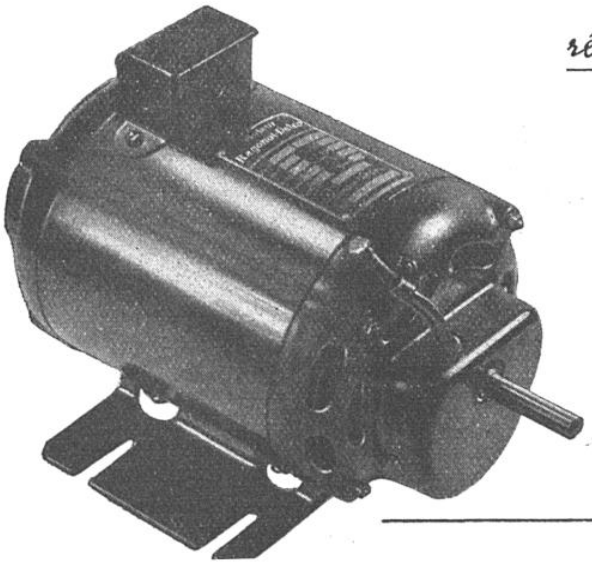
Pub. R.-L. Dupuy

LE MOTEUR

Ragonot-Delco

(Licence Delco)

à **RÉPULSION-INDUCTION**



réalise ce que vous désiriez :

1° - Démarrage en pleine charge sur courant lumière, sur simple fermeture d'un interrupteur.
2° - Faible appel de courant.
3° - Relevage automatique des balais, donc ni usure, ni parasites.
4° - Dispositif de graissage "3 ans".
5° - Puissance largement calculée.
6° - Fonctionnement silencieux sur 110 et 220v.
7° - Suspension élastique.
8° - Adopté par les principaux constructeurs d'armoires frigorifiques.

Ets RAGONOT

les grands spécialistes des petits moteurs

15, Rue de Milan - PARIS - Tél. Trinité 17-60 et 61

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Le Premier Radio-Phono-Enregistreur combiné vendu dans le monde entier

ENREGISTREZ *Vous-même* vos disques

- Le SOUBITEZ 77 enregistre directement sur disques la voix, la musique, les sons émis devant le micro et les auditions de T. S. F. La reproduction est immédiate.
- Le SOUBITEZ 77 est un excellent poste de T. S. F. 6 lampes superhétérodyne à réglage silencieux.
- Le SOUBITEZ 77 est un phono-pick-up de grande musicalité.
- Si vous avez déjà un bon poste de T. S. F., adaptez le *Coffret Enregistreur SOUBITEZ*. Conjugué avec votre poste, il permettra l'enregistrement sur disques et la reproduction.

Salon de la T. S. F. - PARIS - 5-15 Septembre 1935 - Salle I

SOUBITEZ 77

PROCÉDÉ RÉTERSON

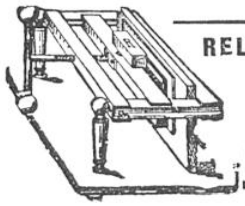
PLAQUETTE ILLUSTRÉE SUR DEMANDE. — DÉMONSTRATION GRATUITE. — VENTE A CRÉDIT

SOUBITEZ FRÈRES, Const., **188, rue de la Roquette, PARIS** — Tél. : ROQUETTE 60-35

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES
◄ FILTRE ►
MAISONS D'ARTICLES DE MÉNAGE
et 155, faubourg Poissonnière, Paris
MALLIÉ

INVENTEURS
POUR VOS BREVETS
WINTHER-HANSEN
L. DENÈS Ing. Cons.
35, Rue de la Lune, Paris 2e


RELIER 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 ANGOULÊME

Ecole Française de Radiesthésie
15, boulevard Poissonnière
Gut. 38-36 PARIS Gut. 38-36

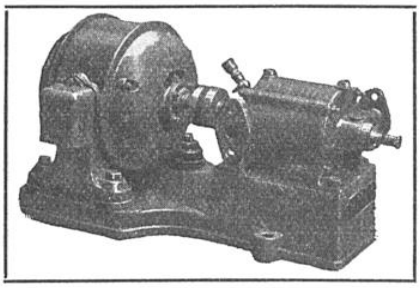
Les merveilleuses propriétés des Sourciers (recherche de l'eau, des minerais, des cavités, des métaux précieux, des maladies, etc.), **mises au grand jour, sont maintenant à la portée de tous.**

Une nouvelle science est née :
la **Radiesthésie**

Apprenez la manœuvre de la baguette et du pendule en suivant notre
COURS ÉLÉMENTAIRE DE RADIESTHÉSIE
par correspondance.

NOTICE GRATUITE SUR DEMANDE

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

Nouvelle Loupe binoculaire réglable
à écartement pupillaire variable
(Brevetée France et Etranger)

L. BERLAND
Opticien-Constr
ÉTRÉCHY
(Seine-et-Oise)
Chèques post. 527.87 Paris

PERMET tous travaux et examens à la loupe par la vision simultanée des deux yeux, donne une netteté et un relief parfaits avec plusieurs grossissements. **Laisse les deux mains libres.** Supprime toute fatigue. — Appareil type laboratoire, complet, avec 3 grossts, en boîte bois et mode d'emploi, **65 fr.** *Le même appareil* pliant, type luxe de poche, en boîte métal et mode d'emploi, **100 fr.** - Supplt pour frais d'envoi, France et Colon., 1 fr. 50, ou contre remboursl, 3 fr.

SOUSVERREMÉTAL
permet d'encadrer instantanément
en NICKEL, ou CHROMÉ, ou COLORIS
PHOTOS
DESSINS
GRAVURES
1 m. de baguette en 1 c/m de large. **3 fr.**
4 coins légers d'assemblage..... **3 fr.**
49, rue de la Victoire, PARIS (9e)
et chez les Revendeurs

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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 Séminales, Prostatorrhée, 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.

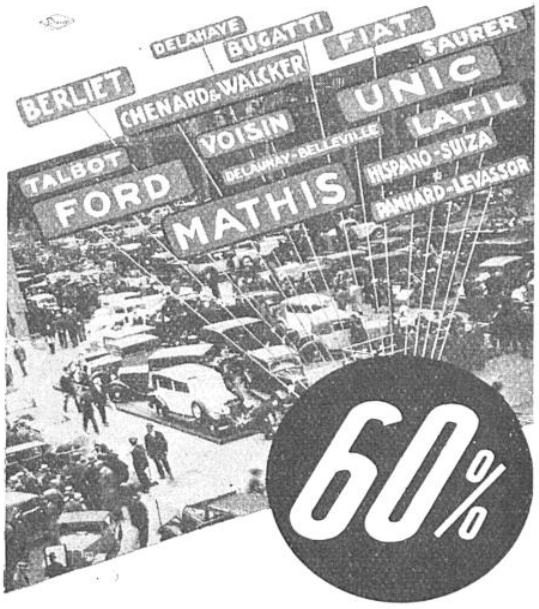
La cause, la marche et les symptômes de chacune de ces affections sont minutieusement décrites afin d'éclairer le malade sur la nature et la gravité de son état. Le rôle de l'électricité et la façon dont opère le courant galvanique sont établis pour chaque affection.

L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le fluide bienfaisant et régénérateur s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et stimulant 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.



des constructeurs français et la plupart des constructeurs étrangers ont décidé l'adoption de

LA CULASSE EN ALUMINIUM

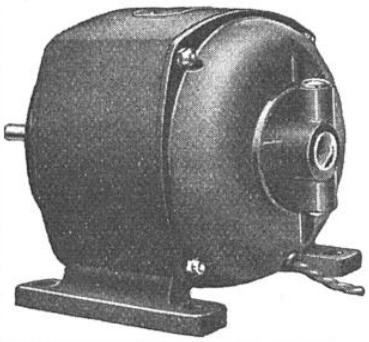
- parce que la culasse en aluminium permet de porter le taux de compression de 5 à 6,5 et 7 sans fatigue pour le moteur.
- parce que cette augmentation de compression correspond à un accroissement de **puissance** de l'ordre de 15 à 20 %.
- parce qu'elle assure des vitesses plus grandes, des reprises plus nerveuses, une meilleure tenue en côtes, un ralenti plus régulier;
- parce qu'elle économise le carburant et permet même **l'emploi de l'essence poids lourd;**
- parce qu'en un mot, la culasse en aluminium donne **plus de chevaux pour moins d'argent.**

Documentez vous à
L'ALUMINIUM FRANÇAIS
23 bis, rue de Balzac, PARIS (8e)
Téléphone : Carnot 54 72 (8 lignes)

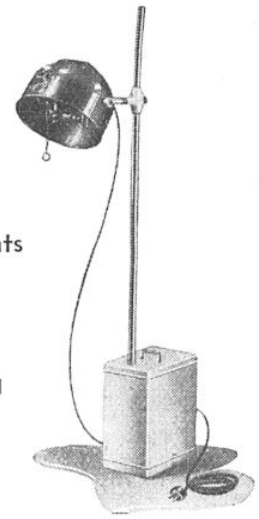
Bulletin à découper ou à recopier

Veuillez m'adresser votre documentation sur la culasse en aluminium
Nom
Adresse
Voiture : marque type
à retourner à l'ALUMINIUM FRANÇAIS, 23 bis, rue de Balzac, Paris (8e)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



MOTEURS ÉLECTRIQUES MONOPHASÉS
1/200e A 1/2 CV
pour toutes applications industrielles et domestiques
DÉMARRANT EN CHARGE — SANS ENTRETIEN
SILENCIEUX — VITESSE FIXE
NE TROUBLANT PAS LA T. S. F. — (Arrêté du 1er avril 1934, P. T. T.)
Soumettez-nous vos problèmes, sans engagement de votre part nous les solutionnerons
R. VASSAL, Ing.-Const., 13, rue Henri-Regnault, ST-CLOUD (S.-&-O.)
Téléphone : VAL D'OR 09-68

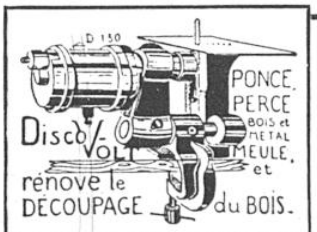
ULTRA-VIOLET
— Applications médicales —

Modèles pour traitements à domicile
VENTE ET LOCATION
LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
12, AV. DU MAINE. PARIS. XVe T. Littré 90-13

HORIZON LA LUNETTE A CHAMP DE VISION COMPLET
UN ENSEMBLE PARFAIT POUR VOS YEUX

c'est celui qui est réalisé par le montage des verres scientifiques de la SOCIÉTÉ DES LUNETIERS, 6, rue Pastourelle, à Paris (3e) :
STIGMAL, DIACHROM ou DISCOPAL
sur une
Lunette
HORIZON
forme nouvelle, brevetée S. G. D. G.
à la fois rationnelle et confortable.
Elle est dite
"à champ de vision complet"
parce que la position particulière des branches laisse complètement libre la vision latérale.
EN VENTE
CHEZ TOUS LES OPTICIENS SPÉCIALISTES
LA SOCIÉTÉ DES LUNETIERS NE VEND PAS AUX PARTICULIERS

SOURDS
vous pouvez entendre

PAR LES OS...
grâce au TACTONAL
Nouvel appareil à conduction osseuse
— Notice T V franco sur demande —
DÉMONSTRATION GRATUITE
Etabl. CLARVOX, 12, bd Magenta, PARIS
TÉL. : BOTzaris 27-46.



Sans précédent :
DISCOVOLT
et autres Machines à USAGES MULTIPLES depuis 850 fr.

Milliers de références — Notices franco
S.G.A.S., 44, r. du Louvre, Paris (1er)
Moustiques, Dépressions nerveuses, Odeurs ne résistent pas à OSGA-OZONOR.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Une Révolution dans la Mécanique

LE TOURET ORIENTABLE

TYPE T. O. 22

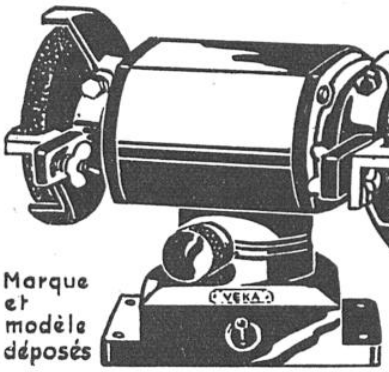
Meule 150 - Vitesse 2.800 T.-M. - 50 périodes
Puissance 1/3 CV - Poids 15 kgs

Ce touret orientable est livré complet avec deux meules (ébarbage et finition). — Il est admis sur tous les compteurs force ou lumière. — Son système orientable permet l'utilisation précise des meules suivant les nécessités du travail à exécuter

SANS COLLECTEUR - SANS BALAIS
SANS PARASITES - SILENCIEUX

PRIX DES ACCESSOIRES

Meule	30. »	Plateau lapidaire	50. »
Brosse acier	30. »	Flexible	295. »
Mouffle	15. »	Dispositif pr rainurer les pneus	100. »
Mandrin	28. »		
Poulie	20. »		



Marque et modèle déposés

520 FRS

VEKA
78 RUE ALSACE-LORRAINE
Tél-Gravelle: 06-93
PARC ST. MAUR-Seine

Pub. G.S.

Un Succès
UNE POMPE EN CAOUTCHOUC

Pompes P. O. M. LICENCE R. MOINEAU

SES AVANTAGES :

- SILENCIEUSE
- EAU - MAZOUT - ESSENCE
- LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
- LIQUIDES ALIMENTAIRES CRAIGNANT L'ÉMULSION
- AUTO-AMORÇAGE
- NE GÈLE PAS

tous débits toutes pressions

Soc. POMPES, COMPRESSEURS, MÉCANIQUE
63-65, rue de la Mairie, VANVES (Seine) - Tél. : Michelet 37-18

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Jusqu'où peut-on reculer les limites 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 100 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.

CHEMINS DE FER PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

Toute la Côte d'Azur
EN AUTOCAR

Vous enrichirez vos impressions gaiement et sans fatigue, installé à votre aise dans les autocars P.-L.-M. de la Route du Littoral : de la lumière, de l'air, des parfums, des paysages magnifiques, tous les charmes de la Côte d'Azur vous seront prodigués en une journée.

Départ de Marseille à 8 h. 15 gare Saint-Charles, à 8 h. 30, boulevard Garibaldi ; arrivée à Nice à 18 h. 20. Départ de Nice à 8 heures gare P.-L.-M. ; 8 h. 15 place Masséna ; arrivée à Marseille à 18 heures. — Déjeuner au Lavandou dans les deux sens.

Le prix du billet **Marseille-Nice** ou **Nice-Marseille** est de **70** francs. Des billets **d'aller et retour, valables 10 jours,** sont délivrés au prix de **125** francs.

Pour tous renseignements, veuillez vous adresser aux gares P.-L.-M. ou aux agences P.-L.-M. de Marseille et de Nice, ou aux points de départ des services.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

POUR LA CHASSE
un spécialiste
BURBERRYS

Tout chasseur vraiment sportif accorde à son équipement une importance capitale car il sait que de sa conception et de sa mise au point plus ou moins réussie dépendent largement son succès et sa joie de vivre.

Quelle qu'en soit la formule, l'ÉQUIPEMENT BURBERRY répond aux besoins les plus divers, aux recherches les plus exigeantes.

D'une élégance sobre et d'une classe évidente, il procure la liberté de mouvements indispensable pour un tir rapide et précis et assure une protection efficace et confortable, quelles que soient les intempéries.

Catalogue et Echantillons franco sur demande.

BURBERRYS

8 & 10, Bd Malesherbes, PARIS

AGENTS DANS LES PRINCIPALES VILLES DE PROVINCE

GAINES Anatomic

MARQUE DÉPOSÉE

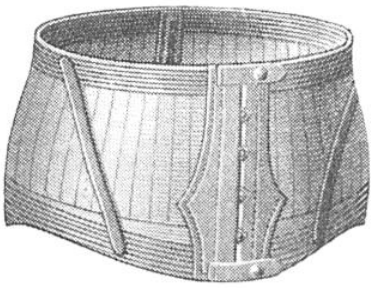
Monsieur,

Vous devez porter une gaine « **ANATOMIC** » ! **POUR VOTRE SANTÉ** car elle combat ou prévient les affections de l'estomac, des reins et de l'abdomen en maintenant parfaitement les organes sans les comprimer.

POUR VOTRE ÉLÉGANCE car elle supprime immédiatement et définitivement l'embonpoint grâce à son action corrective et guérissante et vous permet d'acquérir une ligne jeune et une allure souple, avec un bien-être absolu.

ELLE EST INDISPENSABLE à tous les hommes qui « fatiguent » (marche, auto, moto, sport) dont les organes doivent être soutenus.

ELLE EST OBLIGATOIRE aux « sédentaires » qui éviteront « l'empâtement abdominal » et une infirmité dangereuse : l'obésité.



Nos	TISSU ÉLASTIQUE BUSC CUIR	Hauteur	Prix
101	Non réglable.....	20 c/m	**69**
102	Réglable.....	20 c/m	**89**
103	Non réglable.....	24 c/m	**109**
104	Réglable.....	24 c/m	**129**

RÉCOMMANDÉ : Nos 102 et 104 (réglables au dos), pouvant se serrer à volonté indéfiniment.

COMMANDE : Nous indiquer votre tour exact de l'abdomen (endroit le plus fort).

ÉCHANGE par retour si le modèle ou la taille ne convient pas.

PAIEMENTS par mandats, chèques ou contre remboursement (port : **5** frs).

CATALOGUE général (dames et messieurs) avec échantillons tissus et feuilles de mesures franco.

BELLARD - V - THILLIEZ

SPÉCIALISTES

22, FG MONTMARTRE — PARIS (9e)

(Grands Boulevards)

Magasins ouverts de 9 h. à 19 h. — (Salon d'essayage)
Maison de confiance fondée en 1906.

MÊME MAISON : 55, RUE N.D.de LORETTE, PARIS-9e

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Recherches des Sources
Filons d'eau

Minerais, Métaux,
Souterrains, etc.

PAR LES

DÉTECTEURS
ÉLECTRO-MAGNÉTIQUES

L. TURENNE

INGÉNIEUR E. C. P.
19, rue de Chazelles, 19
PARIS (17e)

Vente des Livres et des Appareils permettant les Contrôles.

POMPES - RÉSERVOIRS
ÉLECTRICITÉ - CHAUFFAGE

Vivre 100 ans

par une méthode de vie scientifique

ON PEUT RESTER JEUNE OU LE REDEVENIR, ET

vivre en bonne santé pendant deux et même trois fois la durée actuelle de la vie.

La preuve en a été faite par les meilleures intelligences de notre temps : Metchnikoff, Steinach, Voronof, Jaworski, Frumusan, Harrisson, Carrel, etc. Le Professeur THÉIRON en a fait l'expérience vivante sur lui-même et sur de nombreux élèves.

A plus de 70 ans, il a la souplesse et l'aspect d'un homme de 40.

Il a réuni ses expériences en une méthode facile, applicable par tous : cette méthode n'exige ni médicaments, ni greffes glandulaires, ni exercices pénibles. Il suffit de bien orienter l'alimentation, la respiration, et de soigner surtout

LES GLANDES ENDOCRINES

suivant des indications simples et précises qui vous donneront une vitalité décuplée, une ardeur infatigable, qui défie les signes et les effets de l'âge.

Demandez l'exposé en 32 pages de cette Méthode envoyé gratuitement.

ÉCOLE THÉIRON (Serv. 15), rue Vanderkindere, 334, Bruxelles (affranchir à 1 fr. 50).

Pourquoi rester

AUDIOS Marque Déposée

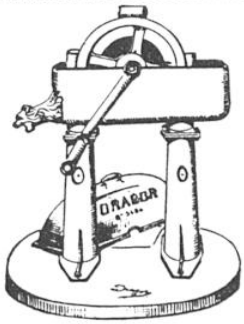
SOURDS

puisque AUDIOS présente pour 1935
l'**EXTRA-PLAT MAGNÉTIQUE**
et le **SUPER-MAGNÉTIQUE**
merveilles de la technique moderne

Demandez le livre illustré du Docteur RAJAU
DESGRAIS, 140, rue du Temple, PARIS
(Joindre 3 francs en timbres)

Visitez :
LA NORMANDIE
LA BRETAGNE
LE SUD-OUEST
Par les circuits touristiques automobiles des Chemins de fer de l'ÉTAT

RENSEIGNEZ-VOUS DANS LES GARES ÉTAT



DRAGOR

Elévateur d'eau à godets pour puits profonds et très profonds
A la main et au moteur. - Avec ou sans refoulement. - L'eau au 1er tour de manivelle. Actionné par un enfant à 100 m. de profondeur. - Incongelabilité absolue. - Tous roulements à billes. - Contrairement aux autres systèmes n'utilise pas de poulie de fond. Donné 2 mois à l'essai comme supérieur à tout ce qui existe. - **Garanti 5 ans**

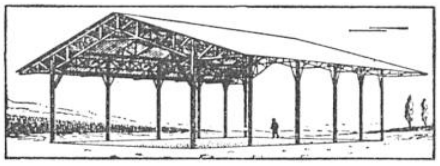
Elévateurs DRAGOR
LE MANS (Sarthe)
Pour la Belgique :
39, allée Verte - Bruxelles

Voir l'article, nº 83, page 446.

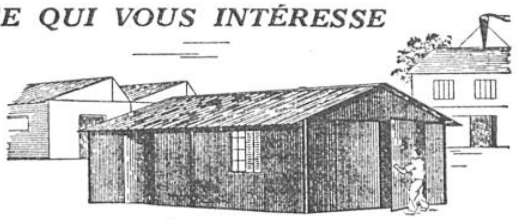
Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quelques-unes de nos Constructions métalliques

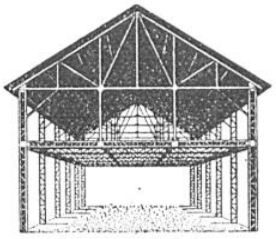
DEMANDEZ LA NOTICE QUI VOUS INTÉRESSE



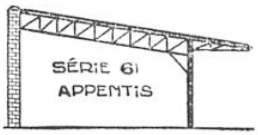
HANGAR AGRICOLE SIMPLE
5 à 22 mètres de portée. *(Notice 144)*



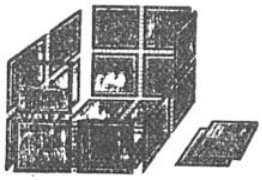
GARAGES MÉTALLIQUES pour voitures et avions de tourisme. *(Notice 192)*



GRAND HANGAR de 28 m. × 9 m., à grenier calculé pour 500 kilos au mètre carré. La charpente coûtait **29.000 francs.**



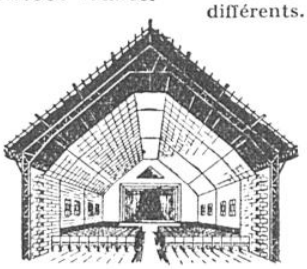
Utilisez vos murs en y adossant des APPENTIS EN ACIER *(Notice 123)*



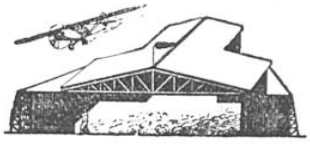
RÉSERVOIRS MÉTALLIQUES DÉMONTABLES pour eau et gas oil. 1.000 à 27.000 litres. Plus de 460 modèles différents. *(Notice 187)*

MOULINS A VENT et toutes INSTALLATIONS HYDRAULIQUES. *(Notice 198).*

EGLISES ET TEMPLES COLONIAUX avec toiture à pente de 80 centim. au mètre. *(Notice 214)*

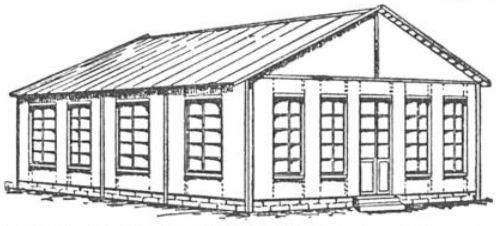


SALLE DE PATRONAGE ET CINÉMA. — Pente de 75 % au mètre, avec plafond voûté également. *(Notice 208)*

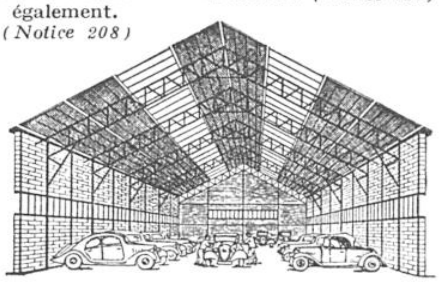


NOUVEAU MODÈLE DE HANGAR pour avion de tourisme. *(Notice 210)*

Nous travaillons principalement par correspondance. Notre documentation imprimée est assez perfectionnée. Demandez les notices qui vous intéressent. Nous visitons aussi dans un rayon de 100 kilomètres de notre usine, et viendrons volontiers discuter votre projet sur place sous huitaine de votre demande. Faites-nous part de votre jour préféré.



PAVILLONS D'HABITATION A ÉDIFIER COMPLÈTEMENT SOI-MÊME. — 77 modèles distincts. — Fabrication en série. *(Notice 205)*



GARAGES ET ATELIERS
Si vous voulez être prêt pour les vacances, occupez-vous aujourd'hui même de votre agrandissement ou nouvelle construction. *(Notice 212)*

Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs

6 bis, rue de Couronne, PETIT-QUEVILLY-LEZ-ROUEN (Seine-Inférieure)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS, DU BATIMENT ET DE L'INDUSTRIE

M. Léon EYROLLES, C. ✲, I., Ingénieur-Directeur

12, rue Du Sommerard et 3, rue Thénard PARIS (Ve) | Ecole d'Application et Polygone CACHAN (Seine)

1° ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE

RECONNUE PAR L'ÉTAT, AVEC DIPLOMES OFFICIELS D'INGÉNIEURS

146 professeurs

CINQ SPÉCIALITÉS:

1° **Ecole supérieure des Travaux publics :** Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics;

2° **Ecole supérieure du Bâtiment :** Diplôme d'Ingénieur-Architecte;

3° **Ecole supérieure de Mécanique et d'Electricité :** Diplôme d'Ingénieur Mécanicien-Electricien;

4° **Ecole supérieure de Topographie:** Diplôme d'Ingénieur-Géomètre;

5° **Ecole supérieure du Froid industriel :** Diplôme d'Ingénieur des Industries du Froid.

(Cette Ecole est placée sous un régime spécial.)

*En vertu du décret du 13 février 1931 et de l'arrêté ministériel du 31 mars 1931, les Ingénieurs diplômés de l'Ecole sont autorisés à s'inscrire dans les Facultés des Sciences en vue de l'obtention du diplôme d'**INGÉNIEUR-DOCTEUR.** — Un service spécial de recherches scientifiques, organisé à l'Ecole spéciale des Travaux Publics, les prépare à ce diplôme.*

COURS TECHNIQUES SECONDAIRES

Préparant aux Ecoles supérieures. — Trois degrés.

SECTION ADMINISTRATIVE

Pour la préparation aux grandes administrations techniques.

(Ingénieurs des Travaux publics de l'Etat, Services vicinaux, Ville de Paris, etc.)

Les Concours d'admission ont lieu, chaque année, en deux sessions. Pour l'année scolaire 1935-1936, la première session a eu lieu du 18 au 27 juillet; la seconde aura lieu du 30 septembre au 9 octobre.

2° L'"ÉCOLE CHEZ SOI"

(ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE)

173 professeurs spécialistes

La première Ecole d'enseignement technique par correspondance fondée en Europe, il y a 43 ans, et la seule qui s'appuie sur une Ecole de plein exercice, aussi indispensable à l'enseignement par correspondance que le Laboratoire l'est à l'Usine.

1° **Instruction générale.** — Cours de début ou de perfectionnement à tous les degrés en Mathématiques, Physique, Chimie, Géologie, Géographie, Dessin, Calligraphie, Sténographie, Français. — Concours d'entrée à l'Ecole de plein exercice et à l'Ecole des Ponts et Chaussées, Certificats de Licence (Mathématiques).

2° **Situations industrielles.** — Préparation à tous les emplois techniques dans les Travaux publics, le Bâtiment, l'Electricité, la Mécanique, la Métallurgie, les Mines, la Topographie, le Froid industriel.

3° **Situations administratives.** — Préparation à tous les examens et concours dans les Ponts et Chaussées, les Mines, les Postes et Télégraphes, les Services vicinaux, les Services municipaux, le Génie rural, l'Inspection du travail, les Travaux publics des Colonies, les Compagnies de chemins de fer, etc.

NOTICES, CATALOGUES ET PROGRAMMES SUR DEMANDE ADRESSÉE A L'

ÉCOLE SPÉCIALE DES TRAVAUX PUBLICS, 12 et 12 bis, rue Du Sommerard, Paris (5e)

en se référant de **La Science et la Vie.**

LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

L'une des plus importantes maisons d'éditions de Paris. Ouvrages techniques de tout premier ordre, dont un grand nombre sont la reproduction de cours professés.

Catalogue gratuit sur demande, 3, rue Thénard, Paris (5e).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

N° 219

SOMMAIRE

Tome XLVIII

SEPTEMBRE 1935

L'aviation et les doctrines de guerre de demain .. . . — Colonel Vauthier 175

La nouvelle doctrine — si originale — du général italien Douhet a soulevé dans le monde des polémiques. Elle assigne à l'armée de l'air le rôle principal dans un conflit éventuel, en attaquant directement le potentiel de guerre de l'ennemi.

Connaîtrons-nous un jour la véritable nature des rayons cosmiques ? — L. Houllevigue 183
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Grâce à des appareils de mesure perfectionnés, on peut aujourd'hui photographier le tracé de ce rayonnement cosmique qui apparaît fort complexe. De nombreuses hypothèses ont été formulées pour expliquer la naissance de ces radiations ultra-pénétrantes qui passionnent les savants du monde entier.

Pourquoi les trains modernes doivent être aérodynamiques .. .. — Jean Marchand. 191
Ingénieur I. E. G., licencié ès sciences.

A l'accroissement de la puissance et du rendement de la locomotive à vapeur s'ajoute aujourd'hui la recherche de la pénétration dans l'air qui a donné lieu, dans tous les pays, à l'établissement de trains « carénés » à grande vitesse. C'est là une nouvelle victoire de la science aérodynamique.

Comment l'expérience tropicale de G. Claude contribue au balisage des routes océanes aériennes .. .. — Jean Labadié 201

Les travaux de Georges Claude, en vue d'utiliser l'énergie thermique des mers, ont démontré qu'il était possible de jalonner les lignes aériennes au-dessus des océans au moyen de navires ancrés, munis de radiophares et d'observatoires météorologiques. C'est une autre solution que celle des îles flottantes envisagée pour la navigation intercontinentale.

Le moteur à charbon pulvérisé est-il le moteur de l'avenir ? .. .. — Jean Bodet.. 208
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.

C'est en Allemagne que sont le plus activement poussées les recherches concernant l'emploi du charbon pulvérisé dans les moteurs. C'est une révolution possible dans le domaine de la production de l'énergie.

Dans la chaussure comme dans l'automobile, la rationalisation s'impose. .. .. — Jean Marival 213

C'est grâce à l'organisation scientifique des ateliers, basée sur la fabrication mécanique, qu'on peut aujourd'hui confectionner dans une seule usine de 150 à 160.000 paires de chaussures par an. C'est le triomphe de la science appliquée à la production en grande série.

Voici le gaz d'éclairage en bouteilles pour nos campagnes .. .. .. — Paul Lucas.. 223

Comprimé à 200 atmosphères dans des bouteilles auxquelles les progrès de la métallurgie des aciers et des alliages légers ont permis de donner la résistance nécessaire, le gaz d'éclairage peut être maintenant transporté à grande distance. C'est, en particulier, un nouveau débouché pour les mines qui disposent de grandes quantités de gaz combustibles jusqu'ici inemployés.

Notre poste d'écoute .. .. — S. et V.. 227

Où en est le moteur d'avion à huile lourde ? . .. . — Charles Brachet.. 233

Les études concernant la combustion de l'huile lourde dans les cylindres ont abouti à la création de moteurs d'aviation dont la mise au point se poursuit dans le monde. En France, M. Clerget a établi un moteur de 500 ch qui a pu récemment accomplir sans défaillance un vol de 1.000 kilomètres.

Le film d'amateur est maintenant parlant.. .. .. — Pierre Keszler. 242

De nouveaux procédés optiques ont permis de réaliser sur des films étroits une « piste sonore » d'un excellent rendement acoustique. Pour les petites exploitations cinématographiques, c'est un progrès important qui diminue considérablement le prix de revient.

Comment se construit le métro de Moscou (Metrostroï) .. .. — Constant Grinault 251

Le réseau du métro de Moscou atteindra 80 kilomètres (Paris 145 kilomètres). Voici les procédés de construction mis en œuvre pour l'établissement des galeries dans des terrains peu favorables.

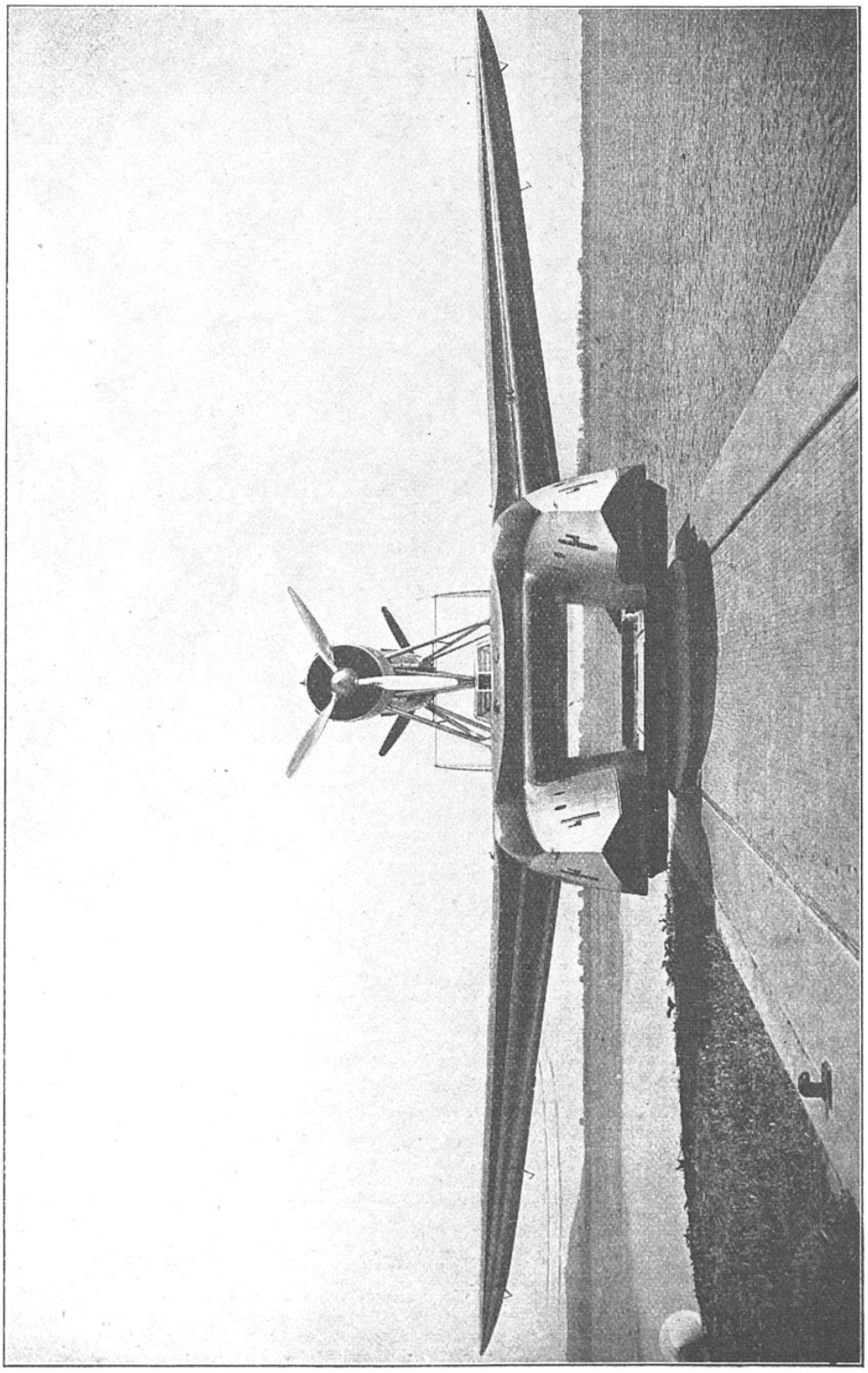
Un nouvel alliage léger résistant à la corrosion .. .. — S. et V.. 254

Les « A côté » de la science .. .. — V. Rubor 256

Chez les éditeurs . . .. — S. et V.. 258

L'aérodynamisme a « affiné » les formes de la locomotion mécanique : avion, automobile, et voici le train. Dans le monde entier circulent maintenant des convois spécialement carénés pour diminuer la résistance à l'avancement. Il en résulte un notable accroissement de la vitesse en même temps qu'une économie de combustible appréciable. Mais la locomotive à vapeur, avec tous ses organes extérieurs, était particulièrement difficile à caréner. La couverture de ce numéro représente une des solutions adoptées en France (celle du P.-L.-M.). Attelée à quatre voitures (dont une dynamomètre), elle a atteint la remarquable vitesse de 156 km à l'heure et la moyenne de 113 km à l'heure sur un parcours de près de 300 km. (Voir l'article, page 191.)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



L'HYDRAVION ITALIEN « SAVOÏA-55 » RÉPOND ASSEZ BIEN AU TYPE « AVION DE BATAILLE » DU GÉNÉRAL DOUHET

Ses caractéristiques sont : puissance, 1.300 ch ; vitesse de croisière, 220 kilomètres à l'heure ; poids utile (carburant et bombes), 4 tonnes ; poids total, 9 tonnes. Le Savoïa-*55 peut porter 1 tonne de bombes à 1.000 kilomètres et rentrer à son point de départ. Des appareils de série de ce modèle légèrement modifié, après avoir franchi l'Atlantique-Sud, ont traversé, en 1933, l'Atlantique-Nord dans les deux sens.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

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^e^ — Téléph : Provence 15-21

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

Copyright by La Science et la Vie, *Septembre 1935 - R. C. Seine 116.544*

Tome XLVIII — Septembre 1935 — Numéro 219

L'AVIATION ET LES DOCTRINES DE GUERRE DE DEMAIN

La doctrine du général Douhet

Par le colonel VAUTHIER

Ce sont toujours les progrès de la science et de la technique de l'armement qui ont entraîné l'évolution de l'art militaire dans le passé. Ce sont eux encore qui, dans l'avenir, donneront aux conflits futurs leur physionomie propre, essentiellement différente, sans aucun doute, de celle de la guerre de 1914. Les progrès de la construction navale, d'une part (1), le développement sur terre de la motorisation (2) et l'augmentation de puissance des armes automatiques (3) d'autre part, enfin, et surtout, le rapide essor de l'aviation, sont autant de facteurs nouveaux dont l'étude poussée s'avère indispensable à la constitution d'une doctrine de guerre vraiment moderne. Le général italien Douhet, poussant la logique de ses raisonnements jusqu'à leurs conclusions parfois déconcertantes, a été conduit à poser les bases d'une doctrine nouvelle qui constitue un véritable bouleversement des valeurs couramment admises. Guidé par la seule recherche du rendement maximum de l'ensemble des forces armées d'une nation, il assigne à l'armée de l'air, dont la puissance offensive est considérable, le rôle principal dans un conflit éventuel : celui de s'attaquer directement au potentiel de guerre ennemi (forces de surface ou centres vitaux de son territoire). Aux forces terrestres et navales reviendraient des missions purement défensives. Le colonel Vauthier expose ici les lignes générales de cette doctrine si nouvelle et si menaçante, qui, selon l'expression même du maréchal Pétain, peut exercer une influence décisive sur les événements de demain. C'est un nouvel aspect de la guerre qui s'annonce.

Le général italien Douhet est l'auteur d'une doctrine de guerre qui a été l'objet de critiques et de polémiques violentes, quelques-unes sérieuses, la plupart alimentées surtout par les passions. Très cultivé, d'esprit scientifique et positif, d'une probité intellectuelle absolue, animé d'une foi d'apôtre, le général Douhet est une personnalité curieuse et très attachante. Les idées qu'il a soutenues déroutent souvent le lecteur, surtout le spécialiste. Les adhésions de principe à cette doctrine sont venues, au début, de milieux étrangers à l'armée. Comme il l'a écrit lui-même, les solutions qu'il propose ne peuvent pas être repoussées pour leur seule originalité. Comme l'a écrit le maréchal Pétain, l'étude de cette doctrine s'impose à l'homme d'Etat comme au soldat.

Dans l'œuvre de Douhet, on peut distinguer deux grandes classes d'idées : celles qui concernent la guerre en général et celles qui concernent la guerre aérienne.

Que sera la guerre future ?

D'une étude détaillée sur les conditions générales de la guerre, le général Douhet tire trois principes généraux :

1) La guerre future intéressera les nations tout entières et toutes leurs ressources, sans en omettre aucune : la guerre sera *totale*.

2) La victoire sera pour la nation qui réussira à briser les résistances matérielles et morales de l'adversaire, avant que celui-ci

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 216, page 441.
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 35.
(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 193, page 19.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

réussisse à briser les siennes, et ceci quel que soit le moyen adopté pour assurer la rupture : la guerre sera *une*.

3) Les forces armées seront d'autant mieux préparées qu'on aura mieux répondu à la question : que sera la guerre future? et que les forces armées auront été placées plus près des réalités futures : la préparation des forces armées en vue de la guerre doit tenir compte de l'*intégralité* et de l'*unité* de la guerre.

Pour tenir compte du fait que la guerre est *totale*, il faut envisager le complexe immense constitué par la nation adverse et chercher ses points les plus vulnérables, qui seront, suivant le cas, ses forces armées (terrestres, maritimes ou aériennes), ses forces économiques, ses forces politiques, ses forces morales. Le choix des objectifs s'en déduit.

Les objectifs les plus payants, ou, si on veut, ceux dont l'attaque aura le meilleur rendement pour la « fin » de la guerre étant choisis, pour tenir compte du fait que la guerre est *une*, il faut organisér comme un tout unique les forces armées, qui, seules, peuvent agir sur l'adversaire d'une manière active. Il est dangereux de les compartimenter, comme on l'a fait jusqu'ici, en trois forces séparées et indépendantes : les forces terrestres, les forces maritimes, les forces aériennes.

Les trois forces armées, formant un ensemble unique, c'est-à-dire un outil unique à trois pointes, sont à organiser pour obtenir le rendement maximum. Les ressources qui leur sont affectées sont, quoi qu'on fasse, toujours limitées. Une mauvaise organisation ne peut aboutir qu'à une baisse du rendement et à une diminution des chances de victoire.

Le problème principal de la préparation à la guerre est ainsi de fixer les proportions des ressources à affecter aux trois forces, pour que leur rendement d'ensemble soit maximum. Les problèmes des rendements particuliers de chacune des trois forces ne peuvent être abordés qu'une fois le problème d'ensemble résolu.

Telles sont, dans leurs lignes les plus générales, les idées de Douhet sur la guerre.

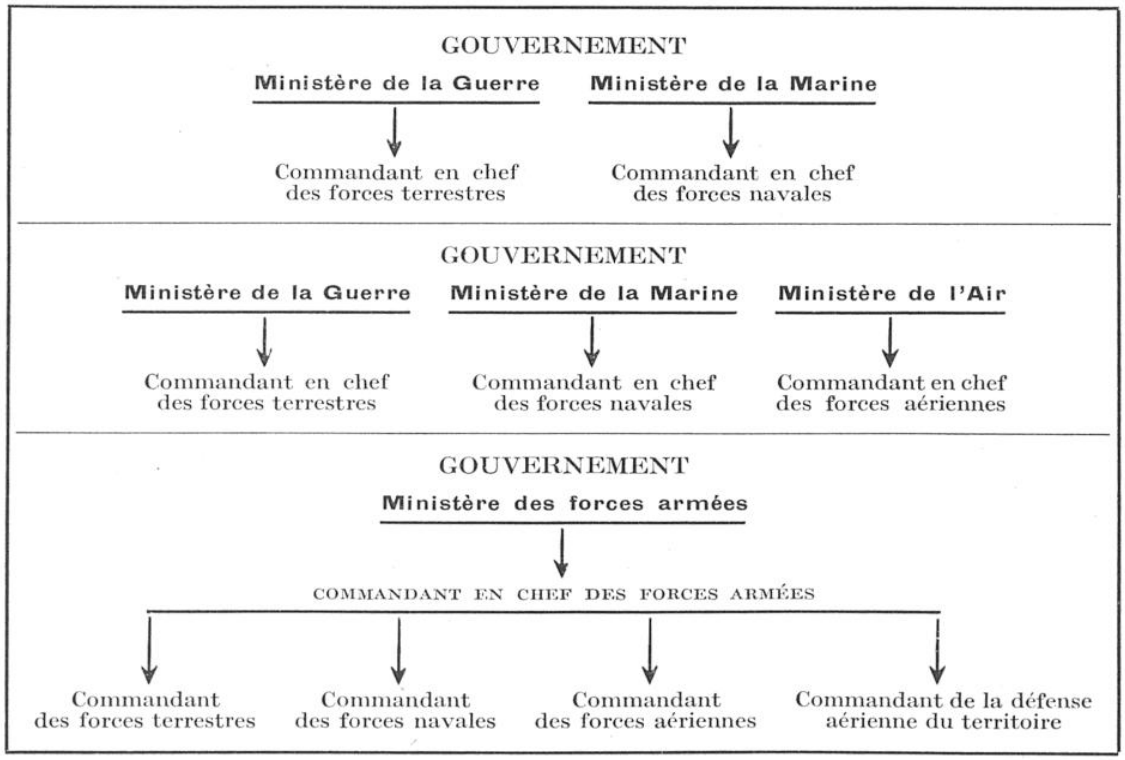


TABLEAU MONTRANT L'ORGANISATION GÉNÉRALE DES FORCES ARMÉES EN TEMPS DE GUERRE. EN HAUT : AVANT LA CRÉATION DE L'ARMÉE DE L'AIR ; AU MILIEU : DEPUIS CETTE CRÉATION ; EN BAS : D'APRÈS LE GÉNÉRAL DOUHET

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

indépendamment même des solutions concrètes qu'il a adoptées. Même laissées sous cette forme générale, ces idées peu connues aboutissent à une réforme de l'organisation des forces armées.

Le problème du rendement des forces peut se subdiviser en deux problèmes :

1) Utiliser chacune des forces pour que leur ensemble ait le rendement maximum : problème d'emploi.

comprenant trois sous-secrétaires d'Etat (Guerre, Marine, Air), sera chargé de répartir les ressources affectées à la sécurité du pays entre les trois séries de forces. La répartition sera faite d'après le plan général qui aura été étudié et arrêté pour l'emploi des forces.

Le tableau page 176 donne, de façon sommaire, l'organisation générale à laquelle Douhet aboutit pour le temps de guerre.

On voit apparaître ici la défense aérienne

FIG. 1. — HYDRAVION ALLEMAND « JUNKERS-52 » MUNI DE TROIS MOTEURS A HUILE LOURDE

Les caractéristiques de cet appareil sont : puissance, 1.800 ch ; charge utile (carburant et bombes), 3 tonnes ; vitesse de croisière, 230 km à l'heure ; poids total, 9 tonnes. Cet hydravion peut porter 300 kilogrammes de bombes à 700 kilomètres et rentrer à son point de départ.

2) Fixer les ressources attribuées à chacune des forces pour que leur ensemble ait le rendement maximum cherché : problème de préparation.

L'organisation générale, qui s'en déduit, consiste à créer les organes chargés d'étudier et de résoudre ces deux problèmes.

Un commandant en chef de l'ensemble des trois forces sera chargé de résoudre le premier problème : responsable de l'emploi des forces en vue de la « fin » de la guerre, qui est de vaincre, il définira à chacune des forces ses missions de guerre, il lui fournira des moyens de guerre, dosés suivant la mission.

Un ministère unique des forces armées,

du territoire. Il y a donc, en définitive, quatre domaines d'opérations : la terre, où opèrent les forces terrestres ; la mer, où opèrent les forces navales ; l'air (c'est-à-dire le ciel ennemi), où opèrent les forces aériennes, et le ciel ami où opère la défense aérienne du territoire.

Le schéma d'organisation de Douhet se substitue au schéma habituel, où les forces armées sont séparées en trois compartiments différents (forces terrestres, forces navales, forces aériennes), indépendants l'un de l'autre et dépendant directement du gouvernement.

Avant la création des armées de l'air, le schéma d'organisation était encore plus

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

simple. Il n'y avait que deux domaines d'opérations : le domaine terrestre et le domaine maritime.

Avec cette dernière organisation, les actions indépendantes de l'aviation étaient supprimées : l'aviation ne pouvait agir qu'au profit des forces de surface.

Avec les deux dernières organisations, il est fait totalement abstraction de la défense aérienne du territoire. Il est bien difficile de l'intégrer dans les autres organisations.

Ces cadres anciens ne conviennent plus pour résoudre les problèmes récents posés par l'aviation.

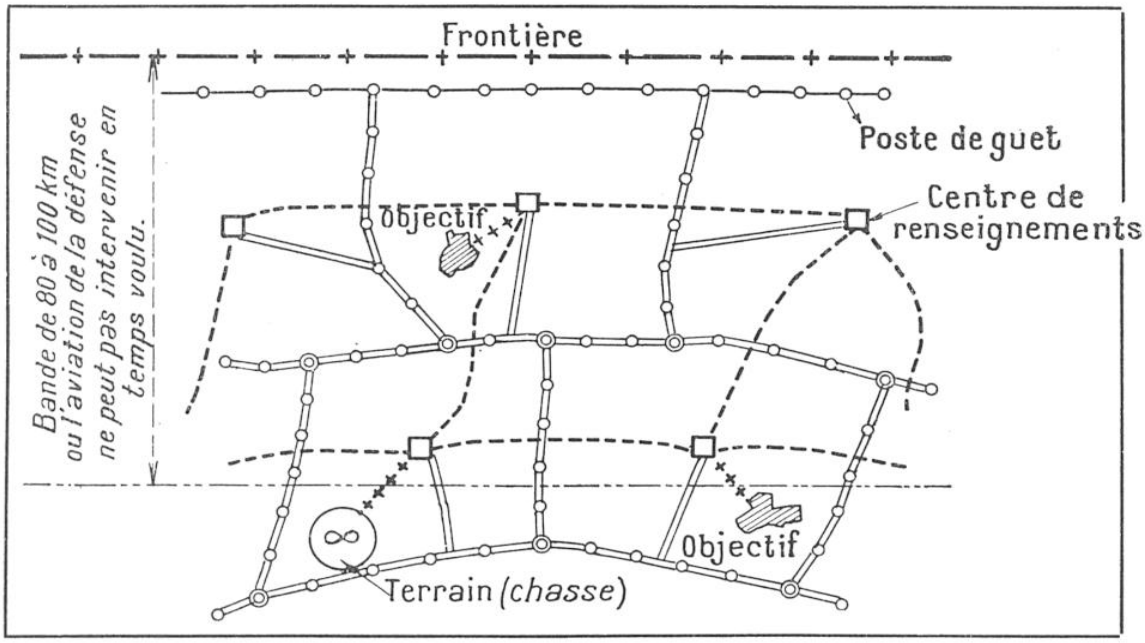


FIG. 2. — SCHÉMA THÉORIQUE D'UNE ORGANISATION DE RENSEIGNEMENTS ET D'ALERTE POUR LA PROTECTION DU TERRITOIRE CONTRE LES ATTAQUES AÉRIENNES

Quand un avion ennemi franchit la frontière, il est signalé par un poste de guet (petit rond blanc). Les renseignements concernant sa route, centralisés par les centres de renseignements, parviennent au terrain de chasse, où le commandement donne ses ordres en conséquence. Pendant tout le temps nécessaire aux transmissions, à l'alerte et à la montée de la chasse, l'avion ennemi ne peut être inquiété par l'aviation de la défense. Dans une bande de 80 à 100 kilomètres, cette dernière est donc hors d'état d'intervenir. Les lignes en traits plein ou pointillé représentent des liaisons téléphoniques schématiques.

« Résister sur terre et sur mer et faire masse pour l'attaque par l'air »

L'étude concrète faite par Douhet aboutit à une règle précise : « Résister sur la surface et faire masse pour l'attaque par l'air ». La règle fixe à la fois les missions des différentes forces et la répartition des ressources à leur attribuer.

Elle est fondée sur le rendement à attendre des différentes forces. En effet, sur terre et sur mer, l'offensive est difficile, la défensive relativement aisée. En l'air, au contraire, l'offensive seule est possible, car la défensive est inefficace. De plus, les forces aériennes peuvent agir dans tous les domaines : au profit des forces terrestres, au profit des forces navales, au profit de la défense aérienne du territoire et, en outre, dans le domaine qui leur est propre et où elles sont seules à pouvoir agir : l'attaque du territoire ennemi.

Dans le cas spécial de l'Italie, seul cas étudié par Douhet, les missions attribuées aux différentes catégories de forces sont de deux sortes :

1) *Missions de garantie.* — Sur terre, les forces terrestres résisteront aux attaques terrestres de l'ennemi.

Sur mer, les forces navales empêcheront les ports et les côtes d'être attaqués par mer ; en outre, elles interdiront à l'ennemi de naviguer en Méditerranée.

Le territoire sera défendu contre les attaques aériennes. Cette défense ne comprendra pas d'aviation de chasse : elle comprendra seulement quelques défenses anti-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

aériennes (canons) concentrées autour des objectifs essentiels et une défense passive très poussée, étendue à tout le territoire.

De toutes ces garanties, la plus mal assurée est la défense aérienne du territoire.

2) *Mission offensive.* — Seule l'armée de l'air sera employée offensivement, au moins au début des hostilités. Après avoir assuré les missions de garanties, toutes les ressources disponibles seront affectées à l'armée de l'air, afin que ses actions offensives contre le sol « Résister sur la surface pour faire masse en l'air ».

L'étude détaillée des combinaisons d'attitudes pour les trois forces armées sera faite par une Académie de Guerre, où la doctrine de la guerre totale et une sera élaborée. Cette doctrine sera enseignée dans une Ecole de Guerre.

Le mot guerre est pris ici dans son sens le plus général, et non dans le sens usuel et restreint des seules opérations terrestres.

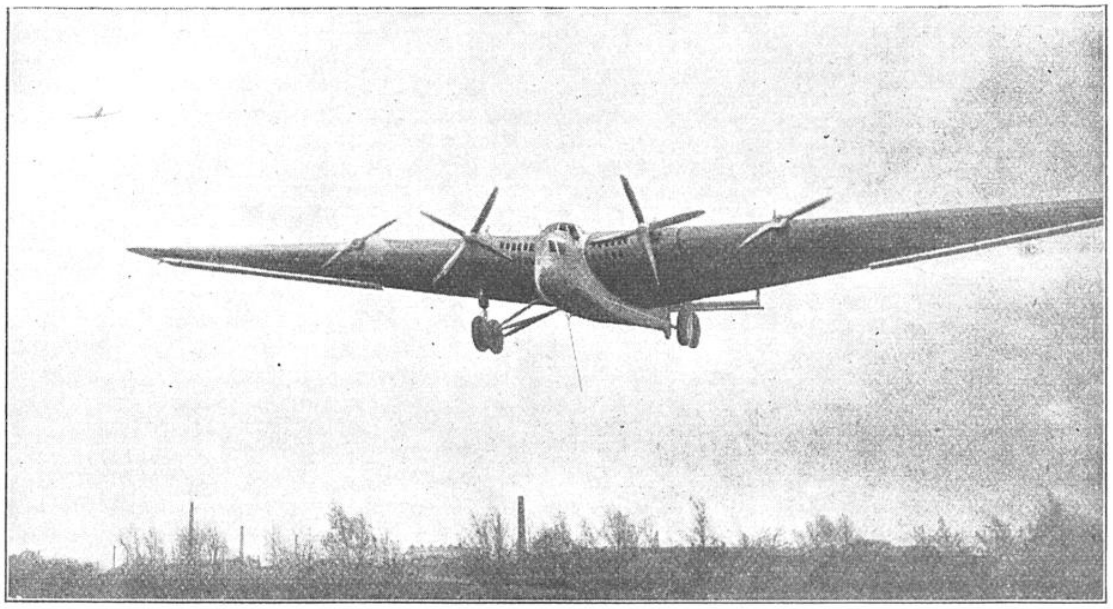


FIG. 3. — L'AVION ALLEMAND « G-38 » PARAIT RÉPONDRE EXACTEMENT AU TYPE « AVION DE BATAILLE » TEL QUE LE CONÇOIT LE GÉNÉRAL DOUHET

A son premier voyage, en 1930, le G-38 *a été présenté en Espagne par son pilote comme un véritable appareil de guerre, pouvant recevoir quatre petits canons et plusieurs mitrailleuses et capable de transporter 5 tonnes de bombes à 5.000 mètres d'altitude. Ses caractéristiques sont : puissance, 2.400 ch poids total, 24 tonnes ; il peut porter 2,5 tonnes de bombes à 1.000 kilomètres et rentrer à son point de départ*

ennemi aient le maximum de puissance. Par ce moyen, deux résultats essentiels auront été obtenus : la garantie du territoire contre les attaques aériennes sera absolue, si la maîtrise de l'air a pu être conquise ; en outre, tout le territoire et toutes les forces de l'ennemi seront exposés aux attaques aériennes. C'est par l'air que la décision sera cherchée.

Les efforts offensifs, loin d'être dispersés, seront concentrés. L'air est considéré comme le domaine décisif. Chaque catégorie de forces est d'ailleurs employée de la façon qui lui assure le meilleur rendement particulier.

La décision est donc attendue d'une combinaison d'attitudes résumée par la formule :

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 157, page 13.

La défensive aérienne est vouée à l'impuissance

L'idée la plus curieuse de l'œuvre de Douhet est peut-être celle qui refuse à l'armée de l'air toute capacité défensive. La doctrine de guerre en découle dans ses idées les plus générales. Comme les défensives terrestres et navales sont jugées très efficaces, et qu'en même temps la défensive aérienne est jugée inefficace, il est bien naturel de mener par l'air des actions offensives, qu'aucune action défensive ne pourra arrêter à coup sûr.

Les règles posées pour la guerre aérienne sont, elles aussi, profondément influencées par cette propriété.

La défensive aérienne est aujourd'hu

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

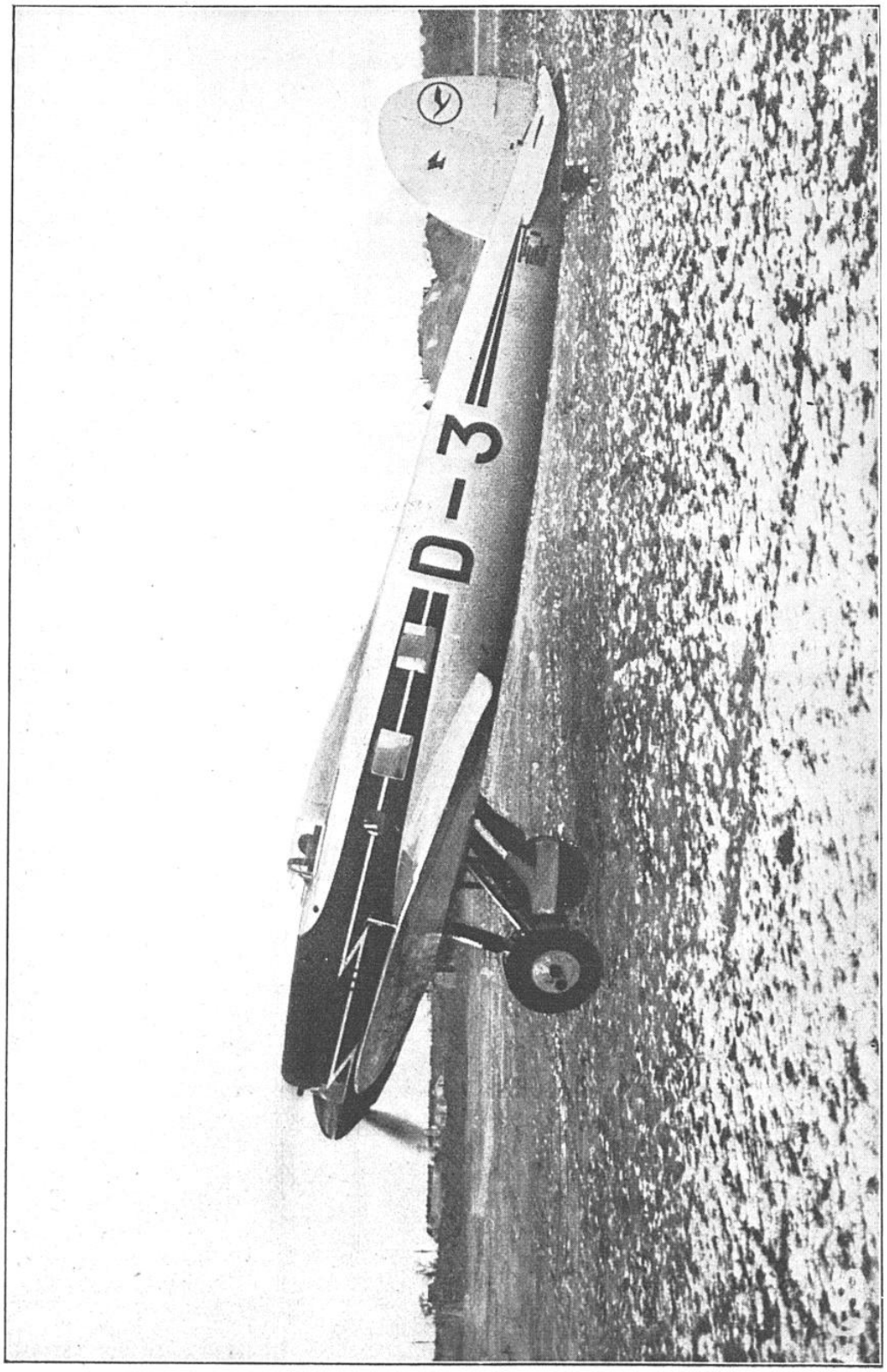


FIG. 4. — AVION ALLEMAND « HEINKEL-70 », APPAREIL DE BOMBARDEMENT LÉGER ET RAPIDE

Ses caractéristiques sont : puissance, 630 ch ; charge utile (carburant et bombes), 1 tonne ; vitesse de croisière, 310 kilomètres à l'heure ; poids total, 3,3 tonnes. Cet appareil peut emporter 300 kilogrammes de bombes à une distance de 300 kilomètres et revenir ensuite à son point de départ.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

impuissante, et ceci restera vrai tant que la cuirasse antiaérienne n'aura pas été inventée.

« Le territoire national, écrit Douhet, peut, théoriquement parlant, être soustrait à l'éventualité des attaques aériennes ennemies par un des procédés suivants :

« *1)* En détruisant les forces aériennes ennemies ;

« *2)* En empêchant, à l'aide des forces aériennes, que les forces aériennes ennemies puissent, en quelque façon que ce soit, pénétrer dans notre ciel ;

« *3)* En défendant nos propres objectifs de façon qu'ils ne puissent être atteints par les attaques aériennes ennemies ;

« *4)* En protégeant nos propres objectifs de façon qu'ils ne se ressentent pas des effets des attaques aériennes ennemies. »

Le deuxième procédé correspond à la défensive en l'air, dans le ciel ami. Douhet la juge inefficace. Pour qu'elle fût efficace, il faudrait qu'on soit averti, en temps utile, des intentions de l'ennemi. Le service des renseignements, établi sur le territoire national, ne peut signaler que ce qu'il voit. Avec les délais de transmissions pour prévenir le commandement et alerter la chasse, il est pratiquement impossible de concentrer sur la masse aérienne de l'assaillant la masse aérienne du défenseur. De toute façon, une bande de territoire, profonde de 80 à 100 kilomètres, reste totalement livrée aux entreprises de l'assaillant sans que l'aviation de la défense puisse intervenir.

Dans le troisième procédé, on peut distinguer la défensive en l'air et la défensive antiaérienne. En effet, la défense des objectifs peut se faire en l'air, par les avions de chasse, ou de terre par les défenses antiaériennes. La défense des objectifs en l'air aboutit à une absurdité. Car, si on veut défendre un objectif contre la masse assaillante ennemie, il est nécessaire d'affecter à la défense de chaque objectif une masse de défense équivalente à la masse que peut y concentrer l'assaillant. C'est contraire au but général que se propose toute défensive : équilibrer une force assaillante à l'aide d'une force plus faible.

La défense antiaérienne est également inefficace. Le tir antiaérien, pris en lui-même, a fait de très grands progrès ; mais il faudrait trop de canons antiaériens pour défendre efficacement tous les objectifs à défendre.

Le quatrième procédé correspond à la défense passive. Celle-ci est à développer sur le territoire dans toute la mesure du possible. Le procédé ne constitue qu'un palliatif.

Comment détruire l'aviation ennemie ?

Reste le premier procédé : la destruction des forces aériennes ennemies. Elle peut être conçue de deux façons : en l'air, par la bataille, ou à terre, dans les bases et sur les terrains. Douhet élimine le premier procédé, car, contrairement à ce qui se passe à terre, il est impossible, en l'air, de forcer l'ennemi à la bataille. Comme il est toujours loisible, en l'air, de refuser la bataille, la rechercher systématiquement serait risquer de s'user pour rien. Les forces aériennes ennemies seront recherchées au sol pour y être détruites. Si on les rencontre en vol, la bataille aérienne sera acceptée sans avoir été recherchée. L'armement aura donc été prévu pour s'assurer la supériorité du feu.

Si les forces aériennes ennemies sont détruites, les résultats suivants seront obtenus :

1) Tout le territoire, y compris les forces aériennes à terre, sera soustrait aux attaques aériennes ;

2) L'armée et la marine seront délivrées des actions aériennes ennemies ;

3) Le territoire ennemi sera livré tout entier aux attaques aériennes ;

4) L'armée et la marine pourront être pourvues d'aviations auxiliaires, alors que l'armée et la marine ennemies en seront privées.

Pour arriver à ce résultat, jugé décisif pour la « fin » de la guerre, qui est la victoire, Douhet juge que l'armée aérienne ne sera jamais trop forte. Dans le dessein de renforcer l'armée aérienne, il supprime les aviations auxiliaires de l'armée et de la marine, jugées inutiles, superflues et même dangereuses.

Les aviations auxiliaires sont inutiles, puisqu'elles sont hors d'état d'agir si on n'a pas la maîtrise de l'air. Elles sont superflues, puisque si on possède la maîtrise de l'air, on peut employer une partie de l'armée aérienne comme aviation auxiliaire. Elles sont dangereuses, puisqu'elles distraient des moyens aériens du but essentiel, qui est de conquérir la maîtrise de l'air, rendant ainsi plus difficile d'atteindre ce but.

Tous les moyens aériens seront donc concentrés dans l'armée aérienne, instrument destiné à conquérir la maîtrise de l'air.

L'avion de bataille

Devant l'objection, qu'on lui a faite souvent, qu'une armée et une marine ne peuvent plus, aujourd'hui, se passer d'aviation, Douhet répond que la question ainsi

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

posée est mal posée. Les forces aériennes peuvent agir dans les quatre domaines d'opérations : terre, mer, ciel ennemi, ciel ami. Se demander comment les forces aériennes terrestres ou navales doivent être organisées pour que l'armée ou la marine aient le meilleur rendement, c'est poser un problème particulier avant d'avoir résolu le problème d'ensemble. Le problème, correctement posé, s'énonce autrement : quel doit être l'emploi des forces aériennes pour que leur efficacité pèse le plus dans la balance de la victoire? A cette question, Douhet répond en supprimant toutes les spécialités de l'aviation, pour maintenir un seul avion d'un type unique, qu'il appelle un avion de bataille et qui constitue l'outil de l'armée aérienne.

L'avion de bataille doit intégrer une capacité offensive contre le sol par le bombardement, et une capacité de combat en l'air par le tir des armes de petit calibre.

La capacité de combat en l'air est très différente de la capacité de chasse. Pour Douhet, la chasse n'a pas la capacité de combattre en l'air, ou tout au moins elle a une capacité de combat très incomplète, puisque le chasseur ne peut tirer que devant lui, « en chasse », et aussi puisqu'il n'a que deux heures de vol. La capacité de combat, pour Douhet, n'est pas fonction de la vitesse ni de la maniabilité, caractères instables, elle est fonction de l'armement, dont le caractère est relativement plus stable. L'armement sera combiné pour que la formation de bataille puisse fournir des feux puissants dans toutes les directions.

Ainsi, l'armée aérienne aura pour mission principale d'attaquer des objectifs situés au sol, en traitant par priorité les objectifs intéressant les forces aériennes (terrains, magasins, usines), afin de conquérir le plus vite possible la maîtrise de l'air.

Si l'ennemi réussit à joindre, en l'air, l'armée aérienne et s'il lui offre la bataille, elle l'acceptera sans l'avoir recherchée, et elle se défendra par son feu, sans modifier sa route, en se dirigeant sur les objectifs au sol qui lui ont été assignés.

L'avion de bataille est défini par Douhet comme ayant un gros tonnage, une autonomie de 2.000 kilomètres, une vitesse de croisière de 200 kilomètres à l'heure (ceci était écrit en 1927), un armement comprenant, contre le sol plusieurs tonnes de bombes, et contre l'ennemi volant un ou deux petits canons et seize ou vingt mitrailleuses, dont la moitié au moins puisse concentrer son feu dans une direction donnée.

L'air deviendra le principal théâtre d'opérations

La doctrine du général Douhet cause un véritable bouleversement qui atteint avant tout les conceptions anciennes de la guerre. L'air, considéré jusqu'ici comme secondaire, est devenu un domaine d'opérations important, jugé par Douhet décisif. Un arbitrage est nécessaire entre les diverses catégories de forces. Qu'on prenne celui que Douhet a élaboré pour l'Italie ou qu'on en adopte un autre, peu importe. Il paraît bien difficile de contester la nécessité de répartir les ressources entre les trois départements militaires, en fonction de ce qu'on veut faire.

Puisque la guerre est devenue *totale*, c'est-à-dire puisqu'elle s'attaque non plus seulement aux forces armées d'un pays, mais au pays tout entier et à toutes ses ressources, il devient nécessaire que l'utilisation des forces armées soit *une*, c'est-à-dire menée par un chef unique, vers un but unique, dans le cadre d'un budget unique.

Le bouleversement produit encore d'autres résultats. Il est aujourd'hui impossible à l'armée et à la marine de se désintéresser de ce qui se passe en l'air. Maître de l'air, l'ennemi serait en mesure de les couper de leurs bases, et cela pourrait avoir une influence décisive, même pour la décision sur terre ou sur mer. Dans leur intérêt, pour ainsi parler, le plus égoïste, l'armée et la marine doivent rechercher avant tout la maîtrise de l'air et, par conséquent, faire le sacrifice de leurs aviations auxiliaires. Mais il y a plus. L'ennemi peut, malgré tout, conquérir la maîtrise de l'air. Comment une armée et une marine peuvent-elles vivre et combattre si l'ennemi est maître de l'air? Ceci pose des problèmes entièrement nouveaux : la Grande Guerre ne donne aucune indication à ce sujet. Les méthodes d'action de l'armée et de la marine sont à modifier en vue de les rendre indépendantes de leurs bases et de leurs lignes de communication, autant qu'on le pourra.

Cet exposé sommaire a fait entrevoir l'ampleur des questions étudiées par Douhet. Comme l'a écrit le maréchal Pétain, « la doctrine redoutable qu'il a édifiée peut influer de façon décisive sur les événements de demain » (1). Il est devenu impossible d'étudier la guerre en général, et la guerre aérienne en particulier, sans se reporter aux travaux du général Douhet.

Colonel VAUTHIER.

(1) Préface de *La doctrine de guerre du général Douhet* (Berger-Levrault, éditeur).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CONNAITRONS-NOUS UN JOUR LA VÉRITABLE NATURE DES RAYONS COSMIQUES ?

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

L'existence des rayons cosmiques, dont l'étude se poursuit depuis trente-cinq ans, pose à l'astronome et au physicien des problèmes très complexes et aussi d'une très grande importance pour notre connaissance de l'univers. Parmi toutes les radiations — électromagnétiques ou corpusculaires — produites au laboratoire, parmi celles qui, provenant des astres proches ou lointains, ou des profondeurs encore inexplorées de l'espace, viennent frapper la surface terrestre, la radiation cosmique — d'origine inconnue jusqu'à maintenant — est celle qui possède l'énergie de beaucoup la plus grande, atteignant des milliards d'électron-volts. Or, l'énergie d'une particule alpha libérée par le radium dans sa désintégration spontanée ne dépasse pas 10 millions d'électron-volts. Chaque minute, au niveau de la mer, un « rayon » cosmique en moyenne traverse chaque centimètre carré de surface, en provoquant sur son parcours l'ionisation des molécules qu'il rencontre. Les perfectionnements dans l'appareillage et dans la technique des mesures, grâce à l'emploi de « compteurs de radiations » automatiques conjugués avec une « chambre humide » permettant de photographier une partie du tracé de ces radiations, ont décelé l'extrême complexité du rayonnement cosmique, tel que nous pouvons l'observer. On a pu déterminer ainsi qu'il serait constitué, pour une part, de corpuscules électrisés : positrons et négatrons (électrons positifs et négatifs), et, pour une autre part, de « grains de rayonnement » ou photons, avec, en plus, toutes les radiations « secondaires » de natures diverses engendrées par le passage des premières à travers les couches de l'atmosphère terrestre. Seule, une analyse prudente et patiente de ces phénomènes fort compliqués permettra à la Science de prendre parti, en connaissance de cause, parmi les nombreuses hypothèses que d'audacieux savants nous proposent dès maintenant pour expliquer la naissance — dans des régions de l'univers encore inconnues — de ce puissant et mystérieux rayonnement qui passionne les astrophysiciens du monde entier.

Depuis trente-cinq ans, l'étude des rayons cosmiques se poursuit sans relâche ; à mesure que des faits nouveaux sont révélés, la complexité et l'intérêt de ce grand problème de l'univers apparaissent plus nettement. On croyait pouvoir l'expliquer quand on savait peu de choses : en juillet 1932, le grand physicien américain Millikan exposait à Paris, au Congrès international d'électricité, une théorie qui rattachait la genèse de ces rayons à celle des atomes matériels dans les lointains univers des nébuleuses.

Depuis lors, la science a marché ; dans l'ensemble, elle ne paraît pas avoir confirmé les vues audacieuses du physicien de Chicago ; il a fallu, modestement, reprendre le problème par sa base, c'est-à-dire établir indiscutablement les faits, tels qu'ils se présentent dans notre atmosphère, en remettant à plus tard le problème des origines ; cette entreprise moins ambitieuse a donné des résultats inattendus ; avant de les exposer, je voudrais indiquer ce qui, en dehors de toutes hypothèses, fait l'intérêt de cette étude : c'est que le rayonnement que nous appelons cosmique se différencie de tous les rayonnements corpusculaires actuellement connus par l'intensité extraordinaire de son énergie. Cette énergie se mesure à l'aide d'une unité spéciale, nommée *électron-volt* qui représente le travail d'un électron soumis à une chute de potentiel d'un volt comme le kilogrammètre mesure celui d'un kilogramme qui tombe d'un mètre ; unité extraordinairement petite, puisqu'elle vaut 1,6 millionième de millionième d'erg (ou $1{,}7 \times 10^{-19}$ kgm), mais appropriée aux dimensions des atomes et des corpuscules. Lorsqu'on évalue, avec cet étalon, les énergies mises en jeu dans les opérations ordinaires de la chimie (par exemple, la formation d'une molécule d'eau), on trouve quelques dizaines d'électron-volts : l'énergie qu'on sait com

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

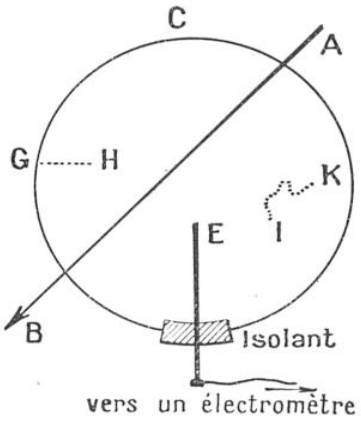


FIG. 1. - SCHÉMA D'UNE CHAMBRE D'IONISATION

La chambre d'ionisation comprend une enveloppe métallique C *et une électrode* E. *Dans le gaz comprimé de la chambre, des ions sont formés soit par le passage de particules alpha telles que* G H *provenant de la paroi, soit par celui d'électrons tels que* I K *libérés par les rayons gamma de l'atmosphère ou du sol, soit par celui de particules telles que* A B, *douées d'une très grande énergie et traversant toute la chambre, ces dernières constituant la partie corpusculaire du rayonnement cosmique. Les ions formés par toutes ces particules sont collectés par l'électrode centrale, grâce à un champ électrique créé entre* C *et* E. *Un électromètre relié à* E *permet d'indiquer la charge.*

muniquer à certains corpuscules électrisés, comme les protons, pour réaliser les désintégrations artificielles, atteint déjà un million de fois cette même unité ; elle est encore très inférieure à celle qui est libérée par les désintégrations spontanées : 10 millions d'électron-volts pour un corpuscule alpha projeté par le radium. Or, chaque corpuscule cosmique possède une énergie qui s'exprime en centaines de millions, et même *en milliards d'électron-volts*, c'est-à-dire qu'elle est des centaines et des milliers de fois supérieure à celles que nous connaissions jusqu'ici ; et cette prodigieuse énergie des projectiles cosmiques se matérialise par le fait que certains d'entre eux sont capables de traverser, de part en part, une épaisseur de plomb supérieure à 1 mètre. Ainsi, le phénomène que la science est appelée à étudier est-il d'un tout autre « ordre de grandeur » que tous ceux qu'on connaissait déjà ; jusqu'à quel point les extrapolations sont-elles valables dans ce nouveau domaine ? L'expérience seule nous l'apprendra ; c'est pour cela qu'il faut, avant tout, étudier directement les faits, sans se laisser dominer par des analogies qui sont peut-être trompeuses.

Voyons donc ce que l'observation nous a apporté depuis trois ans : une moisson de faits extraordinairement riche, venus de tous les pays où la science est en honneur, des Etats-Unis avec Compton et Anderson, d'Angleterre avec Blackett et Occhialini, d'Allemagne avec Regener, d'Italie avec Bruno Rossi, professeur à l'Université de Padoue, de France avec Auger et Leprince-Ringuet, de Belgique avec Piccard et Cosyns...

Les instruments de mesure

Jusqu'en 1930, presque tous les résultats acquis sur les rayons cosmiques avaient été obtenus au moyen de la *chambre d'ionisation* (fig. 1) : c'est un récipient métallique *C*, entièrement fermé, contenant, sous une pression de 25 atmosphères, un gaz inerte qui est généralement de l'argon ; une électrode isolée *E* recueille les charges électriques produites à l'intérieur de la chambre, et les conduit à un électromètre, qui les inscrit et les totalise ; si *E* est électrisé positivement, il recueillera ainsi les charges négatives nées dans la chambre, et les charges positives s'il est négatif.

L'inconvénient de ce dispositif est qu'il donne des résultats assez complexes : les ions produits dans la chambre proviennent, en effet, d'une triple origine ; les premiers, qui nous intéressent seuls, sont produits sur le passage des rayons cosmiques tels que *A B*, qui bousculent et ionisent les molécules d'argon rencontrées ; mais la paroi de la chambre, et le gaz qu'elle contient, ne sont jamais complètement dépourvus d'éléments radioactifs ; il s'en échappe des rayons alpha, figurés en *G H*, qui, à leur tour, engendrent des ions ; enfin, les rayons gamma produits dans l'atmosphère extérieure à la chambre par les émanations radioactives du sol sont assez pénétrants pour traverser les parois de la chambre et y libérer des électrons, tels que *I K*, dont le sillage se marque par une ionisation supplémentaire de l'argon. Rien, dans le fonctionnement de l'appareil, ne permet de discriminer ces trois facteurs d'ionisation ; c'est la principale cause des erreurs commises dans les observations antérieures.

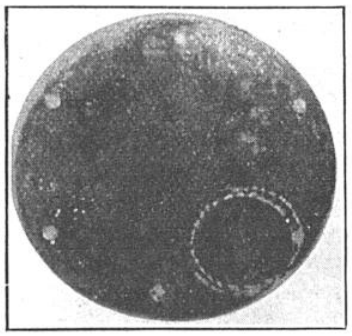


FIG. 2. — TRAJECTOIRE COURBE DONNÉE PAR UN ÉLECTRON LENT, D'APRÈS ANDERSON

La *chambre humide* de C.-T.-R. Wilson constitue le second ins-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

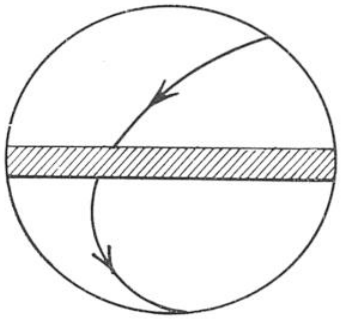


FIG. 3. - UNE LAME DE PLOMB COUPANT LA CHAMBRE HUMIDE RALENTIT LES ÉLECTRONS (PROCÉDÉ ANDERSON)

trument utilisé pour l'étude des rayons cosmiques après des modifications dont je parlerai tout à l'heure ; on sait que le principe de cet appareil consiste à photographier la trace des rayons ionisants qui traversent la chambre, en produisant une détente brusque, grâce à laquelle la vapeur d'eau est amenée à l'état sursaturé ; les ions fonctionnent alors comme noyaux de condensation et produisent, sur le chemin du corpuscule, une traînée de gouttelettes qu'on photographie, en éclairage latéral, par un éclair lumineux produit au moment de la détente.

Cette revue a indiqué, à maintes reprises, les résultats merveilleux obtenus par l'emploi de cette méthode qui permet de reconnaître, sur le vu des photographies, non seulement la trajectoire, mais même la nature du corpuscule ionisant ; il restait à déterminer le sens de sa marche et la vitesse qui l'anime. Le second résultat est atteint en plaçant la chambre humide dans l'entrefer d'un puissant électroaimant, produisant un champ magnétique qui, dans certaines expériences, a été poussé jusqu'à 18.000 gauss ; sous l'action de ce champ, les trajectoires des corpuscules électrisés sont courbées, d'autant plus que leur vitesse est moindre (fig. 2) ; d'autres trajectoires restent absolument infléchies ; on peut affirmer, dans ce cas, qu'elles sont parcourues par des corpuscules non électrisés, comme les neutrons, ou formées par des rayonnements purement électromagnétiques, comme les rayons gamma des émanations des éléments radioactifs.

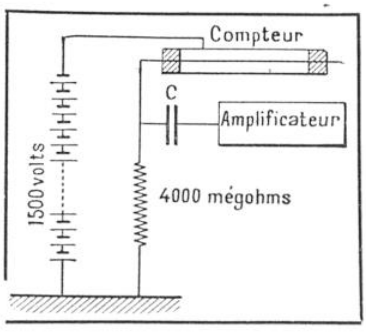


FIG. 4. — DÉTECTEUR DE RAYONNEMENT DE GEIGER ET MULLER

Pour connaître le sens suivant lequel la trajectoire est parcourue, un artifice, employé depuis Anderson, consiste à couper en deux la chambre humide par une lame de plomb épaisse de 5 à 6 millimètres ; le projectile qui traverse cette lame est ralenti dans sa course et, par suite, devient plus sensible au champ magnétique ; la trajectoire présente donc l'aspect représenté par la figure 3. C'est en opérant ainsi, et précisément sur les rayons cosmiques, qu'Anderson a constaté, en 1932, l'existence de trajectoires courbées en sens inverse par le champ magnétique, ce qui prouve que les corpuscules correspondants sont électrisés contrairement ; cette belle expérience a donc révélé l'existence, dans les radiations cosmiques, d'électrons positifs et négatifs, qu'on désigne aujourd'hui sous les noms de *positrons* et de *négatrons*.

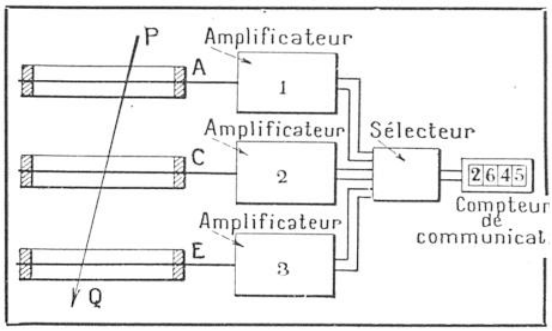


FIG. 5. — MÉTHODES DES COÏNCIDENCES

PQ *est un corpuscule de grande énergie du rayonnement cosmique : il traverse à peu près simultanément les trois compteurs à électrons* A, C, E. *Dans chacun d'eux, une impulsion se produit, est amplifiée par un amplificateur, puis reçue par le sélecteur. Ce dernier ne laisse passer que les impulsions arrivant simultanément, éliminant ainsi les effets non coïncidents des compteurs. Enfin, un compteur de communications téléphoniques ordinaire indique le nombre de projectiles tels que* PQ *ayant traversé les trois appareils.*

Il n'est pas inutile d'indiquer ici un grave inconvénient de cette méthode, par ailleurs si intéressante : la prise de vue, accompagnant la détente brusque, ne dure qu'un centième de seconde, et l'appareil ne peut être remis en état de fonctionner qu'après une demi-minute ; il résulte de là que la chambre humide ne donne pas d'indications continues ; c'est par hasard qu'un rayonnement cosmique la traverse à l'instant précis où elle fonctionne, et on tirera des centaines de clichés inutiles pour un

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

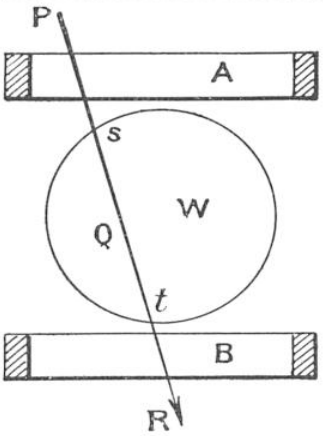


FIG. 6.
CONJUGAISON DE DEUX COMPTEURS AVEC UNE CHAMBRE HUMIDE

L'impulsion de coïncidence due au passage du rayon cosmique PQR *dans les deux compteurs* A *et* B *déclenche la détente du gaz dans la chambre de Wilson* W. *Si l'inertie du système est très faible, les ions marquant le passage de la particule dans la chambre n'ont pas eu le temps de diffuser beaucoup, et l'on peut parvenir ainsi à photographier une traînée de brouillard sur la ligne d'ions* st.

seul contenant la trace d'un tel rayon ; nous verrons tout à l'heure comment on a pu parer à cet inconvénient.

Un troisième détecteur de rayonnements ionisants, imaginé en 1929 par Geiger et Muller, se compose tout simplement, comme le montre la figure 4, d'un tube métallique, fermé par des bouchons isolants et dont l'axe est formé par un fil métallique très fin ; ce tube contient un gaz sous pression réduite (quelques centimètres de mercure), et un champ électrique de 1.200 à 1.500 volts est maintenu entre lui et le fil axial par une batterie de piles sèches. Dans ces conditions, si un rayon ionisant traverse le tube, les ions produits amorcent une décharge électrique qui, convenablement amplifiée, est décelée par un électromètre, ou même enregistrée par un compteur pareil à ceux qui servent à dénombrer les communications téléphoniques. Bien réglé, cet appareil est extraordinairement sensible ; il révèle tous les rayonnements ionisants qui le traversent, quelle qu'en soit l'origine.

Ce défaut, qu'il partage avec tous les appareils précédents, a été heureusement corrigé par un dispositif très ingénieux, imaginé en 1932 par deux physiciens de Cambridge, Blackett et Occhialini ; leur *méthode des coïncidences* consiste à utiliser simultanément deux ou trois compteurs de Geiger placés l'un au-dessous de l'autre (fig. 5) en les reliant à un dispositif sélecteur qui ne fonctionne que lorsque les compteurs sont actionnés simultanément ; lorsqu'un rayon cosmique se dirige suivant *P Q*, sa puissance de pénétration est telle qu'il traverse les compteurs successifs *A C E :* le sélecteur entre en jeu et le compteur marque un passage, tandis qu'un autre rayonnement, de moindre pouvoir pénétrant, serait incapable de traverser simultanément plusieurs appareils.

Une combinaison encore plus intéressante est obtenue en conjuguant deux compteurs avec une chambre humide (fig. 6 et 7) : le rayonnement *P R*, en traversant les compteurs, met en jeu un système de relais qui déclenche le fonctionnement de la chambre humide W ; celle-ci photographie donc le trajet de la particule cosmique ; elle pourra même, par l'action d'un champ magnétique et d'une lame de plomb interposée, donner de précieux renseignements sur cette radiation. On voit quel immense progrès est, cette fois, réalisé, puisque aucune confusion ne peut plus être faite entre les radiations ultra-pénétrantes, d'origine cosmique, et les différents rayonnements dont l'origine est purement terrestre et que nous avons mentionnés plus haut.

Examinons maintenant et discutons les faits nouveaux dont cette technique a approvisionné la science.

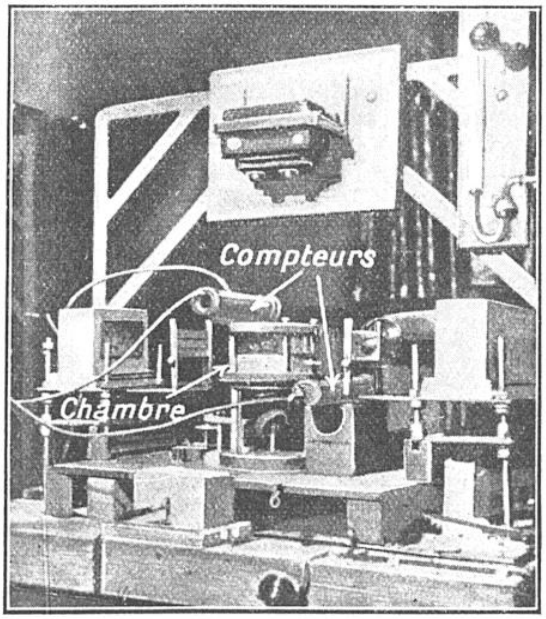


FIG. 7. — CHAMBRE HUMIDE DE WILSON OU LA DÉTENTE EST DÉCLENCHÉE PAR LES IMPULSIONS DE DEUX COMPTEURS A ÉLECTRONS

On voit les deux compteurs, placés en oblique par rapport à la chambre. Les dispositifs de sélection des coïncidences et le relais à vapeur de mercure commandant la détente sont enfermés dans une armoire métallique à gauche du cliché.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

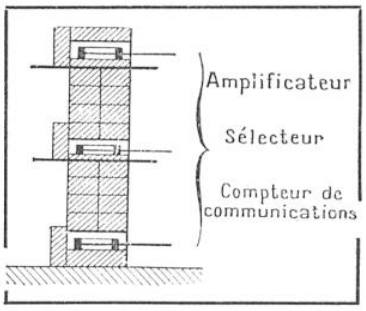


FIG. 8. — MESURE DE LA PÉNÉTRATION DES RAYONS COSMIQUES EN INTERCALANT DES BRIQUES DE PLOMB ENTRE LES COMPTEURS

Faits nouveaux

L'emploi des compteurs en série a permis de faire le compte des rayons cosmiques qui passent, suivant les diverses directions, en un point de l'espace. Le premier résultat de ces mesures est que, au niveau de la mer, chaque centimètre carré de surface horizontale est traversé, en une minute, par un de ces rayons cosmiques, qui engendre une trentaine de paires d'ions sur chaque centimètre de son parcours ; la cadence de ces passages est donc assez lente, ce qui ne les empêche pas de nous apporter, au total, une quantité d'énergie à peu près égale à celle qui nous arrive, sous forme de lumière, de l'ensemble des étoiles (le soleil excepté). Il est confirmé, d'autre part, que ces passages de rayons cosmiques deviennent plus fréquents à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère ; l'accroissement, mesuré par Regener avec des ballons-sondes jusqu'à 25 kilomètres, et par Piccard et Cosyns en stratostat jusqu'à 16 kilomètres, est dans le rapport de 35 à 1 ; au contraire, le phénomène diminue d'intensité lorsqu'on l'observe à travers une couche d'eau, mais il n'a pas encore complètement disparu pour une épaisseur liquide de 200 mètres traversée; tous ces résultats concordent pour établir que ces radiations viennent d'en haut et que leur origine est au-dessus de la troposphère.

On peut d'ailleurs mesurer le pouvoir de pénétration des rayons cosmiques en intercalant un corps absorbant sur le chemin des corpuscules et en comptant la diminution du nombre des passages produite par cette interposition ; c'est ce qu'a réalisé Bruno Rossi avec des briques de plomb superposées, séparant trois compteurs en série, comme le montre la figure 8. Voici, par exemple, quelques nombres donnés par le physicien de Padoue :

Epaisseur de l'écran.	0	10 cm	25 cm	101 cm
Nombre de passages.	100	81	74	46

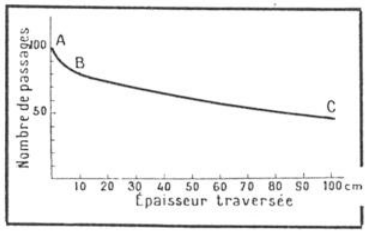


FIG. 9. — PÉNÉTRATION DES RAYONS COSMIQUES SUIVANT L'ÉPAISSEUR TRAVERSÉE

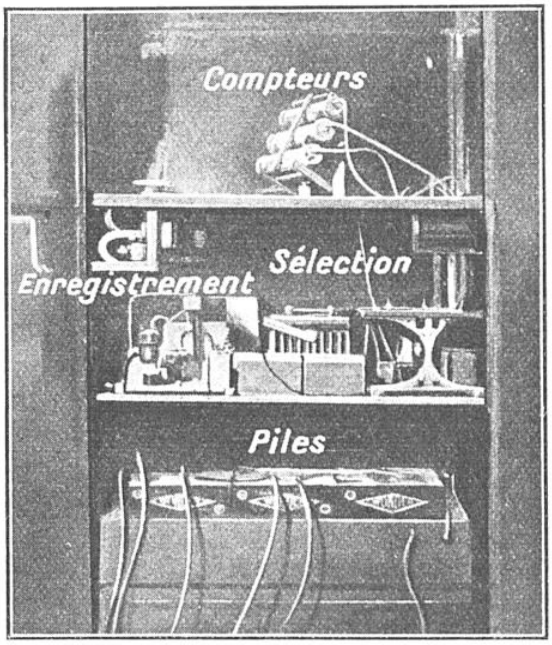


FIG. 10. — DISPOSITIF PERMETTANT L'ENREGISTREMENT DU PASSAGE DES RAYONS COSMIQUES PAR COINCIDENCE ENTRE LES IMPULSIONS DE TROIS COMPTEURS A AXES PARALLÈLES ET COPLANAIRES

Cet appareil a été utilisé par P. Auger et Leprince-Ringuet pour l'étude du rayonnement cosmique sous diverses latitudes, en 1933. On voit : en haut, les trois compteurs; au milieu, le dispositif de sélection (à droite) et d'enregistrement (à gauche) par thyratron et compteur téléphonique. En bas se trouve la batterie de piles sèches qui fournissait la tension de 1.500 volts nécessaire au fonctionnement des compteurs. Un oscillographe Dubois permettait le contrôle des impulsions.

Les résultats généraux peuvent être représentés par la courbe de la figure 9 ; elle se décompose nettement en deux parties : dans la première, *A B*, la chute est rapide, c'est-à-dire que les premiers centimètres de plomb traversés arrêtent une notable partie du rayonnement enregistré par les compteurs ; dans la seconde partie, *B C*, au contraire, la diminution est beaucoup plus lente, et ceci nous porte à croire que le rayonnement

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cosmique, tel qu'il nous parvient au niveau du sol, est formé par deux groupes superposés : une partie *molle*, c'est-à-dire peu pénétrante, et une second fraction *dure*, c'est-à-dire capable de traverser, sans absorption notable, des épaisseurs de plomb de l'ordre du mètre ; cela suppose que ces corpuscules durs, quelle que soit leur nature intime, sont animés d'une énergie extraordinaire ; les formules vérifiées pour d'autres radiations moins pénétrantes l'évalueraient à plusieurs milliards d'électron-volts.

Il y a de fortes raisons de penser que ce groupe dur représente le rayonnement cosmique primaire, tel qu'il parvient dans notre atmosphère de régions lointaines, mais mal définies ; au contraire, le groupe mou serait secondaire, c'est-à-dire formé, dans l'atmosphère elle-même, par le conflit des corpuscules primaires avec les molécules gazeuses.

Cette opinion se trouve fortement appuyée par les mesures récentes de l'*effet de latitude :* on croyait jadis (c'est-à-dire il y a cinq ans) que la fréquence des rayons cosmiques restait invariable, du pôle à l'équateur ; des mesures plus précises ont infirmé cette opinion ; les nouveaux résultats, établis par une large enquête de Compton, ont été confirmés par la méthode, plus sûre, des compteurs en série : en septembre et octobre 1933, MM. Auger et Leprince-Ringuet emportèrent un appareil de mesure fondé sur cette méthode (fig. 10) sur un navire faisant le trajet du Havre à Buenos-Ayres et retour ; ils purent, au cours de cette double traversée, déceler le passage de 170.000 rayons arrivant suivant la verticale et constater, aux faibles latitudes, une diminution voisine de 16 %. Inversement, M. Dauvillier, expérimentant entre la France et le Groenland, n'a constaté aucune variation appréciable ; ces indications, confirmées par divers observateurs, prouvent que l'intensité du rayonnement cosmique éprouve une diminution sensible aux latitudes inférieures à 45 degrés.

Ce résultat est certain et essentiel : l'effet de latitude ne peut s'expliquer que par une action du magnétisme terrestre, et cette action elle-même ne peut s'exercer que sur des corpuscules électrisés de provenance ultra-atmosphérique, car l'épaisseur de la pellicule atmosphérique est tout à fait insuffisante pour permettre à des corpuscules qui y auraient pris naissance de se répartir inégalement du pôle à l'équateur ; il est donc probable que le groupe primaire dont je parlais tout à l'heure est formé, au moins en majeure partie, par des corpuscules électrisés ; ceux-ci, arrivant au voisinage de la Terre (c'est-à-dire à plusieurs milliers de kilomètres de sa surface), seraient saisis et courbés par le champ magnétique terrestre, qui concentrerait les plus flexibles d'entre eux, ou les moins durs, autour des calottes polaires ; seuls, les rayons extra-durs, dont l'énergie serait supérieure à 10 milliards d'électron-volts, pourraient échapper à cette influence magnétique et atteindre les régions tropicales du globe. On voudrait maintenant pénétrer la nature de ces corpuscules primaires ; s'agit-il de protons ou d'électrons ? D'après l'aspect des traces laissées dans la chambre humide, et aussi d'après les courbures infligées par le champ magnétique, on a des raisons d'opter pour la seconde hypothèse ; il s'agirait donc d'électrons positifs et négatifs, c'est-à-dire de positrons et de négatrons, lancés dans l'espace avec de prodigieuses vitesses ; certains physiciens se demandent même s'il ne s'agirait pas, en l'occurrence, d'une véritable matérialisation de l'énergie : le rayonnement originel serait alors constitué par des photons, c'est-à-dire par des vibrations électromagnétiques dénuées de toute masse, qui, dans des conditions mal définies, se décomposeraient en donnant naissance à deux électrons de signes contraires ; mais ici, nous quittons le domaine des faits pour celui des hypothèses.

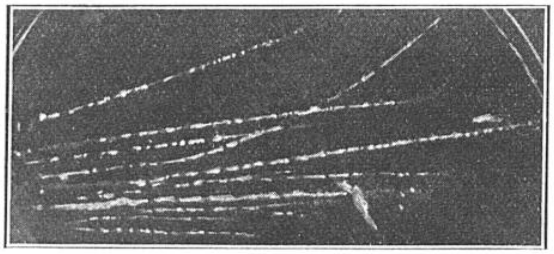


FIG. 11. — GERBE D'ÉLECTRONS OBTENUE, A LA CHAMBRE HUMIDE, PAR ANDERSON

Rentrons-y pour constater, avec Rossi, l'existence d'un curieux *effet azimuthal :* dans le voisinage de l'équateur, il arrive plus de rayons cosmiques du côté de l'occident que du côté de l'orient, le rapport des deux fréquences pouvant atteindre 1,32 pour les corpuscules du groupe dur ; il faut conclure de là que, dans ce groupe primaire, les corpuscules positifs l'emportent en nombre sur les négatifs.

Comme si ces complications ne suffisaient pas pour embrouiller le problème, voici maintenant qu'intervient un nouvel ordre

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de faits, résultant de l'action des rayons cosmiques sur la matière. Le premier, c'est l'existence des *gerbes :* lorsqu'on photographie, à la chambre humide, la trajectoire d'un rayon cosmique qui a rencontré un obstacle solide, par exemple une feuille de plomb, on constate souvent (fig. 11) que ce rayon a donné naissance à un grand nombre de trajectoires ionisées, partant non du même point, mais d'une certaine région de la matière frappée par le rayon cosmique ; on compte parfois plus de vingt trajectoires secondaires, formées vraisemblablement par des électrons, et dont l'ensemble constitue une gerbe.

Dans l'opinion actuelle des spécialistes, ces photographies nous font assister à une désintégration atomique accomplie en plusieurs temps par le rayon cosmique : ces rayons de puissante énergie, lorsqu'ils rencontrent un noyau, le brisent en éclats, photons ou neutrons, et ceux-ci, projetés dans l'espace environnant, y provoquent à leur tour de nouvelles explosions, tout comme dans une poudrière la détonation d'une gargousse se communique progressivement à toutes ses voisines.

On peut rapprocher cet effet des constatations faites par Hoffmann en 1930 et vérifiées depuis par plusieurs observateurs : la production soudaine, en un point de la chambre humide, d'un véritable nuage, comprenant plusieurs millions d'ions des deux signes ; on pense encore qu'il s'agirait d'une véritable explosion provoquée par la rencontre d'un corpuscule cosmique avec un atome matériel. Rossi, qui a apporté à l'étude de ces divers phénomènes un esprit très perspicace, conclut cependant que les générateurs des gerbes ne sauraient être les corpuscules électrisés que nous envisagions tout à l'heure, et qu'il envisage lui-même, comme le principal constituant du rayonnement cosmique primaire ; les gerbes seraient produites par un rayonnement purement électromagnétique, formé de photons. Sa conclusion est donc que les rayons cosmiques durs seraient formés par des positrons (ceux-ci prédominant), des négatrons et des photons. Quant à savoir d'où ils viennent, si eux-mêmes ne sont pas les produits d'une autre radiation originelle, on y doit renoncer pour le moment, ce qui n'empêche pas, bien entendu, les théoriciens de nous proposer des hypothèses aussi variées que contradictoires.

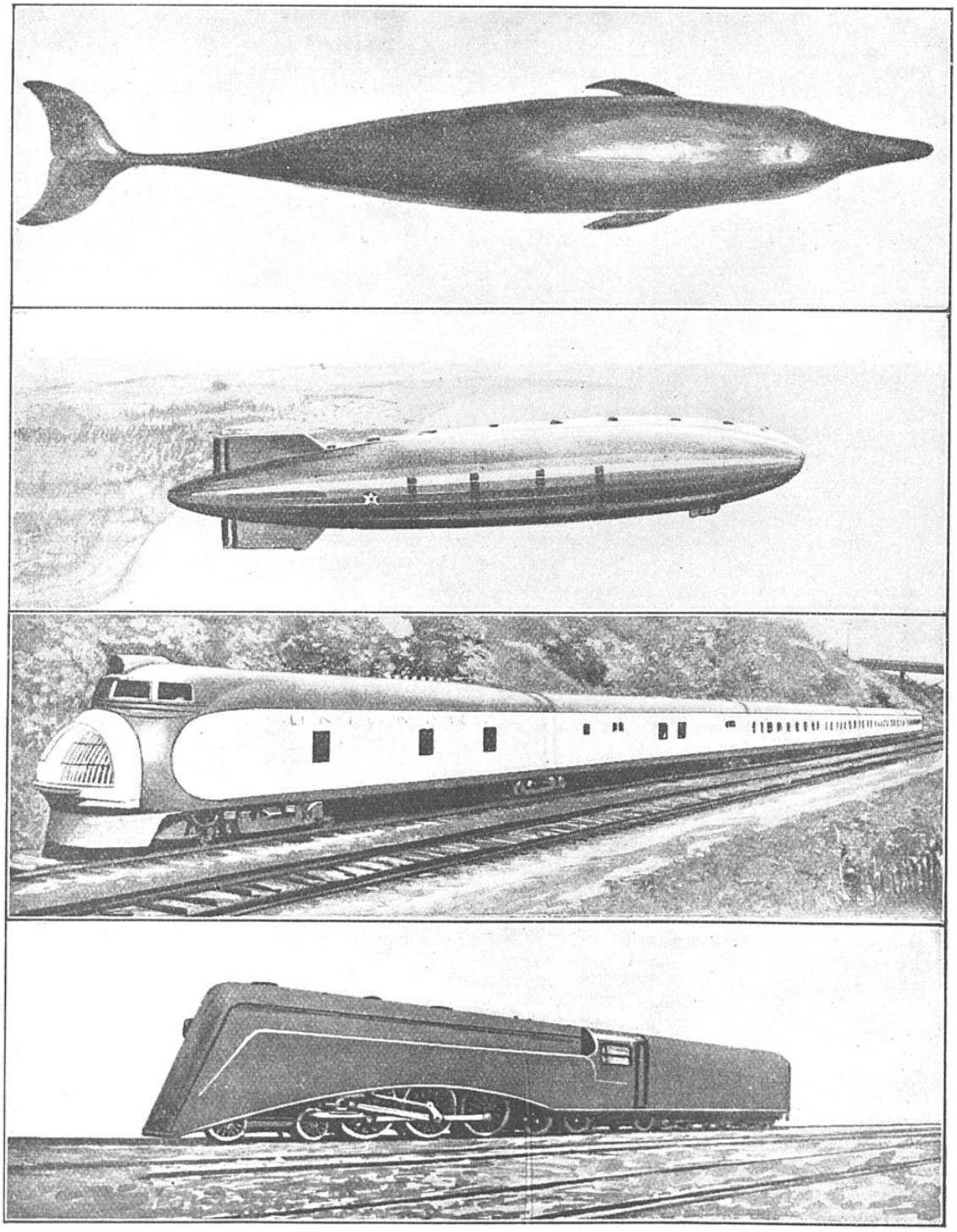
Aujourd'hui, l'intérêt n'est pas là ; il est tout entier dans le perfectionnement de la technique, dont l'efficacité commence à se traduire par des résultats importants ; cette phase expérimentale, dans laquelle nous sommes, permettra, espérons-le, d'atteindre plus sûrement la phase explicative.

L. HOULLEVIGUE.

Quand on examine les causes qui paralysent parfois dans leur élan les magnifiques racers des compétitions automobiles internationales — racers qui dépassent aujourd'hui 320 kilomètres à l'heure en attendant bientôt le 350 km-heure, — on constate combien de petites causes produisent de grands effets. Ainsi à Montlhéry (A. C. F.) l'« Alfa-Romeo » 8 cylindres, 4 litres, a rompu sa transmission parce que le moteur de 2 litres 800 de cylindrée avait été remplacé par celui de 4 litres (à couple évidemment beaucoup plus élevé) sans que la transmission ait été modifiée en conséquence. Sur l'« Auto-Union » (Allemagne), le pilote Varzi fut aux prises avec des troubles d'allumage, qui le retardèrent considérablement. Que s'était-il donc passé ? Tout simplement ceci : le carburant fourni (à base sans doute de benzol et d'alcool) n'offrait pas un nombre d'*octane* (1) en rapport rigoureux avec le taux de compression du moteur, d'où allumage prématuré et évacuation incomplète des calories, qui provoquent des points chauds sur les culasses et pistons. Par contre, les « Mercedes » minutieusement préparées, n'eurent pas d'incidents de ce genre. Le succès dans de telles épreuves réside, en effet, dans le soin de la mise au point de tous les détails et dans la discipline de la conduite de la course (allure réglée par le directeur de la course pour chaque marque). Là comme ailleurs, la régularité constitue la vertu cardinale d'une voiture ; là comme ailleurs, la régularité ne s'affirme que si l'on élimine tout facteur de trouble résultant de l'imprévision.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 195, page 229 : *La définition de l'indice d'octane.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires



COMMENT LES AMÉRICAINS CONÇOIVENT L'AÉRODYNAMISME

La silhouette aérodynamique presque parfaite d'un dirigeable américain semble directement inspirée des formes fuyantes naturelles d'un marsouin. Par contre, la comparaison des deux locomotives, l'une à moteur à combustible léger, l'autre à vapeur surchauffée, si dissemblables, montre que l'accord est loin d'être réalisé au sujet du carénage optimum des véhicules sur rail.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

POURQUOI LES TRAINS MODERNES DOIVENT ÊTRE AÉRODYNAMIQUES

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G., LICENCIÉ ES SCIENCES

Depuis son apparition en 1825, à la tête d'un train anglais de voyageurs, la locomotive à vapeur a su s'adapter aux exigences toujours croissantes du trafic ferroviaire (tonnage, rapidité), grâce aux perfectionnements sans cesse réalisés. Aujourd'hui, on ne se préoccupe plus seulement d'accroître le rendement thermodynamique de la machine à vapeur sur rail, qui se rapproche du maximum théorique, mais encore de diminuer la résistance passive que doit vaincre un convoi se déplaçant de plus en plus vite sur voie ferrée. Pour résoudre le problème ainsi posé, les ingénieurs ont créé la science de l'aérodynamisme. L'avion, puis l'auto, y ont fait successivement appel ; à son tour, le « train » évolue dans le même sens. En Europe comme en Amérique, les techniciens cherchent les formes les mieux appropriées pour diminuer la consommation de combustible et accroître la vitesse. Des essais comparatifs effectués en France, tout récemment, avec deux trains identiques, dont l'un spécialement caréné, ont démontré que l'économie de charbon résultant du carénage atteignait 28 % (2.500 grammes par 1.000 mètres pour ce cas particulier) et, à 140 km-heure, le gain de puissance est de 450 ch.

Le progrès suit une marche continue. Il est fait, le plus souvent, de nombreux perfectionnements de détail. Chacun apporte sa contribution à l'agrandissement de l'édifice reposant sur une invention n'ayant pas toujours, à son origine, semblé devoir bouleverser les conditions mêmes de notre vie quotidienne. C'est là un fait souvent oublié à notre siècle où la Science nous a accoutumés à ce que l'on aurait considéré naguère comme de véritables miracles. Les merveilles du cinéma, de la T. S. F., de l'aviation ne nous étonnent plus. Cet état d'esprit nous rend d'ailleurs de plus en plus exigeants. Témoin la télévision, que beaucoup croyaient voir entrer rapidement dans le domaine industriel, alors qu'elle en est encore à la période expérimentale, à l'ère du laboratoire (1).

Pour mesurer en toute rigueur les progrès réalisés dans une branche quelconque de l'activité humaine, il est donc indispensable de considérer les deux extrémités de la chaîne ininterrompue qui relie l'invention première à la réalisation actuelle dans ce qu'elle présente de plus moderne. Il suffit de comparer le premier film de Louis Lumière aux projections animées visuelles et sonores d'aujourd'hui, les premières automobiles aux voitures rapides et racées modernes, les premiers postes à galène aux récepteurs puissants et fidèles actuels, pour juger d'un seul coup des pas de géant accomplis par le progrès. A propos de l'inauguration du super-paquebot *Normandie* (1), n'a-t-on pas publié des images des premiers navires à vapeur dont le moins que l'on puisse dire est qu'ils ne pouvaient laisser prévoir les magnifiques réalisations d'aujourd'hui ?

Il en est de même de la locomotive à vapeur. Entre la *Fusée* de Stephenson et la machine à vapeur puissante et rapide moderne, quel monde de progrès réalisés ! Sans avoir la prétention d'en passer ici une revue détaillée, voici les grandes étapes qui lui ont permis de rester jusqu'à aujourd'hui, malgré de sérieux concurrents, la maîtresse incontestée de la traction ferroviaire. Les vitesses maxima obtenues avec les autorails (2) (182 kilomètres en pointe sur le trajet Paris-Le Mans, le 15 juin dernier) ont surtout retenu l'attention. Mais, en formant des trains légers à vapeur, on a pu réaliser des horaires semblables à ceux des autorails, et même regagner du temps sur eux.

On a dit, à différentes époques, que la locomotive à vapeur était arrivée à son apogée. On l'a dit dès 1829, après le fameux concours de Rainhill (Angleterre) ; on l'a dit en 1850, alors qu'on n'avait pas encore dégagé le corps cylindrique des limites

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 139.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 216, page 511.
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

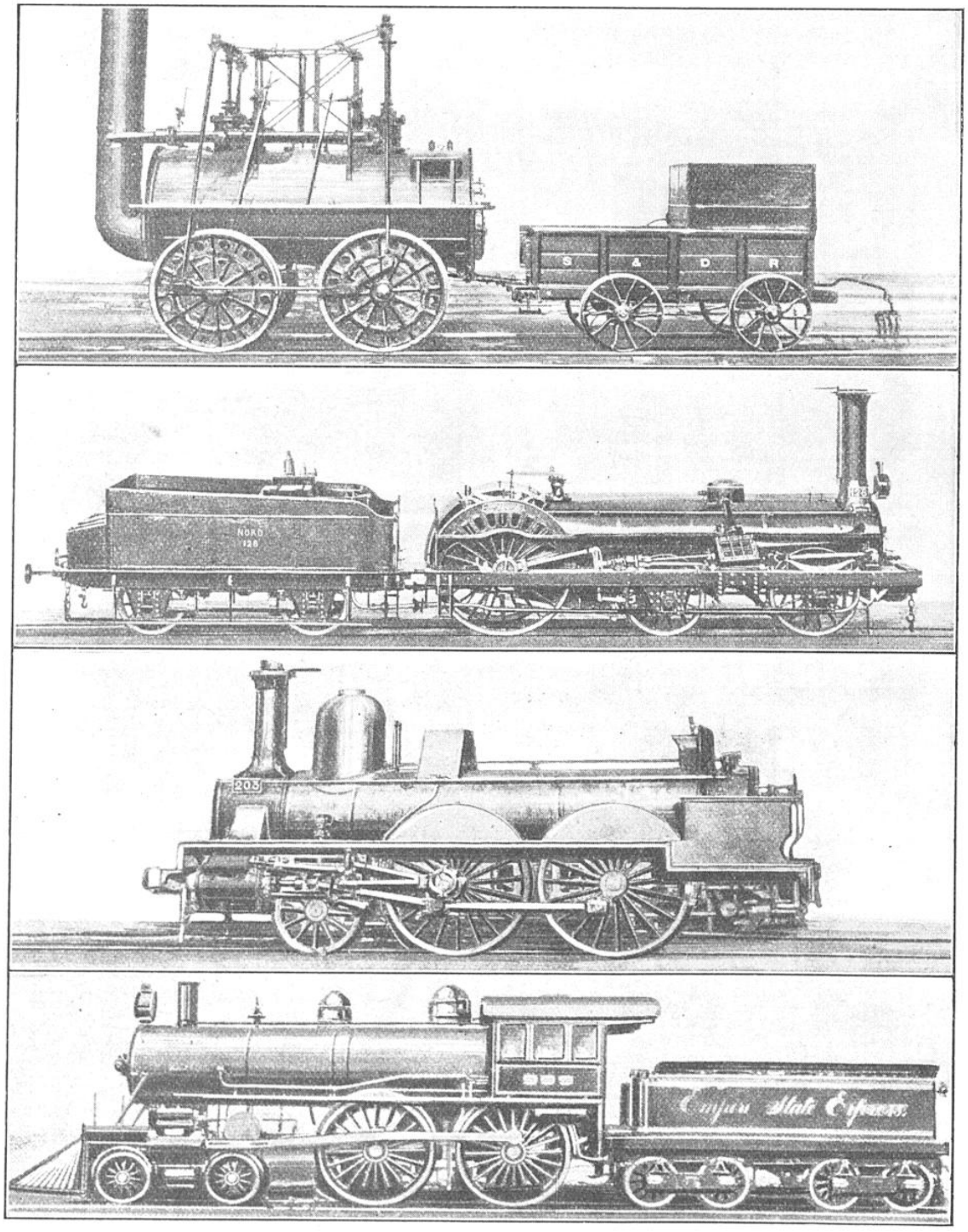


FIG. 1. — LES GRANDES ÉTAPES DE LA LOCOMOTIVE A VAPEUR

De haut en bas : la première locomotive de Stephenson *qui, en 1825, remorqua un train de voyageurs en Angleterre, entre Stokton et Darlington ; la locomotive* Crampton *(1849), qui pouvait atteindre la vitesse de 180 km-heure ; la première locomotive à essieux-moteurs couplés (*Forquenot, *1864) ; la locomotive* Compound 999 *du « New York Central Railroad » (1892), se distingue par le relèvement de l'axe de la chaudière et par l'accroissement des sections des passages de la vapeur. Cette locomotive atteignit 180 km-heure en remorquant l'*Empire State Express.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

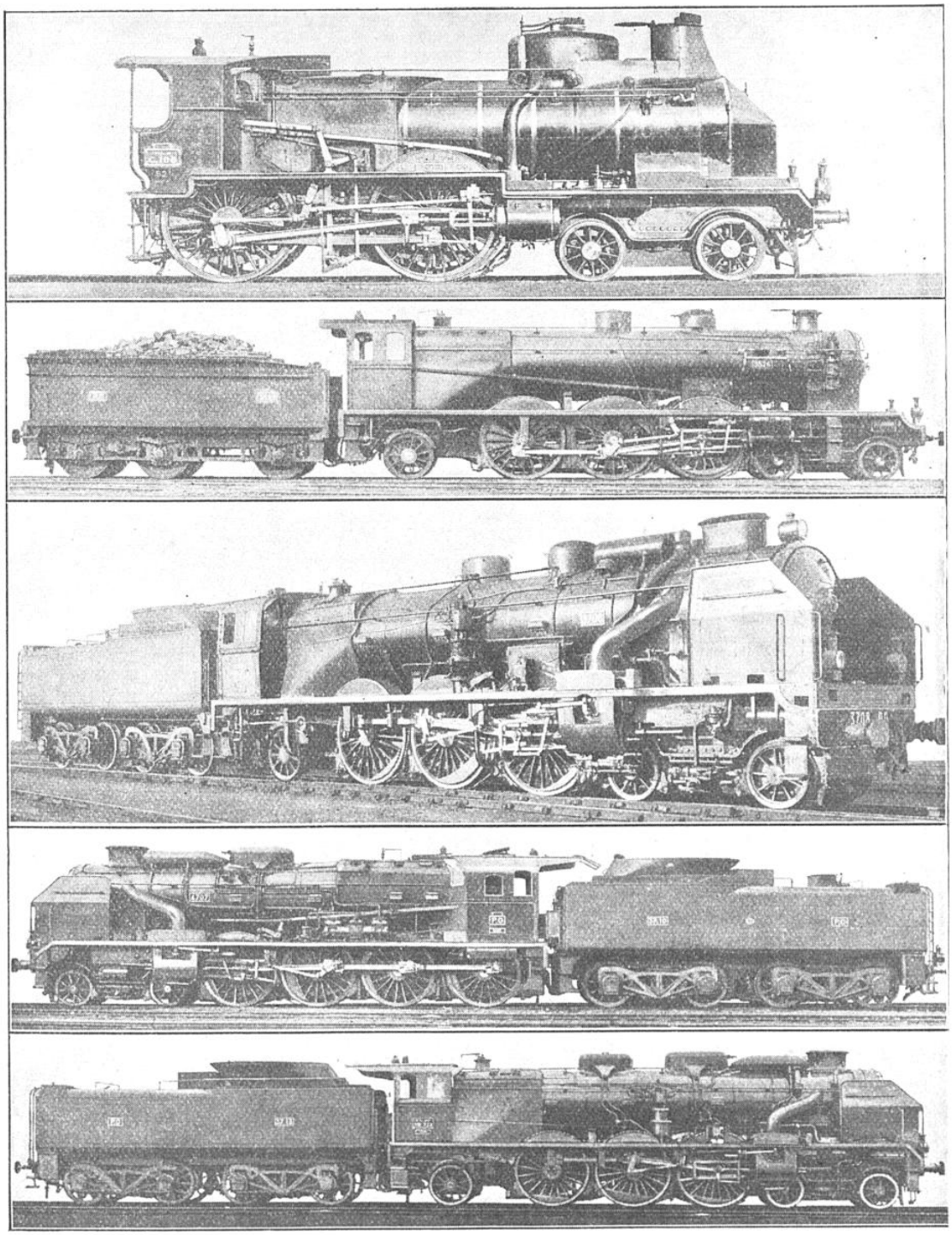


FIG. 2. — LES GRANDES ÉTAPES DE LA LOCOMOTIVE A VAPEUR

De haut en bas : locomotive Compound *du P.-L.-M. de la fin du siècle dernier ; locomotive* Pacific *du P.-O. sı laquelle sont appliqués à la fois le compoundage (quatre cylindres, deux haute pression, deux basse pression) et l surchauffe (cette combinaison fut généralisée en France à partir de 1911) ; locomotive* Pacific *transformée d P.-O. établie en 1932 (puissance 3.400 ch) ; locomotive à quatre essieux couplés, sans essieu porteur arrière, pou la traction des trains rapides et lourds ; la dernière locomotive* Pacific *transformée en 1934 par le P.-O.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

imposées par l'écartement des grandes roues motrices, de peur de nuire à la sécurité en élevant le centre de gravité ; on l'a répété après l'application du mode « Compound » ; on l'a redit au début du XX^e siècle, et peu après 1918, quand on cherchait plutôt à réparer la destruction de la guerre qu'à effectuer des constructions neuves. Nous verrons comment la technique a victorieusement répondu à toutes ces assertions, non pas tant grâce à des découvertes sensationnelles que grâce à l'application intégrale des principes qui se dégagent de chaque circonstance ayant entouré l'évolution de la locomotive.

Les grandes étapes de la locomotive à vapeur

Période de tâtonnements (1804-1829) : Chaudière tubulaire et tirage forcé

La première locomotive connue est celle de Trewithick. Bien qu'ignorant encore la thermodynamique, il applique la pression, formidable pour l'époque, de 10 atmosphères (que l'on ne retrouvera que soixante-cinq ans après), de même que le réchauffage de l'eau d'alimentation par la vapeur d'échappement. Vingt ans de travaux assidus aboutissent ensuite au succès des Braithwaite, Erickson, Hackworth, Stephenson et Seguin. Pour la première fois, en 1825, la machine de Stephenson remorque un train de voyageurs entre Stokton et Darlington, (Angleterre). En 1828, la locomotive de Seguin est mise en service de Saint-Etienne à Lyon. Elle utilise, la première, *la chaudière tubulaire et le tirage forcé* (par ventilateurs).

Stephenson adopte ce dispositif sur sa machine historique *The Rocket*, du fameux concours de Rainhill (Angleterre), mais en réalisant le tirage forcé par l'échappement de la vapeur, ce qui proportionnait automatiquement l'intensité du tirage à la dépense de vapeur.

1829-1876. - Distribution de la vapeur par coulisse ; étude du circuit de la vapeur ; essieux moteurs couplés

La locomotive qui a trouvé sa forme, se développe en puissance et sa construction s'améliore ; les cylindres deviennent horizontaux ; les roues en bois cèdent la place aux roues métalliques.

Le fait dominant cette période est l'invention par William Howe de la distribution de la vapeur dans les cylindres au moyen de la coulisse. Ce mécanisme permet, en effet, de modifier selon les circonstances les relations qui doivent exister entre la durée des phases, telles que l'avance à l'échappement et la compression, suivant le degré d'admission de la vapeur. C'est là un point capital pour une locomotive dont le travail est éminemment variable.

En 1850, Trewithick construit alors une machine atteignant 126 km 500 à l'heure. En même temps apparaît la *Crampton* remorquant des charges de 50 tonnes à 100 km-heure en palier et à 120 km-heure en descente. Il faut signaler que c'est la première machine où *les sections de passage de la vapeur sont bien dimensionnées*, condition qui, nous le verrons, a permis les perfectionnements tout récents de la locomotive à vapeur.

Mais la charge des trains s'accroissant, il fallait augmenter l'adhérence des machines. Ainsi apparaissent *les essieux moteurs couplés* pour les locomotives rapides (« Forquenot » du P.-O., en 1864).

1876-1898. - Machine « Compound » ; accroissement du timbre de la chaudière

Mil huit cent soixante-seize est peut-être la date la plus importante de l'histoire de la locomotive : c'est l'année, en effet, où Mallet réalise une petite machine (ligne de Bayonne à Biarritz) comportant la détente successive de la vapeur dans deux cylindres successifs, c'est-à-dire *le compoundage*.

Ses avantages, au point de vue rendement, sont connus : atténuation sensible des pertes dues aux condensations de la vapeur ; réduction des efforts maxima et de la pression moyenne sur les pistons ; régularisation du couple moteur ; limitation des pertes par espaces morts et par fuites, par suite du fractionnement de la détente.

Mais on sait que le mode « Compound » ne fut pas accepté d'emblée par tous les ingénieurs. Né en France, il se développa d'abord à l'étranger, et l'ingénieur russe Borodine en fut un des principaux promoteurs. En 1884, Webb, en Angleterre, construit la première locomotive *Compound* à trois cylindres (deux H P et un B P) ; puis Sauvage, en France, où la faveur alla cependant plutôt aux machines à quatre cylindres (*701* du Nord, en 1886 ; *C1* et *C2* du P.-L.-M., en 1888).

Ces deux dernières présentent d'ailleurs une innovation sensationnelle : *l'accroissement de la pression à la chaudière de 10 à 15 atmosphères*. Les essais entrepris en 1889 et en 1890 par A. Henry, auxquels participe une *Crampton* de l'Est, permettent d'arriver à la locomotive de l'Ouest (à bogie avant)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

remarquable par sa tenue en ligne jusqu'à 138 km-heure. La *Crampton* de l'Est atteint 144 km-heure. Dès lors, les perfectionnements se poursuivent : signalons l'emploi des *tubes à fumées à ailettes* (Serve) accroissant la puissance des machines ; une tentative d'application en France des *foyers en acier*.

Ainsi la locomotive américaine *999* du *New York Central Railroad*, sur laquelle apparaît le principe nouveau du relèvement notable de l'axe de la chaudière au-dessus du rail, atteint, le 11 mai 1893, en remorquant l'*Empire State Express*, la vitesse record de 180 km-heure ! Cette machine différait surtout des locomotives européennes par les sections de passages accrues à travers les lumières de distribution. Par contre les espaces morts plus grands accroissaient la consommation de vapeur en diminuant le rendement économique.

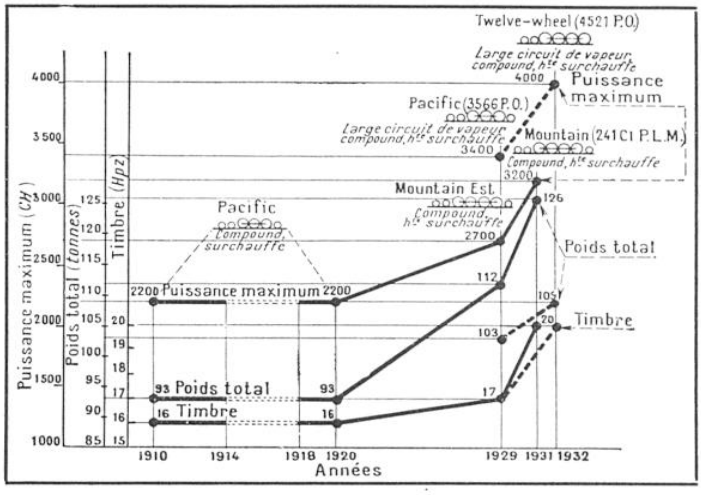


FIG. 4. — CONSÉQUENCES DES PERFECTIONNEMENTS RÉCENTS APPORTÉS A LA LOCOMOTIVE A VAPEUR

1898-1914. - La surchauffe

Le progrès continue rapidement. En moins de dix ans, on passe de la locomotive à deux essieux couplés pesant 50 tonnes au type *Pacific* (trois essieux couplés) dépassant 90 tonnes.

Mil huit cent quatre-vingt-dix-huit voit naître la première machine à surchauffe, grâce aux efforts de Schmidt. La surchauffe de la vapeur à 300 ou 350° accroît le rendement de la machine à vapeur surtout en réduisant les condensations. Après une lutte assez longue entre partisans du compoundage seul et de la surchauffe seule, après que des essais eurent donné des résultats discordants (depuis des économies négatives jusqu'à des économies de 45 %), on parvint à la combinaison de ces deux perfectionnements. C'est en 1901 qu'une telle machine fut construite aux Etats-Unis.

En 1907, le P.-O. met en service une machine *Pacific Compound* (1 bogie avant, 3 essieux moteurs couplés, 1 essieu porteur arrière), et lui applique la surchauffe en 1909. Les résultats remarquables obtenus montrent que la surchauffe et le compoundage, joints à l'accroissement de section des passages de la vapeur, se complètent parfaitement. Dès lors, tous les réseaux se rallient à cette solution à partir de 1911.

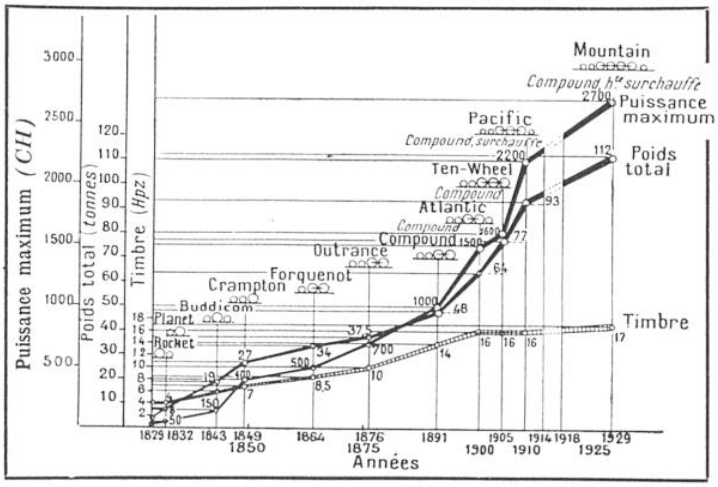


FIG. 3. — ÉVOLUTION DE LA LOCOMOTIVE A VAPEUR (MACHINES A GRANDE VITESSE) DE 1829 A 1929

1914-1929. - Accroissement de la puissance ; apparition de la locomotive à turbines

La construction est pratiquement arrêtée de 1914 à 1918. Puis, pour répondre à l'augmentation du trafic, on accroît les dimensions. En 1925, le type *Mountain* (1 bogie avant, 4 essieux moteurs accouplés, 1 essieu porteur arrière) apparaît. Cette machine, d'un poids adhérent élevé, est destinée à la traction des trains lourds et rapides. Enfin, on cherche à utiliser la turbine à vapeur sur la locomotive.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

1929-1935. - Les hautes pressions ; l'amélioration du circuit de vapeur

La turbine à vapeur paraît séduisante, car elle permet d'utiliser, grâce à sa faible pression à l'échappement, une très grande partie de l'énergie contenue dans la vapeur. Mais cela exige la présence d'un condenseur encombrant, d'entretien délicat. De plus, la turbine ne fonctionne avec son meilleur rendement que dans une zone de vitesses réduite. On a cherché également à mettre en œuvre les hautes pressions (60 atmosphères) en conservant l'échappement libre.

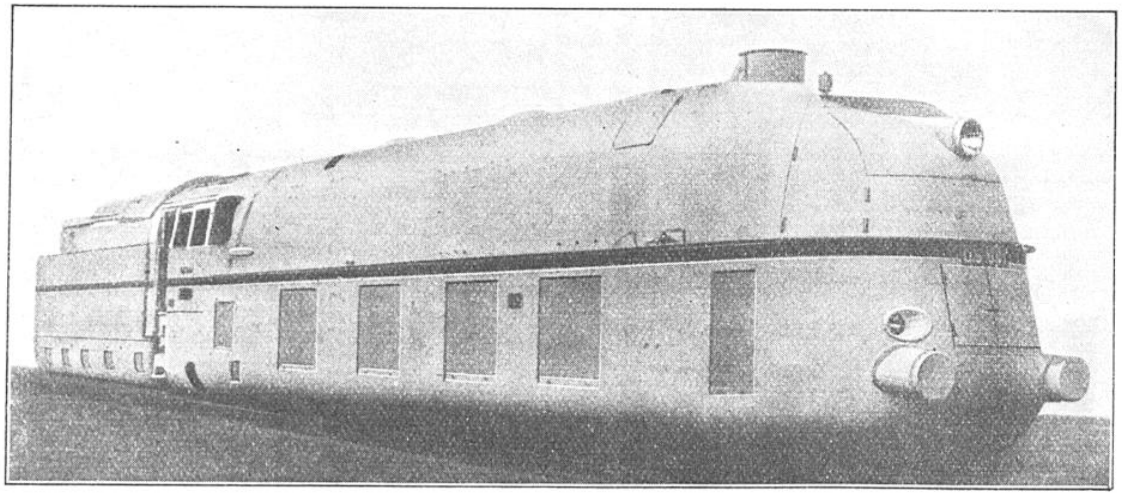


FIG. 5. — LOCOMOTIVE ALLEMANDE CARÉNÉE DONT LA PUISSANCE EST DE 2.800 CHEVAUX ET DONT LA VITESSE PEUT ATTEINDRE 175 KILOMÈTRES A L'HEURE

Cette solution — séduisante en théorie, car, pendant la détente, on peut récupérer une grande partie de l'énergie — n'a pas encore donné de résultats vraiment positifs ; les essais se poursuivent.

Mais la locomotive *Stephenson* n'a pas dit son dernier mot. On a cherché — et notamment M. Chapelon, ingénieur au P.-O., à qui nous empruntons cette documentation, qui a été publiée dans les *Annales du Conservatoire des Arts et Métiers* — à améliorer son rendement en limitant les pertes dues à l'effet des parois, le laminage de la vapeur à travers les lumières de distribution et la contre-pression sur les pistons pendant l'échappement. Il y a là toute une série de problèmes qu'il nous est impossible d'analyser en détail, mais qui ont été heureusement résolus et ont abouti aux perfectionnements suivants :

1° *Amélioration de l'échappement se traduisant par une forte réduction, environ de moitié, de la contre-pression pour une dépression donnée obtenue par la boîte à fumée ;*

2° *Accroissement important des sections de passage offertes à la vapeur dans le circuit qu'elle parcourt depuis le régulateur jusqu'à l'échappement, les chiffres habituellement admis jusque là ayant été sensiblement multipliés par deux ;*

3° *Accroissement important du degré de surchauffe pour obtenir à l'étage à basse pression des machines Compound le même degré de surchauffage relatif (100°) que celui jusque là admis pour leurs cylindres haute pression, et, pour ceux des machines à simple expansion, relèvement de surchauffe revenant à en doubler le degré effectif.*

Ainsi, une *Pacific* du P.-O., qui développait 1.800 ch, a pu, après transformations, donner 3.000 ch. Le P.-L.-M. a également transformé une *Pacific* et obtint également une puissance de 3.000 ch, mais en timbrant sa chaudière à 20 atm au lieu de 16 atm.

Le P.-O. a modifié aussi une *Pacific* en adjoignant un quatrième essieu moteur pour la traction de trains rapides lourds sur des lignes à rampes de 10 millimètres par mètre. La puissance aux cylindres est de 4.000 ch et de 3.000 ch au crochet de traction. La vitesse peut atteindre 140 à 150 km-heure.

Ce sont actuellement les machines dont la puissance massique est la plus élevée, leur poids en charge n'atteignant pas 110 tonnes.

Les locomotives du P.-L.-M. à 5 essieux couplés ont atteint, en 1932, la puissance de 3.000 ch au crochet de traction (marchandises).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

En Amérique, il faut citer la locomotive du réseau du *Milwaukee-Saint-Paul and Pacific*, qui remorque un train de cinq voitures (400 tonnes), de Milwaukee à Chicago (136 kilomètres), à la vitesse moyenne de 145 km-heure, avec un maximum de 166,5 km-heure. Cet exemple montre notamment quelle vitesse on peut atteindre avec une machine du type normal, non profilée spécialement.

En Angleterre, une locomotive *Pacific* non profilée, — baptisée *Papyrus*, — du *London and North Eastern Railway*, sur le parcours Londres-Newcastle (432 kilomètres) a permis d'enregistrer les vitesses suivantes : 864 kilomètres à 112 km 5 à l'heure de moyenne, dont 805 kilomètres à 116,9 km-heure et 19 km 8 à 161 km-heure. A la descente d'une rampe de 5 pour mille, elle a même atteint la vitesse record de 173 km-heure.

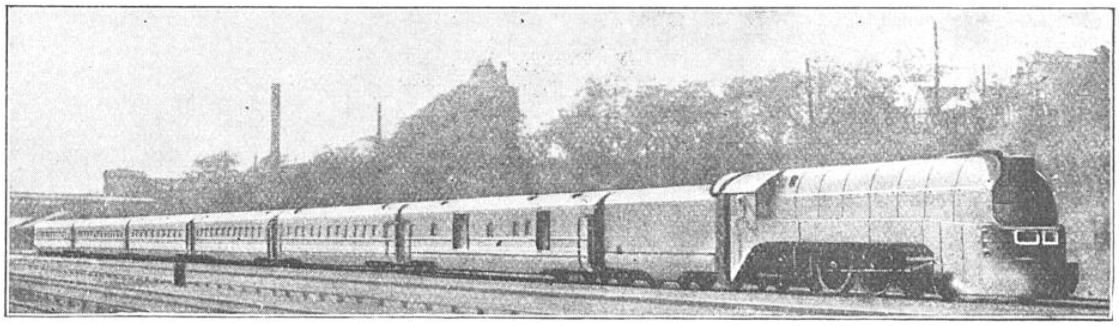


FIG. 6. — VOICI UN TRAIN DU SUD DE LA MANDCHOURIE, ÉGALEMENT CARÉNÉ, QUI RELIE LE PORT DE DAIREN A LA CAPITALE DU MANDCHOUKO A LA VITESSE MOYENNE DE 80 KM-HEURE

L'aérodynamisme et les locomotives

L'exposé précédent, synthèse des perfectionnements techniques qui ont permis à la locomotive de répondre parfaitement aux exigences sans cesse croissantes du trafic ferroviaire, nous a montré comment les ingénieurs avaient orienté leurs recherches vers la réalisation d'un rendement thermodynamique et mécanique toujours plus grand. Nous n'émettrons pas la prétention de dire qu'à ce point de vue la locomotive a atteint sa forme définitive ; le progrès a trop souvent démenti ce genre d'affirmation. Constatons simplement les magnifiques résultats acquis.

Mais la locomotive, et le train qu'elle remorque, ne se meuvent pas dans un milieu sans résistance. Bien que plus jeunes qu'elle, l'automobile et l'avion se sont préoccupés, les premiers, de cette résistance de l'air qui consomme en pure perte un nombre considérable de chevaux. La recherche de l'aérodynamisme (1), c'est-à-dire de la meilleure pénétration dans l'air, a abouti, pour l'auto et l'avion, à de remarquables résultats grâce aux études techniques effectuées dans des soufflerie-laboratoires. Il était donc tout naturel que les trains circulant sur les voies ferrées bénéficient de ces recherches. Ce furent d'abord les autorails (2) qui, dérivés de l'automobile, furent aérodynamiquement carrossés. La locomotive à vapeur ne connaît ce nouveau progrès que depuis un temps relativement court.

En fait, on se souvient sans doute des locomotives dites « coupe-vent » du P.-L.-M., appellation provenant de la forme allongée en pointe arrondie de la porte de la boîte à fumée située à l'avant. Mais on sait aussi aujourd'hui qu'il ne suffit pas d'effiler la pointe avant d'un véhicule pour le rendre aérodynamique. L'exemple de l'automobile moderne suffit à le prouver. Il est, en effet, nécessaire de réduire, dans la plus grande mesure possible, tous les tourbillons d'air produits par les parties formant saillie sur le véhicule, de même qu'il est indispensable d'éviter le remous constaté à l'arrière, si cette partie n'est pas convenablement étudiée pour accompagner les filets d'air et assurer leur raccordement sans créer un vide retardateur. Evidemment, l'auto peut se permettre cela, puisqu'elle circule en unités isolées ; mais la locomotive à vapeur, suivie de son tender et du train qu'elle remorque ne peut être imaginée ainsi profilée, car l'espace situé entre la machine et le train serait le siège de tourbillons néfastes.

C'est pourquoi il est à peu près impossible de parler d'aérodynamisme intégral pour une locomotive à vapeur isolée. C'est l'en

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 22.
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 3.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

semble du train qui doit former un tout pénétrant avec le minimum de résistance dans l'atmosphère où il se déplace.

Or, la locomotive, telle qu'elle était conçue jusqu'à aujourd'hui, présente de multiples sources de ces résistances grosses « mangeuses » de chevaux. C'est d'abord son maître couple imposant, son avant assez plat, sorte de bouclier pénétrant en force dans l'air. Ce sont ensuite toutes les tuyauteries formant saillies, le dôme de vapeur, la soupape, l'abri du mécanicien dans lequel s'engouffrent de violents tourbillons. C'est aussi le mécanisme, bielles, manivelles, roues, qui brassent violemment l'air. Il est évident que l'on ne peut songer à supprimer ces organes indispensables à la machine. On a donc cherché à en combattre les effets par l'emploi d'un carénage aérodynamique, de même qu'en automobile la forme de la carrosserie tend vers le même but.

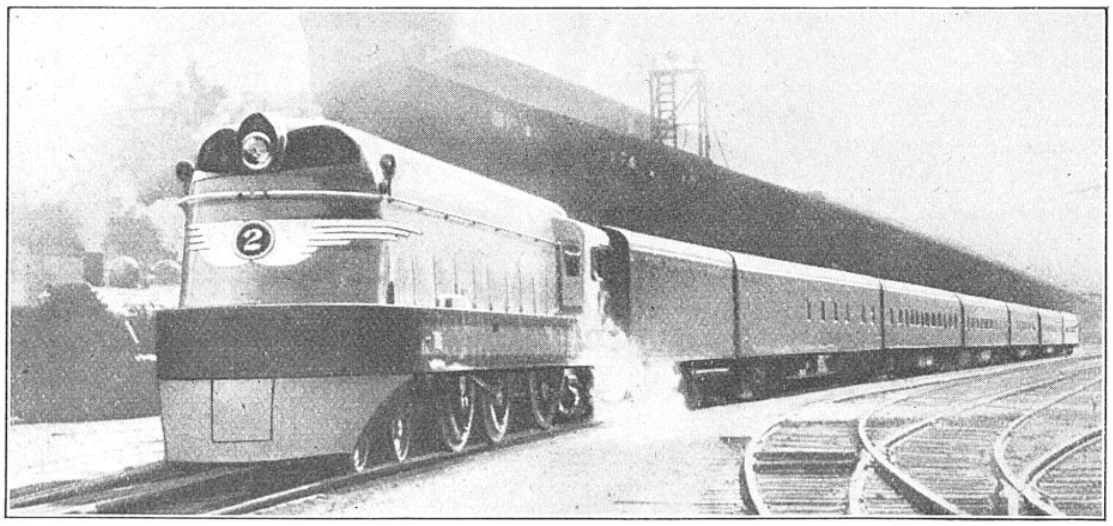


FIG. 7. — L'EXPRESS AÉRODYNAMIQUE DU « CHICAGO-MILWAUKEE-SAINT-PAUL AND PACIFIC RAILROAD » RELIE MILWAUKEE A CHICAGO (136 KILOMÈTRES) A LA VITESSE MOYENNE DE 145 KILOMÈTRES A L'HEURE, AVEC UN MAXIMUM DE 166 KM-HEURE

Le train aérodynamique du P.-L.-M.

Nous l'avons dit, la locomotive ne peut être considérée isolément, mais avec le train qu'elle remorque. Si, à la vitesse de 120 km-heure, on évalue à 350 ch la part de puissance destinée uniquement à vaincre la résistance de l'air, les remous créés entre les voitures sont également une source de perte de puissance.

C'est donc un train aérodynamique que le réseau du P.-L.-M. a mis à l'essai cette année, train composé d'une locomotive spécialement carénée du type *Atlantic* (1 bogie avant, 2 essieux moteurs couplés, 1 essieu porteur arrière) réputée pour son aptitude aux grandes vitesses, et de trois voitures métalliques à bogies.

Les essais, effectués méthodiquement pendant plusieurs mois, ont pour but de comparer ce train avec un autre convoi semblable, mais non aérodynamique.

Le but poursuivi est d'améliorer l'exploitation des grandes lignes au moyen d'engins susceptibles de transporter, avec tout le confort désirable (1), 200 personnes à des vitesses commerciales de l'ordre de 116 km-heure entre Paris et Marseille, 100 km-heure de Paris à Nice. Les mesures effectuées sur modèles réduits ont montré que le gain produit par le carénage était de l'ordre de 400 ch, à 140 km-heure, sur les 1.500 ch nécessaires à la réalisation du programme tracé.

Voici quelques détails sur ce nouveau train aérodynamique.

Locomotive. — Le mécanisme (roues et bielles) est entièrement masqué par des tôles, une série de portes permettant au mécanicien de surveiller et graisser, pendant les arrêts, les organes mobiles.

L'avant a reçu une forme arrondie, la partie supérieure du carénage pouvant s'ouvrir sur le côté pour démasquer la porte normale de la boîte à fumée. La cheminée affleure à peine la ligne supérieure de la machine ; deux écrans latéraux et deux

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 89.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

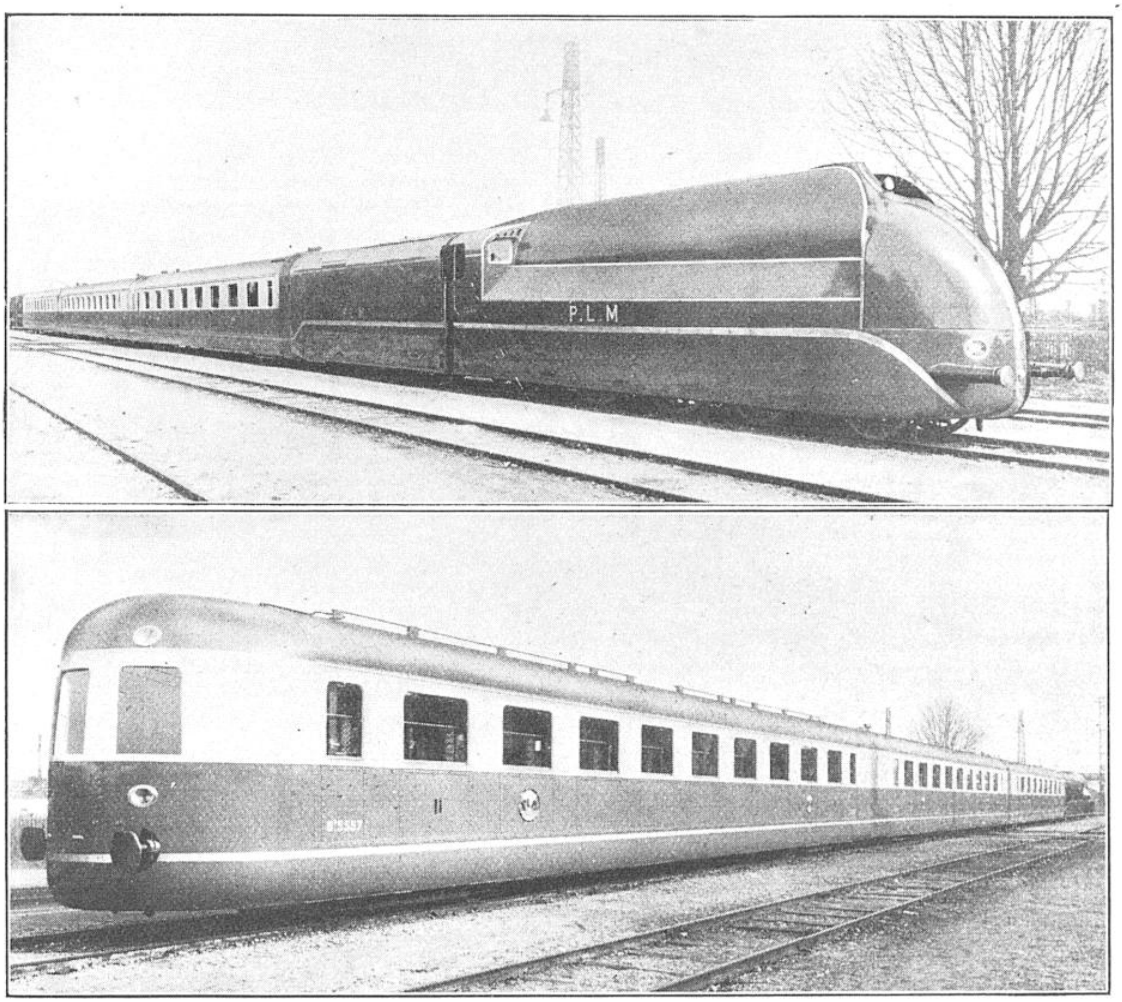


FIG. 8 ET 9. — VUES AVANT ET ARRIÈRE DU TRAIN AÉRODYNAMIQUE DU RÉSEAU FRANÇAIS DU P.-L.-M., QUI, AU COURS DE RÉCENTS ESSAIS, A ATTEINT 156 KILOMÈTRES A L'HEURE, EN RÉALISANT UNE ÉCONOMIE DE COMBUSTIBLE DE 28 % PAR RAPPORT A UN TRAIN COMPOSÉ DE VÉHICULES IDENTIQUES, MAIS NON SPÉCIALEMENT CARÉNÉS

plans inclinés situés à l'arrière de la cheminée doivent, en imprimant à l'air un mouvement ascendant, relever le courant de vapeur et de gaz de la combustion sortant de la cheminée et éviter les rabattements de fumée si gênants pour la visibilité des signaux. Le reste du carénage enveloppe les divers organes faisant saillie (banc de changement de marche, pompe à air, graisseurs mécaniques, etc.). A la partie supérieure, deux ouvertures seulement ont été pratiquées l'une pour le sifflet, l'autre pour l'échappement de vapeur des soupapes de sûreté de la chaudière.

Cette machine « Compound » a reçu, bien entendu, les perfectionnements des locomotives modernes à surchauffeur de vapeur, réchauffeur d'eau d'alimentation, échappement à grand rendement, graissage mécanique très étendu, éclairage électrique des phares, de l'abri, des graisseurs mécaniques placés sous le carénage et auxquels on peut accéder directement depuis le poste du mécanicien.

Tender. — Le carénage du tender a été profilé sur celui de la locomotive. Il comporte trois ouvertures : une à la partie supérieure pour le chargement du charbon (masquée pendant la marche), deux sur les côtés à volets à charnières pour le remplissage des caisses à eau. Toutes ces portes, commandées par câbles ou par barres, sont

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

manœuvrables à distance depuis la plate-forme. L'arrière du tender porte un soufflet en caoutchouc qui permet l'accouplement avec la rame.

Pour rendre possibles les longs parcours, on a choisi un tender du type utilisé avec les locomotives *Pacific* et *Mountain*. Il peut recevoir 7 tonnes de charbon et 30 tonnes d'eau. Ainsi, le trajet Paris-Lyon (511 kilomètres) sera effectué sans ravitaillement intermédiaire en charbon et un seul en eau.

Voitures. — La rame comprend trois voitures métalliques à bogies : une de 1re classe (48 places) ; deux de 2e classe (144 places). Chaque voiture est carénée à sa partie inférieure, avec porte de visite pour chaque roue. Des soufflets en caoutchouc, évitant toute solution de continuité, réunissent les voitures entre elles. Enfin, chaque extrémité de la rame a reçu une forme aérodynamique compatible avec l'accouplement au tender.

Au cours des premiers voyages effectués avec ce train au mois d'avril, le temps mis de Lyon à Paris a été de 4 h 53 avec un arrêt de 13 minutes. En service normal, l'arrêt n'aurait été que de 5 minutes et le temps de 4 h 45, correspondant à une vitesse moyenne de 107 km-heure. La vitesse maximum atteinte fut de 145 km-heure.

Aux derniers et récents essais, le train, qui comptait quatre voitures, dont une dynamomètre carénée, put être comparé à un train identique mais non caréné. Le poids était de 199 tonnes. Voici les résultats :

Le gain de puissance fut de 240 ch à 120 km-heure et de 450 ch à 140 km-heure.

Quant à la consommation, une économie de 28 % sur le charbon fut enregistrée sur le trajet Paris-Les Laumes (256 km 7), soit 2 kg 6 de charbon par kilomètre. Le trajet aller et retour était effectué dans la même journée.

Enfin, la vitesse atteinte fut de 113 km-heure en moyenne, et, sur une douzaine de kilomètres, elle fut de 156 km-heure.

Remarquons à ce sujet que les 120 km-heure considérés comme un maximum peuvent fort bien être dépassés sans danger, étant donné les perfectionnements apportés au matériel roulant et fixe. L'essentiel est que les convois puissent s'arrêter sur la distance de couverture fixée par la signalisation.

Le réseau du P.-L.-M., poursuivant ses recherches pour la traction de forts tonnages à de grandes vitesses, va d'ailleurs essayer un nouveau type de train à vapeur. En effet la locomotive à vapeur du type classique, avec roues motrices accouplées, donne lieu, aux grandes vitesses, à des réactions internes dues au mouvement alternatif des bielles et à des difficultés de circulation résultant de la rigidité de l'ensemble des trains de roues accouplées. On a donc pensé qu'une locomotive dans laquelle chaque essieu, indépendant des autres, serait entraîné par un moteur à vapeur à grande vitesse (moteur à vapeur du genre des moteurs d'automobiles) constituerait un perfectionnement intéressant et permettrait d'augmenter la puissance sans accroître ni l'empattement rigide, ni le poids des pièces en mouvement alternatif. Seul, l'avenir pourra justifier cette solution.

C'est à cette conception que répond la locomotive à vapeur de M. Bugatti, qui comporte en outre un nouveau type de chaudière à tubes d'eau (au lieu des tubes à fumée ordinaire), et est chauffée au mazout pour permettre de longs parcours et un service journalier prolongé.

Le train total sera constitué par la locomotive, un tender fourgon à trois bogies et trois voitures légères spéciales. Il sera, bien entendu, profilé au point de vue de la résistance aérodynamique.

Ce train, dont les essais auront lieu en 1936, est prévu pour effectuer d'une traite le trajet Paris-Menton, le total des arrêts ne dépassant pas 28 minutes. On compte qu'il réalisera 80.000 kilomètres par trimestre.

L'aérodynamisme à faible vitesse

La résistance de l'air présente d'ailleurs une importance considérable, dès les faibles vitesses. Ainsi le pourcentage de la puissance nécessaire pour vaincre cette résistance, par rapport à la puissance totale demandée au moteur, est d'environ 25 % à 30 km-heure, 50 % à 50 km-heure, 70 % à 80 km-heure. Ce pourcentage croît ensuite plus lentement. Il est d'environ 78 % à 100 km-heure, 88 % à 150 km-heure, 92 % à 200 km-heure.

Cette remarque a été mise en pratique en Angleterre pour des autobus qui ont été essayés, en modèles réduits, au tunnel aérodynamique.

Ainsi, l'autobus ordinaire à impériale dépense 3,5 ch *pour vaincre la résistance de l'air* à 32 km-heure et 12 ch à 48 km-heure. L'autobus sans impériale (comme à Paris) dépense aux mêmes vitesses, 2 ch et 6,4 ch. Mieux carénés encore, les autobus dépenseraient moins encore. L'économie du carburant qui en résulterait, étant donné le nombre de ces véhicules circulant dans les grandes villes, serait considérable.

JEAN MARCHAND.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'EXPÉRIENCE TROPICALE DE G. CLAUDE CONTRIBUE AU BALISAGE DES ROUTES OCÉANES AÉRIENNES

Par Jean LABADIÉ

L'audacieuse expérience tentée par M. Georges Claude, à bord de son navire-usine Tunisie, *pour l'utilisation de l'énergie thermique des mers (1), s'est terminée, au printemps de cette année, par un échec. Le grand savant a été vaincu par la mer seule, et non par une erreur de conception scientifique : le tube plongeur vertical de grand diamètre, destiné à amener l'eau froide profonde aux condenseurs de l'usine flottante, s'est, en effet, rompu, une fois de plus, pendant la mise en place, sous les chocs répétés dus à la houle. Cette malheureuse et coûteuse tentative ne diminue en rien la valeur de l'idée créatrice de Georges Claude, qui découle de la possibilité de produire industriellement de l'énergie grâce à deux sources, chaude et froide, dont l'écart de températures est aussi faible qu'entre le fond et la surface des mers tropicales. D'autre part, elle est riche en enseignements de toute sorte. C'est ainsi qu'elle a démontré, en particulier, que la création, en plein océan et à l'aide de bateaux de faible tonnage, de points d'observation* fixes, *ne présentait aucune difficulté particulière. Véritables « îles flottantes », mais de dimensions réduites, ces navires ancrés, régulièrement espacés, pourraient jalonner une ligne de balisage et de secours entre l'Europe et l'Amérique, destinée à guider par radiophares les aviateurs dans la traversée de l'océan, à fournir aux services météorologiques les éléments nécessaires à l'établissement rapide d'une carte du temps sur les régions du large, — et aussi, éventuellement, à recueillir les avions en perdition. Grâce à la météorologie précise, au guidage hertzien et au sauvetage en cas de panne, le balisage continu des lignes transatlantiques, de ce fait réalisé, donnerait aux voyageurs de la route océane une « sécurité morale » — selon l'expression de M. Blériot — presque aussi grande que sur les lignes continentales.*

L'expérience de M. Georges Claude démontre incidemment la possibilité d'un balisage continu des routes aériennes transatlantiques

Au printemps de cette année (qui est l'automne dans l'hémisphère austral), l'expérience grandiose d'utilisation de l'énergie thermique des mers se terminait par un accident. Loin d'être irrémédiable, cet accident n'eût été qu'un « incident » si son auteur, M. Georges Claude, ne s'était déclaré vaincu par deux fatalités : 1° des retards, indépendants de sa volonté, provoqués par autrui, qui reportaient dans la mauvaise saison australe la reprise des travaux interrompus ; 2° une situation financière qui l'empêchait de continuer un effort dans lequel une fortune avait été engloutie. Quoi qu'il en soit, le savant a été vaincu par la mer seule, nullement par une erreur de conception. Sa conception demeure entièrement juste : le jour où l'on aura réussi à mettre en place le tube plongeur vertical de grand diamètre qui doit amener l'eau froide profonde aux condenseurs de l'usine flottante (qui s'alimentera, d'autre part, en eau « bouillante » à la surface de la mer), cette usine fonctionnera, sans conteste possible, et fournira le rendement que la théorie comme les essais de Cuba ont permis de calculer avec précision. Nous ne reviendrons pas sur ces aperçus déjà largement exposés dans cette revue (1).

Ce qu'il nous plaît de relever aujourd'hui dans la tentative menée par M. Georges Claude, à bord de la *Tunisie*, au large de Rio de Janeiro (d'octobre 1934 à février 1935), ce sont les enseignements qu'elle nous apporte pour l'établissement de stations flottantes *fixes* en plein océan. Et nous aurons à tirer de ce fait d'intéressantes conclusions concernant la navigation aérienne transatlantique.

Les résultats navals de l'expérience Claude suggèrent l'établissement d'une ligne transatlantique de balisage et de secours

Examinons donc, uniquement, l'aspect naval et maritime de l'expérience Claude.

Ecoutons le récit critique des opérations,

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 208, page 299.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 18.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

tel que le fit M. Georges Claude lui-même à la séance de l'Académie, le 18 mai :

« J'avais décidé d'immerger mon tube sous son flotteur sphérique en mer très profonde, puis de le remorquer lentement jusqu'au point de profondeur voulue — repéré au sondeur ultra sonore Langevin-Florisson — où on le fixerait au sol sous-marin...

« Ce remorquage m'a paru bien risqué et j'ai combiné ce qui suit : installer deux grosses bouées d'amarrage (ou corps morts) en pleine mer, au point de profondeur voulue ; amarrer à l'un de ces corps morts la *Tunisie*, le flotteur sphérique et l'un des chalands porte-tubes ; à l'autre corps mort, les trois autres chalands et le remorqueur ; procéder ensuite à la fixation du tube. »

Voilà donc un projet naval assez audacieux et sortant des usages maritimes courants : faire stationner en pleine mer, par des fonds impressionnants, une flottille de sept unités et, sur ce chantier mouvant, réaliser l'assemblage et l'immersion des éléments tubulaires.

« Nous avons été surpris, continue M. Claude, de la facilité d'installation et d'utilisation de ces bouées en pleine mer, par des fonds de 700 mètres. Ces bouées, de 5 mètres cubes chacune, reliées chacune par un câble d'acier de 32 millimètres à une paire d'ancres pesant 6 tonnes, ont été placées sans difficulté. La *Tunisie* est restée amarrée sur l'un des corps morts pendant quatre jours, avec des périodes assez notablement agitées, sans que ses efforts de traction sur la bande, mesurées au dynamomètre, aient jamais dépassé 5 tonnes, avec un vent de 7 à 8 mètres-seconde et un courant superficiel de plus de 0 m 7 par seconde. Sans doute, cette facilité de mouiller en mer profonde n'est-elle pas ignorée des spécialistes, mais peut-être n'en a-t-on pas tiré un parti suffisant. *Il serait, en effet, facile et peu coûteux, d'après cela, de créer en plein océan, à* L'AIDE DE PETITS BATEAUX, *des points d'observation fixes*, dont les renseignements seraient précieux pour l'établissement des prévisions et même des lois météorologiques.

« En tout cas, *très gêné par l'impossibilité, où l'absence de toute station au large mettait le service météorologique du Brésil, d'annoncer les mauvais temps du Sud-Est et du Sud*, je lui ai fait don, dans ce but, de mes deux corps morts. Faible contre-partie de toutes les prévenances et de tous les services qui m'ont été prodigués là-bas...

« Ce stationnement en plein océan a été l'une des choses les plus intéressantes de notre expédition... »

Du reste, la page de photographies ci-jointe montre combien fut aisée (à partir du jour où fut installé ce chantier de plein océan) l'opération d'ajustage et de pose du tube plongeur. Le flotteur sphérique, surmonté d'un monte-charge destiné à l'enfoncement des éléments tubulaires successifs, représentait, avec les contrepoids dont il était affublé, un ludion dont se jouait la houle dans le sens vertical, — mais sans lui imprimer aucun balancement latéral, — *ainsi qu'il avait été prévu.*

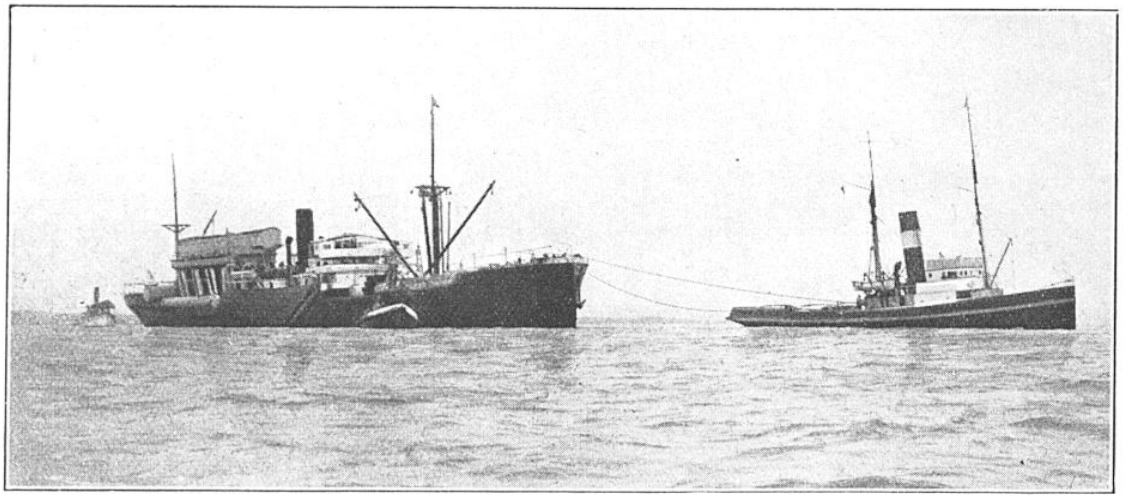


FIG. 1. — LA « TUNISIE » AMARRÉE, POUR LES EXPÉRIENCES DE GEORGES CLAUDE, AVEC UN REMORQUEUR DE CHALAND, A L'UN DES CORPS MORTS MOUILLÉS PAR 700 MÈTRES DE FOND

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'enfoncement des premiers 40 mètres de tube à travers le flotteur ne comporta aucun incident. Un « caisson d'amarrage » descendait avec le tube : une fois touché le fond, on aurait rempli ce caisson d'un lourd minerai ; il aurait servi d'ancre définitive au tube. Mais, durant la descente, les oscillations verticales du ludion à la houle amenèrent un *battement* entre le tube solidaire du flotteur et le caisson. Des chocs répétés et violents se manifestèrent brusquement. Avant qu'on ait eu le temps d'alourdir le caisson par l'envoi (le long du tube) d'un premier acompte de minerai, le tube se rompait.

Plutôt que de continuer une expérience si coûteuse, M. Georges Claude préféra brûler ses vaisseaux : il dynamita sa pièce maîtresse, le flotteur sphérique. Lorsqu'il s'agira de recommencer, dans un avenir plus ou moins prochain, à l'échelle industrielle, ces incidents seront aisément détournés, — surtout lorsqu'on opérera sur le ponton de plusieurs centaines de mille tonnes qu'exigera l'usine flottante de 4 ou 500.000 kilowatts que nous avons décrite ici, par anticipation, en 1928 (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 129, page 209.

Dans les pays tropicaux, ces vastes pontons, d'utilité industrielle capitale (1), seront évidemment tout indiqués pour l'atterrissage éventuel des avions transatlantiques. Leurs superstructures feront d'admirables aérodromes, dont l'exploitation, représentant un *supplément* de bénéfice, sera quasi gratuite. Mais, généralement assez proches des côtes, ces plates-formes ne marqueront que des étapes auxiliaires, des postes de secours.

Ceci étant retenu pour un avenir plus ou moins lointain et qui n'intéressera, d'ailleurs, que la zone tropicale du globe, nous devons insister sur l'avenir plus immédiat que suggèrent les remarques de M. Georges Claude touchant l'aisance avec laquelle on peut *créer en plein océan, à l'aide de petits bateaux des points d'observation fixes.*

Dans la controverse aéronautique qu oppose les partisans d'« îles flottantes capables de servir de relais aux avions trans

(1) Il suffit pour déclencher de telles entreprise — ou bien d'un appel d'énergie électrique sur un côte tropicale voisine (Asie, Afrique, Amérique d Sud), le transport par courant continu sous-mari étant aujourd'hui parfaitement étudié — ou bie qu'on découvre l'accumulateur léger capable d'a surer le transport utile de l'énergie par bateaux.

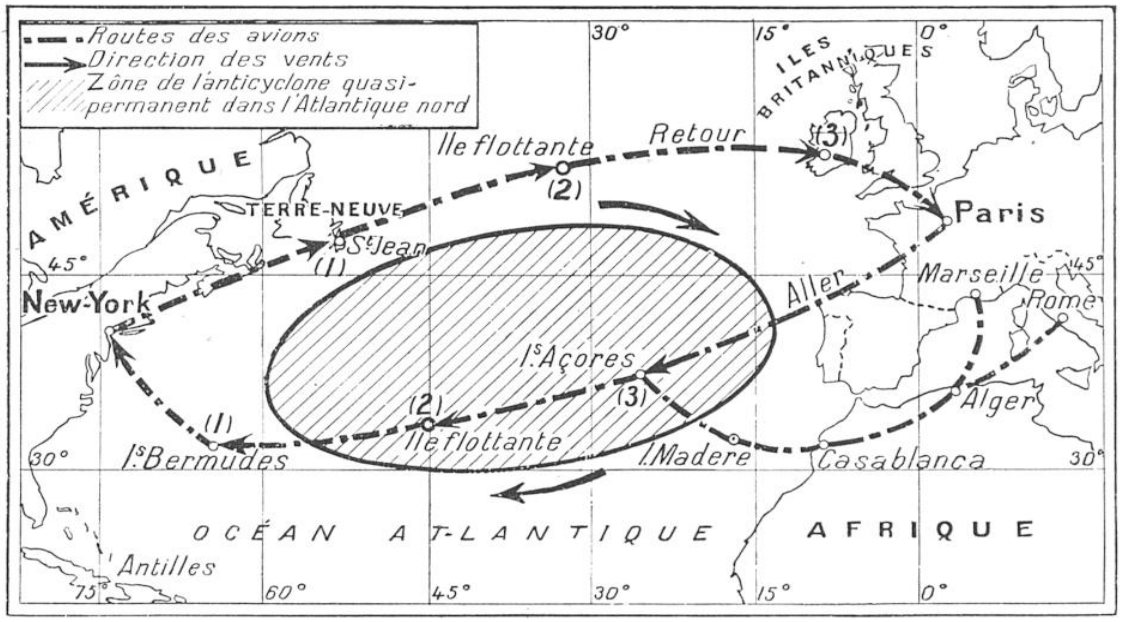


FIG. 2. — LA CARTE DE L'ATLANTIQUE NORD MONTRANT LES ROUTES AÉRIENNES POSSIBLES

En haut : la route du retour (celle de Lindbergh) qui contourne, par le Nord, le « cyclone » permanent des vents orientés comme l'indique les flèches. La route de l'aller utilise ces vents. Les projets les plus larges d'utilisation d'îles flottantes exigent au moins deux îles flottantes marquant des étapes d'environ 1.500 kilomètres. Ces « lignes », suivant la suggestion de notre article, pourraient être simplement jalonnées de 200 en 200 kilomètres de stations-refuges, beaucoup plus faciles à installer, avec bouées intermédiaires de secours servant de balises à la route aérienne.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

atlantiques et ceux des vols d'une seule traite entre l'Europe et l'Amérique, il se pourrait que la vérité se tînt, une fois de plus, au juste milieu, dans une ligne de balisage et de secours que jalonneraient de petites et très nombreues stations. Celles-ci seraient destinées à recueillir non les avions, mais, éventuellement, les aviateurs en perdition, — en tout cas, à les guider par radiophares et à donner enfin aux services météorologiques tous les éléments nécessaires à l'établissement rapide d'une carte du temps très précise des régions du large.

La controverse des « îles flottantes » et du vol transatlantique sans escale

Nous avons déjà donné notre opinion sur la controverse des îles flottantes.

Certes, nous ne pouvons méconnaître la logique de l'argumentation que M. Louis Blériot exposait encore, tout récemment, dans *Excelsior*. « Le but des îles flottantes, dit-il excellemment, n'est pas de rendre les traversées possibles, mais de les rendre « payantes » et sûres. Pour atteindre un rendement intéressant, il faut pouvoir emporter une charge payante suffisante... » Et, discutant de ce point de vue la qualité du fret, l'éminent technicien fait observer que le fret postal actuel de notre ligne de l'Amérique du Sud représente une marchandise *exceptionnelle*, dont le volume ne saurait croître indéfiniment.

En conséquence, d'après M. Blériot, l'aviation transatlantique doit s'organiser pour vivre d'un fret « bien moins rémunérateur », mais d'un tonnage susceptible d'accroissement. « Ce fret, reconnaît-il, est moins dense ; il faut donc non seulement emporter une quantité plus grande de combustible, mais, à poids égal, il lui faut beaucoup plus de place. Il faut donc faire le sacrifice d'accepter *un fuselage à grand maître-couple, à moins qu'on ne s'oriente vers l'aile habitable.* »

La logique du technicien aboutit à poser le problème de façon très rigoureuse. Mais à le poser à partir de postulats qu'il est loisible de discuter.

Commercialement, d'abord, il ne nous paraît pas évident que le fret actuellement exploité par l'*Air-France* sur l'Atlantique-Sud ne soit pas précisément *le fret prototype* de l'aviation transatlantique immédiate.

D'abord, le courrier précieux et rapide peut se développer, et se développera même *du seul fait qu'il aura le moyen d'exister.* Il est assez peu discutable que le trafic aérien de l'Atlantique-Nord (Europe-Etats-Unis) offre un plus grand avenir que celui du Sud. Ensuite, ce n'est pas lorsqu'un paquebot comme *Normandie* (1) effectue la traversée en quatre jours (avec réduction de vingt-quatre heures pour le courrier, si l'on fait intervenir l'avion catapulté) qu'on peut espérer concurrencer ces *trois jours de traversée* par une aviation volant « à tire d'aile », d'île en île. Les escales et leur perte de temps empêcheront que la traversée aérienne tombe au-dessous de trente heures. Le gain de temps, fût-il de quarante-huit heures, ne justifiera nullement le transfert du fret de second ordre dont parle M. Blériot (messageries) du paquebot à l'avion.

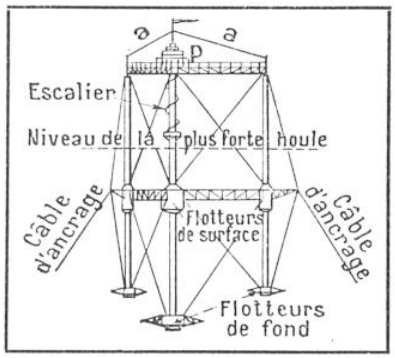


FIG. 3. — LA STATION-REFUGE « TRIPODE », TELLE QUE L'AVAIT PROJETÉE PRIMITIVEMENT LA SOCIÉTÉ ARMSTRONG POUR SERVIR D'INTERMÉDIAIRE ET DE SECOURS ÉVENTUEL ENTRE DEUX ILES-AÉRODROMES

Une rampe hélicoïdale permet d'accéder de la mer à la plate-forme où se trouve un phare hertzien gardé par des veilleurs et un météorologue.

Si nous nous en référons aux termes mêmes du technicien, l'aéronef serait « à maître couple élevé », — donc à finesse réduite, donc à vitesse relativement basse. C'est pourquoi, en estimant à trente heures la traversée totale de l'aérodrome de départ à celui d'arrivée, nous croyons ne causer aucun tort à la conception de M. Blériot.

Mais, chez M. Blériot, pionnier impénitent, l'espoir latent en l'avenir reparaît le plus naturellement du monde, lorsqu'il ajoute : *à moins qu'on ne s'oriente vers l'aile habitable.* Et ceci, c'est l'horizon ouvert de nouveau à la finesse, aux grandes vitesses, bref, à la réalisation *commerciale* du « temps record » de la coupe Deutsch de la Meurthe : hier 444, et demain 500 km.-heure. Si l'on entre dans ces vues, l'île flottante sombre... dans l'inutilité.

Or, il convient de l'admettre.

En nous réservant de revenir sur ce sujet, que nous avons déjà traité, on peut considérer que le progrès de la vitesse par accroissement de la finesse ne fait que commencer

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 216, page 511.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sa courbe ascendante. L'audacieux raisonnement par induction qui a guidé le précurseur de la finesse, M. Riffard, dans la construction de ses avions de course (1) est valable, de toute évidence, pour les avions de commerce. Ceux-ci, qui retardent toujours sur ceux-là (mais avec une admirable régularité) d'environ quatre ou cinq ans, verront certainement leur puissance tomber, pour une même vitesse, dans la même proportion que tomba la puissance du *Rafale* (350 ch), relativement à celle de son concurrent immédiatement précédent, l'avion de *Wedell* (900 ch). La finesse du même appareil perfectionné pour la coupe de 1935 *(Caudron-Renault 460)* atteignait le chiffre 16, avec une charge au mètre carré de 36 kilogrammes et 2 kg 85 au cheval. L'accroissement de dimensions (l'extrapolation) d'une telle formule n'en fera pas baisser les caractéristiques, loin de là. Un grand appareil « à aile habitable », pour emprunter l'expression de M. Blériot, — habitable surtout pour du courrier et des messageries rapides, sans parler des passagers pressés sacrifiant volontiers le confort pour un voyage très court, — un tel appareil pourrait bien se présenter, d'ici peu de temps, avec une masse totale de 10 ou 12 tonnes que véhiculeraient 3.000 ch, à près de 500 kilomètres à l'heure. La traversée transatlantique-nord en douze heures!

Commercialement, il restera à savoir s'il vaut mieux assurer le passage d'une tonne de fret avec escale sur île flottante (et le retard qui s'ensuivra), ou s'il est préférable de ne transporter que 500 kilogrammes sans escale, le carburant accaparant le reste de la charge utile. Ceux qui croient réellement à la « courbe en chandelle » du progrès immédiat n'hésitent pas à faire entrer en ligne de compte les perfectionnements en cours du Diesel d'aviation (2). Dès maintenant, le gain de consommation en poids (160 grammes d'huile lourde au cheval au lieu de 240 grammes d'essence) du Diesel prime l'infériorité de sa puissance massique pour un grand avion, *à partir du 1.500e kilomètre de vol.*

Que le Diesel atteigne la puissance massique de son concurrent à essence, et le vol transatlantique recevra, de ce fait, une prime considérable.

Bref, et sans approfondir outre mesure ces vues encore anticipées, nous pensons, avec de nombreux techniciens, — parmi lesquels M. Couhé, directeur de l'Aéronautique civile, commerciale — que le vol transatlantique direct deviendra bientôt une réalité, avec d'énormes avantages de *vitesse* sur le même vol en trois ou quatre étapes.

Mais, ceci admis, il faut revenir à cette partie du texte de M. Blériot qui concerne la « sécurité morale ». « J'entends par là, écrit-il, la *certitude* qu'une panne stupide à mi-chemin entre les points terminus du trajet prévu ne conduira pas à une catastrophe, à la perte en pleine mer. Pour arriver à cette certitude, il faut offrir aux voyageurs cette *sécurité visible* que, seules, des stations-service, échelonnées en nombre suffisant tout le long du parcours, peuvent lui donner. »

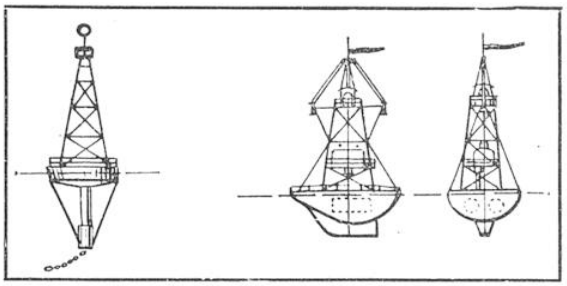


FIG. 4. — DIVERS TYPES DE BOUÉES-BALISES POUVANT COMPORTER UN PHARE HERTZIEN A FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Ces bouées sont destinées à prendre place, en plus ou moins grand nombre, entre les stations-refuges ancrées au milieu des océans. Elles constituent elles-mêmes des refuges provisoires très suffisants.

Une ligne de sécurité, non de « stations-service »

Permettons-nous d'observer qu'une « panne stupide » peut aussi bien surprendre l'avion transatlantique à une distance trop considérable de l'île flottante pour qu'il puisse l'atteindre en vol plané.

Notons encore la difficulté, pour un pilote, de repérer l'aérodrome marin « isolé » dans l'immensité. Les erreurs d'une route calculée sur des étapes strictes se paieront très cher, du point de vue « sécurité morale ».

Imaginons, au contraire, l'avion équipé pour la traversée directe — un avion à roues, capable de se poser sur l'eau, tel que l'a décrit M. Couhé. Et supposons que la route aérienne transatlantique soit jalonnée non par trois ou quatre îles géantes, mais par trente « îlots », trente petites stations échelonnées de 200 en 200 kilomètres. Ces stations comportent un équipage de veilleurs, de météorologues, de radiotélégraphistes. Elles sont munies de tous les signaux lumi-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 23.
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 11.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

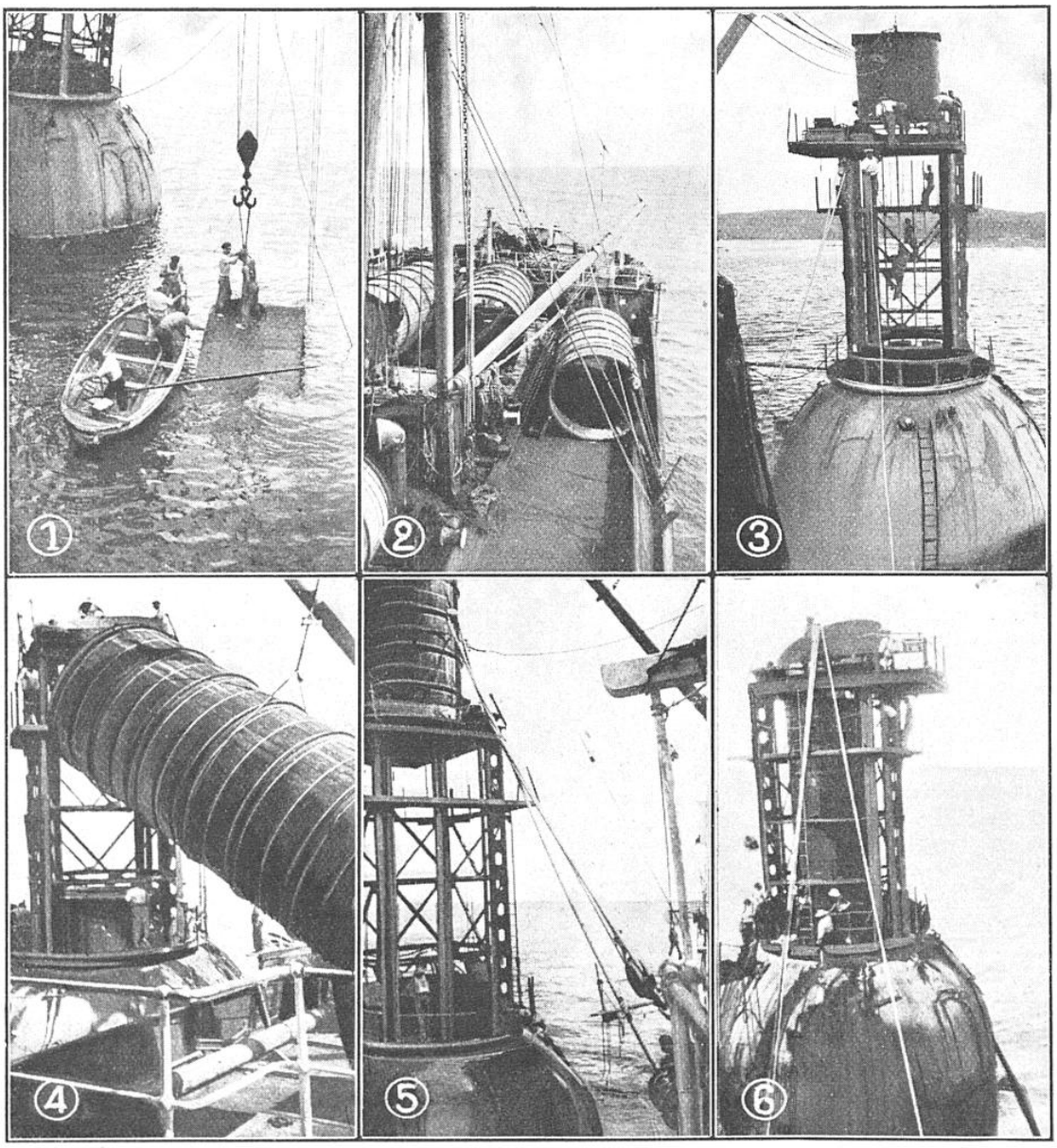


FIG. 5. — LES PHASES DE LA POSE DU TUBE PLONGEUR DE L'USINE FLOTTANTE G. CLAUDE

1) *Le flotteur sphérique étant en place, une grue amène le « caisson d'amarrage » qui va descendre en entraînant l'extrémité du tube, au fur et à mesure de son immersion ;* 2) *Quelques éléments du tube portés par l'un des chalands ;* 3) *La mise en place de l'élément zéro qui, fixé à son extrémité, sera directement lié au caisson ;* 4, 5, *et* 6) *Les diverses phases de la pose d'un élément standard du tube. Cet élément, recouvert d'un calorifugeage en bois, est plus long que l'élément zéro. Une fois disposé verticalement dans le monte-charge du flotteur, on le laisse s'enfoncer, puis on le boulonne à l'élément suivant, etc.*

neux et hertziens techniquement réalisables. L'avion transatlantique, victime d'une panne à mi-chemin de l'une à l'autre de ces stations, ne doit faire, au maximum, que 100 kilomètres en vol plané, ou en chute ralentie, pour venir se poser à portée des sauveteurs.

— Cent kilomètres de vol plané ! Y pensez-vous ? retorquera-t-on peut-être.

— Nous parlions, plus haut, de « finesse ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

C'est précisément au vol plané que se mesure la finesse. La finesse, qui est de 16 aujourd'hui, montera certainement jusqu'à 20. Cela signifie qu'à 5 kilomètres d'altitude, dans ce dernier cas, et à 6 kilomètres et demi dans le premier, un avion peut planer justement jusqu'à 100 kilomètres de distance. Et l'avion transatlantique rapide sera un avion d'altitude.

Dès lors, dans le cas le plus défavorable, en cas d'accident, mais aussi la sécurité normale faite avant tout du balisage de la ligne. Les bouées intermédiaires constitueront, en effet, des balises supplémentaires, lumineuses ou hertziennes automatiques.

Autre chose : un balisage aussi serré d'une ligne aérienne transatlantique dispense l'avion d'emmener un navigateur. Autant de gagné pour le fret — ou le combustible.

Ainsi la *météorologie* exacte et rigoureuse

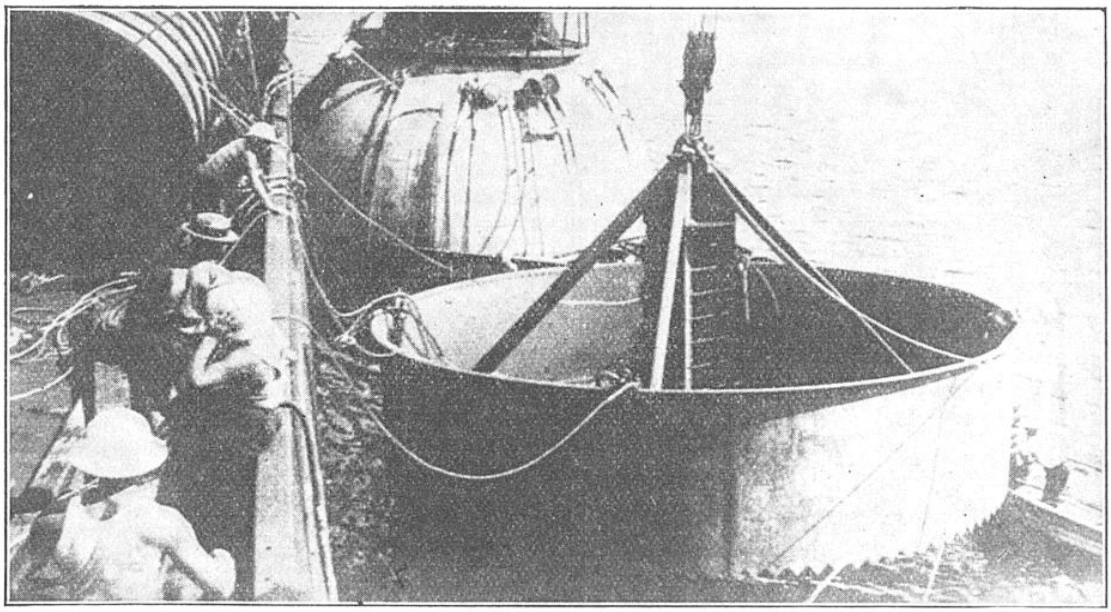


FIG. 6. — LE CAISSON D'AMARRAGE DONT LA PERTE REDOUBLÉE A CAUSÉ L'ABANDON DÉFINITIF DE SON PROJET PAR M. GEORGES CLAUDE

l'avion en panne pourra sauver ses passagers, sinon sa carcasse (et même celle-ci en cas de beau temps et de remorquage possible).

Mais allons encore plus avant dans notre devis. A l'exemple des devis primitifs de la Société des Iles flottantes Armstrong, nous pouvons imaginer des bouées très confortables (encore que de deuxième grandeur), mouillées comme intermédiaires entre les « stations observatoires ». La sécurité se trouve décuplée par ces bouées d'attente offertes aux avions en perdition. La sécurité de la route océane ; le *guidage hertzien ;* le *sauvetage* en cas de panne, sont les trois facteurs qui militent pour le balisage continu des lignes aériennes transatlantiques. Ce balisage ne serait, d'ailleurs, pas sans utilité pour la marine elle-même, puisqu'il faciliterait les « relèvements » des navires de toutes tailles.

C'est à son établissement que fait penser la lecture attentive du compte rendu de M. Georges Claude mouillant sa flottille au large de Rio de Janeiro.

JEAN LABADIÉ.

En Allemagne, on utilise des rondins provenant des forêts domaniales pour le « pavage » des chaussées. Les essais effectués aux environs de Berlin ont été satisfaisants et ont permis de constater qu'on obtenait à bas prix des routes unies, étanches, adhérentes et imputrescibles, grâce à une technique de préparation récemment mise au point et particulièrement avantageuse dans les régions forestières.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE MOTEUR A CHARBON PULVÉRISÉ EST-IL LE MOTEUR DE L'AVENIR ?

Par Jean BODET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Rudolf Diesel, le génial inventeur du moteur à huile lourde, eut le premier l'idée d'utiliser le charbon pulvérisé comme carburant. C'est un de ses collaborateurs, Rudolf Pawlikowski, qui réussit à surmonter les grandes difficultés rencontrées : réaliser une alimentation régulière et réglable, assurer une combustion totale dans les cylindres, évacuer complètement les cendres résiduaires de la combustion. Le fonctionnement d'un tel moteur est d'ailleurs simple et se rapproche de celui du moteur Diesel. Quant à son rendement, il est un peu inférieur (25 à 30 % contre 31 à 35 % pour le Diesel). Mais, fait remarquable, le moteur à charbon pulvérisé peut également être alimenté en huile lourde ou en matières fort diverses (tourbe, herbes sèches, sciure de bois, grains de lin, capsules de coton, tiges de maïs, balles de riz, aiguilles de pin, etc.) convenablement préparées. Déjà un modèle de 450 ch a été établi en Allemagne, et on annonce la construction prochaine, en petite série, de moteurs de 50 à 250 ch. Cependant, ce nouveau genre de moteur n'est pas encore parvenu au stade véritablement industriel. C'est encore un engin lent (550 tours par minute au maximum), d'un prix assez élevé, compensé toutefois par l'économie réalisée sur le combustible. Mais sa carrière commence à peine. N'oublions pas qu'il a fallu de longues années au moteur à explosion et au moteur à combustion interne pour arriver à leur état de perfectionnement remarquable actuel, qui a bouleversé la locomotion mécanique.

L'IDÉE de brûler le charbon, non plus dans le foyer d'une chaudière pour produire de l'énergie par l'intermédiaire de la vapeur, mais directement, sous la forme pulvérisée, dans un moteur, n'est pas nouvelle. Déjà l'Allemand Rudolf Diesel s'était efforcé de mettre au point un moteur de grand rendement alimenté uniquement avec du charbon. Mais les difficultés rencontrées dans cette voie, et que l'état de la métallurgie à cette époque ne permettait pas de surmonter, l'amenèrent à abandonner son idée première et à se consacrer à la mise au point du moteur à huile lourde qui devait le rendre immortel.

Le problème du moteur à charbon pulvérisé restait donc entier et si, aujourd'hui, nous pouvons le considérer comme résolu, au moins dans ses grandes lignes, c'est à un ancien collaborateur de Diesel, l'ingénieur Rudolf Pawlikowski, que nous en sommes redevables.

On peut, certes, s'étonner que le développement de ce type de moteur ait demandé aussi longtemps, alors que dans toutes les branches de la science et de la technique les progrès ont été si rapides. Cela tient à plusieurs raisons. D'abord, du point de vue économique, le besoin n'a commencé à s'en faire sentir que tout récemment. En effet, la souplesse et l'économie de fonctionnement du moteur Diesel, brûlant un combustible bon marché, ont satisfait pendant longtemps les désirs des industriels. La situation a évolué aujourd'hui, puisque la plupart des nations cherchent à utiliser les ressources de leur propre sol pour se libérer des importations étrangères. C'est le cas de l'Allemagne, pauvre en pétrole, mais riche en charbon.

D'autre part, comme nous l'avons dit, les difficultés de réalisation du moteur à charbon pulvérisé sont grandes et les problèmes à résoudre sont nombreux. Il faut d'abord assurer une alimentation régulière et réglable du moteur ; il faut, d'autre part, que la combustion du charbon dans les cylindres soit rapide et complète ; enfin, il faut que les cendres, résidus de la combustion, soient évacuées complètement hors du moteur. Voyons comment le moteur Rupa — ainsi dénommé d'après les deux premières syllabes du nom de son inventeur — accomplit ces fonctions.

Comment fonctionne le moteur à charbon pulvérisé

Prenons, par exemple, un moteur à quatre temps, ce qui est le cas le plus simple. (Rien n'empêcherait d'ailleurs de construire des moteurs à charbon pulvérisé fonction-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

nant suivant le cycle à deux temps.) Le démarrage d'un tel moteur s'effectue, comme pour un moteur Diesel, au moyen d'air comprimé. Après quelques tours de lancement, on ouvre l'arrivée de charbon pulvérisé, à la partie supérieure. Voici alors le cycle des quatre temps :

Premier temps. — La soupape d'aspiration d'air étant ouverte, le piston descend et aspire de l'air dans le cylindre. En même temps, la soupape d'arrivée du charbon pulvérisé s'ouvre, et de la poudre de charbon, agitée par des moulinets d'alimentation, le courant d'air qui les traverse entretient la turbulence de l'antichambre et empêche le charbon de se déposer sur les parois. La combustion se poursuit autant que le permet la petite quantité d'oxygène présente, et la pression monte ainsi dans l'antichambre jusqu'à atteindre, à la fin de la compression, une valeur voisine de 82 atmosphères.

Troisième temps. — C'est le temps moteur. Le piston redescend, tandis que la surpression de l'antichambre chasse le charbon, brûlé partiellement, à travers les canaux jusque dans le cylindre où il rencontre suffisamment

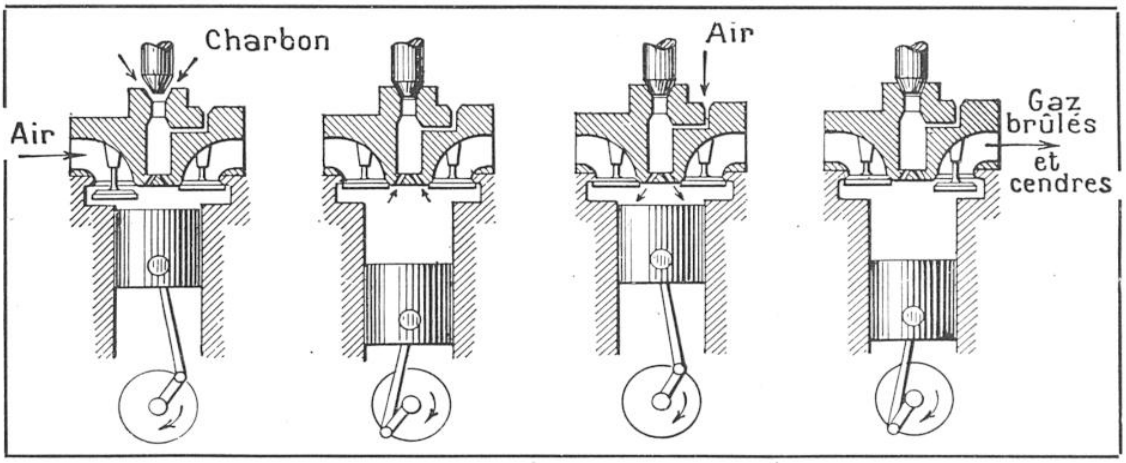


FIG. 1. — COMMENT FONCTIONNE, EN PRINCIPE, UN MOTEUR A COMBUSTION ALIMENTÉ AU CHARBON PULVÉRISÉ UTILISANT LE CYCLE CLASSIQUE A QUATRE TEMPS

Pendant le premier temps s'effectuent l'aspiration de l'air et l'admission du charbon pulvérisé dans la chambre de précombustion (au-dessus du cylindre). Le deuxième temps est celui de la compression et du début de la combustion du charbon dans la chambre de précombustion. Le troisième temps (temps moteur) correspond à la combustion complète du charbon projeté dans le cylindre. Pendant le quatrième temps (échappement) s'effectue l'évacuation des gaz brûlés et des cendres.

(que l'on est d'ailleurs parvenu à supprimer dans les derniers modèles), pénètre en quantité convenable dans une antichambre ou chambre de précombustion. Cette chambre, placée au-dessus du cylindre et en communication constante avec lui, représente, en volume, entre 0,4 et 1,5 % du volume du cylindre, suivant la finesse du charbon et son inflammabilité.

Deuxième temps. — Toutes les soupapes étant fermées, le piston entraîné, comme sur les Diesel, par la force vive du volant, remonte et comprime l'air du cylindre jusque vers 32 atmosphères. Cet air s'échauffe et sa température s'élève alors jusque vers 450 degrés. Un peu d'air comprimé et chaud pénètre dans l'antichambre par les canaux qui la font communiquer avec le cylindre, et la combustion du charbon s'amorce. Ces canaux sont orientés de telle manière que d'oxygène pour brûler complètement. On peut, sur certains moteurs, prévoir à ce moment une injection d'air comprimé (à 60 atmosphères environ) dans l'antichambre, dans le but d'augmenter la vitesse du courant d'air qui entraîne le charbon et d'accélérer la combustion des particules résiduelles.

Quatrième temps. — La soupape d'échappement s'ouvre, et le piston, en remontant, chasse au dehors les produits de la combustion.

Le cycle du fonctionnement du moteur à charbon pulvérisé présente, avec celui du moteur Diesel, de grandes analogies que vient compléter l'emploi d'une chambre de précombustion. Mais on peut noter aussi des différences essentielles. C'est ainsi que, dans le moteur Diesel, le combustible (huile lourde) n'est injecté qu'à la fin de la compression (fin du deuxième temps). Il doit

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

donc être « atomisé », chauffé et brûlé dans un intervalle très court.

Dans le moteur Rupa, au contraire, on dispose d'un intervalle dix ou quinze fois plus long : toute la durée du deuxième temps, puisque le combustible est introduit en même temps que l'air. Notons d'ailleurs, que tous deux, air et combustible, demeurent séparés pendant la compression, si l'on fait abstraction de la petite quantité d'air qui passe dans l'antichambre.

Pendant toute la durée de son séjour dans le moteur, le charbon pulvérisé reste en suspension dans l'air et ne se dépose sur aucune surface où il s'agglomérerait en formant croûte. Les cendres restent aussi en suspension et sont expulsées avec les gaz de la combustion.

L'alimentation du moteur en charbon pulvérisé

L'alimentation du moteur s'effectue par une soupape spéciale dont la fermeture particulièrement soignée empêche les gaz de la combustion d'atteindre la réserve de charbon pulvérisé, ce qui pourrait provoquer une explosion.

La soupape d'alimentation, comme le montre la figure 2, est formée de deux pièces distinctes ayant même axe. L'espace compris entre les deux est en communication avec l'atmosphère, de sorte que si la soupape fermait mal, les gaz de combustion pourraient s'échapper sans atteindre la réserve de charbon.

La figure 2 montre le fonctionnement de cette soupape : la pièce intérieure *1* se soulève la première et entraîne la pièce *2* au bout d'un temps variable. Le mouvement du

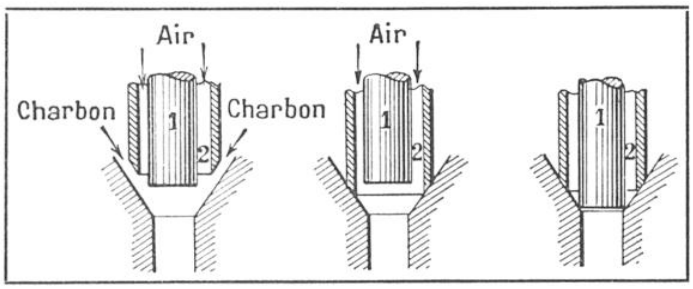


FIG. 2. — COMMENT S'EFFECTUE L'ADMISSION DU COMBUSTIBLE DANS LE MOTEUR A CHARBON PULVÉRISÉ

La soupape d'admission est formée de deux pièces indépendantes, l'une entourant l'autre ; un courant d'air peut circuler entre les deux pour entraîner le charbon pulvérisé dans la chambre de précombustion. La fermeture s'effectue en deux temps, la pièce extérieure s'abaissant la première pour permettre au courant d'air de nettoyer le siège de la soupape. La pièce centrale s'abaisse la dernière et assure ainsi une fermeture étanche.

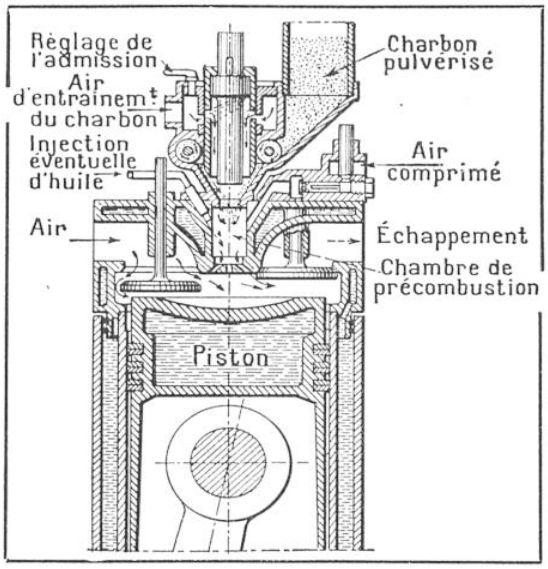


FIG. 3. — COUPE D'UN MOTEUR ALIMENTÉ AU CHARBON PULVÉRISÉ MONTRANT LA DISPOSITION DES ORGANES AU DÉBUT DU TEMPS D'ASPIRATION DE L'AIR DANS LE CYLINDRE ET DU CHARBON PULVÉRISÉ DANS LA CHAMBRE DE PRÉCOMBUSTION

cylindre *2* est réglé d'après la puissance que le moteur doit fournir ; le charbon pénètre dans la chambre de précombustion en quantité variable, aspiré et maintenu en suspension par le courant d'air qui règne entre *1* et *2* pendant le temps d'aspiration dans le cylindre principal du moteur. Le cylindre *2* se referme le premier, tandis que la pièce *1* reste encore soulevée quelque temps ; le courant d'air continue ainsi à souffler et débarrasse le siège de la valve *1* des poussières qui auraient pu s'y déposer, de sorte que sa fermeture est parfaite.

Grâce à cette précaution, le fonctionnement du moteur à charbon pulvérisé ne présente pas plus de danger que la chauffe au charbon pulvérisé, aujourd'hui généralisée dans les centrales thermiques.

Le moteur à charbon pulvérisé est un moteur à grand rendement

Le rendement thermique et la consommation théorique du moteur à charbon pulvérisé sont en principe les mêmes que pour le moteur Diesel, puisque tous deux

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fonctionnent dans des conditions presque identiques. En pratique, le rendement thermique ne dépasse pas 25 à 30 % chez le moteur Rupa, contre 31 à 35 % pour le Diesel. Le rendement mécanique, par suite des frottements, est aussi bien inférieur. Il faut donc compter une consommation de 2.000 à 2.500 calories par cheval-heure effectif.

Le problème capital : réduire l'usure des pièces mobiles

Le point le plus délicat dans la construction du moteur à charbon pulvérisé est l'usure rapide qu'éprouvent toutes les pièces soumises au frottement : soupapes, segments du piston, parois du cylindre, etc. Cette usure avait pour effet, dans les premiers modèles réalisés, de provoquer une baisse notable du rendement après un temps de fonctionnement assez court, et d'obliger à des changements fréquents tant de segments de piston que de chemises de cylindre.

Aujourd'hui, grâce à l'emploi de matériaux très résistants (fonte très dure, acier nitruré et acier au manganèse), on est parvenu à réduire considérablement l'usure des moteurs à charbon pulvérisé. Dans un modèle récent, on a constaté, après 1.000 heures de fonctionnement, une augmentation du diamètre d'alésage du cylindre dépassant de peu 1/10e de millimètre : l'usure est donc devenue comparable à celles que subissent les moteurs Diesel.

Ajoutons que l'huile de graissage du cylindre et du piston est évacuée séparément pour qu'aucune particule de cendre ne vienne au contact du vilebrequin. Cette huile, une fois filtrée et centrifugée, peut être utilisée à nouveau.

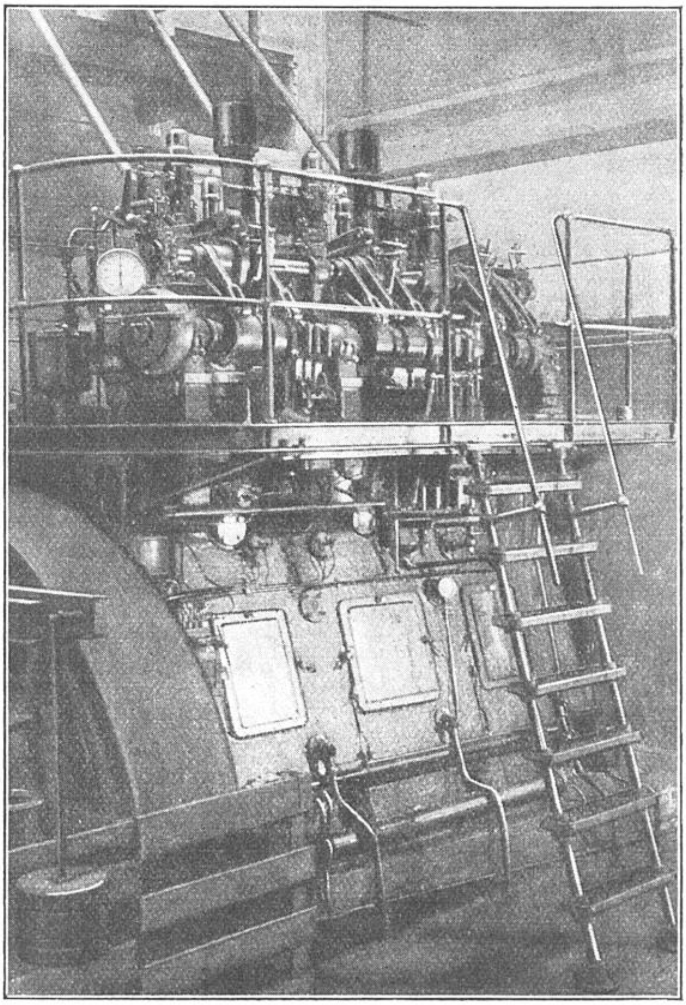


FIG. 4. — MOTEUR A CHARBON PULVÉRISÉ A TROIS CYLINDRES DÉVELOPPANT UNE PUISSANCE DE 150 CH

Il est intéressant de signaler que le trust allemand *I. G. Farbenindustrie*, qui a expérimenté des moteurs à charbon pulvérisé à ses usines d'Oppau, a pu en faire fonctionner pendant plusieurs centaines d'heures en graissant — si l'on peut dire — les cylindres *à l'eau* ; cette eau entraîne en dehors les poussières qui se déposent sur ses parois. Mais le meilleur résultat a été obtenu en amenant d'une manière continue de l'huile sur la surface interne du cylindre, pour que celle-ci ne reste pas découverte au moment où le piston s'abaisse.

Charbon et matières végétales conviennent également à ce nouveau moteur

Le choix de la qualité du charbon est aussi de première importance. Il faut, en effet, qu'il s'enflamme facilement et que ses cendres ne soient ni trop abondantes ni trop dures ; en particulier, elles ne doivent ren

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

fermer ni silice, ni pyrite, ni particules d'acier provenant des broyeurs. Sous ces seules réserves, n'importe quelle sorte de charbon peut convenir après, s'il y a lieu, une préparation particulière pour réduire sa teneur en cendres.

La finesse du broyage influe sur la rapidité d'allumage des particules de charbon, les plus petites s'enflammant naturellement les premières. Dans la pratique, la finesse du charbon pulvérisé, tel qu'il est brûlé dans les foyers industriels, suffit pour assurer une bonne combustion dans les moteurs; elle multiplie déjà par 200 ou 300, suivant les cas, la surface de contact de la matière avec l'air, ce qui permet une combustion beaucoup plus rapide.

Si, cependant, l'inflammation d'une qualité de charbon est difficile, on peut mélanger à elle une autre sorte plus inflammable ou injecter au moment opportun, dans la chambre de précombustion, une certaine quantité d'huile d'allumage, de gas oil, par exemple, qui accélère la combustion du charbon.

Le moteur Rupa peut d'ailleurs être alimenté indifféremment en charbon ou en huile lourde, et il est possible de passer d'un combustible à l'autre à volonté, sans même arrêter le moteur.

Mais, bien plus, rien ne s'oppose à ce qu'on lui fournisse les combustibles les plus divers, depuis la tourbe jusqu'aux herbes sèches, en passant par les sciures de bois, les aiguilles de pin, les tiges de maïs, la balle de riz, les capsules de coton, les graines de lin, etc., etc., bien entendu convenablement séchés et broyés.

Les matières végétales sont même particulièrement avantageuses, car elles contiennent très peu de cendres incombustibles. Pour les sécher, on utilisera avec avantage les gaz d'échappement du moteur.

On voit quels services peut rendre le moteur à charbon pulvérisé, même dans des régions pauvres en charbon, mais possédant des déchets végétaux en quantité importante.

L'avenir du moteur à charbon pulvérisé

Malgré ses qualités, le moteur Rupa n'en est encore, nous l'avons dit, qu'au premier stade de son développement. Il n'en a pas été construit, jusqu'à présent, plus d'une dizaine, et encore ne les a-t-on obtenus qu'en transformant des moteurs Diesel déjà existants. Les modifications qui leur ont été apportées peuvent d'ailleurs être entreprises aisément sur tout autre moteur Diesel, qui deviendrait ainsi capable de brûler, outre le charbon, les huiles de goudron les plus lourdes dont on ne sait souvent que faire.

Cependant, à la suite d'essais systématiques poursuivis ces derniers temps par diverses firmes allemandes — parmi lesquelles la puissante *I.-G.-Farbenindustrie* d'Oppau qui a réalisé un moteur à charbon pulvérisé quatre temps, quatre cylindres, développant 450 ch — il semble que les industriels allemands, et en particulier les charbonnages, aient pris un intérêt nouveau au développement de ce type de moteur. Le gouvernement allemand lui-même en a commandé un de 200 ch et une firme a même annoncé qu'elle entreprenait la construction en petite série de moteurs Rupa de puissances allant de 50 à 250 ch.

C'est là un commencement.

Quel sera l'avenir du moteur à charbon pulvérisé? La réponse à cette question ne peut être précise, car, en compensation de ses avantages, il faut faire entrer en ligne de compte son prix d'établissement assez élevé, son usure encore rapide, la nécessité de soumettre le charbon à un traitement préalable spécial et enfin sa consommation d'huile de graissage élevée (environ un tiers de plus que le Diesel). Il semble pourtant que ces facteurs soient plus que compensés par les économies que l'emploi d'un combustible aussi bon marché que le charbon permet de réaliser.

Jusqu'à présent également, tous les moteurs à charbon pulvérisé étudiés ont été des moteurs fixes, tournant lentement (550 tours au maximum). Pour de nombreuses applications, la traction par exemple, on préfère généralement les moteurs rapides : les Diesel des chemins de fer tournent à 1.000 ou 1.200 tours par minute et ceux des camions entre 2.200 et 2.600.

Il serait injuste pourtant de tracer, dès aujourd'hui, une comparaison trop étroite entre les deux types de moteurs. Le moteur Diesel, tout comme le moteur à essence, a été amené, par une série de mises au point successives, à son haut degré de perfection actuel. Le moteur à charbon pulvérisé commence seulement sa carrière. L'avenir dira si elle doit être brillante.

JEAN BODET.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

DANS LA CHAUSSURE COMME DANS L'AUTOMOBILE, LA RATIONALISATION S'IMPOSE

Par Jean MARIVAL

Au début du siècle, les trois cinquièmes des ouvriers de la chaussure travaillaient encore à domicile. Trente ans plus tard, à la suite des progrès du machinisme dans tous les domaines de la production, la fabrication de la chaussure se fait, pour les quatre cinquièmes, mécaniquement. Ainsi l'organisation scientifique du travail, ou rationalisation des méthodes de fabrication, a conquis le domaine de la chaussure, comme elle avait conquis celui de l'automobile par exemple. Ici comme là, les machines les plus perfectionnées pour la fabrication en grande série, — où à chaque opération correspond une « mécanique » spécialisée et appropriée, — les conceptions les plus modernes de l'organisation du travail (travail à la chaîne) permettent à l'ouvrier d'éviter tout mouvement inutile (système Taylor) et toute fatigue superflue, en amenant à sa portée, au moyen de transporteurs automatiques, les matériaux nécessaires à la confection de la chaussure. L'industrie de la chaussure s'est développée dans presque tous les pays, depuis les Etats-Unis avec 300 millions de paires annuellement jusqu'à la Tchécoslovaquie, où les usines de Zlin constituent l'un des plus grands centres du monde (150 à 160.000 paires par jour, en 1934), grâce à la perfection de son outillage, la rationalisation de ses méthodes, au génie de son créateur, Thomas Bat'a, que l'on peut comparer — sans exagération — à Ford, car, dans leurs champs d'action respectifs, ils représentent les deux types d'industriels les plus évolués à la tête du progrès mécanique. C'est pour cette raison que nous avons voulu montrer ici comment l'industrie tchécoslovaque a le plus contribué à moderniser les procédés d'obtention de la chaussure dans le monde entier. Aujourd'hui, en France, les usines les plus modernes ont su s'en inspirer et peuvent rivaliser avec les installations les plus récentes des pays étrangers.

Généralisation de la fameuse méthode Taylor, dont le but est d'augmenter le rendement individuel de l'ouvrier en réduisant sa fatigue, et qui a permis l'augmentation de la capacité de production en même temps que la diminution du prix de revient, la rationalisation s'applique aujourd'hui à l'usine entière et même à l'économie générale d'un pays. Elle constitue, en somme, une adaptation scientifique des méthodes de fabrication en vue de triompher dans la lutte commerciale : diminuer les prix par la recherche du meilleur rendement et, par suite, de l'extension de la consommation et de l'augmentation des salaires.

Les industries mécaniques ont été les premières à bénéficier des avantages de la fabrication en grande série, grâce aux perfectionnements des machines-outils automatiques (1) et à leur grande précision. Pour d'autres, au contraire, comme celle de la chaussure, les changements continuels de la mode, la difficulté de faire de la « mesure » en grande série, la diversité des matières employées, la complexité des multiples opérations de la fabrication ont retardé l'application de la rationalisation. C'est cependant chose faite aujourd'hui.

Ainsi, la production industrielle de la chaussure atteint à l'heure actuelle de 70 à 80 % de la consommation totale dans les pays occidentaux. La grande majorité des chaussures, même les plus élégantes, sont fabriquées à la machine.

On peut situer environ au milieu du XIXe siècle le point de départ de la chaussure moderne. Le travail exécuté exclusivement à la main exigeait une habileté et une expérience considérables pour la prise des mesures, la création de la forme et des modèles, pour le découpage des semelles, la couture des tiges et le montage.

Cette chaussure faite à la main, comportant de huit à dix opérations différentes, très lentes, était forcément d'un prix très élevé. Plusieurs jours étaient nécessaires pour

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 177 page 245.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

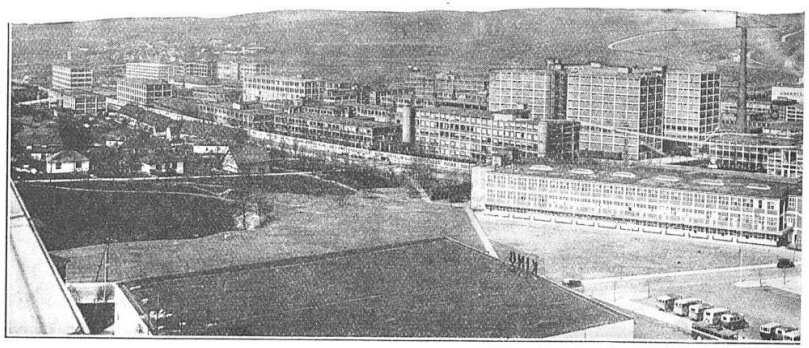
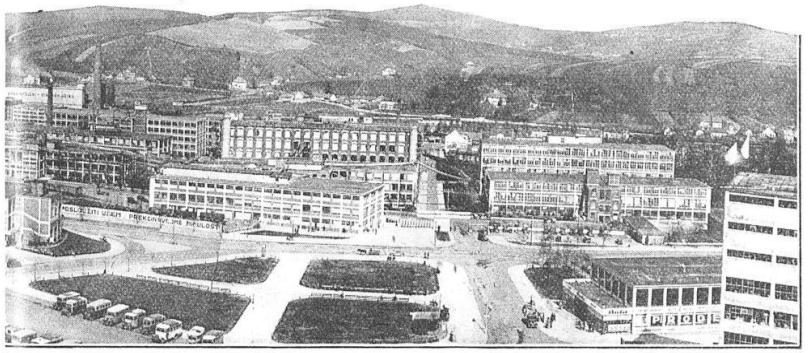


FIG. 1. — VUE GÉNÉRALE DES USINES BAT'A, A ZLIN (TCHÉCOSLOVAQUIE), OU, GRACE A LA RATIONALISATION DE LA FABRICATION ET A L'ORGANISATION DES ATELIERS, DES SERVICES D'ACHAT ET DE VENTE, LA CAPACITÉ DE PRODUCTION ATTEINT 150 A 160.000 PAIRES DE CHAUSSURES PAR AN. 22.500 OUVRIERS SONT OCCUPÉS DANS CES USINES



une paire de chaussures. Différentes machines à coudre, à monter ont permis ensuite de confectionner une paire en dix ou douze heures de travail. La chaussure était, il y a soixante ans, encore un article de luxe.

L'ère de la machine ; les conséquences de son emploi

La création des machines spéciales devait apporter, vers la fin du siècle dernier, une véritable révolution dans l'industrie de la chaussure. Ce sont, pour la plupart, des cordonniers qui les ont inventées pour remplacer le travail difficile et épuisant de l'homme par le travail mécanique. Aujourd'hui, il existe plus de trois cents machines différentes. En effet, la division du travail a porté à 200 environ le nombre des opérations mécaniques pour la fabrication d'une chaussure et il en reste environ 40 faites à la main.

Dans ces conditions, la capacité de production dans les ateliers mécaniques, qui s'élevait avant 1914 à 3 ou 4 paires par jour et par ouvrier, atteint aujourd'hui 5 à 8 paires et même 10 paires pour les modèles simples.

Conséquence immédiate de cet accroissement de production : le prix de la chaussure baissa considérablement et, par suite, la consommation augmenta. Ainsi, dans les pays occidentaux, on comptait à peine une demi-paire par habitant et par an, alors qu'aujourd'hui, les chiffres sont les suivants : Etats-Unis, 3 à 4 paires ; Tchécoslovaquie, Angleterre, 2 à 3 paires ; France, Allemagne, Belgique, 2 paires à 2,5 ; Suisse, Italie, Pologne, Hongrie, Roumanie, 1 paire à 1,5.

Il est à prévoir, d'ailleurs, que cette consommation n'a pas atteint son maximum, si l'on songe que partout on réclame de plus en plus de chaussures spéciales pour les divers besoins. Ainsi, en Amérique, on compte de 7 à 9 paires de chaussures différentes en cuir et 2 en caoutchouc comme stock personnel, qui doit être toujours disponible pour les différents besoins de la vie, pour le travail, pour la promenade, pour les sports, pour la société, etc. Pour les dames, on arrive, toujours en Amérique, à 12 paires.

L'évolution de la machine à fabriquer les chaussures

La fabrication mécanique n'est parvenue à son stade actuel que progressivement. Dans une première phase, nous trouvons l'invention de *la machine à piquer les tiges*, ressemblant d'ailleurs à celle utilisée par les couturières, mais avec un dispositif consolidé. C'est l'Américain Howes qui établit, en 1846, le premier type pratique de cette machine. C'était une machine à navette effectuant 300 points à la minute. L'Anglais Thomas acquit le brevet et en fut le véritable diffuseur. D'ailleurs, l'Américain Singer contribua, par des perfectionnements pratiques, à la populariser.

Vint ensuite la *machine à coudre les semelles*, imaginée en 1858 par le cordonnier américain Blake, perfectionnée ensuite par Robert Mathis et qui s'appela « machine à coudre Mac-Kay ». Dès 1861, elle est utilisée dans les ateliers de William Porter et fils, à Boston. Actionnée au pied, elle a un rendement médiocre. Une nouvelle machine, avec aiguille courbe, fut construite en 1862 par l'Américain A. Destin et complétée, en 1872, par la Société Goodyear.

Jusque là, les semelles étaient fixées par des chevilles en bois placées à la main. En 1857, la machine « New Era », construite par Sterdevan, remplaça ce mode lent et fastidieux par une opération mécanique.

La *presse à semelles*, inventée en 1845, simplifia encore la fabrication, et la *machine à fraiser les talons* fit son apparition en 1877.

Mais, en 1876, apparut la *machine à monter*, qui révolutionna l'industrie de la chaussure. C'est un avocat de Boston, George Kopeland, qui l'imagina.

Enfin, au début de ce siècle, fut inventée la *machine à tirer en longueur*, qui reproduit exactement le travail du cordonnier, c'est-à-dire la mise sur forme de la tige, la tension de la peau par des pinces et sa fixation au moyen de semences. Il fallut plus d'un million de dollars et plusieurs années d'études pour parfaire sa mise au point.

La fabrication mécanique des chaussures

Les machines étant créées, voyons maintenant comment on les utilise dans la fabrication des chaussures.

Voici d'abord la fabrication de la tige. — Un patronnier crée les modèles, les adapte d'après les mesures, les échelles, prépare les séries de toutes les tailles, afin de permettre au coupeur de travailler en série et sans arrêt. Les matières employées pour les tiges sont les cuirs de vachettes, veaux, chèvres, chevreaux, etc. La mode actuelle utilise également des peaux de reptiles de toutes sortes et, pour les souliers de soirée, on se sert de tissus de soie, brochés, etc.

Le découpage à la main et au couteau est remplacé par la broche à l'emporte-pièce. Une simple pression sur une pédale déclenche un marteau, qui s'écrase sur un couteau de 2 centimètres de haut, épousant le dessin de la tige. La même opération se fait pour les doublures. Les morceaux de peaux sont parés, cimentés et repliés, ensuite piqués et perforés, etc., etc., pour former en fin de compte la tige entière.

La fabrication de la tige est, dans son ensemble, uniforme pour tous les principes de montage et de couture employés, qui sont les suivants : couture dans la trépointe, système « Goodyear » ; couture « Black », « Mac-Kay », « Little-Way » ; cheville bois, vissés, cramponné ; retourné ou chausson ; flexible ; collé.

Chacun de ces genres nécessite une préparation différente du cuir à semelles. Pour celles-ci, on utilise le croupon. Le collet et les flancs servent pour les semelles premieres, les contreforts, les bouts durs et les talons.

Principe de la fabrication cousu trépointe. — La semelle première est fixée à l'aide de pointes sur la forme. Les contreforts et bouts durs sont collés dans la tige. Celle-ci est montée par le bout, l'emboîtage et les côtés avec quelques semences (on coupe le surplus débordant), et on coud la trépointe sur la lisse (bord) des premières. La machine à rabattre enlève ensuite toute la matière inutile. Les creux de la semelle première, qui se trouvent sous la plante des pieds, sont remplis par du liège granulé, et les cambrions en bois ou métal sont ensuite fixés dans la cambrure. La semelle est cousue à l'aide de la machine à coudre en trépointe. Une fois le talon fixé et fraisé, les opérations princi-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

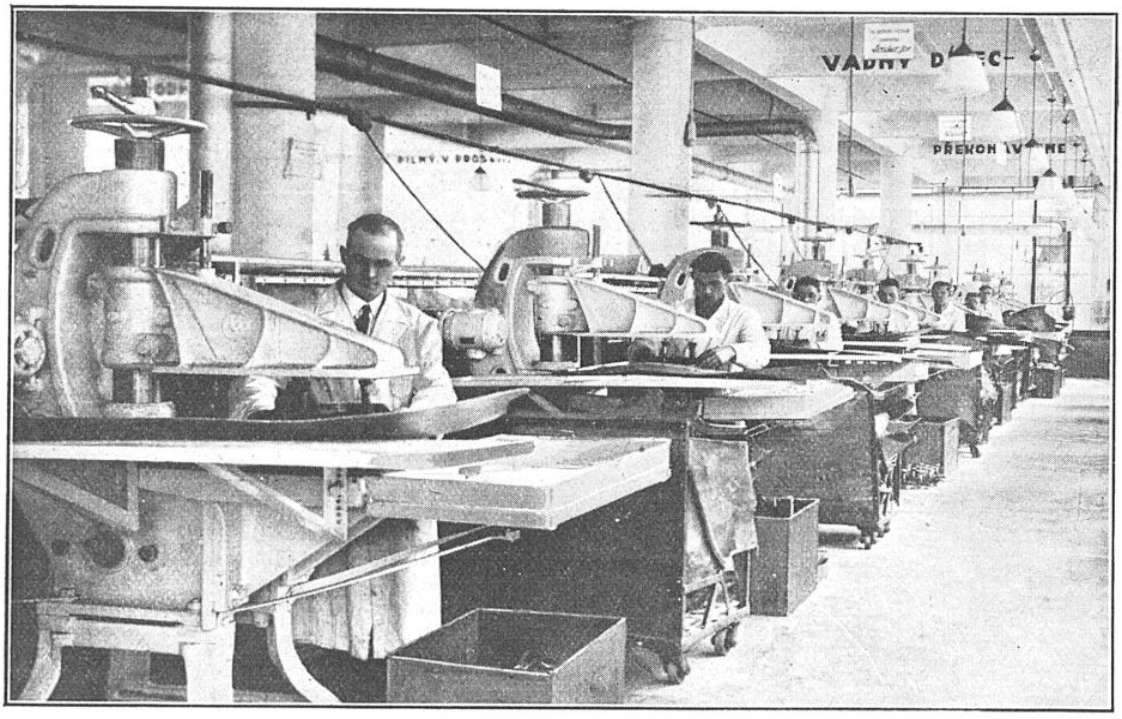


FIG. 2. — LE DÉCOUPAGE DES SEMELLES A L'EMPORTE-PIÈCE A REMPLACÉ LE DÉCOUPAGE A LA MAIN DANS LES GRANDES USINES DE ZLIN (TCHÉCOSLOVAQUIE)

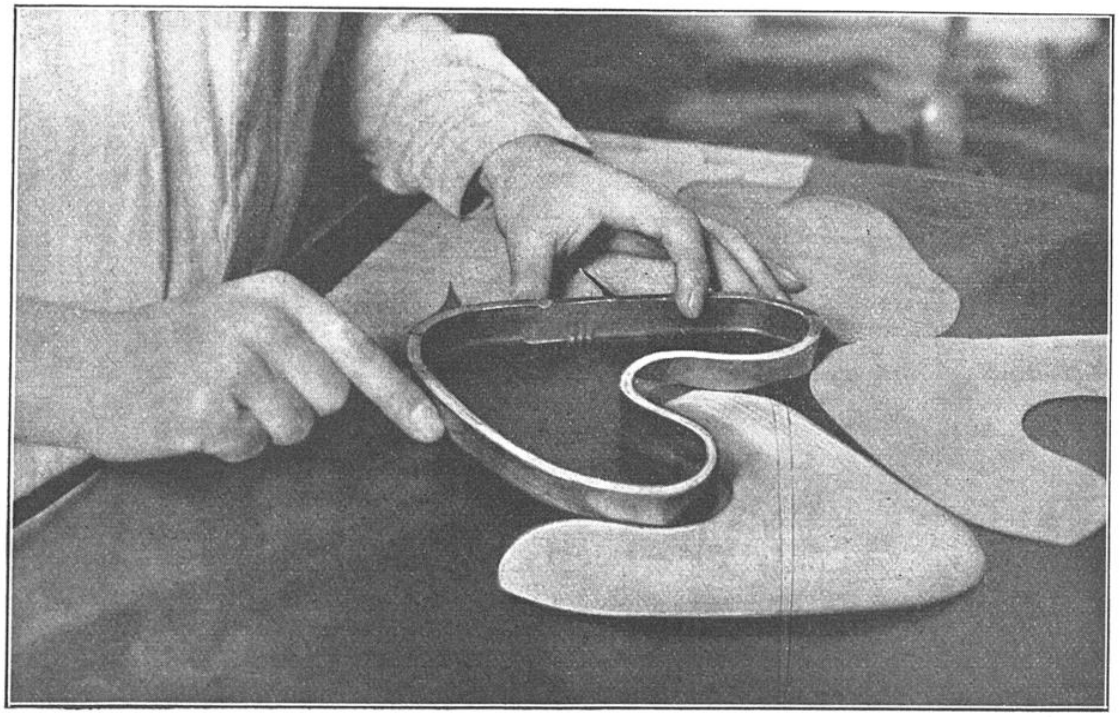


FIG. 3. — LE « PATRON » D'ACIER EST PLACÉ SUR LE CUIR AVANT DE PASSER SOUS LA PRESSE QUI DÉCOUPERA LA SEMELLE D'UN SEUL COUP

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

pales du travail cousu en trépointe sont terminées. La différence entre un cousu trépointe et un cousu « Black » réside dans le fait que, dans la trépointe, la couture se trouve à l'extérieur, et, dans le « Black », à l'intérieur de la chaussure.

La fabrication du cousu « Black ». — Fixation de la semelle première sur la forme à l'aide de crampons, montage des tiges dans lesquelles les contreforts et bouts durs ont été collés par la machine à tirer en longueur.

sures lourdes (clouées) ou pour la chaussure légère (pantoufles, etc.).

Deux grands types d'organisation de l'industrie de la chaussure

La fabrication mécanique étant mise au point, grâce à la perfection de la machine moderne et à la spécialisation des diverses opérations, pour aboutir au travail en grande série, il reste évidemment à concevoir l'organisation générale de l'usine afin d'en obtenir

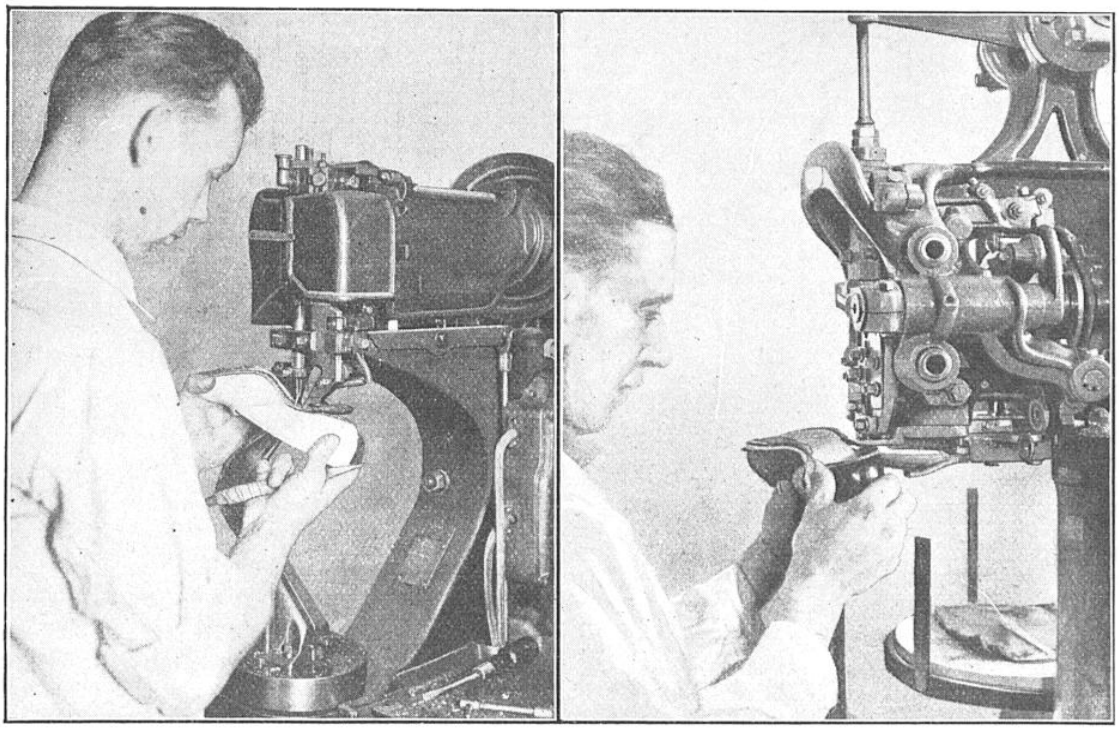


FIG. 4 ET 5. — DEUX OPÉRATIONS MÉCANIQUES POUR LA PRÉPARATION DE LA CHAUSSURE
A gauche, machine à coudre les semelles ; à droite, machine automatique à cheviller.

Les machines à monter montent à la semence, en opérations distinctes, les emboîtages, les côtés et les bouts.

Remplissage au liège et pose des cambrions.

Les semelles préparées, et dans lesquelles une gravure soulevant le cuir tout autour a été pratiquée, sont « affichées » par quelques pointes sur la tige, puis passent à la machine à coudre. Cette machine coud les dedans en dehors la tige, la première et la semelle par une opération unique. Ce principe de couture oblige au retrait des formes de montages. La gravure est collée rabattue et la couture est encastrée dans la gravure fermée.

Les autres méthodes sont plus simples, et on les emploie pour la fabrication des chaus-

le meilleur rendement, tant au point de vue de la capacité de production que de l'abaissement des prix de revient consécutif à cette capacité de production.

Deux types principaux d'organisation se sont développés à cet effet : le premier est employé dans la plupart des fabriques du monde entier, et, notamment, aux Etats-Unis ; le deuxième a été créé par Thomas Bat'a (prononcer *Batia*) pour ses usines de Zlin, en Tchécoslovaquie. La différence principale entre les deux réside dans *l'organisation des éléments techniques*, et surtout dans *le rôle que joue le facteur humain*, l'ouvrier, le travailleur en général, et dans la conception du rôle de l'atelier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

I. — L'organisation américaine

Au point de vue technique de la fabrication, c'est le travail à la chaîne qui est utilisé, tant en Amérique qu'en Tchécoslovaquie. D'ailleurs, on sait que cette méthode est depuis longtemps entrée dans la pratique industrielle dans tous les pays, notamment pour l'automobile, les appareils de T. S. F., etc., en un mot pour tous les articles de grande consommation, dont la fabrication comprend une suite d'opérations plus ou moins compliquées, mais pouvant s'effectuer les unes après les autres.

Dans la fabrication américaine de la chaussure, la manipulation (tiges, semelles) et la confection d'un genre de chaussures déterminé (hommes, dames, enfants, etc.) constituent un ensemble se trouvant généralement dans un seul bâtiment — ou un groupe de bâtiments — et formant, en quelque sorte, une usine autonome spécialisée dans le genre désiré.

En effet, en Amérique, ainsi que dans les autres pays, nous trouvons une série d'usines indépendantes, qui fabriquent uniquement certaines pièces demi-finies. Aux Etats-Unis, par exemple, il y a beaucoup de fabriques qui achètent les semelles déjà coupées et souvent aussi les tiges finies, et qui s'occupent, pour ainsi dire, seulement du montage des souliers. Cette division du travail a certains avantages ; mais, en même temps, elle présente un obstacle considérable, en vue d'une production exactement dirigée d'après les besoins du marché.

Nous verrons que c'est là la différence fondamentale avec le système Bat'a, basé sur l'établissement d'un *plan journalier de travail* et sur *l'atelier*, considéré comme *unité technique fondamentale.*

II. — L'œuvre de Thomas Bat'a

Né à Zlin en 1876, alors petite ville de 3.500 habitants — elle en compte aujourd'hui 40.000, — Bat'a est fils de cordonnier. Il s'établit à dix-huit ans et distribue du travail à une cinquantaine de compagnons travaillant dans son atelier ou à domicile. Après un voyage d'études en Amérique et en Allemagne, il se spécialise dans les articles en toile. En 1914, il occupe 2.000 ouvriers. Pendant la guerre, il se consacre à la chaussure de cuir et adapte sa fabrication aux besoins de l'armée. En 1917, il produit déjà 10.000 paires de chaussures par jour avec 4.000 ouvriers.

L'étape décisive est, pour Bat'a, la revalorisation, puis la stabilisation de la couronne en 1922, stabilisation qui devait être accompagnée d'une baisse importante des prix intérieurs. C'est alors que Bat'a annonce

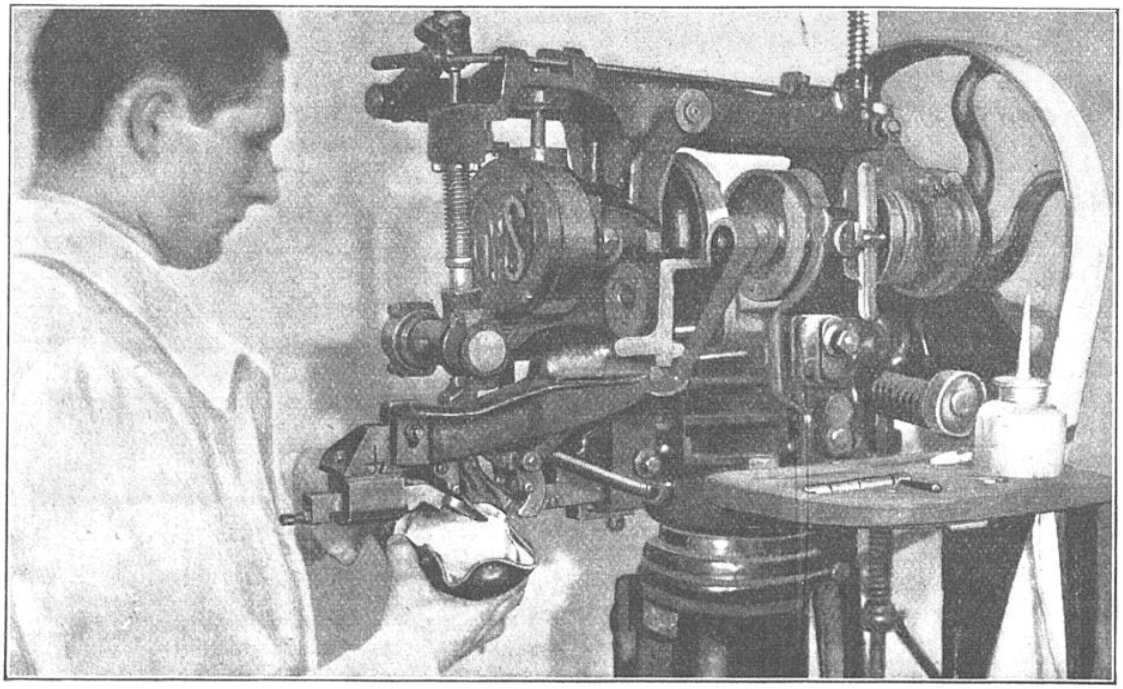


FIG. 6. — LE MONTAGE DE LA TIGE DES CHAUSSURES SE FAIT ÉGALEMENT A LA MACHINE

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

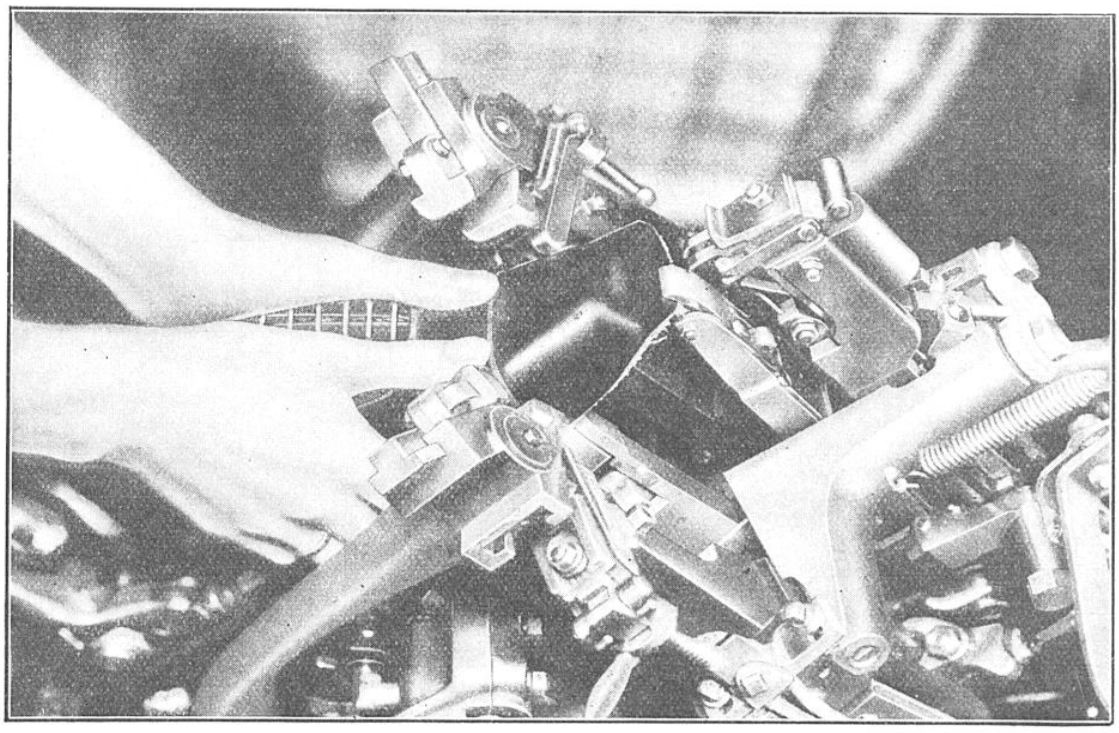


FIG. 7. — VOICI LE MONTAGE ET L'ÉTIRAGE SUR LES BOUTS DURS DE LA TIGE DE LA CHAUSSURE

au public une réduction de moitié de ses prix de vente, et à ses ouvriers, en même temps qu'une réduction, dans les trois semaines, de 40 % sur leur salaire, une baisse immédiate de moitié sur les prix des denrées nécessaires à leur subsistance, fournies par ses magasins. Ce geste audacieux l'amène simplement à réorganiser son usine, et, dès 1924, il connaît une ascension nouvelle. Voici des chiffres : 1923, 1.800 ouvriers, 8 000 paires par jour ; 1924, 3.000 ouvriers, 14.000 paires; 1925, 4.500 ouvriers, 25.000 paires ; 1926, 6.000 ouvriers, 35.000 paires ; 1927, 8.000 ouvriers, 55.000 paires ; 1928, 12.000 ouvriers, 75.000 paires. En cinq ans, la production moyenne par ouvrier passait ainsi de moins de 4,5 paires à plus de 6 paires par jour, en même temps que le prix de revient s'abaissait de 220 couronnes à 53 couronnes.

La production de 1934 atteint approximativement 150-160.000 paires par jour et le nombre des ouvriers s'élève à 22.500 personnes, y compris les ouvriers employés dans les tanneries, dans la fabrication des bas et de la chaussure en caoutchouc, installée en 1928, et des pneus, qui sont fabriqués à partir de l'année 1933.

Le plan de travail. — Tous les services collaborent à l'établissement minutieux du programme de travail. Les modèles sont établis deux fois par an, selon les indications des chefs de la vente et des représentants à l'étranger, qui, d'ailleurs, se réunissent à Zlin au moins deux fois par an pour la discussion des modèles réalisés. Chacun s'efforce alors de retenir à l'avance la plus grande quantité possible de modèles et Bat'a intervient lui-même pour établir un juste équilibre.

Le plan de production est alors arrêté de façon à tirer parti sans aucun arrêt de tout un outillage et à être assuré que toute la marchandise fabriquée soit écoulée d'avance. La première condition est obtenue du personnel ; la seconde est imposée d'avance aux vendeurs.

Une fois les prix de revient fixés, d'après les données fournies par les chefs des services d'achat et de fabrication, ils ne sont plus modifiés de la saison. Le service d'achat doit s'arranger pour fournir la matière première nécessaire aux prix et quantités fixés par Bat'a.

Voyons donc comment est conçue la fabrication elle-même. Nous avons dit que chaque atelier constituait l'unité technique fondamentale. Quel que soit son travail (semelles, tiges, confection, etc.), il forme une unité autonome.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Par suite de la livraison directe, par plans journaliers, des articles semi-finis à l'atelier de confection, *on évite la constitution de stocks de marchandise semi-finie.* Les services auxiliaires livrent chaque jour, à l'atelier de confection, la quantité exacte de matériel nécessaire à l'exécution du plan.

De cette façon, on arrive, dans l'entreprise, à une certaine *autonomie de production* des ateliers qui, bien que dirigés par le service central de la fabrication, travaillent individuellement pour garantir, dans la mesure la plus exacte, le travail de l'atelier suivant.

D'après ce plan journalier, les plans particuliers pour les ateliers auxiliaires (manipulation, cartonnage, etc.) sont répartis en tenant compte des horaires, de telle façon que toutes les pièces nécessaires à la confection des chaussures parviennent à l'atelier au jour et à l'heure fixés, dans la quantité nécessaire à la production de toute la journée, afin que l'ouvrier, en arrivant à son travail, trouve le matériel préparé pour tout le plan journalier.

Cette organisation du travail évite non seulement des retards dans les livraisons et les pertes de temps résultant des réclamations du matériel manquant, mais représente surtout, pour l'ouvrier, la possibilité d'utiliser entièrement le temps et l'énergie dont il dispose pour le travail proprement dit. Les effets sont visibles : d'un côté, un meilleur rendement de l'ouvrier (productivité), et de l'autre, les salaires élevés, qui sont typiques pour l'organisation Bat'a.

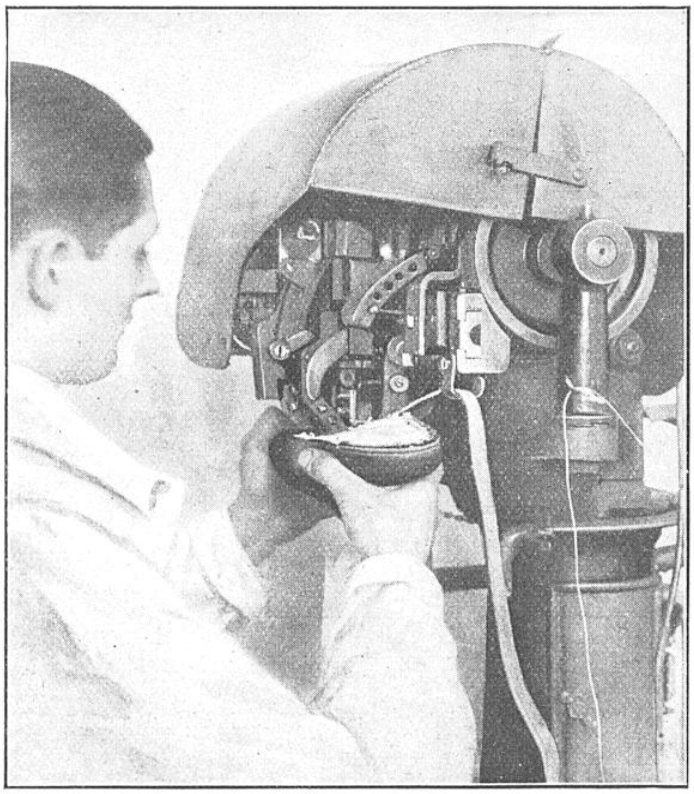


FIG. 8. — COUTURE MÉCANIQUE DE LA « TRÉPOINTE » QUI SERT AU MONTAGE DE LA CHAUSSURE

Mais ils sont surtout frappants en ce qui concerne la diminution du temps de fabrication. La transformation du cuir en chaussure est effectuée aux usines Bat'a en trois jours, alors que, dans les fabriques organisées d'après le système américain, il faut jusqu'à neuf jours. De plus, grâce à l'autonomie des ateliers, le contrôle effectif de la qualité est possible dans chaque stade de la fabrication, car chaque atelier, travaillant comme unité autonome, est directement intéressé à la qualité, à la quantité et au résultat. Un atelier, qui accepte d'un précédent un produit semi-fini, devient, en effet, responsable des malfaçons provenant du précédent atelier.

La production de tous les genres de chaussures est faite, chez Bat'a, dans des bâtiments standard mesurant 80×20 mètres. Toutes ces usines possèdent les mêmes installations, machines modernes, ayant chacune son moteur indépendant. La production est continue et faite d'après des plans fixes dont nous avons parlé plus haut. Des convoyeurs automatiques transportent les marchandises semi-finies. Machines et ouvriers sont installés autour du convoyeur. Le travail avance lentement sur la chaîne passant devant chaque ouvrier. Le transport et l'échange de matières entre les différents ateliers se font par transbordeurs, tapis roulants, chemins aériens, monte-charges, etc. Chaque atelier produit un seul type de chaussure, dont le modèle a été établi auparavant par l'atelier de dessin et de patrons. La comptabilité de chaque atelier est établie

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de façon à permettre à chaque service de prospérer ; le profit est d'autant plus élevé que l'atelier se rapproche davantage de la production prévue. Ceci ne veut pas dire que le moyen principal pour atteindre le plan est l'intensité du travail. Aucunement. L'atelier ne peut pas dépasser les quantités prévues par les plans journaliers. Mais il a la possibilité d'augmenter ses bénéfices de bien d'autres manières : par une utilisation rationnelle du matériel, par une amélioration de la qualité du travail et l'élimination du rebut, donne une mentalité économique et d'entreprise et le pousse à chercher et à comprendre les progrès techniques et économiques qui sont à l'origine de la prospérité de l'atelier. Si, au contraire, l'atelier n'atteint pas le profit prévu ou présente une perte provoquée par des dépenses imprévues, les ouvriers et les contremaîtres n'y participent pas. La participation aux pertes n'existe que pour les directeurs de la production, qui sont responsables de sa bonne direction.

Il faut signaler aussi *le principe de la*

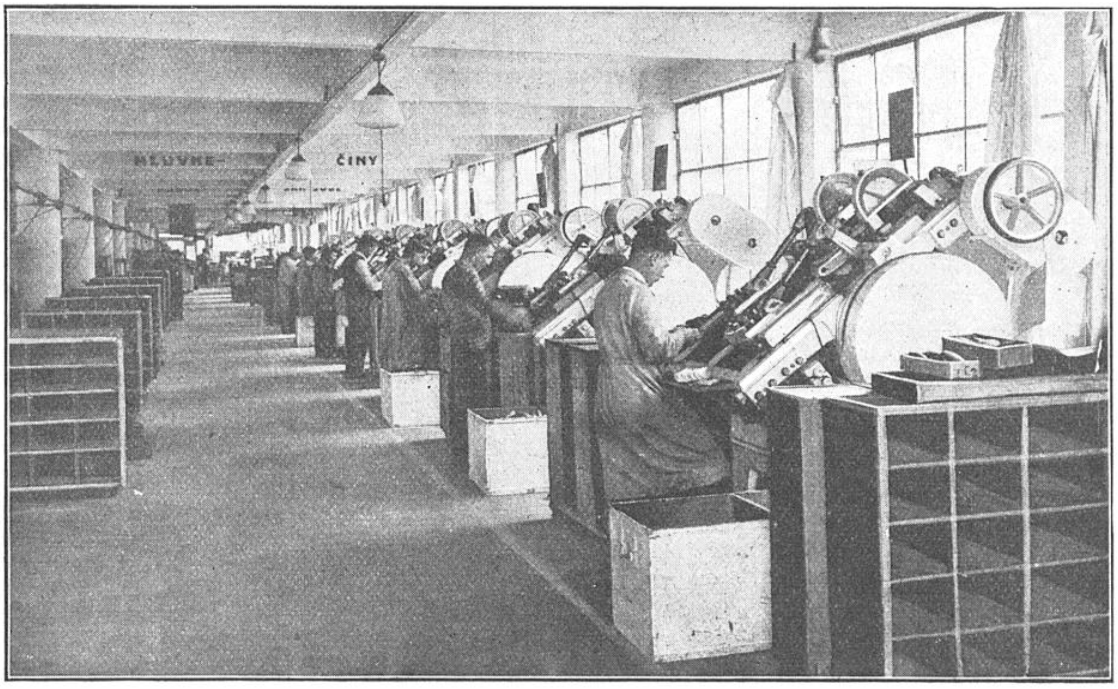


FIG. 9. — VUE GÉNÉRALE D'UN ATELIER DE PRESSES A CONTREFORTS

par des investitions opportunes, par des économies de courant, etc.

Chaque ouvrier connaît les prix de toutes les matières et pièces qui forment le soulier, le prix de la vapeur, de l'électricité, etc. Il connaît aussi les taux fixés pour les différentes opérations du travail et il est obligé de calculer chaque jour, avant de quitter son atelier, son salaire et de l'inscrire sur une table affichée sur la porte. Il a donc toujours la sûreté que son travail sera payé exactement d'après les conditions établies.

A la fin de la semaine, on fait le calcul du bénéfice de chaque atelier, et chaque ouvrier qualifié qui peut influer soit sur le prix de revient, soit sur la qualité du travail livré, reçoit, outre de son salaire, une partie des bénéfices atteints par son atelier, ce qui lui

responsabilité personnelle des différents travailleurs. C'est ce principe qui, à côté des raisons purement techniques, a conduit à une *spécialisation* de grande envergure des processus de fabrication. Un exemple pratique fera mieux comprendre ce principe de spécialisation à outrance :

Un des travaux principaux de la fabrication des chaussures est le montage des tiges sur la forme. Il est subdivisé si minutieusement dans ses diverses opérations qu'un ouvrier monte les côtés du pied gauche des numéros pairs, le deuxième le pied droit pair, et deux autres ouvriers le pied droit et gauche des numéros impairs, de façon que l'unique opération de montage des côtés est effectuée par quatre ouvriers.

Une opération aussi spécialisée facilite

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

le travail de l'ouvrier, mais ne lui permet pas de comparer les deux chaussures formant la paire. Mais l'intérêt commun aux bénéfices et à la prospérité de l'atelier incite l'ouvrier à faire toujours mieux et en plus grande quantité. Comme on sait à quel ouvrier est imputable une opération déterminée, ceci conduit naturellement à l'augmentation de la responsabilité et à l'amélioration du travail. Ce principe donne aussi le droit, pour l'ouvrier, d'arrêter le convoyeur, si toutes les conditions pour permettre un travail régulier ne sont pas réunies (machine défectueuse, mauvais travail de ses prédécesseurs ou manque de matériel, etc.).

D'autre part, les ouvriers ne font pas toujours le même travail ; pour pouvoir juger si le travail précédent est bien fait, chaque ouvrier apprend successivement toutes les opérations de son atelier, de sorte que chacun acquiert, après un certain temps, la capacité de pouvoir juger le travail de l'atelier et la qualité pour avancer à la fonction du contremaître. Du reste, chez Bat'a, il y a déjà quelques ateliers qui travaillent sans contremaître, parce que les ouvriers experts forment une équipe synchronisée et harmonisée.

La Maison Bat'a tend de plus en plus à la formation d'ouvriers spécialistes, sachant établir par eux-mêmes le prix de revient de leur travail et de leur production, sachant juger et suivre les phases successives de leurs opérations, estimant que l'idéal pour tout ouvrier est de savoir travailler à toutes les machines de son atelier. La presque universalité de l'homme mécanique, celui qui possède la pratique de l'utilisation de tous les outils de sa propre branche, crée un type nouveau de technicien que l'on pourrait appeler l'artisan moderne. Dans ce sens, elle éduque déjà depuis dix ans, dans ses grandes écoles spécialisées, sa jeunesse. Et c'est dans ce sens que le système Bat'a (1) dépasse sans doute les frontières étroites d'une seule branche de l'industrie et devient un des éléments sur lesquels est attirée l'attention de ceux qui suivent avec intérêt l'évolution continue des conditions sociales de l'industrie moderne.

JEAN MARIVAL

(1) Bat'a est le seul industriel européen qui, par son organisation, réussit à tenir tête à la redoutable concurrence japonaise, sans réclamer, même dans son pays, des taxes protectrices.

L'année 1934 aura marqué pour l'industrie automobile mondiale la période record de production de véhicules en Europe : toutes les nations ont progressé, sauf la France, qui a légèrement régressé (moins de véhicules industriels en 1934 qu'en 1935) Voici, du reste, les chiffres officiels pour l'ancien comme pour le nouveau continent : Etats-Unis, 2.778.739 en 1934 contre 1.920.057 en 1933; Angleterre, 342.499 contre 286.287 ; France, 189.000 contre 191.500 (en légère diminution) ; Allemagne, 174.655 contre 105.832 (en forte augmentation). Il est certain que le Reich prendra la troisième place dans le monde dès cette année. Le Canada enregistre 116.890 véhicules en 1934 contre 65.924 en 1933 ; la Russie, 72.458 contre 49.372, et l'Italie, 45.551 contre 41.674. Quant à la circulation, il faut noter que la France vient au troisième rang (après les Etats-Unis), avec 1.875.000 contre 1.922.000 en Angleterre, et 810.000 seulement en Allemagne.

Il y a encore lieu de remarquer que, dans notre pays, le nombre de véhicules industriels a fléchi (de 1933 à 1934) d'exactement 4.161. Nos exportations sont de nouveau en légère diminution et la concurrence étrangère (surtout américaine) nous a fait perdre, au cours de ces dernières années, la plupart des marchés que la France avait su conquérir il y a quelque dix ans. Enfin, ajoutons que la consommation de carburants en 1934 a marqué une restriction sensible : 100.000 tonnes d'essence de moins en 1934 qu'en 1933. En France, la nouvelle réglementation établissant la surtaxe sur l'essence (qui date du 1er février 1934) en place des droits de circulation des véhicules, n'a pas donné, dans ces conditions, les résultats escomptés par le Gouvernement qui en attendait un super-bénéfice de 400 millions. En tenant compte des onze mois de l'exercice 1934 pour la surtaxe sur le carburant, l'année écoulée n'aura donné au Trésor que 1 milliard 415 millions, au lieu d'un minimum de 1.600 millions, d'après les prévisions du législateur !

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VOICI LE GAZ D'ÉCLAIRAGE EN BOUTEILLES POUR NOS CAMPAGNES

Par Paul LUCAS

Il est aujourd'hui possible, grâce aux progrès réalisés dans la métallurgie des aciers spéciaux (au nickel-chrome, par exemple), et des alliages légers à haute résistance (type alumag), de fabriquer des récipients à la fois légers et capables de supporter sans défaillance des pressions de l'ordre de 200 kg par cm². Déjà, La Science et la Vie *(1) a montré que le gaz d'éclairage — carburant national — pouvait se substituer à l'essence sur les automobiles (rappelons que les véhicules alimentés de cette manière sont exemptés d'impôts). Les compagnies gazières envisagent maintenant de distribuer leur gaz — comprimé dans des bouteilles spéciales — dans les campagnes et ont entrepris à cet effet, dans le Nord de la France, une expérience de vaste envergure. A Cambrai a été inauguré cette année un poste de compression capable de fournir par heure 200 mètres cubes de gaz sous une pression de 200 atmosphères. Il est encore trop tôt pour se prononcer d'une manière définitive sur la rentabilité d'une telle entreprise, qui se présente cependant d'une manière favorable, puisque les frais de compression ne paraissent pas dépasser 15 centimes par mètre cube. Il va de soi que les mines du Nord et du Pas-de-Calais, propriétaires de fours à coke et disposant à ce titre de grandes quantités de gaz combustible inemployées, suivent attentivement le développement de cette expérience.*

Le gaz et l'automobile

La Science et la Vie a montré, dans un récent article (1), comment le gaz d'éclairage permettait de résoudre, en partie, le problème du carburant national pour les véhicules automobiles. Le gaz de ville — ce nom convient mieux que celui de gaz d'éclairage, car il y a longtemps que l'éclairage n'est plus sa principale application — peut être sans danger comprimé à des pressions de l'ordre de 200 kilogrammes par centimètre carré dans des bouteilles cylindriques spéciales portées par le véhicule, et un montage simple, détendeur-mélangeur très robuste, alimente le moteur à la basse pression convenable. Le moteur du véhicule est, à part ce dernier organe, entièrement semblable à un moteur à explosion d'automobile fonctionnant normalement à l'essence et la quantité de gaz, susceptible de remplacer 1 litre d'essence, reste, en moyenne, comprise entre 1,5 et 1,7 mètre cube.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 251.

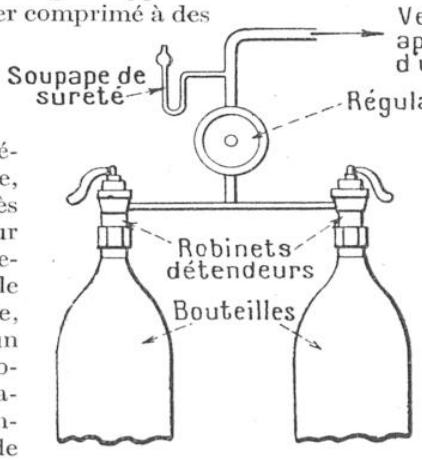


FIG. 1. — EXEMPLE DE MONTAGE DE DEUX BOUTEILLES DE GAZ D'ÉCLAIRAGE COMPRIMÉ CHEZ UN ABONNÉ AU SERVICE DE DISTRIBUTION A DOMICILE

Etant donné le prix du gaz, même en y ajoutant les frais de compression, ce carburant peut donc être économique ; il convient particulièrement bien aux véhicules qui reviennent périodiquement à leur point de départ (camions de livraison, services municipaux d'autobus ou de voirie), car les stations de compression de gaz, indispensables pour le ravitaillement en combustible, sont encore trop peu nombreuses (neuf pour toute la France). On peut compter actuellement en France une quarantaine de véhicules à gaz comprimé en service régulier, dont quelques-uns à Paris même et à Lyon (un autobus, en particulier), et le plus grand nombre dans le Nord et la région de Saint-Etienne.

La distribution du gaz de ville sans canalisations

Le gaz de ville comprimé n'a pas pour seule application la traction automobile. Il permet également d'entreprendre la distribution du gaz sans canalisa-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

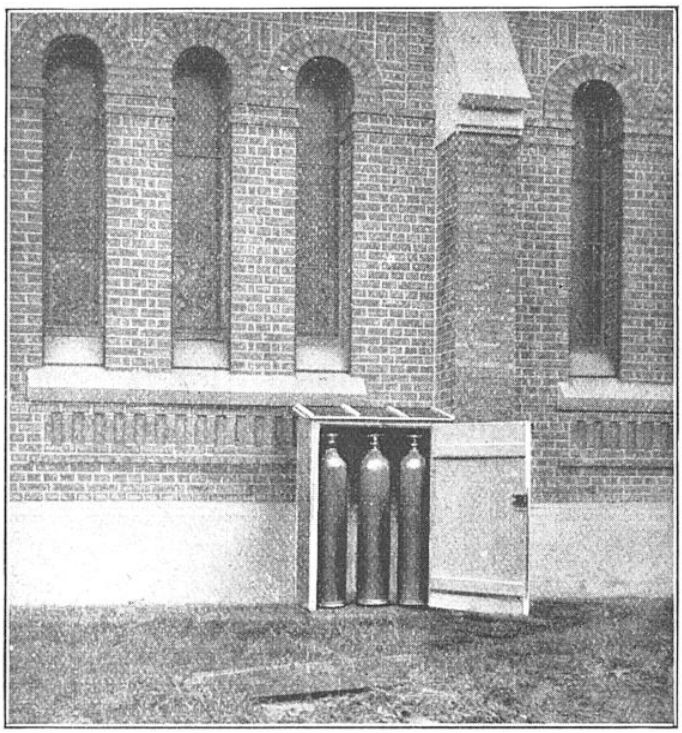


FIG. 2. — BOUTEILLES A GAZ D'ÉCLAIRAGE COMPRIMÉ POUR L'ALIMENTATION DES RADIATEURS DE CHAUFFAGE, INSTALLÉES A L'ÉGLISE DE SAUCOURT (SOMME)

tions, c'est-à-dire son transport, par route ou par voie ferrée, à des distances plus ou moins grandes dans des conditions économiques. A vrai dire, l'idée de transporter du gaz combustible comprimé dans des bouteilles-réservoirs pour ravitailler des clients isolés n'est pas nouvelle. Déjà, en 1855, un entrepreneur de Charonne portait du gaz d'éclairage à domicile dans Paris et quelques communes voisines. Le gaz était comprimé à une pression de 11 kilogrammes par centimètre carré dans de grands réservoirs cylindriques disposés dans une voiture traînée par un cheval. Chez le client, le gaz était emmagasiné dans un réservoir placé sur le toit de la maison, sous une pression de 5 kilogrammes par centimètre carré. Actuellement, aux Etats-Unis, sur une beaucoup plus grande échelle, naturellement, une société, la *Société Pyrofax*, ravitaille régulièrement en gaz comprimé — gaz combustible *naturel*, cette fois — plus de 15.000 abonnés. Nous verrons tout à l'heure ce qui a été fait en Europe pour le gaz d'éclairage comprimé à haute pression.

Le problème du transport du gaz est, avant tout, un problème de métallurgie : il s'agit de fabriquer des récipients aussi légers que possible et, en même temps, capables de résister sans défaillanee à des pressions élevées, de l'ordre de 200 kilogrammes par centimètre carré. Nous disposons, aujourd'hui, de plusieurs types de bouteilles qui donnent pleine satisfaction. Les premières, fabriquées en acier Martin ordinaire et dont le poids mort est trop élevé, cèdent la place aux bouteilles en acier spécial au nickel-chrome ou aux bouteilles en *alumag* (nouvel alliage léger à haute résistance à base d'aluminium et de magnésium) frettées de « corde à piano ». Avec ces dernières, le poids mort tombe à 3 kilogrammes par mètre cube de gaz comprimé à 200 kilogrammes par centimètre carré.

Le problème du transport du gaz est ainsi résolu.

Supprimera-t-on les petites usines à gaz d'exploitation trop onéreuse ?

Mais, dans quels cas un tel transport peut-il être avantageux? En premier lieu, il per-

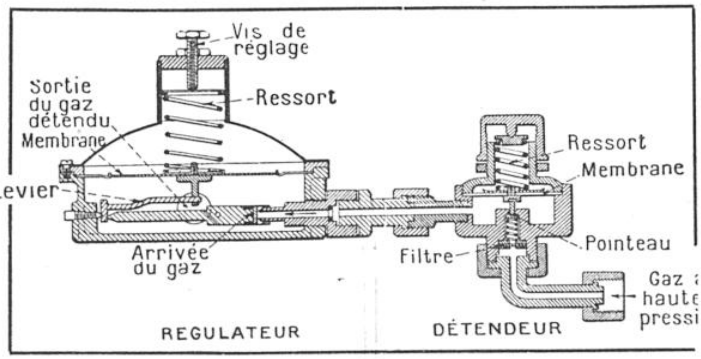


FIG. 3. — COUPE D'UN DÉTENDEUR RAMENANT LA PRESSION DU GAZ DE 200 KG PAR CM² A 90 MM D'EAU

Le gaz à haute pression pénètre dans la chambre du détendeur et déforme la membrane. Le ressort se trouvant comprimé, le pointeau se ferme jusqu'à ce que le gaz quitte le détendeur. Il s'ouvre de nouveau à cet instant, et ainsi de suite. De même, dans le régulateur, le gaz déforme la membrane qui, par l'intermédiaire d'un levier, règle l'arrivée du gaz.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

mettrait de supprimer de nombreuses petites usines à gaz construites dans des localités peu étendues et dont les frais d'exploitation, par suite de leur faible production, sont beaucoup plus élevés que ceux des usines à gaz des grandes villes. Ces dernières, pourvues d'un équipement ultra-moderne, pourraient assurer, par des camions spéciaux, le ravitaillement des gazomètres à basse pression déjà existants dans les petites villes du voisinage, ou, mieux encore, des gazomètres à haute pression construits spécialement à peu de frais. Cette solution serait à préférer à la pose d'une grosse et longue conduite souterraine reliant le réservoir-gazomètre à l'usine centrale, qui reviendrait très cher. Par ailleurs, les canalisations urbaines de distribution du gaz aux particuliers seraient conservées telles quelles. C'est la solution qui fut étudiée en 1930, au IIe Congrès International de l'énergie, par MM. J. Chappuis et André Pignot.

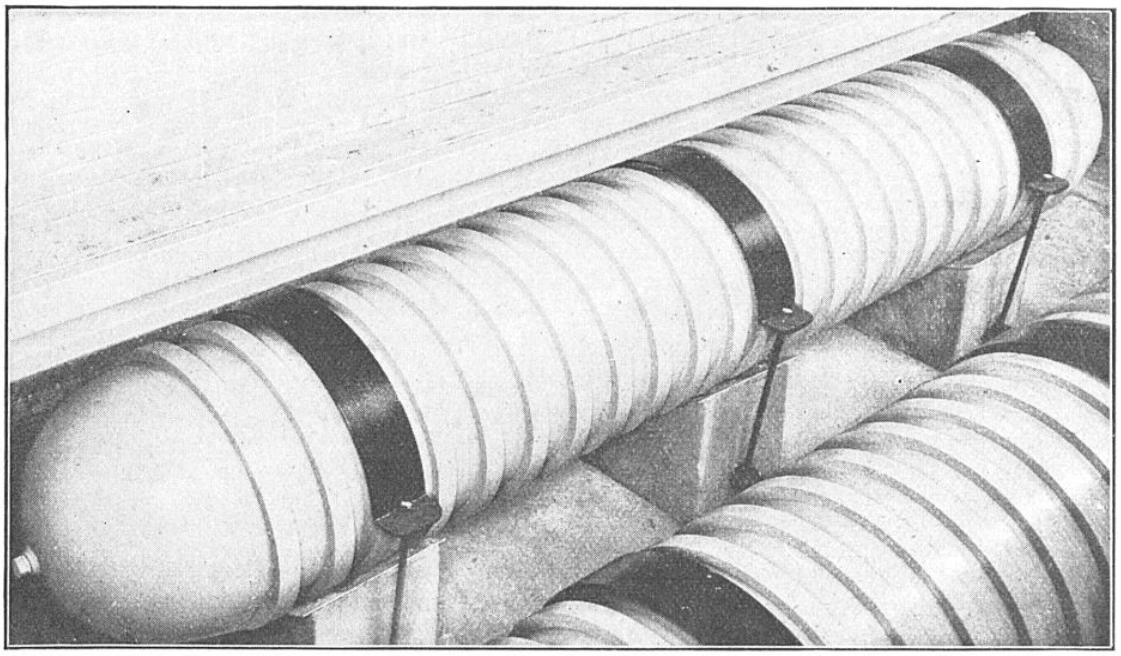


FIG. 4. — ACCUMULATEURS POUR GAZ D'ÉCLAIRAGE COMPRIMÉ A HAUTE PRESSION, INSTALLÉS A LA STATION DE COMPRESSION DE L'USINE A GAZ DE CAMBRAI

La pression de stockage est de 200 kg par centimètre carré. Ces deux bouteilles-réservoirs peuvent contenir 450 mètres cubes de gaz (mesurés à la pression atmosphérique), bien qu'elles n'aient que 4 mètres de long et 0 m 50 de diamètre. Elles sont en acier spécial à base de chrome.

Le gaz pour tous

On peut aussi entreprendre le ravitaillement de clients isolés non rattachés à un réseau de distribution, et même desservir, de cette manière, des villages entiers jusqu'ici privés des avantages du gaz. Chez de tels abonnés, l'équipement est très robuste et peu compliqué. Il comprend d'abord les bouteilles-réservoirs contenant le gaz à haute pression, remplacées périodiquement, lorsqu'elles sont vides, par des bouteilles neuves. Elles sont toujours placées en dehors des habitations et protégées par une couverture en tôle, armoire ou simple capuchon.

Les variations de température ont une influence négligeable sur la pression et la composition du gaz, ce qui permet de les laisser à l'extérieur des habitations sans inconvénient même pendant les plus grands froids. Les bouteilles sont munies d'un robinet-détendeur et d'un régulateur ramenant la pression du gaz à 80 ou 90 millimètres d'eau et d'un dispositif de sécurité contrôlant la pression à la sortie du détendeur. Une canalisation ordinaire à basse pression, en plomb ou en fer, répartit le gaz dans la maison jusqu'aux robinets des appareils d'utilisation.

Le gaz comprimé peut ainsi être mis à la portée de tous, aussi bien pour ses usages domestiques que pour ses applications

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

industrielles. Ces dernières, on le sait, sont très nombreuses et les avantages du gaz en font, dans bien des cas, le combustible préféré. Citons seulement les laboratoires les plus divers, les ateliers de mécanique dentaire, les imprimeries, les ateliers pour le travail du verre, et de nombreux fours industriels. Les usages du gaz comprimé sont, évidemment, les mêmes que ceux du gaz distribué par canalisation, avec, dans certains cas, l'avantage d'une pression supérieure à celle des distributions usuelles.

Le gaz d'éclairage pourra-t-il être distribué dans les campagnes ?

Il existe déjà, en Europe, quelques exemples de distribution de gaz comprimé en bouteilles. En France, cette distribution n'avait fait, depuis 1928, que l'objet d'essais isolés. La *Société du Gaz de Paris* ravitaillait des stands d'expositions et de concours, et des conférences démonstratives. Vers 1930, l'usine à gaz de Boulogne-sur-Mer ravitaillait régulièrement la cantine d'un terrain de sport.

Une des plus belles démonstrations des possibilités qu'offre cette application du gaz de houille fut fournie par un « Train du Poisson », qui alimenta ses fourneaux, pendant toute la durée des démonstrations, sur tout le réseau de l'Etat, à l'aide de bouteilles de gaz comprimé.

Quelques essais ont été également tentés en Allemagne (Stuttgart), mais l'organisme le plus développé de beaucoup est celui qui fonctionne depuis 1928 à Nikoebing (au Danemark), pour le ravitaillement des îles Lolland et Falster. Dans la première, les bouteilles, en acier spécial, sont distribuées par camions, et dans la deuxième, par chemin de fer.

De Nikoebing, des bouteilles sont couramment envoyées jusqu'à Copenhague, et même jusqu'en Suède.

L'expérience de Cambrai

Restait, pour mettre en évidence les avantages économiques d'une distribution régulière de gaz de ville en bouteilles à des particuliers, à entreprendre, en France même, une expérience de grande envergure. Elle se poursuit actuellement dans la région de Cambrai. L'usine à gaz de cette ville possède, depuis quelques mois, la plus récente station de compression du gaz de ville construite en France. Elle comprend un compresseur vertical de 290 mètres cubes à l'heure actionné par un moteur de 80 ch. Deux bouteilles à larges frettes, d'une contenance de 1.120 litres chacune, permettent de stocker, au total, 450 mètres cubes de gaz sous une pression de 200 kilogrammes par centimètre carré. Le gaz du compresseur, ou celui des réserves, peut être envoyé directement soit dans une rampe de chargement pour douze bouteilles spéciales, soit dans une rampe de distribution placée à l'extérieur du bâtiment, permettant le ravitaillement simultané de trois véhicules fonctionnant au gaz. On espère que le nombre des clients réguliers croîtra rapidement jusqu'au millier.

Chez les abonnés, les installations comportent au moins deux bouteilles, munies chacune d'un robinet-détendeur et branchées sur un régulateur à membrane contrôlant la pression de distribution. Ces bouteilles, placées à l'extérieur des habitations, sont recouvertes d'un simple capuchon en tôle galvanisée, muni d'ouvertures permettant la manœuvre des robinets.

Il est probable, devant les excellents résultats obtenus déjà à l'étranger, et en particulier au Danemark, que l'expérience de Cambrai se révélera concluante et que pourront se généraliser les distributions de gaz comprimé dans les campagnes, sinon partout, tout au moins dans un rayon d'une vingtaine de kilomètres autour des usines productrices.

PAUL LUCAS.

Il y a une dizaine d'années, on méconnaissait encore en France l'importance industrielle des schistes bitumineux pour en tirer des carburants de remplacement nationaux, alors que l'Allemagne — depuis longtemps — exploitait ses propres gisements. Malgré les difficultés techniques pour obtenir un bon rendement, les travaux de nos spécialistes se poursuivent dans l'est (Crévenay, Haute-Saône), afin de produire économiquement des essences de schistes françaises. Il importe, pour la défense nationale, d'utiliser cette matière première assez abondante sur notre territoire, qui peut nous fournir des huiles brutes analogues à celle de pétrole. L'Office des Combustibles Liquides se doit, pour justifier sa mission, d'encourager ces nouvelles industries, au lieu de favoriser presque exclusivement la politique des trusts

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LA SCIENCE ET LA VIE
TRAVERSE LE MONDE

PRENONS L'ÉCOUTE

LE NOUVEAU DIRIGEABLE « L. Z.-129 »

Prochainement, la firme Zeppelin effectuera les essais relatifs au nouveau Zeppelin *L. Z.-129* dont voici les caractéristiques : 248 mètres de long (contre 235 mètres pour le précédent *L. Z.-127*), 190.000 mètres cubes contre 105.000 mètres cubes, 1/3 d'hydrogène pour 2/3 d'hélium, 4 moteurs Diesel à huile lourde, vitesse 135 km-heure (le *L. Z.-127* ne dépassait pas 115 km-heure), rayon d'action 13.000 kilomètres. Ce magnifique aéronef aura coûté près de 45 millions de francs pour transporter 50 passagers et 40 hommes d'équipage, officiers compris. Il présentera, par rapport à son devancier le *L. Z.*-127, quelques nouveautés : propulsion par moteur à huile lourde au lieu d'essence et gaz ; les ballonnets à hélium formeront protection vis-à-vis de l'hydrogène pour éviter l'incendie. Enfin, en dehors de quelques dispositifs techniques concernant les gouvernails, les amortisseurs d'atterrissage, le mode de chargement du fret, le confort des voyageurs a été notablement amélioré. Cet aéronef est destiné à l'exploitation des lignes vers l'Amérique du Sud et ultérieurement vers l'Amérique du Nord. Ainsi le dirigeable — en dépit des accidents récents du *R.-101*, de l'*Akron* et du *Macon*, en dépit de la concurrence de l'avion — a toujours des partisans en Allemagne. Le zeppelin peut, en effet, parcourir sans ravitaillement des distances plus grandes qu'avec l'avion. Mais, avec les progrès de ce dernier, le jour est proche où le plus lourd que l'air, lui aussi, traversera régulièrement les océans comme le plus léger que l'air. Par contre, le dirigeable marche moins vite, il est plus vulnérable, il coûte plus cher et ne se fabrique pas en série. L'avion commercial dépasse le 300 à l'heure ; le zeppelin atteint seulement 130 km-heure. D'autre part, pour une augmentation de puissance de 65 %, il réalise un accroissement de vitesse de 15 % seulement, alors que l'avion, pour une augmentation de puissance de 26 % seulement, a atteint une vitesse de plus de 50 % supérieure. Pour ces raisons, le dirigeable commercial est singulièrement menacé par l'avion rapide, qui tend à l'éliminer des routes de l'air. Il faut la maîtrise et la persévérance du docteur Eckener, successeur du comte Zeppelin, pour continuer la lutte avec les remarquables résultats qu'il a obtenus avec le *L. Z.-127*, dont la carrière qui s'achève est digne d'admiration et d'éloges. Mis en service en 1928, il assure, en effet, depuis plus de sept ans, l'exploitation régulière des lignes aériennes intercontinentales et n'a jamais subi d'avaries graves. Cela fait honneur aux techniciens et aux navigateurs allemands dans le domaine de l'aéronautique.

L'ENSEIGNEMENT DES COURSES AUTOMOBILES

Les enseignements fournis par les grandes compétitions automobiles de la saison sportive qui s'achève doivent contribuer à fixer nos idées sur l'évolution de la construction mécanique dans le domaine de la locomotion terrestre. Parmi ces manifestations de 1935, le Grand Prix d'Indianapolis (E.-U.), des 24 heures du Mans et le Grand Prix de l'A. C. F. (France) ont mis en évidence la nécessité d'établir une

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

formule qui répondît davantage à l'objet même des courses automobiles, à savoir : profiter de l'expérience de la course des « racers » pour améliorer la voiture « client ». Si nous prenons l'exemple américain (Indianapolis), nous constatons que le compresseur d'alimentation est interdit sur un véhicule de tourisme ordinaire, la consommation est limitée (24 litres aux 100 kilomètres), ce qui permet de comparer plus exactement le véhicule de course et le véhicule de route. Par contre, notre Grand Prix de l'A. C. F., à formule libre (1) (seul, le poids maximum de 750 kilogrammes à vide est obligatoire) conduit les ingénieurs à rechercher une solution particulière (allègement), sans se préoccuper du rendement qui intéresse, au contraire, l'usager. On est arrivé ainsi à réaliser des voitures de course pesant seulement 2 kilogrammes par cheval effectif, alors que la meilleure automobile de tourisme pèse encore 15 kilogrammes par ch. Dans le premier cas, on a dépensé sans compter pour atteindre ce résultat en utilisant des aciers et des alliages spéciaux d'un prix très élevé ; dans le second cas, au contraire, le prix de revient prime pour vendre bon marché. On voit que la politique américaine est toute différente de l'européenne et qu'elle vise surtout un but pratique. Que demande, en effet, l'acquéreur d'une automobile ? Avant tout, la sécurité de marche et l'économie d'emploi. Le constructeur américain ne cherche donc qu'à lui donner satisfaction en perfectionnant sans cesse sa mécanique, grâce aux enseignements recueillis sur la piste. Notre épreuve type des 24 heures du Mans est, à ce point de vue, beaucoup plus probante, et très ouverte pour les constructeurs qui n'ont pas de lourdes dépenses à engager pour y participer.

LES TRAINS DE MARCHANDISES AÉRIENS

Un véritable train aérien va être prochainement expérimenté en U. R. S. S. Il sera constitué par un avion trimoteur remorquant sept planeurs attachés par des câbles les uns derrière les autres. Le convoi ainsi formé devra parcourir la distance qui sépare les villes de Tula et de Rostov, soit 1.600 kilomètres environ. La réserve de combustible que l'avion tracteur est capable d'emporter ne pourrait suffire pour ce voyage ; aussi le premier des planeurs emportera-t-il une réserve supplémentaire, qui pourra être pompée pendant le vol, grâce à un tuyau souple fixé le long du câble de traction. Cet exploit sportif serait-il le précurseur des transports rapides de l'avenir ?

LA RÉPERCUSSION DE LA RADIOPHONIE SUR LA CONSOMMATION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE

Il y a peu d'années, les producteurs d'électricité considéraient la T. S. F. comme un client insignifiant : les stations d'émission ne demandaient que quelques dizaines de kilowatts de puissance, produite, le plus souvent, par leurs propres moyens. Quant aux postes récepteurs, alimentés par de petits accumulateurs et des batteries de piles sèches, ce n'était là qu'une utilisation accessoire, et qui ne valait pas la peine d'en faire la moindre statistique.

La situation a rapidement évolué, par suite de l'avènement des postes récepteurs sur secteur, et surtout par leur accroissement important en nombre. L'alimentation d'un poste à accumulateurs ne nécessite que 4 à 5 kWh *par an*, chiffre infime. Pourtant, par suite des pertes successives dans les redresseurs et accumulateurs, ce chiffre devient à la fourniture — et sur la facture de l'usager — 12 à 15 kWh. Quant au poste-secteur, on estime qu'il absorbe une puissance de 30 à 40 watts, selon les modèles. On peut tabler sur une utilisation moyenne de quatre heures par jour, et, en tenant compte des vacances, on totalise environ 46 kWh pour un an.

Comme il existe en France 1.700.000 récepteurs déclarés, nous arrivons ainsi

(1) L'emploi du compresseur est notamment autorisé.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

(en décomptant 200.000 postes à accumulateurs) au chiffre imposant de 72 millions de kWh, ce qui, au prix moyen de 1 fr 50, représente une valeur de 108 millions de francs, recette qui n'est plus négligeable pour les compagnies d'électricité.Nous ne parlerons que pour mémoire des quelque 2 millions de kWh absorbés par les postes émetteurs, car ceux-ci sont des clients desservis en haute tension, à prix réduits, et qui ont d'ailleurs des groupes générateurs pour parer aux défaillances possibles d'alimentation.

Les chiffres que nous venons de déterminer — par estimation, car il n'existe pas encore de statistique sur ce sujet dans notre pays — sont d'ailleurs tout à fait corroborés par ceux que nous fournit l'étranger.

En Allemagne, pour 5 millions de postes récepteurs, on estime la consommation de courant à 160 millions de kWh. C'est autant que celle des 150.000 cuisinières électriques en usage dans le Reich. Le *Weltrundfunkverein* (Association mondiale de Radiodiffusion) évalue la consommation d'un poste récepteur à 45 kWh en moyenne par an.

Aux Etats-Unis, la consommation des auditeurs est un record, puisque l'*Edison Electric Institute* l'évalue à 85 kWh par an, presque le double de l'Europe... Nous ne sommes pas toutefois bien loin de compte, si l'on veut bien considérer que la puissance d'un poste de T. S. F. conduit fréquemment l'auditeur à se coucher plus tard, prolongeant par suite, inévitablement, la durée de l'éclairage familial. C'est ainsi qu'une enquête effectuée par une société italienne d'électricité a fait ressortir une augmentation de consommation moyenne, par habitant, de 70 kWh par an, provoquée par l'installation de postes récepteurs chez ses abonnés devenus auditeurs de radio.

On comprendra toute l'importance économique de ce nouveau facteur de consommation d'électricité, si l'on considère que la dépense moyenne par habitant ne dépasse pas, dans certains de nos secteurs ruraux, 20 kWh par an. Une aussi faible utilisation des machines et des lignes est évidemment désastreuse et a pour conséquence le maintien de tarifs relativement élevés. Si, par la vulgarisation de la radiophonie, cette consommation moyenne est portée à 40 ou 60 kWh, on aura des coefficients d'utilisation très améliorés, ce qui permettrait, dans certains secteurs, d'aboutir à l'électricité moins chère, partant plus accessible aux utilisations rurales. On voit que cette question est plus intéressante qu'elle ne paraissait à première vue, pour l'économie générale du pays. L. D. F.

LA FLOTTE ANGLAISE VIEILLIT

A la grande revue navale de la flotte anglaise en 1935, le nombre des unités de combat atteignait 160, alors qu'il dépassait 200 unités en 1924. En outre, le corps de bataille (cuirassés et croiseurs de bataille), en dix ans, avait diminué des deux tiers environ ! Ajoutons que la plupart des « capital ships » anglais ont plus de vingt ans d'âge (la limite d'âge des bâtiments de combat ne doit pas dépasser vingt-quatre ans) et ne sauraient être comparés aux unités modernes (vitesse, armement, protection) mises en chantier par les autres puissances maritimes du monde, et en particulier par l'Allemagne. C'est pour cette raison que le gouvernement britannique prépare un programme naval imposant, qui va nécessiter de non moins imposantes dépenses budgétaires pour « refaire » la marine militaire du Royaume-Uni.

LE PLUS GRAND GARAGE D'EUROPE EST A VENISE

Parmi les grands travaux publics effectués récemment en Italie, nous avons eu l'occasion de signaler (1) la construction du grand viaduc routier qui relie aujourd'hui Venise à la terre ferme. Les automobiles ayant maintenant accès à la ville bâtie sur la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 202, page 295.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lagune, on a été amené à installer un garage suffisamment vaste pour faire face aux besoins, car, bien entendu, jusqu'à présent, aucun garage n'était nécessaire.

A l'heure actuelle, un premier bâtiment à cinq étages, pouvant contenir 1.200 voitures, est achevé. On prévoit, en outre, l'aménagement d'une terrasse susceptible de recevoir 400 autres voitures. Enfin, on doit, par la suite, construire un autre bâtiment d'une capacité de 1.000 voitures. Cet immense garage pour 2.600 véhicules sera de beaucoup le plus vaste d'Europe et, sans doute, du monde. Dès maintenant il y fonctionne une « station service » et un atelier de réparations équipés « à la moderne ».

LE COTON AMÉRICAIN ET LA CONCURRENCE ÉTRANGÈRE

Les Etats-Unis, qui exerçaient une véritable suprématie dans le domaine du coton, se voient de plus en plus concurrencés par la production étrangère. Ce furent d'abord l'Egypte, l'Inde, spécialisées depuis longtemps dans la culture cotonnière, puis le Brésil, l'U. R. S. S. (1), qui, de plus en plus, s'affranchissent des importations internationales. Le Japon et la Chine, de leur côté, poursuivent activement la même politique pour se libérer totalement des marchés américains. Ainsi l'Amérique du Nord perd successivement ses monopoles « de fait », soit pour la fourniture du coton, soit pour celle du cuivre, en attendant que les marchés d'autres matières premières lui échappent à leur tour.

L'ALLEMAGNE CONSTITUE DES STOCKS POUR LA FABRICATION DES GAZ DE COMBAT

La plus puissante réserve d'arsenic du monde — qui peut être évaluée actuellement, d'après un écrivain suédois (2), à 300.000 tonnes — est celle qui a été rassemblée en Suède, aux mines de Boliden (Vestrobothnie), à 35 kilomètres du port de Skelleftea. Depuis 1924, ces mines font l'objet d'une exploitation intensive, car le minerai qui en est extrait (pyrite arsenicale) contient une notable proportion d'or, environ 20 grammes à la tonne. L'arsenic, sous-produit de fabrication, est obtenu en quantité importante, de l'ordre de 90 kilogrammes par tonne de minerai traité. Considéré, jusqu'en 1929, comme un résidu sans valeur, il était mélangé à du ciment et coulé au large de la Baltique. Depuis six ans, sur des suggestions allemandes, il est soigneusement stocké, sous forme d'anhydride arsénieux, dans des tonneaux de bois, contenant chacun 250 kilogrammes et entassés dans d'immenses hangars. On peut évaluer à 50.000 tonnes par an environ la quantité d'arsenic mise ainsi en réserve pour le compte de l'Allemagne.

On sait que l'arsenic est essentiellement la matière première de la fabrication des gaz de combat de la série des arsines vésicants, tels que la lewisite, ou sternutatoires tels que la sternite, qui sont parmi les plus toxiques et les plus meurtriers.

LA NOUVELLE AUTOMOBILE DE COURSE BIMOTEUR ITALIENNE

La nouvelle voiture de course italienne à deux moteurs de 8 cylindres et à roues avant indépendantes constitue une nouveauté technique originale, par suite de la disposition de ces deux moteurs, entre lesquels se trouve placé le conducteur. Ce véhicule réalise une conduite fort agréable pour le pilote, par suite des roues avant indépendantes. La suspension est, en outre, sur ressorts à boudin, au lieu d'être sur ressorts à lames. Tous les organes de direction sont littéralement suspendus, ce qui les met à l'abri de toutes réactions des chocs « encaissés » par les roues. La cylindrée totale dépasse 6 litres. Cet ensemble, fort bien conçu, a été réalisé par les ingénieurs de la *Scuderia Ferrari* et d'*Alfa-Romeo*. La vitesse, aux essais, a atteint 330 km-heure et dépassera, vraisemblablement, 350 km-heure lorsque la mise au point

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 215, page 391.
(2) *Un cri d'alarme*, par ALBIN CULBERG.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sera parfaite. Ni *Mercedes*, ni *Auto-Union* n'ont encore obtenu de tels résultats. Rappelons que Campbell a atteint 445 km-heure sur le mille lancé ; mais cet exploit n'est en rien comparable avec les performances enregistrées avec des voitures de compétition roulant pendant 500 kilomètres, par exemple, sans arrêt (sauf pour le ravitaillement et le changement de pneus). A propos de pneumatiques de course, signalons que ceux-ci résistent difficilement aux vitesses actuelles (de l'ordre de 300 km-heure) et au poids du véhicule, qui intervient fâcheusement. Il en résulte des changements de roues fréquents, d'où irrégularité dans l'épreuve. Aussi certains pilotes préfèrent-ils ne pas « pousser » à fond leur machine pour ménager les pneus et réaliser ainsi un temps meilleur. Sur le circuit de l'Avus (près Berlin), en juin dernier, le conducteur Sommer (sur *Alfa-Romeo*) effectua une démonstration de ce genre, en se classant dans les premiers sur une voiture 8 cylindres (monoplace) d'un modèle ancien, moins rapide et moins lourde que les véhicules allemands. La voiture la plus rapide n'est donc pas toujours la meilleure pour la course : c'est la régularité de marche et la maîtrise du conducteur qui interviennent au premier chef dans le succès.

POURQUOI LE CHAUFFAGE URBAIN EST EN RETARD EN FRANCE

En Europe, et surtout en France, nous sommes très en retard au point de vue du chauffage urbain (distribution de la chaleur à domicile par canalisations de vapeur). Quand on songe qu'à New York la quantité de vapeur employée, dans cette seule ville, pour le chauffage urbain représente, en poids, plus que la totalité de la vapeur utilisée par l'ensemble des centrales thermiques de la région parisienne pour l'électricité, on se demande pourquoi ce procédé ne se développe pas chez nous. C'est ce que nous examinerons ultérieurement à la suite de l'enquête que nous poursuivons à ce sujet.

LES AUTOGIRES DANS L'ARMÉE

Certaines armées européennes expérimentent actuellement des autogires d'un modèle récent, équipés de postes d'émission de T. S. F., pour remplacer les ballons d'observation (dits « saucisses »), si vulnérables en temps de guerre. Nous tiendrons nos lecteurs au courant des résultats obtenus au moyen de ces appareils, qui, comme l'on sait, permettent l'ascension et la descente quasi verticales, ainsi qu'une immobilisation relative, ce qui facilite la tâche de l'observateur, tout en lui donnant la faculté de se déplacer librement, et, par suite, d'éviter l'assaillant aérien.

POUR UNE MEILLEURE ACOUSTIQUE DES SALLES DE SPECTACLE

La salle de théâtre du paquebot *Normandie* laisse, paraît-il, beaucoup à désirer au point de vue acoustique. Il aurait suffi à ceux qui ont eu la responsabilité de procéder à cette installation de prendre connaissance de l'enquête que *La Science et la Vie* a publiée dans son numéro de juin 1934 : les compétences les plus qualifiées en matière de construction de salles de spectacle y ont donné leur avis au point de vue scientifique et expérimental.

L'INDUSTRIE FRANÇAISE DU CINÉMA EN PÉRIL

L'industrie du cinéma en France traverse une crise sévère. Son rapporteur à la Chambre des Députés n'affirmait-il pas récemment que depuis 1932 la production française n'a fait que décroître : de 157 films en 1932 à 126 en 1934 ! Le film étranger nous envahit de plus en plus en dépit des contingentements et notre exportation ne cesse de diminuer. Ainsi en Italie, on trouve seulement 27 films français contre 237 d'autres nationalités. La production, la distribution, l'exploitation ont abouti

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

chez nous à des désastres financiers, et cependant le succès du cinéma assure aux 3.000 salles équipées actuellement sur notre territoire plus de 800 millions de recettes. Il est vrai que le « marché » du film français est beaucoup plus limité que celui du film anglo-saxon, ce qui explique qu'un film français sur trois donne des bénéfices, alors qu'un film étranger, déjà amorti, peut être « loué » à meilleur compte. Ajoutez que grâce au « duplicating » et aux films sonores impressionnés des deux côtés, les firmes étrangères trouvent ainsi le moyen de réduire notablement les taxes et les droits d'exportation. Quoi qu'il en soit, notre industrie nationale du cinéma, insuffisamment défendue, sans politique définie, aux mains de sociétés financières parfois peu scrupuleuses, se trouve singulièrement handicapée par la concurrence des grandes nations productrices. Nous reviendrons sur ce sujet capital pour le développement de l'économie et de la propagande françaises.

CE QU'A COUTÉ LE PAQUEBOT « NORMANDIE »

La construction du paquebot *Normandie* a coûté près de 1 milliard de francs, alors que les prévisions laissaient entrevoir 620 millions seulement. Ce prix de construction a été établi sur la base de 11.000 francs la tonne, alors que le prix normal des chantiers navals français est de 8.500 francs. Aux Etats-Unis, — pays de salaires élevés, — il atteint seulement 8.200 francs. En Angleterre, le liner *Queen Mary*, actuellement en voie d'achèvement, a été calculé à raison de 8.400 francs la tonne. D'autre part, les frais de publicité, à l'occasion de la mise en service de *Normandie*, ont nécessité des crédits dont l'importance dépasse ceux distribués en pareil cas. Enfin, c'est l'Etat, assureur de *Normandie*, qui, en cas de sinistre maritime, en supporterait la quasi-totalité.

POUR REMÉDIER AUX FRAUDES DANS L'IMPORTATION DU PÉTROLE

Les produits pétrolifères importés en France représentent actuellement plus de 10 milliards de francs (impôts et taxes compris). Or, de l'avis du gouvernement français, le régime d'importation du pétrole — qui intéresse non seulement nos finances, mais encore la défense nationale — donne lieu à une spéculation scandaleuse, atteignant notre monnaie nationale, et à laquelle il y a lieu de mettre un terme. C'est dans ce but que la Commission des Mines de la Chambre a proposé l'*unification* de la réglementation concernant les produits pétrolifères qui a fait l'objet d'un projet de loi le 28 mai dernier. Le Parlement n'a pu en discuter avant son départ en vacances ! Pendant ce temps, la fraude se poursuit, au plus grand détriment des intérêts en cause : commerçants et consommateurs.

LA FRANCE DOIT AVOIR UN VASTE RÉSEAU AÉRIEN INTÉRIEUR

Le réseau aérien national français est actuellement quasi inexistant par rapport au développement qu'ont pris en Allemagne, en Angleterre, en U. R. S. S., les lignes de navigation *intérieures*. Les Chambres de Commerce de nos grandes villes ont, depuis longtemps, protesté contre cet état d'infériorité, qui risque de compromettre notre commerce en le privant de transports modernes et *rapides*. Si le matériel de la compagnie française d'exploitation laisse encore beaucoup à désirer, il en est de même de l'infrastructure territoriale insuffisamment pourvue en aéroports, aérodromes, stations météorologiques et radiogoniométriques, etc. Une grande nation se doit, au XX^{e} siècle, de créer un vaste réseau aérien, comme elle a su le faire, au XIX^{e}, pour développer ses réseaux ferroviaire et routier.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

OÙ EN EST LE MOTEUR D'AVION A HUILE LOURDE ?

Par Charles BRACHET

La Science et la Vie a exposé déjà (1) les recherches poursuivies en vue de la mise au point du moteur léger à huile lourde pour l'aviation, qui doit supprimer notamment le risque d'incendie auquel il faut rapporter près du tiers des accidents mortels relevés à ce jour. De plus, grâce à la faible consommation en combustible, le moteur à huile lourde permet d'accroître le rayon d'action des appareils. La réalisation d'un tel moteur est particulièrement délicate, et la divergence d'opinion pour l'adoption du « quatre temps » ou du « deux temps » qui subsiste toujours suffit à montrer que l'on n'est pas encore parvenu à une solution définitive. On jugera ici les arguments qui militent en faveur de chaque thèse. On pourra, en outre, se rendre compte des phénomènes de combustion dont les cylindres de ce type de moteur sont le siège. Quoi qu'il en soit, il faut mentionner les résultats obtenus par les « deux temps » en Allemagne (Junkers), les « quatre temps » en Amérique (Deschamps, etc.), et en France (Clerget). Le vol récent accompli de Paris à Bordeaux et retour par un avion français muni d'un moteur Clerget de 500 ch 14 cylindres constitue une performance remarquable pour le moteur à huile lourde. L'on poursuit actuellement des recherches sur la combustion de l'huile lourde, la meilleure pression d'injection, le meilleur régime à adopter, la disposition des soupapes, tous facteurs importants dont dépend essentiellement la mise au point d'un moteur à combustion interne.

Le 14 mai dernier, un événement considérable s'est produit dans le monde aéronautique : un avion *Potez* a effectué le voyage Paris-Bordeaux et retour avec un moteur à huile lourde — le moteur de M. Pierre Clerget. Ce sont là les premiers coups d'ailes effectués en France par le moteur Diesel d'aviation à *quatre temps*.

Cette formule diffère profondément de celle qui est adoptée depuis quelques années par la compagnie allemande, la *Lufthansa*, avec le célèbre moteur Junkers, à *deux temps*.

Le Clerget est un moteur en étoile (14 cylindres) ; le Junkers, un moteur à 6 cylindres en ligne avec deux pistons opposés par cylindre, chambre de combustion centrale et deux vilebrequins (système Gobron-Brillé).

Mais voici que la Tchécoslovaquie sort un moteur 9 cylindres en étoile, de l'ingénieur Vodstroil, et qui est à *deux temps*, malgré qu'il ressemble extérieurement au Clerget.

D'autre part, l'Amérique compte au moins trois moteurs d'aviation à huile lourde : l'un à 12 cylindres inversés à *deux temps* (créé par l'ingénieur belge Deschamps); les deux autres à *quatre temps ;* le 7 cylindres de Los Angeles et l'« Aéro-Diesel » 9 cylindres de la *Guiberson Cy*, de Dallas, tous deux en étoile. Le dernier est établi suivant deux modèles différents.

Le fameux Packard à quatre temps (1), en étoile, qui avait coûté tant de millions à « mettre au point » et semblait, il y a deux ans, devoir concurrencer le Junkers tout en devançant le Clerget, — à tel point que Henry Ford avait acheté d'avance, pour ses avions de tourisme, les trois cents premiers de ces appareils fabriqués en série, — le fameux Packard à huile lourde a pratiquement disparu de la circulation. Il est vrai que son créateur a été tué dans un banal voyage aérien. Ceci suffirait pour souligner la ténacité et la réussite d'un Pierre Clerget qui, sans avoir eu à sa disposition autant de millions, offre aujourd'hui à l'aviation française son premier moteur à huile lourde : 14 cylindres, *quatre temps*, 500 ch, pesant 1 kg 200 au cheval, à peu près comme le Junkers.

C'est sur le *Wibault-365*, monoplan monomoteur, que l'on va monter le 14 cylindres à huile lourde de Pierre Clerget pour faire une démonstration contre le record de vitesse sur 1.000 kilomètres, thème du concours des 10 millions. Ce *Wibault-365*, équipé d'un Gnome-Rhône K-14, devait participer à la course Londres-Melbourne.

Et ce moteur se sent assez puissant pour

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 162, page 497 et n° 163, page 11.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 162, page 497.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

s'attaquer au concours récemment institué par le ministère de l'Air, offrant 10 millions de prime à l'avion qui battra le record de vitesse sur 10.000 kilomètres, en naviguant uniquement à l'huile lourde.

Comment l'huile « lourde » allège l'avion et dilate son rayon d'action

Pour comprendre cette audace du nouveau-né, il faut constater que l'usage de l'huile lourde a accru, d'ores et déjà, de 35 à 40 % le *rayon d'action* de l'avion *Potez* utilisé sur le parcours Villacoublay-Bordeaux.

Le voyage, comportant 850 kilomètres, fut, en effet, réalisé à la vitesse horaire de 180 kilomètres, avec une consommation de 166 grammes de gas oil par cheval et par heure. Si l'on compare à cette performance de consommation, précise M. Clerget, le poids d'essence de 250 grammes (1) qu'exige le « cheval-heure » du moteur à explosion, on voit que ce gain de 84 grammes de combustible représente un allègement considérable de l'aéroplane en ordre de vol.

Il en résulte un accroissement proportionnel du rayon d'action dès que ce meilleur rendement kilométrique du combustible a permis de récupérer, sur la charge emportée, *au bout d'un certain temps de vol, l'excédent de poids du moteur à huile lourde sur le moteur à essence* — celui-ci conservant, et probablement pour longtemps encore, l'avantage de la « puissance massique ».

C'est ainsi que le *Potez-25* utilisé accuse, avec deux personnes à bord, un rayon d'action normal de 800 kilomètres, s'il est alimenté par l'essence, et un rayon de 1.120 kilomètres s'il est alimenté à l'*huile lourde*. Un calcul facile montre que l'avantage de l'huile lourde sur l'essence commence au 810e kilomètre, pour une vitesse horaire de 180 kilomètres, — l'excédent de poids du moteur Clerget étant de 400 grammes par cheval-heure.

Imaginez que la vitesse horaire soit accrue par la finesse de la cellule, ou par le vol en altitude (avec suralimentation), le rayon d'action se trouve dilaté d'autant, — malgré

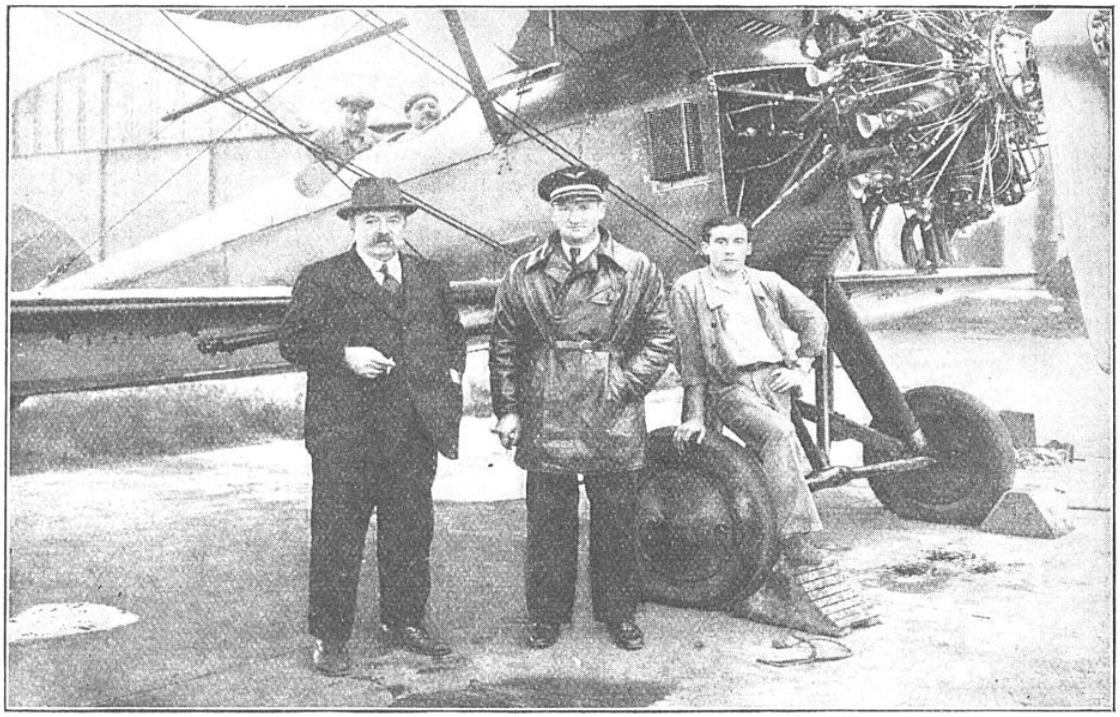


FIG. 1. — L'AVION « POTEZ », ÉQUIPÉ DU MOTEUR CLERGET ALIMENTÉ A L'HUILE LOURDE, QUI ACCOMPLIT RÉCEMMENT LE VOYAGE PARIS-BORDEAUX ET RETOUR
A gauche, M. Pierre Clerget; au centre, le pilote-adjudant Jacot de l'appareil.

(1) Cette consommation s'élève, pour les moteurs suralimentés, à 300 grammes. D'ailleurs, il est curieux, quoique naturel aux yeux d'un thermodynamicien, que le moteur à essence, à mesure qu'il accroît sa légèreté, accroît sa consommation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

que l'avantage de l'huile lourde sur l'essence soit nécessairement reporté à une plus longue distance initiale (1).

Sur 10.000 kilomètres, le poids du carburant excédant celui du moteur d'environ *1 tonne*, on comprend que le concours proposé par le Ministère de l'Air ne soit pas aussi utopique que l'ont prétendu maints critiques. Les critiques sont, d'ailleurs, toujours les mêmes. Ils ont déjà oublié que tous les « prix » offerts à l'aviation — depuis celui du « kilomètre-bouclé » de M. Archdeacon, enlevé par Henry Farman en 1907, jusqu'à celui du *Daily Mail* que s'est adjugé Lindbergh par sa traversée de l'Atlantique en 1927 — ont été gagnés en moins de *mois* qu'ils n'avaient, eux critiques, prévu *d'années*.

(1) Or, il est à remarquer que le moteur suralimenté à huile atteindrait un poids au cheval inférieur au kilogramme.

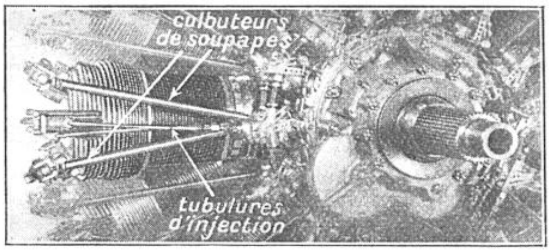


FIG. 3. — DÉTAIL MONTRANT LA SIMPLICITÉ DES ORGANES DU MOTEUR CLERGET

A droite et à gauche du cylindre, deux soupapes commandées (admission et échappement) ; au centre, la tubulure d'injection. C'est tout.

Nous voilà donc fixés sur le véritable sens de l'avènement de l'huile lourde dans l'aviation : une étape merveilleuse dans la course aux longues distances, — sans parler de la sécurité apportée contre l'incendie. L'huile lourde possède un point d'inflammation suffisamment élevé pour écarter définitivement ce risque auquel il faut rapporter au moins le tiers des accidents mortels relevés à ce jour.

Du point de vue économique, le moteur à huile lourde, du fait même de son grand rendement, travaille avec un taux de détente plus élevé, c'est-à-dire entre des limites de température plus écartées (Carnot). Ses gaz d'échappement ne dépassent jamais 500°, tandis que ceux d'un moteur à essence atteignent aisément 800° et 900°. Les organes intérieurs s'usent, en conséquence, beaucoup moins.

Ajoutons que, si l'avion pris dans sa forme actuelle (à moto-propulseur à hélice) atteint un jour au silence relatif tant souhaité des passagers et des pilotes, c'est le moteur à huile lourde qui lui apportera ce présent, — qui le lui a déjà donné, du reste, sur les lignes allemandes équipées avec le Junkers. Le moteur *Diesel* est *à combustion*, non à « explosion », ne l'oublions pas.

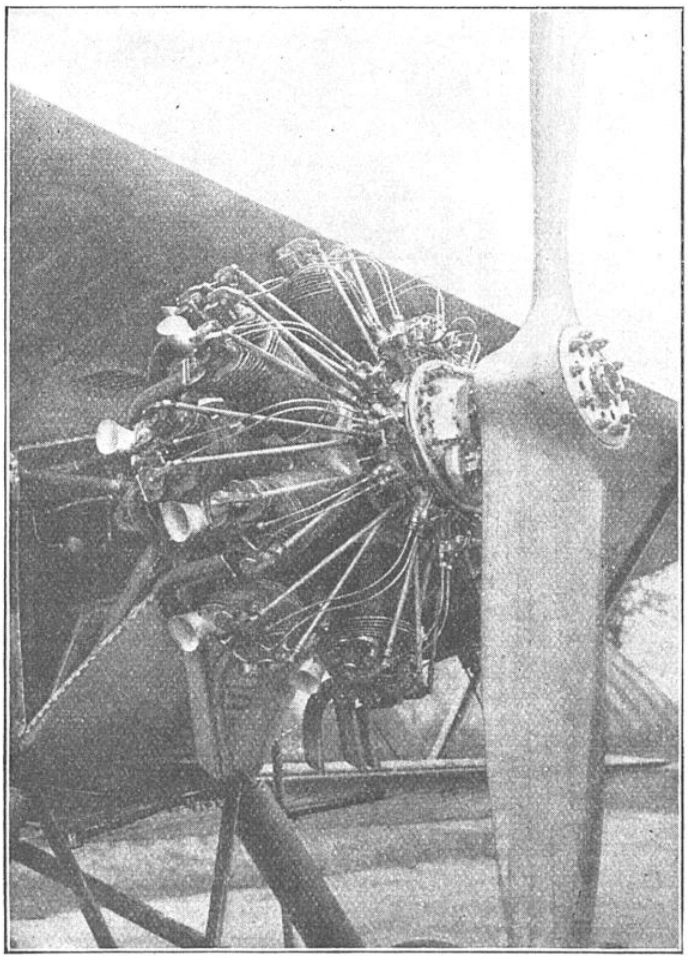


FIG. 2. — LE MOTEUR CLERGET 14 CYLINDRES, 500 CH, ALIMENTÉ A L'HUILE LOURDE, VU EN PREMIER PLAN

La controverse des « deux temps » et des « quatre temps »

Nous devons maintenant prendre connaissance des difficultés

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

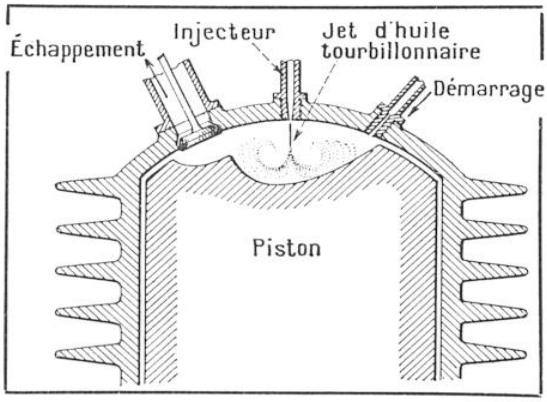


FIG. 4. — COUPE SCHÉMATIQUE DE LA CULASSE DU MOTEUR CLERGET ACTUEL, A QUATRE TEMPS, 14 CYLINDRES, 500 CH

Ce schéma, volontairement approximatif (les plans réels demeurant secrets), suffit à indiquer l'effet tourbillonnaire recherché par l'inventeur et sa relation avec l'expérience théorique détaillée dans le texte de cette étude.

qui ont tant retardé, et retardent encore, le progrès du moteur d'aviation à huile lourde ; qui ont rendu si précaires et finalement transformé en échecs certaines demi-réussites ; qui divisent encore présentement les techniciens sur la meilleure solution pratique, — témoin la divergence de construction « à deux temps » et « à quatre temps » (1).

Les partisans du cycle à deux temps se fondent sur la notion capitale d'une explosion par tour de manivelle.

Les « quatre temps » consistent, au contraire, à répartir la phase motrice en deux tours. Tout le monde, aujourd'hui, le connaît et le pratique.

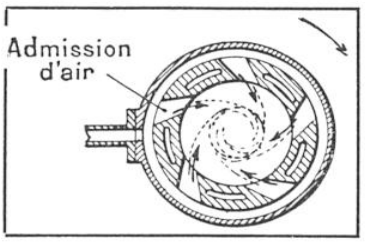


FIG. 5. — L'EFFET TOURBILLONNAIRE, TEL QU'IL EST RÉALISÉ DANS LE MOTEUR D'AVIATION JUNKERS, A HUILE LOURDE DEUX TEMPS

L'admission d'air s'effectue par des lumières obliques, au centre du cylindre, c'est-à-dire entre les deux pistons-moteurs opposés. (Voir schéma suivant.)

Rappelons seulement l'évolution du cycle à deux temps.

Dans le premier temps, le piston comprime de l'air. Au point mort haut, un injecteur lance dans cet air, *surchauffé* (par la compression) une « charge » d'huile lourde qui s'enflamme aussitôt — en produisant la détente motrice. En fin de course, les gaz brûlés s'échappent à travers des « lumières » pratiquées dans le cylindre, tandis que ces gaz sont immédiatement remplacés par l'air frais destiné à la compression du cycle suivant. Ainsi de suite.

Deux particularités caractérisent donc ce cycle :

1° *La combustion progressive et totale* de l'huile injectée, qui accompagne le piston dans sa course motrice ;

2° *La substitution* quasi instantanée (à la fin du deuxième temps) *de l'air frais aux gaz brûlés*, — opération dite du « balayage ».

Un moteur d'aviation doit fournir le maximum de puissance tout en pesant le moins possible.

En possession de tous les perfectionnements métallurgiques actuels, le constructeur d'un « Diesel » qu'il veut *léger* est logé à la même enseigne que son confrère, le constructeur « à explosion » : il doit faire *tourner vite* sa machine. Car du nombre de tours à la seconde dépend le nombre de cylindrées motrices, donc la « puissance » recherchée.

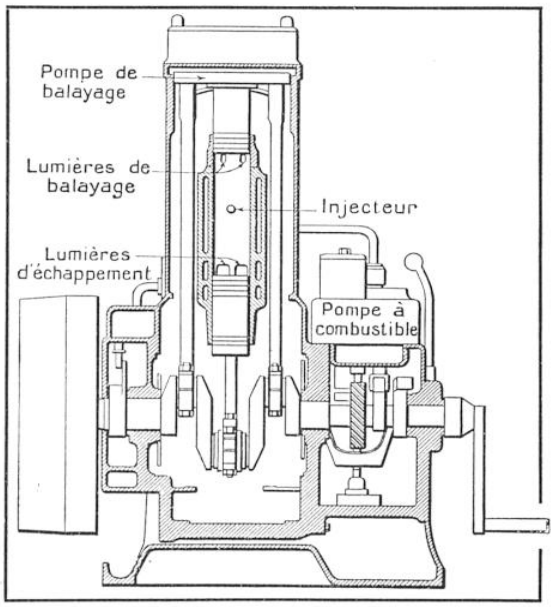


FIG. 6. — COUPE DE PRINCIPE DU MOTEUR JUNKERS A PISTONS OPPOSÉS

L'injection, l'admission d'air de balayage et l'échappement sont disposés au milieu du cylindre.

(1) Cette controverse s'est même élevée au sujet des moteurs marins, bien que leur rotation soit beaucoup moindre que dans l'auto et l'aviation.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

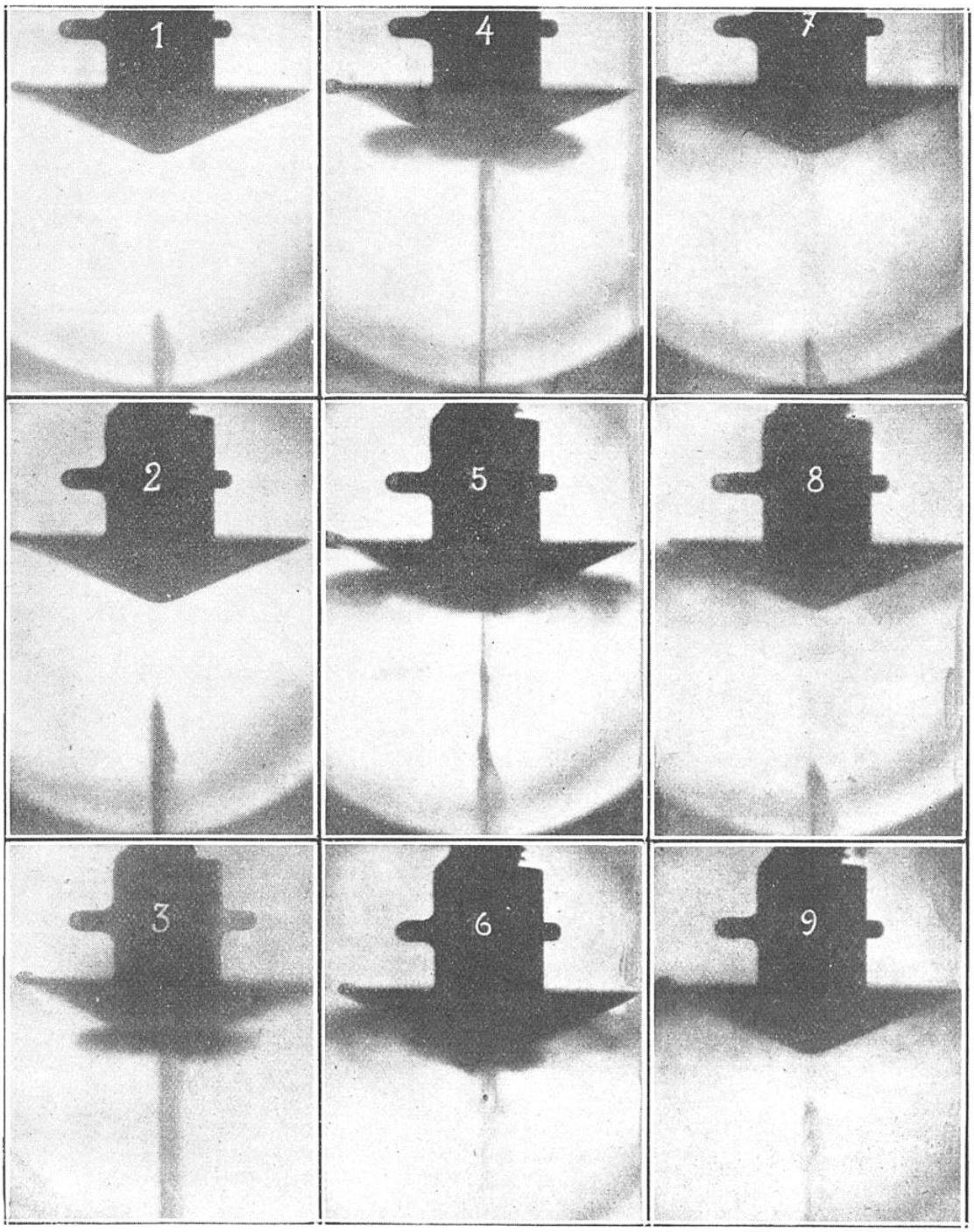


FIG. 7. — LES PHASES SUCCESSIVES DE LA PROJECTION D'UN JET D'HUILE CONTRE UNE PAROI SOLIDE (EXPÉRIENCE DE M. PIERRE CLERGET)

Les neuf clichés ci-dessus ont été pris sur un film cinématographique ultra-rapide. Le jet d'huile est réalisé dans une chambre de cristal, aux mêmes pressions (interne et ambiante) que celles jouant dans le cycle Diesel. On aperçoit nettement comment ce jet (montant de bas en haut) se comporte au contact d'une paroi solide (conique en l'espèce) : il se résorbe en un double mouvement tourbillonnaire de gouttelettes infimes (en brouillard). Cette « turbulence » très spéciale est le phénomène sur lequel M. Clerget a basé l'injection de son moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Quel cycle va-t-il choisir : le « deux temps » ou le « quatre temps » ?

Voici le dialogue qu'on peut imaginer, par exemple, entre Paul, partisan du premier cycle, et Pierre, partisan du second.

PAUL. — J'adopte le deux temps, parce qu'*en chaque tour de vilebrequin* j'obtiens un effet moteur, tandis qu'à quatre temps cet effet ne se produit qu'un tour sur deux. A 1.500 tours-minute, j'obtiens donc la même puissance que vous, Pierre, à 3.000. J'ai donc beaucoup plus de marge « mécanique » pour pouvoir construire solide.

PIERRE. — Soit. Mais ces 3.000 tours, dont vous faites fi, vous sont bel et bien interdits, parce qu'à ces vitesses, vous disposez à peine de 1/360e de seconde pour assurer votre « balayage », — en octroyant à vos lumières du point mort bas 35 millimètres sur une course totale de 180. D'ailleurs, ces 35 millimètres écourtent la détente motrice et ramènent à 1,4 contre 1 la puissance utile de la cylindrée à deux temps. Agrandir ces lumières en vue de faciliter le balayage, ce serait perdre totalement le bénéfice des « bouchées doubles » du deux temps.

PAUL. — D'accord. Cependant Junkers a résolu ce tour de force.

PIERRE. — Oui, mais à quel prix ! Il lui faut deux vilebrequins par moteur et deux pistons par cylindre, et un attelage d'engrenages multiples pour assurer la liaison. A ce prix seulement, il obtient une chambre de combustion centrale (entre les deux pistons) et le fameux balayage en « équicourant » grâce auquel l'air frais arrivant par le haut pousse les gaz brûlés s'échappant par le bas (1). Ma foi, s'il vous faut deux pistons et deux villebrequins pour bénéficier des deux temps, autant vaut marcher à quatre temps avec un seul piston et un seul vilebrequin.

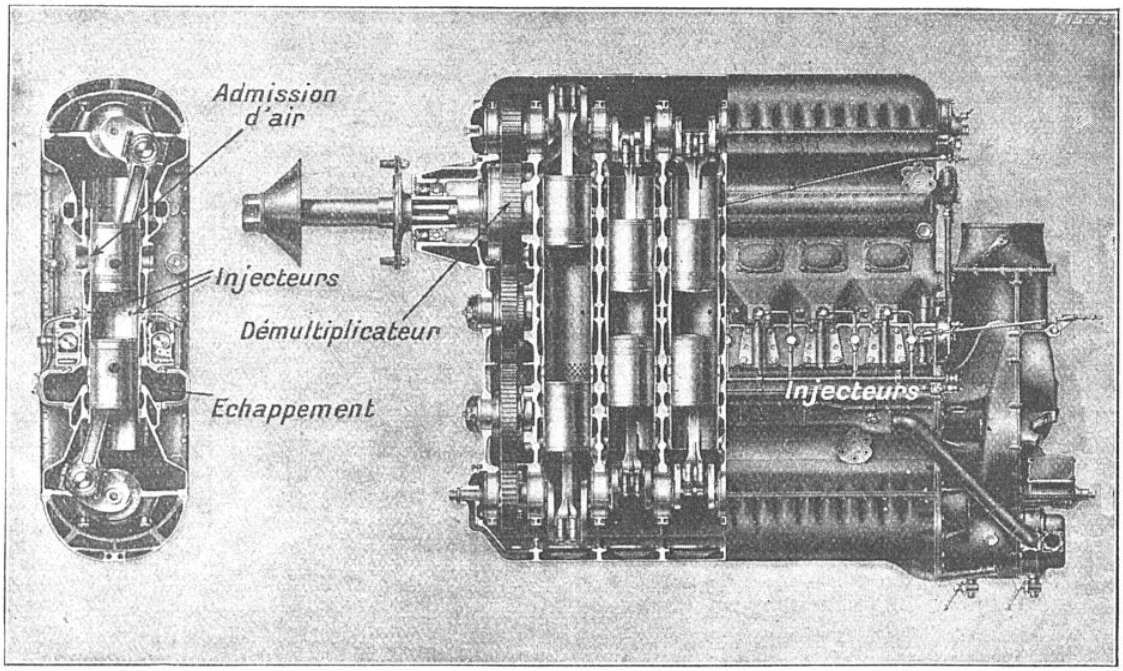


FIG. 8. — COUPE EXACTE DU MOTEUR D'AVIATION JUNKERS A DEUX TEMPS, ACTUELLEMENT EN SERVICE SUR LES LIGNES DE LA « LUFTHANSA »

PAUL. — Evidemment. Mais tout n'est pas dit. Au moyen de « déflecteurs » et de « distributeurs », j'arriverai peut-être à tourner la difficulté.

PIERRE. — Je vous le souhaite ; mais, vous le dites vous-même, ce ne sera qu'en surchargeant le moteur d'appareils auxiliaires, donc en l'alourdissant.

De plus, j'insiste sur les vitesses de rotation. Fussent-elles de 1.800 tours, elles ne pourront guère varier que de 300 tours en plus ou en moins, — sous peine d'une perte de travail considérable dans le balayage. Or, mon « quatre temps » passe instantané-

(1) Voir schéma, figure 6, « haut » et « bas » sont pris ici au même sens mécanique que dans « point mort haut » et « point mort bas ».

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

ment de 1.500 à 3.000 tours. C'est ce qu'un pilote appelle une « reprise ». Où seront vos reprises? Nous faisons de l'aviation, ne l'oublions pas.

PAUL. — Dites « de l'aviation militaire »... Car un avion de transport peut aisément stabiliser son régime. Voyez le succès commercial de Junkers sur les lignes de la *Lufthansa*.

PIERRE. — Que voulez-vous ? C'est, en effet, un moteur militaire que m'a demandé le ministre de l'Air, un moteur capable de supporter de grandes variations de régime.

... Et d'altitude ! Or, votre avion commercial, s'il veut être à la page, devra monter demain à 5.000 mètres afin de donner à la cellule toutes les facultés aérodynamiques auxquelles elle prétend avec juste raison. Et, après-demain, c'est 8.000, 9.000 mètres dont il sera question comme régime de la route « commerciale ». Comment votre « deux temps » assurera-t-il l'ascension ? Avec ses deux lumières (d'admission et d'échappement) ouvertes *simultanément* au moment du balayage, ne prétendez pas que ce « balayage », réglé sur une pression extérieure de 760 millimètres par exemple, continuera de s'effectuer, sans broncher, lorsque cette pression tombera de moitié à 5.500, ou des trois quarts, à 10.000 mètres.

Or il suffit à mon « quatre temps » de s'approprier les compresseurs déjà en service sur les moteurs à essence (1). Sa devise devient la même que celle de son aîné : *Quo non ascendam ?* Il grimpera à 10.000 mètres.

Le programme « militaire » a du bon, vous le constatez.

Et puis, en suivant toujours ce programme, mon « quatre temps » adopte le même gabarit que le moteur à essence, *en étoile*. Il est donc interchangeable avec lui. Bonne condition, même pour assurer convenablement une exploitation commerciale.

PAUL. — Les faits, pour l'instant, vous donnent pleine raison. Mais l'avenir n'est pas fermé au « deux temps » ; il ne peut l'être, si l'on tient à profiter intégralement *du rendement propre à ce cycle théorique*. Remarquez que le « deux temps » Junkers monte à 6.000 mètres, quitte à perdre du rendement. La question d'un compresseur spécial au « deux temps » n'est pas plus difficile à résoudre que celle du compresseur pour le « quatre temps ». Celle-ci bénéficie uniquement du progrès technique déjà réalisé et provoqué par les besoins du moteur à essence.

PIERRE. — Je n'hypothéquerai pas l'avenir. Mais, en fait de « combustion interne », que savons-nous ? Ce phénomène est complexe, mystérieux et, pour tout dire, son étude méthodique peut nous offrir des surprises.

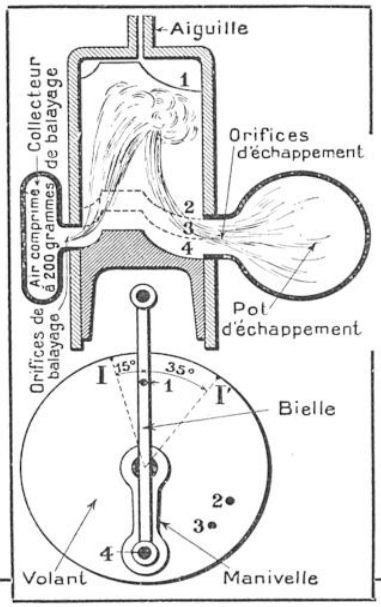


FIG. 9. — LE « BALAYAGE », OPÉRATION INTERNE FONDAMENTALE DU CYCLE DIESEL A DEUX TEMPS

Sur le volant ont été portées les distances angulaires (degrés) qui situent, au cours de la rotation, les diverses positions caractéristiques du piston au cours du phénomène moteur. Le point 1 *correspond au point mort haut. Quand le volant a tourné jusqu'au point* 2, *le piston, mû par la combustion, a pris la position où commence l'échappement. Quand la rotation atteint le point* 3, *le piston a commencé de démasquer l'admission d'air frais : celui-ci, déflecté vers le haut du cylindre et rejeté ensuite vers le bas, achève de chasser les gaz dans l'échappement. En* 4, *au point mort bas, l'échappement est terminé et la compression de l'air frais va commencer. Les points* I *et* I' *correspondent au début et à la fin de l'injection d'huile.*

L'histoire de la gouttelette d'huile lourde dans le cycle Diesel

Essayons d'imaginer le phénomène de la « combustion » à l'intérieur d'un cylindre de moteur Diesel.

Voici la goutte d'huile lancée par « l'injecteur » au sein de la masse d'air comprimé (au point mort haut). Cet air est brûlant. La goutte s'échauffe avant de commencer à brûler. Il en résulte pour elle des modifications *physiques* et *chimiques*.

Les modifications chimiques consistent peut-être en une « peroxydation » préalable à la combustion proprement dite (c'est l'hypothèse émise par M. Dumanois). Quoi qu'i

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, p. 195 et 243.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

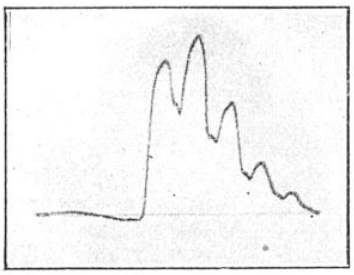


FIG. 10. — COURBE DES VARIATIONS DE PRESSION SUBIES DANS UNE TUBULURE DE DIESEL CLASSIQUE, AU MOMENT DE L'INJECTION D'HUILE

Ce graphique, pris optiquement par le manographe photocathodique Labarthe, montre nettement que le « coup de bélier » donné par la pompe d'injection fournit en réalité toute une série d'injections successives, — alors que la première seule (premier crochet du graphique) serait suffisante. En réalité, le phénomène de l'injection échappe, jusqu'ici, à toute discipline.

en soit, les *composés superficiels* de la gouttelette s'enflamment les premiers. En aucun cas il n'y a « évaporation » : les modifications physiques de la gouttelette d'huile, différant totalement de celles qui affectent l'essence, la dilatation, la variation de viscosité, la modification de la tension superficielle entrent seules en cause.

Mais, entre l'instant où la première gouttelette lancée par l'injecteur a pénétré dans la chambre de combustion et celui où elle commence à brûler, d'autres gouttelettes ont pénétré à sa suite. En sorte que la combustion de la première, dès qu'elle commence, met le feu à toutes les autres, — à la manière d'un détonateur. De ce fait, la « queue » du jet d'huile brûle d'une manière continue au fur et à mesure de l'apparition des gouttelettes *au col de l'injecteur*.

La combustion s'effectue donc, à chaque injection, en deux phases. Et l'on conçoit toute l'importance que prend le rythme imprimé par la pompe d'injection à l'entrée des gouttelettes successives dans le cylindre. Cette entrée doit être *disciplinée* si l'on veut discipliner la combustion elle-même. C'est évident. Or, cette discipline, en l'état présent de la technique, n'existe pas. Les pompes d'injection sont commandées par des cames aux profils sans doute fort bien calculés ; mais, entre la pompe et l'injecteur placé sur la paroi du cylindre, il existe un tuyautage. La pression imprimée à l'huile dans les tubulures, par la pompe d'injection, peut atteindre plusieurs centaines de kilogrammes par centimètre carré. L'élasticité du métal composant le tube aussi bien que la compressibilité de l'huile (très sensible à ces hautes pressions), provoquent la formation de véritables ondes le long du filet d'huile. Celui-ci gicle dans le cylindre au gré de ces fluctuations ondulatoires : *toute la forme du jet en est modifiée* et, avec elle, toute la combustion interne du moteur.

Grâce à cet appareil de mesure véritablement providentiel que nous avons décrit ici (1), le *manographe photocathodique* de M. André Labarthe, les fluctuations anarchiques de l'huile dans les tubulures d'injection sont désormais parfaitement décelées, *photographiées* en courbes visuelles fort nettes. M. Labarthe a effectivement tracé des familles de courbes révélant toutes les modalités des variations de pression dans les systèmes : pompe-tuyauterie-injecteurs. Il préconise notamment la suppression totale des tubulures en accolant l'injecteur à la paroi même du cylindre. Logiquement, cette méthode scientifique doit aboutir à la mise au point de l'injection rationnelle, — de laquelle dépend la bonne marche de tout moteur à huile lourde et, particulièrement, du moteur d'aviation dont la rotation multiplie, par sa rapidité, la malfaisance des imperfections dont s'accommode très bien le Diesel industriel.

Tel est l'horizon absolument nouveau que le jeune physicien du laboratoire de Mécanique-Physique de la Sorbonne a ouvert aux constructeurs. Le phénomène que nous venons de signaler *est capital parce qu'il commande tout le travail du cycle moteur, bref le « rendement» de la machine.*

Une autre version de l'histoire de la gouttelette

L'analyse précédente des défauts de l'injection dans le Diesel est faite « de l'extérieur », d'après les vices des appareils injecteurs. Mais voici une autre version ou, tout au moins, une version com-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 195, page 211.

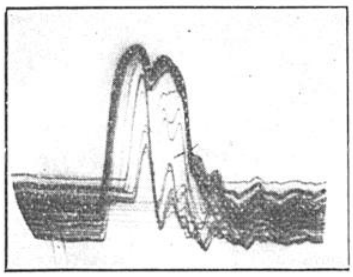


FIG. 11. — LES COURBES SUPERPOSÉES CI-DESSUS SONT REPRÉSENTATIVES DES INÉGALITÉS DE REMPLISSAGE INTERVENANT DANS LE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE D'INJECTION RAPIDE

Chaque courbe correspond à la pression d'huile dans la tubulure pour un cycle complet. On voit qu'aucune ne ressemble à sa voisine, ce qu'exigerait cependant le bon fonctionnement du moteur.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plémentaire plausible de l'« histoire du jet » considérée, cette fois, de l'intérieur.

C'est celle que nous donne M. Pierre Clerget. Elle est également fondée sur des mesures expérimentales.

M. Clerget a effectué des montages reproduisant exactement le phénomène de l'injection et qu'il peut cinématographier par la méthode « stroboscopique » déjà exposée à nos lecteurs (1).

Le film révèle d'abord ceci : un jet d'huile pénétrant, sous une pression de 700 kilogrammes, dans l'atmosphère à 34 kilogrammes (qui est celle d'un moteur dont le rapport volumétrique (2) est 16), un tel jet est vite rompu par la résistance du milieu. De plus, s'il frappe une paroi suffisamment rapprochée de l'orifice du gicleur, il donne lieu non pas à des rebondissements de ses gouttelettes sur cette paroi, *mais à la formation de tourbillons* décollant franchement de la paroi. En sorte que les gouttelettes en lesquelles se divise finalement le jet sont affectées d'un mouvement tourbillonnaire.

Ce n'est pas tout. Ces gouttelettes sont électrisées. Ceci se constate par la mesure, à l'électromètre, du potentiel électrique dont se charge la paroi frappée par le jet. Et c'est là, d'ailleurs, un phénomène bien connu des physiciens, sur lequel, même, a été construit, il y a plus d'un siècle, la fameuse machine électrostatique d'Armstrong, dans laquelle la charge électrique obtenue par la projection d'un simple jet de vapeur sur une pièce métallique isolée suffit pour obtenir des étincelles de l'ordre du mètre.

Si l'on tient compte de la charge électrique des gouttelettes, il faut admettre que celles-ci *se repoussent mutuellement*. Leur « nuage » est donc « en expansion » rapide.

Si le constructeur parvient à reproduire ce phénomène à l'intérieur de son cylindre moteur, la combustion en sera favorisée. Le nuage des fines gouttelettes en répulsion mutuelle se mélange intimement à l'atmosphère carburante, — en sorte que l'on retrouve, sinon les conditions rigoureuses de « l'explosion » des gaz carburés à l'essence, du moins un état approché de ces conditions. La flamme se propage d'une gouttelette à l'autre *quasi instantanément*. Et le cycle à quatre temps, fondé sur le phénomène de l'explosion, se trouve justifié à nouveau pour l'huile lourde.

C'est cette reconstitution approximative des conditions du moteur à quatre temps à laquelle s'est attaché M. Pierre Clerget.

Il a disposé ses injecteurs (deux par cylindre) de manière à ce que leurs jets viennent frapper la paroi supérieure du piston, y rebondissent en tourbillons parfaitement accordés dans une turbulence d'ensemble, en fournissant finalement les nuages de gouttelettes électrisées en expansion. Cette « turbulence » n'est plus, on le voit, la turbulence classique, aérodynamique, de la carburation à essence. C'est une turbulence complexe dont notre analyse montre l'originalité.

Ainsi, M. Pierre Clerget pense avoir constitué, à l'intérieur de la chambre de combustion de son moteur, le phénomène de carburation qui justifie le mieux le cycle à quatre temps, adopté pour d'autres motifs empiriques.

Vers de nouveaux progrès

Quoi qu'il en soit des théories, le moteur Clerget à huile lourde est désormais apte au service. Dès maintenant, son créateur en établit un modèle à suralimentation par compresseur, destiné à « rétablir » la puissance normale en altitude.

M. Clerget est à peu près certain de battre le record d'altitude avec le nouveau moteur perfectionné.

Résumons ses caractéristiques : 14 cylindres en deux étoiles décalées ; 140 d'alésage ; 160 de course ; 34 litres de cylindrée ; 500 ch ; 1.800 tours-minute. Poids, sans hélice, mais avec l'équipement complet et les réservoirs d'air comprimé nécessaires au démarrage : 600 kilogrammes, soit 1 kg 200 par cheval. C'est, à peu de chose près, la puissance massique du Junkers.

Pour mesurer le chemin parcouru, il convient de se rappeler que le premier moteur Clerget, datant seulement de 1928, faisait 228 kilogrammes pour 100 ch. En 1929, un second Clerget (9 cylindres en étoile) pesait 308 kilogrammes pour 200 ch. Vinrent ensuite deux autres moteurs et, en 1933, fut mis en chantier le 14 cylindres actuel.

D'où peuvent venir les progrès futurs ?

Certainement d'une étude méthodique de l'injection et de ses « décharges secondaires » au moyen des méthodes Labarthe.

Il est certain que le nombre des injecteurs, la meilleure pression d'injection, le nombre, la grandeur et la position des soupapes, le meilleur régime, enfin, sont fonction des fantaisies de ces gouttelettes infimes dont nous avons essayé de tracer, ou plutôt d'imaginer, « l'histoire » dans le cycle moteur.

CHARLES BRACHET.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 133, page 47.

(2) Le rapport volumétrique est celui du volume de la chambre de combustion et du volume total de la cylindrée.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LE FILM D'AMATEUR EST MAINTENANT PARLANT

Par Pierre KESZLER

Le film cinématographique « standard » (largeur 35 millimètres) ne peut convenir, étant donné son prix élevé, aux débouchés du cinéma muet ou sonore autres que l'exploitation courante des grandes salles de projection. Au contraire, le cinéma familial, les petites exploitations, l'enseignement, les patronages, la publicité, etc., exigent le film étroit (17 mm 5, 16 millimètres ou même moins encore), dont la première application (film muet, bien entendu) remonte à une quinzaine d'années. Il permet, en effet, de réaliser sur son prix de revient une économie d'autant plus sensible que la réduction de son format est plus importante. Aujourd'hui, le film étroit, comme le film normal, est devenu sonore, grâce aux perfectionnements apportés au « tirage » du son — beaucoup plus délicat que celui des images — par les procédés tout récents d'anamorphose optique *qui donnent, d'un objet, une image réduite de moitié dans le sens vertical, mais de même largeur dans le sens horizontal. Ainsi, la piste sonore conserve la même largeur (2 millimètres environ), que ce soit sur les films normaux ou sur les films étroits. Grâce à cette technique toute nouvelle, le rendement acoustique est sensiblement le même dans les deux cas, au point que, seule, une oreille exercée est capable d'en déceler les différences. C'est pourquoi beaucoup de petites salles de projection à l'étranger (en Allemagne notamment) sont équipées pour utiliser exclusivement le film réduit, dont les conditions d'exploitation (appareillage moins coûteux, prix de revient et usure de la pellicule plus faibles, sécurité accrue contre l'incendie) sont beaucoup moins onéreuses que celles du film standard.*

L'INDUSTRIE cinématographique utilise exclusivement la pellicule dite « standard », dont la largeur atteint 35 millimètres. Si, pour les besoins de l'exploitation courante, cette pellicule s'avère indispensable, elle est cependant d'un prix assez élevé et ne saurait convenir aux autres débouchés du cinéma, muet ou sonore.

D'ailleurs, dans les cas auxquels nous faisons allusion : cinéma familial, patronages, petites exploitations, enseignement, publicité, on n'a jamais à envisager une projection à grande distance sur un écran de grandes dimensions. Puisque la surface de l'écran est, par rapport aux salles de spectacle cinématographique, considérablement réduite, il va de soi que l'on peut restreindre dans les mêmes proportions l'image photographique du film. Cette réduction entraînera une diminution de prix proportionnelle au carré du nombre mesurant la réduction. En effet, si un film est deux fois moins large qu'un autre, la hauteur de chaque image sera également divisée par deux. Dans une seule bande, large de 35 millimètres, on pourra donc caser quatre fois le nombre d'images contenues dans le film utilisant la largeur entière. Si la réduction de format est plus importante encore, l'abaissement du prix de revient n'en sera que plus sensible. Nous verrons plus loin que ce n'est pas la seule économie que permettent les films de format réduit.

Il y a déjà une quinzaine d'années que parut le premier film étroit. Ce fut le film de 9 mm 5, obtenu en découpant dans la bande standard de 35 millimètres, non perforée, trois films de 9 mm 5 et en abandonnant une chute d'un peu plus de 5 millimètres. Ce fut ensuite le film de 16 millimètres, prélevé dans les mêmes conditions dans la pellicule de 35 millimètres, mais à raison de deux bandes longitudinales au lieu de trois. La pellicule de 9 mm 5 est perforée au milieu, entre chaque image ; celle de 16 millimètres, sur les côtés, comme le film standard.

Ces deux formats conquirent le public des amateurs. Le format 9,5, sensiblement plus économique, se diffusa plus rapidement, tandis que les demi-professionnels adoptaient plutôt le format de 16 millimètres, qui offrait un certain nombre d'avantages techniques.

Un peu plus tard, un nouveau format vit le jour. En effet, les deux films étroits de 9,5 et 16 millimètres ne sont pas des sous-multiples exacts du film standard. En créant le format 17,5, les ingénieurs d'une firme

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

cinématographique répondaient à un souci d'exactitude mathématique. La largeur du film étant la moitié de celle du standard, toutes les cotes se retrouvaient affectées du même diviseur : 2. C'était très commode, non seulement pour le calcul, mais aussi pour le traitement, le stockage et l'établissement des prix du film.

Enfin, on vit apparaître le format 8 millimètres, qui est un film de 16 millimètres coupé en deux. Il est, à coup sûr, le plus économique, mais la petitesse de l'image interdit les écrans de quelque importance, et, de plus, il faut nécessairement employer une pellicule spéciale, à grain extra-fin, dont le prix est forcément plus élevé. Aussi le format de 8 millimètres n'a-t-il trouvé de débouché que chez les amateurs.

Le film étroit devient sonore

Lorsque le film standard de 35 millimètres fut perfectionné par l'adjonction d'une piste sonore, on peut dire que, d'un seul coup, l'industrie cinématographique se trouva bouleversée tant dans les studios de prise de vues que dans les salles de projection. Presque aussitôt, les petites exploitations réclamèrent le même perfectionnement. C'est pour cette raison que le format 17,5 fut le premier nanti de la parole, il y a environ quatre ans. On ne chercha pas à doter de la même faculté les formats 8 et 9 mm 5, l'étroitesse de la bande ne permettant pas de caser une piste de largeur suffisante. Par contre, le problème fut résolu pour le format 16 millimètres presque aussi aisément que pour le 17 mm 5.

Malheureusement, il est différemment conçu selon les pays où il est exploité. Selon que le film est traité en Amérique ou en Allemagne, la piste sonore est située à gauche ou à droite, ce qui, on le conçoit, ne favorise pas la standardisation que des conférences internationales se sont en vain efforcées de réaliser.

Récemment, la maison française qui patronne le 17,5, seul logique, a mis le point final à la discussion en créant un projecteur pouvant indifféremment passer tous les films, 16 ou 17,5, piste à droite, ou piste à gauche.

Les problèmes soulevés par la sonorisation des films étroits

Quel que soit leur format, les films étroits ont posé à leurs réalisateurs des problèmes infiniment plus ardus qu'on ne l'aurait pu supposer, non pas du côté de la reproduction de l'image, mais bien de celle du son. En effet, en l'absence d'appareils de prise de vues sonore, et en raison de la destination principale des films étroits, — c'est-à-dire petites exploitations, patronages, cinéma familial, faisant appel à la production cinématographique artistique, ou bien enseignement, demandant les films documentaires et scientifiques, — c'est dans la cinémathèque des producteurs de films de 35 millimètres qu'on va chercher la matière première.

Le problème consiste donc à reproduire, à échelle réduite, tout ce qui se trouve sur la pellicule nouvelle, image et son. Pour l'image, avons-nous dit, pas de difficulté. On se sert d'une *tireuse* spéciale, machine assimilable à un projecteur. D'un côté se déroule le film de 35 millimètres négatif, éclairé d'un côté et reproduit de l'autre par un dispositif optique analogue à un objectif, sur un film diapositif vierge. Ainsi que dans un projecteur, les films sont tirés image par image, immobilisés le temps nécessaire à l'exposition du film vierge, tirés à nouveau, etc.

Comme, dans les deux cas, 16 millimètres ou 17,5, un film vierge de 35 millimètres contient, en largeur, deux images, le dispositif optique donne effectivement une image double. Le film entier est traité ainsi et ne sera coupé qu'au dernier moment, pour donner deux bandes de 16 ou de 17,5.

Pour le son, les choses se présentent de manière autrement compliquée. Il ne peut plus être question de tirage dans une tireuse alternative, puisque la piste sonore est continue. En outre, le film standard de 35 millimètres est déroulé à la vitesse de 45 centimètres-seconde. On dit que la longueur de sa piste sonore est de 45 centimètres. Par contre, dans le 17,5, cette longueur tombe à la moitié (exactement 228 millimètres), et à 180 millimètres dans le 16 millimètres. Comment faire tenir dans un espace aussi raccourci toute l'inscription photoélectrique normalement étalée sur 45 centimètres?

On pensa d'abord au système dit « de réenregistrement ». Cela consiste à lire la piste sonore au moyen d'un appareil adéquat et à inscrire photoélectriquement, sur la piste réduite, le son du film original, par un procédé en tous points analogue à celui qui a servi à l'enregistrement original. Malheureusement, ce système n'a pas donné du tout ce qu'on en attendait. C'est, au demeurant, assez facile à comprendre. Nous avons exposé, dans un précédent numéro de cette revue (1), les différents procédés

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 205.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

modernes d'enregistrement photoélectrique des sons. Les appareils les plus récents, construits pour utiliser une longueur de piste de 45 centimètres par seconde, arrivent péniblement à rester fidèles au-dessus de 7.000 périodes par seconde et à atteindre le plafond de 9.000 cyeles. Si la longueur de piste est réduite de moitié, ou même de plus encore, il est bien évident que le plafond d'enregistrement sera abaissé à 4.500 cycles au maximum.

Il fallut donc renoncer au réenregistrement reconnu insuffisamment fidèle. Il ne restait qu'un moyen : traiter le son comme on a traité l'image, c'est-à-dire optiquement.

Là encore, un écueil guettait les réalisateurs. En tirant optiquement une image, réduite, de la piste sonore, — problème relativement facile à résoudre, — on diminuait effectivement sa longueur de la quantité voulue, c'est-à-dire qu'on la ramenait bien à 228 ou à 180 millimètres, mais, du même coup, sa largeur était affectée dans les mêmes proportions. On arrivait alors à une piste de 1 millimètre environ.

Nous devons reconnaître, après expérience, que les films obtenus par ce moyen de réduction pure et simple sont d'une qualité sonore excellente. Ce que les appareils électriques n'avaient pu faire, une lentille de verre l'a réalisé, et le plafond de l'enregistrement reste le même que pour le film normal.

Le revers de la médaille, c'est la fragilité d'un tel enregistrement. La moindre rayure en détruit une part très importante. Il fallut encore chercher à perfectionner.

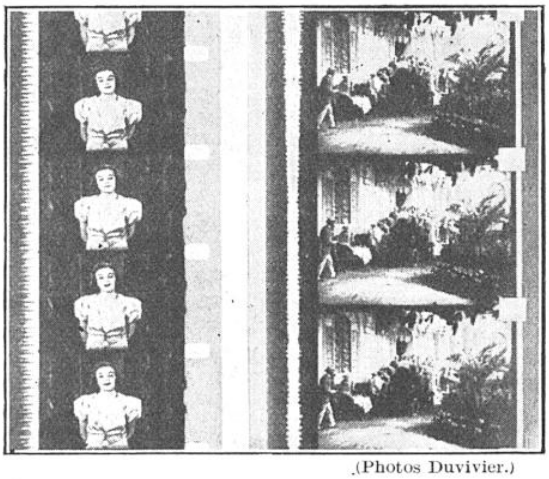
On s'est dit qu'en somme, grâce à la place gagnée par la suppression d'une des rangées de perforations, on avait tout l'espace voulu pour imprimer une piste sonore qui aurait la même largeur que celle du film standard, soit 2 millimètres environ. De fait, dans le procédé de réenregistrement, conserve-t-on la largeur de 2 millimètres.

Optiquement, cela soulevait un problème qui faillit bien rester sans solution. En effet, il s'agissait de trouver une combinaison optique capable de donner, d'un objet, une image réduite de moitié environ dans le sens vertical, tout en laissant à cette image la largeur même de l'objet dans le sens horizontal.

Bien que particulièrement complexe, ce problème a reçu deux solutions. La première est due au professeur Chrétien, de l'Institut d'Optique, et fait appel à un principe dérivé de celui des objectifs à foyer variable. La seconde, fruit des travaux des ingénieurs de la firme Debrie, est fondée sur les propriétés des prismes. L'un et l'autre de ces procédés faisant l'objet de brevets dont certains sont encore en cours de dépôt, nous ne pouvons malheureusement pas décrire à nos lecteurs le principe et la réalisation de ces appareils, qui effectuent ce qu'on a nommé l'*anamorphose* de l'image.

Bien entendu, cette anamorphose conserve aux copies positives obtenues les avantages inhérents au mode d'enregistrement initial du film standard, c'est-à-dire que, si le type bénéficie d'un enregistrement dit *noiseless* (sans bruit de fond), le film réduit jouira du même perfectionnement.

Il n'est pas inutile d'ajouter à cet exposé que le rendement acoustique d'un film étroit sonore est très sensiblement le même que celui d'un film standard. Cela tend à prouver, en somme, que les procédés d'enregistrement, pour perfectionnés qu'ils soient, ne per-



(Photos Duvivier.)

FIG. 1. — EXEMPLES DE FILMS SONORES ÉTROITS DE 16 MILLIMÈTRES ET 17 MM 5

On voit, à gauche, un film de 16 millimètres grossi deux fois et demie environ. La perforation n'empiète pas sur l'image, ce qui permet d'utiliser presque intégralement la surface sensible réservée à l'image. L'enregistrement reproduit est du système R. C. A. *premier type. On remarque qu'en dépit de la réduction de longueur de la piste l'inscription est parfaitement nette. A droite, un film de 17 mm 5 grossi trois fois. La perforation mordant sur l'image, on est obligé de réduire assez sensiblement la fenêtre de projection, tant et si bien que le gain de surface ainsi obtenu est presque entièrement reperdu. L'enregistrement reproduit est ici du* R. C. A. *haute fidélité, sans bruit de fond. (Les deux films sont reproduits ici surface sensible au-dessus.)*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

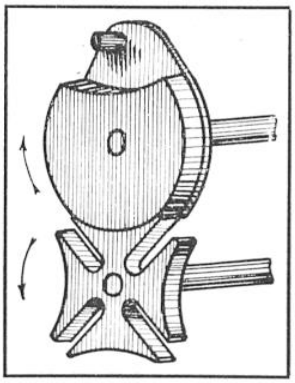


FIG. 2. — LE DISPOSITIF CLASSIQUE DE LA CROIX DE MALTE

On voit sur notre croquis l'ergot qui s'introduit dans les branches de la croix de Malte. Pendant tout le temps que l'ergot accomplit les trois quarts de sa révolution, la croix est bloquée par la portion métallique cylindrique solidaire de l'ergot.

mettent pas encore de tirer de l'émulsion photographique tout ce qu'on pourrait lui demander. La différence qu'on parviendrait à déceler à l'audition d'un film, selon qu'il est standard ou réduit, est si mince que seul un professionnel pourrait la découvrir, et il est fort probable que beaucoup de nos lecteurs ont entendu déjà des films de 17,5 ou de 16 millimètres, croyant sincèrement se trouver en présence de film normal.

Ceci est tellement vrai que, dans certains pays, — en Allemagne notamment, — toutes les salles qui n'excèdent pas deux ou trois cents places sont équipées en format réduit. L'économie ainsi réalisée est très considérable, si considérable même qu'on se demande pourquoi beaucoup de cinémas, en France, ne se lancent pas dans cette formule. Nous étudierons, à la fin de cet article, les conditions d'exploitation du film, afin de montrer les avantages considérables que l'industrie du spectacle cinématographique trouverait dans l'emploi du format réduit.

Les projecteurs sonores de format réduit

Les projecteurs sonores de format réduit sont beaucoup moins volumineux et aussi beaucoup moins onéreux que les appareils professionnels de format standard. En effet, la source lumineuse étant presque toujours constituée par une lampe à incandescence, il n'est plus besoin de prévoir les gigantesques lanternes à arc indispensables à l'éclairement des vastes écrans. D'autre part, la masse réduite du film ne nécessite pas des supports, galets et accessoires aussi volumineux. L'aspect extérieur d'un projecteur de cette classe est donc tout différent de celui des appareils normaux. Par contre, nous retrouverons, adaptés à leur nouvelle fonction, la plupart des organes essentiels.

La simple substitution de la lampe à incandescence à la lampe à arc est la cause de toute une série d'économies substantielles, réalisables sur l'installation. En effet, la chaleur développée par les lampes à arc est telle que des mesures très sévères sont édictées par les ordonnances de police afin d'éviter tout risque d'incendie. C'est ainsi que les cabines de projection doivent être séparées de la salle par des cloisons coupe-feu, que des vannes d'incendie spéciales et indépendantes sont obligatoires, etc. Avec le film étroit, toujours établi en acétate de cellulose, c'est-à-dire en film ininflammable, avec la lampe à incandescence qui ne peut pas provoquer par contact de commencement d'incendie, toutes ces mesures perdent leur caractère d'obligation, ce qui entraîne, on s'en doute, une différence sensible du prix de premier établissement.

Pour décrire les projecteurs sonores de format réduit, nous allons passer en revue les différents organes d'un appareil et regarder comment ils ont été adaptés à leur nouvel emploi.

La lanterne. — La lanterne est donc essentiellement composée d'un carter dans lequel l'air circule facilement, et au centre duquel est fixée une lampe dont la puissance varie

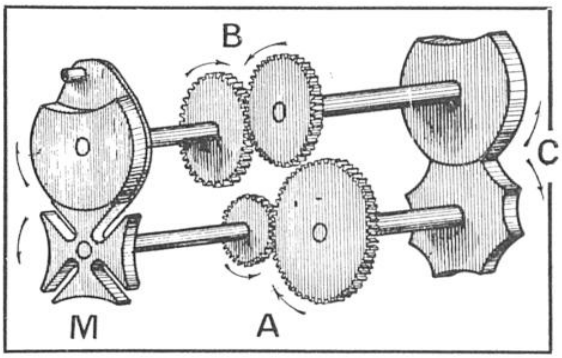


FIG. 3. — SCHÉMA DU DISPOSITIF DE CROIX DE MALTE DÉMULTIPLIÉE

On voit, en M, *la croix de Malte classique ; en* A, *un train d'engrenages réduisant de quatre fois la vitesse de rotation de la croix. Sur l'axe de la plus grande roue dentée est calé le débiteur de film. En* B, *deux engrenages de même diamètre transmettent au disque tronqué* C *le mouvement de l'ergot de la croix de Malte, mais en l'inversant. Sur l'arbre portant la plus grande roue dentée de* A, *et le galet débiteur, se trouve également une étoile à huit branches qui ne peut tourner que lorsque le disque tronqué présente l'arc évidé. De la sorte sont assurés, d'abord, la réduction du mouvement de la croix de Malte et, ensuite, le blocage du débiteur denté dans une position rigoureusement fixe, ce qui évite l'effet de sautillement.*

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

de 250 à 800 watts, selon la lumière dont on a besoin. Derrière la lampe se trouve un miroir concave renvoyant vers l'avant les rayons émis vers l'arrière. Devant la lampe, symétriquement au miroir, est placé un jeu de lentilles appelé « condensateur », ayant pour but de concentrer les rayons émis par le filament ainsi que ceux réfléchis par le miroir sur un petit rectangle percé dans une plaque métallique et appelé *fenêtre de projection*. Les dimensions de cette fenêtre sont légèrement inférieures à celles de l'image du film, et c'est devant elle que les images photographiques se succéderont.

Le projecteur-image. — Le problème consiste à amener successivement chacune des petites images photographiques composant le film devant la fenêtre de projection, à l'immobiliser dans cette position une fraction de seconde, puis procéder à la même opération pour la suivante, et ainsi de suite, à la cadence de 24 images par seconde.

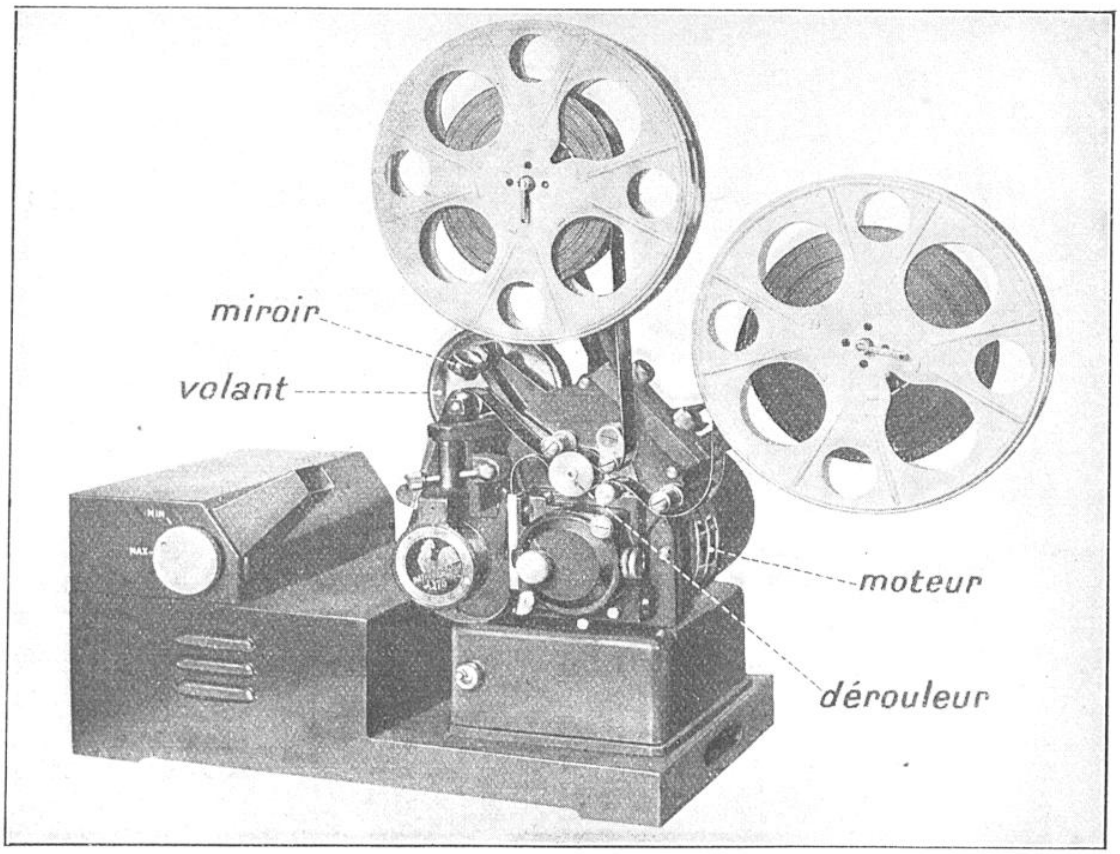


FIG. 4. — ENSEMBLE D'UN APPAREIL DE PROJECTION POUR FILMS SONORES DE FORMATS RÉDUITS DE TOUTES LARGEURS ET DE TOUTES PROVENANCES

C'est un appareil de salon. La lampe de 250 watts est dans le carter. Un seul débiteur denté assure, à deux reprises, l'entraînement du film à l'entrée et à la sortie. Le volant assure le défilement régulier du film devant la fente lumineuse. Le miroir réfléchit vers la cheminée métallique qu'on aperçoit à gauche les rayons lumineux ayant traversé la piste sonore du film. La cellule photoélectrique se trouve au fond de cette cheminée. Un secteur métallique, obstruant plus ou moins la cheminée, commande le volume sonore en agissant non pas sur l'amplificateur, mais sur la quantité de lumière frappant la cellule.

Pour arriver à ce résultat, le film enroulé sur la bobine dite « débitrice » est tiré de manière continue par un galet muni de dents qui s'emboîtent dans les perforations du film, et qu'on appelle *débiteur*. Après son passage sur le premier débiteur, le film décrit librement une boucle de quelques centimètres ; en effet, son mouvement jusqu'alors continu doit devenir alternatif. C'est alors qu'il pénètre dans un couloir métallique

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

finement poli appelé *couloir de projection*. Selon les appareils, la traction du film peut se faire de deux façons distinctes. Dans le premier cas (appareils Pathé-Natan 175 ; Pathé-Rural, Debrie), un dispositif de cames provoque l'introduction dans les perforations de deux griffes métalliques, puis la traction verticale du film de la longueur d'une image, enfin, l'effacement des griffes. Ce dispositif, qui est très silencieux, a pourtant le petit inconvénient d'abîmer à la longue les perforations. Il n'est, d'ailleurs, jamais employé dans les appareils de format standard. L'autre procédé, dû à M. Continsouza, est l'adaptation au format réduit du dispositif dit *à croix de Malte*, universellement employé dans le format standard. Dans la croix de Malte normale (fig. 2), nous trouvons une pièce métallique qui, ainsi que son nom l'indique, reproduit très exactement la forme d'une croix de Malte, sur l'axe de laquelle se trouve calé un galet débiteur denté. Le diamètre de ce débiteur est calculé de telle sorte qu'un quart de tour correspond exactement à l'avancement du film de la longueur d'une image. Mais, avec le format réduit, on eût été amené, pour la réalisation de ce dispositif, à une dimension par trop restreinte du galet débiteur. Le film aurait été soumis à une courbure excessive, et, de plus, une seule perforation aurait pu être engagée sur la dent du galet. Il fallait donc maintenir un diamètre suffisant pour que deux perforations au moins fussent saisies par les dents. On eut alors l'idée de démultiplier la croix de Malte, c'est-à-dire de diviser par quatre la vitesse de rotation du galet denté par rapport à celle de la croix de Malte. En principe, rien de plus facile. Un train d'engrenages répondait sans difficulté à cette condition. Mais, qui dit engrenage dit jeu. Et, comme les images doivent se cadrer très exactement dans la fenêtre de projection, afin d'éviter l'effet de sautillement, il faut verrouiller le galet denté dans la position idéale après chaque mouvement. Nous donnons, figure 3, le schéma du dispositif imaginé par M. Continsouza et qui assure le verrouillage du débiteur denté. Comme tout cet ensemble mécanique baigne dans un carter d'huile, il est aussi silencieux que les griffes et possède, en outre, l'avantage de ne pas abîmer les perforations. C'est ce dispositif qui est utilisé dans l'appareil *Mip*.

La bande de film défile donc, image par image, devant la fenêtre de projection. L'objectif donne, de chaque vue, une reproduction agrandie sur l'écran. Mais pendant que le film se déplace, il faut empêcher la lumière d'arriver sur l'écran. En effet, bien que rapide, ce mouvement se verrait, et le spectateur aurait l'impression que les images sont étirées dans le sens de la hauteur. On obture donc le faisceau lumineux, pendant le mouvement du film, au moyen d'une pale métallique tournant en synchronisme avec le mécanisme d'entraînement du film. L'obturation étant brève, par rapport au temps que l'image passe immobile dans la fenêtre de projection, le spectateur reçoit une impression de mouvement continu, et les images produites sur l'écran sont nettes.

Le lecteur de son. — A la sortie du couloir de projection, il faut de nouveau transformer le mouvement alternatif du film en déroulement continu, pour pouvoir lire la piste sonore. Nous trouvons donc une nouvelle boucle. On pourrait certes assurer un défilement régulier en plaçant en cet endroit un galet débiteur. Toutefois, l'expérience montre que c'est insuffisant. En effet, la moindre irrégularité de vitesse dans le passage de la piste sonore devant la cellule photoélectrique se traduit par des altérations de timbre ou de hauteur de son. On recourt donc à un artifice ingénieux. Le film est amené sur un galet lisse et solidaire d'un volant métallique assez lourd tournant sur des pointes. La masse du volant est, par rapport à celle du film, si considérable que sa vitesse reste constante. C'est donc sur le galet du volant lui-même qu'on place le dispositif de lecture, ou, à défaut, dans son voisinage immédiat. Le dispositif de lecture se compose d'un jeu de lentilles concentrant sur la piste sonore l'image réduite d'une fente mécanique éclairée par la lampe de projection ou par une petite lampe annexe. De l'autre côté du film se trouve la cellule photoélectrique, qui traduit en courant électrique les variations d'intensité lumineuse qui la frappent.

Après le passage devant le lecteur de son, le film est sollicité par un nouveau débiteur, avant de s'enrouler sur la bobine réceptrice.

L'amplificateur. — Dans le socle de l'appareil sont disposés les divers éléments de l'amplificateur, c'est-à-dire les résistances, lampes, condensateurs, ainsi que les organes d'alimentation de l'amplificateur. Un câble le relie au haut-parleur, qu'on place derrière ou au-dessous de l'écran.

Les amplificateurs de projecteurs sonores, analogues à la partie basse fréquence d'un récepteur de T. S. F., sont à deux ou trois étages, selon les cas. S'il en était absolument besoin, il serait possible d'augmenter l'am-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plification au moyen d'un nouvel appareil, afin d'obtenir un volume sonore considérable.

Le moteur-ventilateur. — Les moteurs d'entraînement des appareils sonores de format réduit sont presque toujours du type asynchrone, en raison de leur grande régularité, et sont calés sur le même arbre qu'un puissant ventilateur, dont le courant d'air traverse le couloir de projection, refroidit la lampe à incandescence et, enfin, traverse le moteur lui-même. De la sorte, la chaleur développée par le filament et par les enroulements du moteur est combattue utilement et ne peut jamais atteindre un degré dangereux pour le film ou l'appareil.

Les conditions d'exploitation du format réduit

Pour montrer les avantages du format réduit, il faut bien poser, avant tout, que cet avantage n'existe que pour les salles de dimensions restreintes. C'est-à-dire qu'il trouve sa place dans les petits cinémas d'exclusivité ou de petites villes, dans les patronages, l'enseignement et même à domicile.

Pour les autres formes d'exploitation, le format standard s'impose.

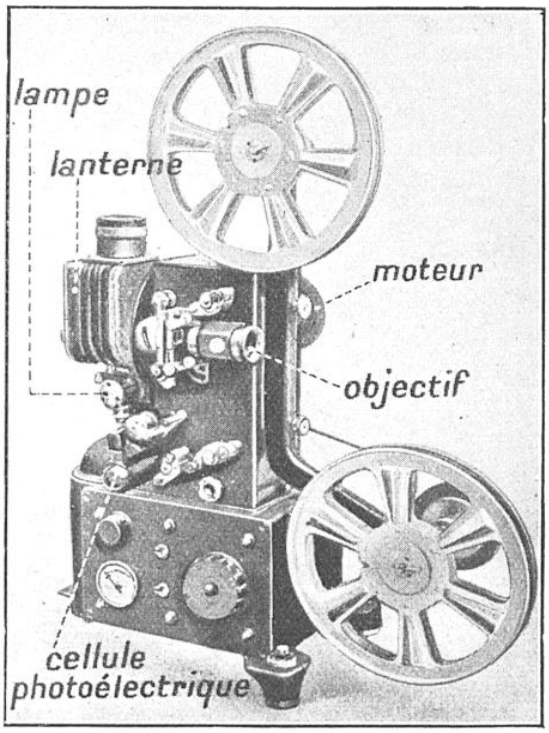


FIG. 5. — PROJECTEUR POUR FILM SONORE DE 16 MILLIMÈTRES OU 17 MM 5

Ce projecteur fonctionne avec une croix de Malte démultipliée (voir le schéma, fig. 3). Dans le socle se trouve le transformateur d'alimentation de la lampe spéciale contenue dans la lanterne, ainsi que l'amplificateur dont on aperçoit le large bouton de commande du volume sonore.

L'économie que permet le format réduit est multiple. D'abord, les frais de première installation. Outre qu'un appareil passant le film étroit coûte environ quatre fois moins qu'un poste standard, il n'en faut généralement qu'un au lieu de deux. En effet, les bobines de film standard sont de 300 mètres et durent une dizaine de minutes à la projection. Pour éviter de découper le film en tranches successives de dix minutes, on se sert de deux appareils de projection. De la sorte, les bobines se succèdent sans même que le spectateur s'en aperçoive. En format réduit, on a la possibilité de monter des bobines de 600 mètres qui durent cinquante minutes. En combinant adroitement les différents éléments du programme, on peut très bien n'utiliser qu'un seul appareil. Première économie très sensible.

Deuxième point : nous avons vu que les projecteurs de films étroits utilisaient exclusivement les films ininflammables et n'avaient pas recours à la lampe à arc. On évite ainsi les prescriptions de police imposant, dans les autres cas, toute la série des dispositions de sécurité contre le feu. Nouvelle économie, non moins sensible.

Troisième point : le rapport d'économie entre les bobines de 35 millimètres et celles de format réduit n'est jamais inférieur à 4. Le prix de revient brut d'un même film sera donc, pour le support seul, quatre fois moindre.

Quatrième point : le film de format réduit résiste mieux à l'usage que le film standard. On admet, d'une manière générale, qu'un film de 35 millimètres peut assurer 250 passages avant de devenir médiocre. Pour le format réduit, le nombre des passages peut être double.

On comprend que, dans ces conditions, le distributeur de films puisse amortir bien plus facilement le prix de revient d'une copie en 16 millimètres, par exemple, qu'en 35 millimètres.

Ceci nous amène à entrer dans le domaine de l'exploitation commerciale du film.

Les films se louent, par les soins des distributeurs de films, *par programme*. Le programme est composé par le distributeur lui-même et soumis au choix des exploitants. De plus en plus, cette location s'effectue *au pourcentage*, c'est-à-dire que le distributeur

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

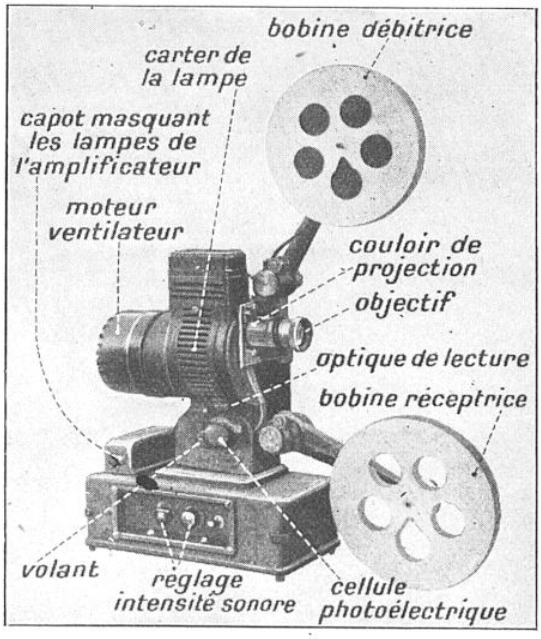


FIG. 6. — PROJECTEUR SONORE POUR FILM DE 16 MILLIMÈTRES

Dans le carter ajouré est logée la lampe, dont la puissance varie de 200 à 750 watts selon les cas et le mécanisme des griffes. Dans le socle se trouve l'amplificateur. L'appareil peut passer les films américains aussi bien que les films européens, le dispositif de lecture de son étant réglé pour fonctionner dans deux positions, et un prisme redresseur de l'image pouvant s'adapter instantanément sur l'objectif. Normalement, le projecteur fonctionne avec des films européens, les plus répandus.

prélève, selon les cas, de 20 à 45 % des recettes nettes de l'exploitant. La recette nette est calculée sur la recette brute amputée des divers droits et taxes, tant d'Etat que d'auteurs ou municipales, qui l'affectent. Les frais généraux de l'exploitant ne sont pas compris dans ce calcul.

Toutefois, il est toujours prévu un minimum que l'exploitant doit acquitter au distributeur, si la recette n'atteint pas les chiffres escomptés.

Cette méthode a un avantage : elle fait partager les risques entre le distributeur et l'exploitant et empêche le premier d'imposer, à côté d'une production de valeur, ce qu'on a coutume d'appeler des « navets ».

L'exploitation en format réduit n'est pas du tout régie par les mêmes principes. En effet, la qualité des exploitants n'est plus comparable. Si, pour certaines petites salles d'exclusivité, on pourrait introduire la clause de pourcentage, il est bien évident qu'il n'en est plus question quand le film est loué à un patronage donnant des représentations quasi gratuites, à un exploitant de la campagne qui demande 1 ou 2 francs à ses spectateurs, ou à un établissement d'enseignement.

Toujours, dans la location des films réduits, on tient compte de la qualité du client, de ses recettes possibles, ainsi que du nombre de passages que le film aura à assurer.

D'une manière générale, en format réduit, la location — lorsque le film n'est pas nouveau, il s'entend — varie de 40 à 300 francs le programme. Certains succès sont loués plus cher, et, pour quelques bandes tout à fait exceptionnelles, on a même pratiqué le pourcentage.

Ces chiffres, en tout état de cause, sont loin de ceux pratiqués pour le film standard en première exclusivité. Par exemple, une grande salle des Champs-Élysées, louant un film joué par de grandes vedettes, donnera 30 % de sa recette nette, soit environ 30.000 francs par semaine, au distributeur.

Il est évident que, si les dimensions de la salle le permettaient, l'emploi du film étroit, abaissant le prix de revient matériel du programme de huit fois environ, autoriserait des conditions d'exploitation sensiblement

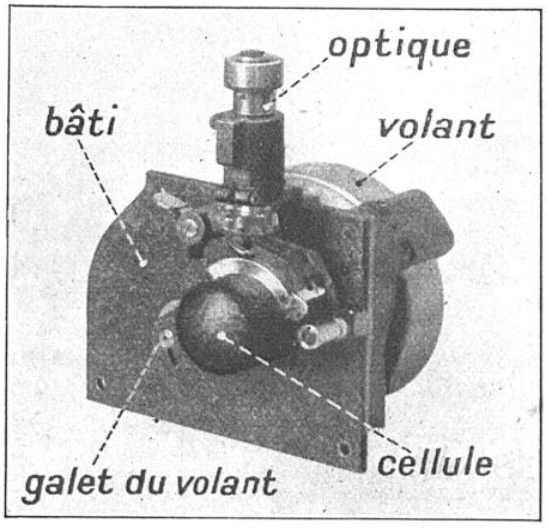


FIG. 7. — DISPOSITIF DE LECTURE DU SON DU PROJECTEUR PRÉCÉDENT

Le film s'enroule sur le galet solidaire du volant et le dispositif optique produit sur la piste sonore du film l'image d'une fente éclairée par la lampe unique de l'appareil. Ce dispositif est réglé sur deux positions correspondant à la lecture des films, l'émulsion se trouvant au-dessus ou au-dessous, selon que la piste est aménagée à droite (copies américaines) ou à gauche (copies européennes).

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

plus économiques, sans que les intérêts des producteurs de film en souffrent le moins du monde. Voilà pourquoi on s'étonne de voir de petites salles se servir de film standard.

Le prix de revient d'une copie en 35 millimètres est d'environ 5.000 francs pour un film d'une heure et demie, alors qu'il n'atteint pas 800 francs en format réduit.

La prise de vues sonore en format réduit

Il existe déjà des appareils de prise de vues sonore utilisant le format réduit. Mais il serait exagéré d'affirmer que, pratiquement, les amateurs sont en mesure de réaliser eux-mêmes des films sonores. Jusqu'à présent, le seul procédé abordable est celui de l'enregistrement synchronisé sur disques spéciaux : procédé acceptable pour de courtes scènes filmées, auxquelles on ne demande ni grande finesse de son, ni reproduction exempte de bruit de fond.

Est-ce là retirer tout espoir à l'amateur de *faire du sonore*, à l'instar des professionnels? Nous ne le pensons pas. Mais, de même qu'il a fallu plus de vingt ans pour passer du film muet professionnel au film muet d'amateur, de même l'avènement pratique du cinéma sonore d'amateur se fera attendre encore un peu. En outre, la question de prix de revient de l'installation sera toujours épineuse. C'est que, sans rien pouvoir retirer à la camera muette, il faudra lui adjoindre, au minimum, un microphone, un petit amplificateur et des sources d'alimentation. Le microphone — à lui seul, et s'il est de bonne qualité, — augmentera sensiblement les frais de premier établissement. Il est vrai qu'en la matière, si ce devis d'installation n'est pas absolument hors de proportion avec les agréments qu'on en retirera, on en donnera un certain prix, pourvu que l'on puisse économiquement consommer de la pellicule.

Il existe actuellement, en laboratoire, des appareils de prise de vues sonore qui, sans prétendre égaler les installations professionnelles, atteignent déjà une qualité de son acceptable. Nous avons entendu des pistes sonores enregistrées au moyen de ces cameras et nous devons reconnaître qu'elles comblent, et au delà, les desiderata actuels des amateurs.

Les recherches entreprises pour donner une solution à ce problème tendent, d'une manière générale, à remplacer le dispositif encombrant, onéreux et délicat des robinets de lumière, ou des galvanomètres à miroir, par les lampes à lueurs, dont l'éclat varie instantanément avec le courant qui les traverse. Le faible pouvoir actinique de ces lampes les avait tenues écartées de l'enregistrement professionnel ; il n'est pas impossible qu'elles prennent leur revanche dans le monde des amateurs. On espère, par cette voie, arriver à construire des cameras sonores dont le prix n'excéderait pas 5 ou 6.000 francs et dont le poids, tout compris, n'atteindrait guère que 7 ou 8 kilogrammes. Ces appareils seront lancés dans un avenir assez proche.

Les formats envisagés sont encore le 17,5 et le 16 millimètres. Des appareils utilisant le 16 millimètres sont déjà en service aux Etats-Unis, mais leur prix actuel en interdit l'emploi aux simples amateurs. Ils pourraient déjà tenter cependant des organismes locaux, qui, grâce à eux, pourraient faire des journaux filmés régionaux. C'est cette clientèle que, tout d'abord, viseront les maisons s'attachant à créer la prise de vues sonore sur film étroit.

Un format nouveau dans l'avenir ?

D'autre part, il n'est pas impossible qu'un nouveau format surgisse, qui, correspondant comme image au 9 mm 5, serait élargi pour permettre le tracé d'une piste sonore. Ce serait le film de 11,5, qui, plus économique d'un tiers environ que le format 16 millimètres, aurait une piste de 1 mm 5 environ. Ce film serait obtenu, en découpant dans la bande originale de 35 millimètres, trois films de 11,5. Mais ceci est encore du domaine de l'hypothèse.

PIERRE KESZLER.

Les forces aériennes britanniques vont être bientôt dotées d'un nouvel avion de chasse, l'un des plus rapides du monde, puisque sa vitesse dépasse 460 km-heure. Son armement comprend un canon de 30 $\frac{m/m}{m}$ et quatre mitrailleuses. Nous aurons l'occasion de comparer cet appareil à ceux que fabriquent actuellement les constructeurs français en vue de livrer, pour 1936, des avions similaires commandés en série par le Ministère de l'Air.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

COMMENT SE CONSTRUIT LE MÉTRO DE MOSCOU (MÉTROSTROÏ)

Par Constant GRINAULT

Les grandes capitales du monde sont presque toutes aujourd'hui desservies par les voies métropolitaines, souterraines ou aériennes. Or, l'année 1935 a vu inaugurer la première ligne du « métro » de Moscou. Cette ville, qui, maintenant, renferme plus d'habitants que Paris (3.500.000 contre à peine 3.000.000), se modernise peu à peu tant au point de vue de l'urbanisme que des transports. C'est ainsi que le réseau métropolitain, actuellement en construction, comportera six lignes réunies par deux lignes circulaires. La longueur du réseau dépassera 80 kilomètres. A Paris, elle est de 145 kilomètres; à Berlin, de 76 kilomètres; à Hambourg, 68 kilomètres; à Londres, 366 kilomètres; à Madrid, 20 kilomètres; à New York, 432 kilomètres; à Chicago, 130 kilomètres, etc. (1). Nous donnons ici, pour la première fois en France, des renseignements précis concernant la construction de la première ligne du métropolitain en U. R. S. S.

En devenant capitale de l'U. R. S. S., Moscou a vu s'accroître rapidement le nombre de ses habitants (de 1.500.000 en 1920 à 3.200.000 fin 1931).

Le problème des moyens de communication urbains se posa alors immédiatement.

D'après les statistiques officielles, le nombre de voyages effectués par chaque habitant est de 700 par an environ. Même à New York, pendant la période de « prosperity », ce chiffre n'a jamais dépassé 500. En effet, dans de nombreuses familles, tous les membres sont fonctionnaires et doivent non seulement se rendre à leur travail, mais encore — le commerce privé n'existant pas — aller s'approvisionner aux centres spéciaux désignés suivant leurs lieux de travail. De ce fait, souvent ils peuvent être amenés à se rendre en deux ou trois points de la ville fort éloignés les uns des autres.

C'est pourquoi, prévoyant le développement ultérieur de la ville et désireux de résoudre d'une façon aussi complète que possible le problème de la circulation, le gouvernement a décidé d'établir un réseau de chemin de fer souterrain. Les ingénieurs soviétiques ont visité les principales installations déjà existantes, et, après avoir établi un projet, le mirent au point d'après les indications des commissions française, anglaise et allemande, composées par les spécialistes les plus éminents de chaque pays.

(1) Voici, en outre, les grandes villes du monde qui possèdent encore des chemins de fer métropolitains : Boston, 36 km ; Philadelphie, 33 km ; Vienne, 26 km ; Cleveland, 19 km ; Barmen-Elberfeld, 13 km 5 ; Glasgow, 10 km ; Buenos-Ayres, 8 km 5 ; Barcelone, 8 km ; Tokio, 6 km 5 ; Budapest, 4 km ; Osaka, 3 km ; Stockholm, 1 km 5 ; Los Angeles.

La première ligne du métro moscovite, commencée le 1er novembre 1931, fut mise en service le 15 mai 1935. Cette ligne traverse presque toute la ville, dans la direction N. O.-S. E. Elle est longue de 12 kilomètres et comporte douze stations.

La situation de la ville de Moscou, sur un emplacement vallonneux, traversé par un grand nombre de rivières souterraines plus ou moins canalisées, fit surgir immédiatement de grandes difficultés techniques dues à la nature du sous-sol.

Rappelons, tout d'abord, que la construction d'une ligne souterraine peut être divisée en deux phases distinctes. La première comporte l'établissement d'une série de puits le long de la ligne projetée. La seconde comprend la construction de la ligne proprement dite en réunissant les puits par des galeries souterraines.

Comment on fore les puits en mauvais terrain

Si, dans un terrain rocheux ou non friable, la construction d'un puits est relativement aisée, il n'en est pas de même dans le cas de sables aquifères ou de sables mouvants imbibés d'eau. A Moscou, deux procédés — d'ailleurs bien connus — ont été mis en œuvre pour vaincre cette difficulté.

Citons d'abord la méthode du *caisson*, vieille de près de cent ans et née en France en 1839. Le caisson est un gros cylindre métallique portant à son bord inférieur de puissants couteaux également métalliques. Une pompe maintient dans une « chambre de travail » ménagée au fond du caisson une pression supérieure à la pression atmo-

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

sphérique. L'eau est ainsi chassée et les ouvriers peuvent creuser le sol.

Un autre procédé, utilisé à Moscou, consiste à congeler les terrains.

On fore autour de l'emplacement futur du puits une série de petits puits de 15 centimètres de diamètre placés à 1 mètre de distance environ les uns des autres. Dans ces puits sont introduits des tubes métalliques fermés à leur extrémité inférieure. A leur intérieur, on place d'autres tubes de plus faible diamètre, ouverts à leurs extrémités et allant presque jusqu'au fond des tubes extérieurs. Une pompe spéciale envoie un liquide refroidi à —20° dans le petit tube central. Arrivé au fond du tube, ce liquide remonte lentement dans le tube extérieur et congèle le terrain environnant. Parvenu à la surface, le liquide est à nouveau refroidi avant de parcourir le même cycle. Sous l'action du froid, il se forme ainsi autour du puits un cylindre solide de glace qui isole complètement le volume de terre à enlever pour creuser le puits du terrain environnant. Dans ces conditions, on peut alors envisager d'utiliser le même procédé de travail que dans le cas d'un terrain rocheux.

La construction des galeries

La plus grande partie des galeries du métro de Moscou a été établie par la méthode normale de deux galeries auxiliaires. Une de ces galeries est percée dans la partie inférieure du tunnel principal, l'autre à l'emplacement de sa base. On agrandit ensuite la galerie supérieure à gauche et à droite et on bétonne la calotte du tunnel. Cette dernière établie, on enlève la terre de la partie inférieure et on forme en béton les parois de ce dernier au fur et à mesure que la terre est évacuée.

La méthode à deux galeries, dite « méthode belge », n'est pas applicable dans les sables mouvants. Dans les parcours difficiles, on a eu recours aux « boucliers » métalliques (1). Véritable atelier mobile, le bouclier est un cylindre métallique épousant parfaitement la forme du tunnel. Sa partie intérieure forme une « chambre de travail », comme dans le caisson classique. Derrière la cloison, sont disposées des bétonnières, ainsi que tout l'outillage nécessaire, et les appareils auxiliaires tels que pompes, moteurs, venti-

FIG. 1. — LES ESCALIERS MÉCANIQUES DE LA STATION « PORTE ROUGE » DU MÉTRO DE MOSCOU SONT DU MÊME TYPE QUE CEUX DU MÉTRO DE PARIS

On lit sur le panneau, à l'entrée des escaliers : « Sortie ; attention ! escaliers mobiles ».

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 135, page 177.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

lateurs, etc. Poussé par de puissants vérins hydrauliques, le « bouclier » avance lentement et laisse derrière lui le tunnel terminé. La vitesse de l'avancement est de 2 à 3 mètres par jour environ. Les premiers « boucliers » utilisés à Moscou furent de construction anglaise ; mais, vers le début de l'année 1934, quelques « boucliers » soviétiques furent mis en marche.

Un nouveau système de construction : le grand caisson

Dans les endroits particulièrement difficiles, on a eu recours à un système de construction nouveau et original, jamais encore employé sur une aussi vaste échelle. Le tunnel du métro fut, en effet, construit en tronçons de 25 mètres de long *à la surface de la terre*, au-dessus de son emplacement futur. Ces tronçons furent établis sur les « chambres de travail » d'énormes caissons. Grâce à ces derniers, on put descendre les tronçons complètement terminés jusqu'à la profondeur de 25 mètres (fig. 2).

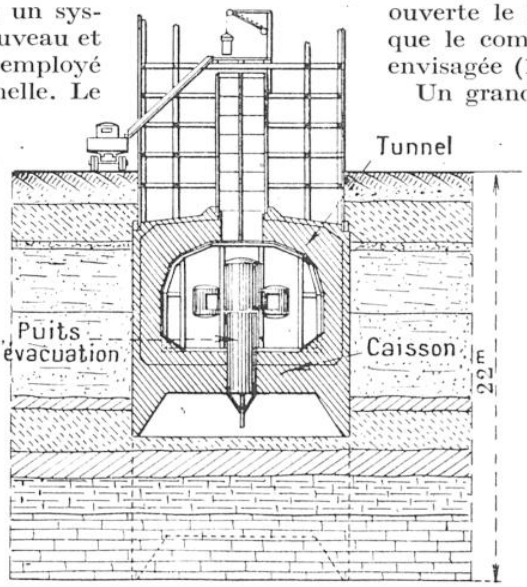


FIG. 2. — MISE EN PLACE D'UN TRONÇON DE 25 MÈTRES DE LONG DU TUNNEL DU MÉTRO DE MOSCOU, CONSTRUIT A LA SURFACE DU SOL, AU MOYEN D'UN GRAND CAISSON QUI DESCEND PEU A PEU

Qu'est-ce que la silicatisation?

Le passage de la ligne du métro moscovite sous les immeubles a nécessité la consolidation de certains terrains voisins des fondations des édifices. Après divers essais, les ingénieurs du « Metrostroï » ont utilisé la méthode de silicatisation, procédé analogue au procédé Joosten (1). Ainsi fut consolidée, par exemple, une très vieille maison de la rue Mokovaïa, où 180 mètres cubes de sables aquifères furent transformés en un bloc solide.

Les 12 kilomètres du Métropolitain de Moscou furent construits en trois ans et demi. Mais si, pour sa construction, furent mises en œuvre les méthodes les plus modernes, on eut à déplorer un nombre d'accidents considérable, par suite de la non-spécialisation du personnel. Les renseignements que nous possédons signalent, en effet, que la proportion d'accidents mortels a été de 2 pour 1.000 ouvriers.

La première ligne du métro de Moscou, ouverte le 15 mai, n'est d'ailleurs que le commencement de l'œuvre envisagée (1).

Un grand pays moderne se doit d'avoir des transports adaptés à ses besoins — sans cesse croissants — dans les agglomérations (2) comme dans les régions agricoles et industrielles. C'est pour cette raison que les soviets ont entrepris de construire à Moscou des lignes métropolitaines comme il en existe déjà dans les grandes capitales du monde. Malheureusement, au point de vue organisation des communications, l'U. R. S. S. est encore très en retard (3). Cela tient à ce que son enseignement technique, à ses différents degrés, n'a pas encore formé, dans une nation « industriellement » jeune, les spécialistes qui, à tous les échelons du travail, coordonnent, exécutent, contrôlent. Aussi n'ont-ils pas manqué de faire appel aux techniciens des nations plus évoluées dans les différents domaines de l'activité créatrice pour en recevoir des directives et des conseils techniques.

CONSTANT GRINAULT.

(1) La silicatisation par le procédé Joosten consiste à injecter dans le sol, par l'intermédiaire de tubes métalliques, deux solutions chimiques : d'abord de l'acide silicique, qui revêt les particules du sol d'une mince pellicule ; puis une solution saline, qui, avec l'acide, forme par précipitation un gel colloïdal (voir *la Science et la Vie*, n° 146, page 119) d'acide silicique reliant fortement entre elles les particules du sol. La résistance obtenue, en sol sableux, atteint 80 kg-centimètre carré. Ce procédé a été utilisé notamment pour le métro de Londres et de Paris. Il a servi également à rendre étanche le sol d'une rivière en Tchécoslovaquie et à étancher une fissure d'un mur de quai à Calais.

(1) Une ligne de 16 kilomètres est actuellement en construction. 26.000 ouvriers sont employés dans 34 chantiers. L'ensemble du réseau dépassera 80 kilomètres. Cependant la première ligne ne connaît pas un énorme succès et, pour attirer les voyageurs, on a dû abaisser les prix des tickets.

(2) On sait que l'on procède actuellement à certaines transformations du métro de Londres, notamment à la reconstruction de la station « Leicester-Square ».

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 136.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

VOICI UN NOUVEL ALLIAGE LÉGER RÉSISTANT A LA CORROSION

Les progrès de la métallurgie constituent un des facteurs principaux du développement de la construction mécanique et notamment de la locomotion sous toutes ses formes. Dans ce domaine, les alliages légers prennent de plus en plus une place prépondérante. Ce fut d'abord l'aéronautique qui exigea l'emploi de ces alliages (les Zeppelins étaient construits pendant la guerre en alliages d'aluminium). L'automobile, le matériel roulant de chemin de fer ne tardèrent pas ensuite à bénéficier des avantages de poids offerts par les alliages légers. On sait que ceux-ci sont actuellement nombreux et fort employés. Nous signalons aujourd'hui un alliage à base d'aluminium et de magnésium, mis au point récemment, qui, tout en présentant une grande résistance à la rupture, résiste également fort bien à la corrosion. L'une de ses applications consiste dans l'établissement de bouteilles permettant le transport du gaz comprimé à haute pression (1) utilisé soit pour la traction automobile, soit pour la distribution du gaz dans les campagnes.

On connaît le développement considérable qu'a pris depuis quelques années, dans les constructions de tous genres, l'emploi des alliages légers.

Ce sont, naturellement, les constructions aéronautiques qui sont à l'origine de ce développement. Pour les dirigeables, d'abord, les types rigides n'ont été pratiquement réalisables que grâce à la construction en aluminium de leur ossature. C'est en alliages d'aluminium qu'étaient construits les Zeppelins durant la guerre. Pour les avions, on avait d'abord adopté le bois et la toile. Mais ces matériaux manquent d'homogénéité, leurs caractéristiques varient trop souvent d'un échantillon à un autre, et les assemblages des différentes parties entre elles sont difficiles à réaliser d'une façon satisfaisante. On est donc arrivé peu à peu à les remplacer le plus possible par du métal, et, naturellement, par des métaux ou alliages légers.

Mais on n'a pas tardé à s'apercevoir que les métaux légers, s'ils étaient indispensables dans les constructions aéronautiques, présentaient aussi de grands avantages pour tous les instruments de locomotion ou de transport. Le poids mort des camions est, en général au moins égal à leur charge utile, ainsi qu'il est facile de le vérifier par les inscriptions qu'ils portent réglementairement.

Si l'on tient compte de ce que ces véhicules font souvent un voyage à vide à l'aller ou au retour, de ce qu'ils transportent fréquemment des charges incomplètes, on voit que les tonnes-kilomètres utiles transportées ne représentent souvent que le tiers ou le quart des tonnes-kilomètres mises en œuvre. Il en est de même pour les wagons de chemin de fer. Les grandes voitures à voyageurs, dont le poids atteint et dépasse 45 tonnes, roulent souvent avec vingt-cinq ou trente voyageurs. Sans vouloir assimiler ceux-ci à des marchandises, on ne peut tout de même qu'être frappé de l'énorme poids mis en mouvement, comparé à celui de ces mêmes voyageurs.

Ce que nous venons de dire pour les instruments de transport et de locomotion est vrai encore pour bien d'autres objets, et, en particulier, pour beaucoup d'objets usuels. Les fauteuils vastes et profonds, si à la mode aujourd'hui, sont pénibles à déplacer avec leur lourde armature de bois. Si cette armature est faite en alliage léger, leur poids est aussitôt considérablement diminué sans que leurs dimensions ou leur confort en souffrent. La batterie de cuisine en aluminium a conquis la faveur générale par sa légèreté et sa propreté.

Les différents types d'alliages légers

Les métaux et alliages légers, dont la variété est très grande, peuvent se ramener à quelques types ou catégories.

D'abord les métaux purs, magnésium et aluminium non chimiquement purs, mais de pureté industrielle courante.

Le magnésium pur, le plus léger des métaux usuels, puisque la densité est de 1,7 seulement au lieu que celle de l'aluminium est de 2,7, est assez peu employé. Il est encore relativement cher, ses caractéristiques mécaniques sont peu élevées et, surtout, il est

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 213, page 251.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

facilement attaquable par beaucoup d'autres corps, et, en particulier, par l'air humide.

L'aluminium a été et est encore fort utilisé, surtout lorsqu'on ne recherche pas une très grande résistance, par exemple pour les objets ménagers. Mais c'est un métal mou, dont les caractéristiques mécaniques sont assez faibles. On ne peut donc l'employer pour les constructions ou appareils soumis à des efforts importants. En outre, dans l'état de pureté où on l'emploie d'ordinaire, il est assez sujet à la corrosion et se ternit facilement à l'air.

Les métaux purs ne donnant pas toute satisfaction, on a cherché des alliages présentant des qualités plus intéressantes tout en conservant une faible densité.

Ces alliages sont très nombreux ; aujourd'hui, nous ne parlerons que de ceux où l'aluminium domine. On peut ranger ceux que l'on utilisait jusqu'à ces derniers temps, en deux catégories :

Les alliages dits « à haute résistance », qui contiennent presque toujours du cuivre et aussi de petites quantités d'autres éléments : magnésium, manganèse, silicium, etc. Ces alliages ont des caractéristiques analogues à celles de l'acier doux ordinaire. Ils rendent, de ce fait, de grands services, à l'aviation en particulier. Ils prennent la trempe, mais, contrairement à ce qui se passe pour les aciers, la trempe les rend d'abord plus mous. Ce n'est que par un « vieillissement » ultérieur qu'ils durcissent et acquièrent leurs hautes caractéristiques. Si le travail doit leur faire subir des déformations importantes, il est donc exécuté aussitôt après la trempe.

Les alliages dits « à résistance moyenne », dont il existe de nombreux types de composition variée. Ils contiennent, en général, une certaine proportion, soit de magnésium, soit de manganèse, soit de silicium, soit de plusieurs de ces composants réunis.

Ces alliages ont des résistances de l'ordre de la moitié de celles de l'acier doux. Certains d'entre eux se travaillent facilement et résistent à la corrosion. Mais leur faible résistance mécanique oblige à les utiliser sous des épaisseurs plus fortes, et l'on perd ainsi une partie du gain de poids que l'on pouvait espérer réaliser par rapport à la construction en acier.

Alliages aluminium-magnésium : alumag

Depuis longtemps, on avait soupçonné les propriétés remarquables d'alliages d'aluminium, de magnésium et d'un peu de manganèse. Mais leur fabrication exigeant des métaux constituants très purs, que l'industrie n'a à sa disposition que depuis quelques années, la technique très délicate de leur élaboration n'a été mise au point que récemment par M. le professeur Chaudron, directeur de l'Institut de chimie de Lille.

Ils ont une résistance à la rupture un peu plus faible que celle des alliages au cuivre à haute résistance, mais cependant élevée : 32 à 34 kilogrammes par millimètre carré pour la composition usuelle dite *Alumag 65*, mais ils présentent des allongements avant rupture beaucoup plus grands : 26 à 28 %.

En outre, leur limite de fatigue, c'est-à-dire leur aptitude à supporter des efforts vibratoires alternés, est au moins aussi grande que celle des alliages au cuivre, et c'est cette limite qui constitue la caractéristique la plus importante dans beaucoup d'applications, et en particulier dans l'aviation.

Ils ne prennent pas la trempe. Ils ne nécessitent donc aucun traitement thermique spécial. Ils s'écrouissent par le travail, comme tous les métaux usuels, et il suffit de les recuire pendant deux heures, entre 375 et 400°, pour leur redonner leurs propriétés initiales. Leur travail est donc très facile. Ils supportent aisément l'emboutissage, le pliage, le cintrage.

Ces alliages ont une couleur blanc argent très agréable et, comme ils prennent facilement un très beau poli durable, ils se prêtent très bien aux applications décoratives. En outre, ils se soudent d'une façon parfaite.

Enfin, ils résistent remarquablement à la corrosion. Cela s'explique, car l'alliage obtenu, grâce à certaines précautions nécessaires, est une solution solide homogène. Il ne peut donc s'établir aucun couple galvanique entre ses parties et l'on sait que l'on attribue de plus en plus les phénomènes de corrosion à de tels couples. Exposé au brouillard d'eau de mer pendant de longues périodes, l'alliage présente tout au plus quelques efflorescences blanchâtres localisées, sans variation notable de ses caractéristiques mécaniques.

En oxydant d'ailleurs légèrement la surface des pièces par des procédés simples, électriques ou chimiques, on les met, par un traitement rapide, complètement à l'abri de la corrosion. Elles restent absolument intactes après plusieurs milliers d'heures d'exposition au brouillard salin.

De nombreuses applications paraissent, on le voit, devoir utiliser avec profit ces alliages nouveaux.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

L'un des emplois de l'alumag qui a donné une satisfaction particulière et qui montre bien la résistance élevée de cet alliage est la fabrication des bouteilles destinées à contenir des gaz et à les transporter, sous des pressions allant jusqu'à 200 atmosphères, dans des conditions de sécurité qui ont fait leurs preuves dans les expériences les plus variées, telles que perforation à la balle d'une bouteille contenant de l'oxygène sous pression à l'usage des aviateurs, exposition au soleil par les journées les plus chaudes et essais de rupture au moyen de pressions volontairement exagérées. L'un des essais a consisté à appliquer successivement 3.000 fois une pression intérieure de 200 atmosphères à l'une de ces bouteilles remplies d'eau, en faisant monter la pression à 300 atmosphères (pression de l'épreuve de réception du Service des Mines) avant et après chaque groupe de 500 essais sous la pression d'utilisation de 200 atmosphères. On a constaté que la bouteille, qui s'allonge insensiblement sous 200 atmosphères, s'allonge de quelques millimètres sous 300 atmosphères ; mais que, même après la 3.000me application de la pression (qui était la 7me application à 300 kilogrammes), la longueur de la bouteille est rigoureusement revenue à la longueur initiale. On a cherché enfin à obtenir l'éclatement de la bouteille, pour voir quelle serait la pression nécessaire à l'éclatement, et on a constaté que la bouteille s'allongeait d'une façon telle que l'on est facilement prévenu d'un excès de pression. Lorsque l'éclatement s'est produit, vers 480 atmosphères, la bouteille de 2 mètres de longueur s'était allongée jusqu'à 2 m 30, soit de 15 %.

Ces bouteilles sont utilisables dans l'aviation et dans la marine, comme dans les transports des gaz sous pression. Elles sont tout à fait à l'ordre du jour (car elles pèsent quatre fois moins que les bouteilles en acier doux) pour la locomotion automobile par les gaz comprimés. Dans le récent rallye Rome-Paris, sur 3.000 kilomètres, organisé par l'Automobile-Club de France, un autobus de 14 places portait sur son toit 14 bouteilles alumag de 3 mètres cubes, pesant chacune environ 10 kilogrammes (soit 10 kilogrammes de gaz et bouteilles par voyageur), et on a pu constater, dans l'essai contrôlé fait au retour sur le circuit du Mans, que cet approvisionnement permettait, avec du gaz méthane, de faire 250 kilomètres sans rechargement.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

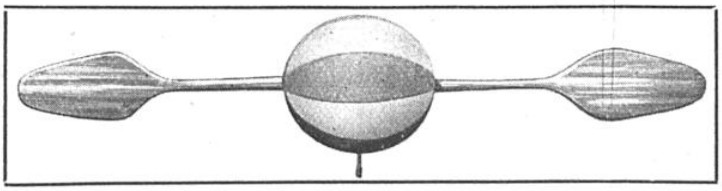
INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Grâce à cet appareil de jeu, de sécurité et de sport nautique complet, tout le monde sait nager

Nous traversons la période des baignades tragiques. Nous devons donc enregistrer tous les progrès permettant de diminuer ce danger et, à plus forte raison, s'ils aboutissent à un dispositif constituant en même temps un appareil de sport nautique complet et un jeu intéressant. Tel est l'*hydrosphère*.

Cet appareil se compose d'une *vessie en caoutchouc* très résistante, d'une forte *enveloppe de toile* ne risquant aucune déchirure, de deux *pagaies* taillées dans un bois spécial ne se déformant pas, d'un petit *bouchon de galalithe* obturant la tubulure de la vessie, et de deux *lacets* fermant l'enveloppe de toile. L'appareil est aisément gonflé à la bouche en dix secondes et le tout ne pèse que 1.200 grammes. Dans ces conditions, si la vessie venait à se dégonfler imperceptiblement en cours de route, le nageur pourrait la regonfler instantanément, grâce à la tubulure et au bouchon.



ENSEMBLE DE L' « HYDROSPHÈRE ». ON VOIT SOUS LE BALLON LA TUBULURE SERVANT AU GONFLEMENT

Pour utiliser l'appareil, il suffit de saisir les deux pagaies et de leur donner un mouvement alternatif. Un effort minime permet d'avancer avec rapidité. Ainsi, M. Flourens a pu traverser la

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Manche en 10 h 22, en parcourant 55 kilomètres, alors que le temps minimum mis par un des cinq nageurs qui ont réussi la traversée a été de 14 h 50.

C'est donc un appareil de sport nautique complet. De plus, pour les enfants, il leur permet de jouer en se familiarisant avec l'élément liquide. Quant aux apprentis nageurs, ils peuvent, grâce à l'*hydrosphère*, réaliser de rapides progrès.

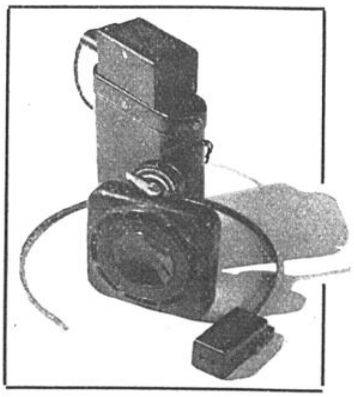
Enfin, capable de maintenir cinq hommes à la surface de l'eau, l'appareil constitue un excellent engin de sécurité.

L'HYDROSPHÈRE, 25, rue des Mathurins, Paris (8e).

Nouvel appareil à conduction osseuse contre la surdité

L'AMPLIFICATION des ondes sonores, quelle que soit sa puissance, ne peut, évidemment remédier aux cas fréquents de surdité provenant de lésions du tympan et des osselets de l'oreille, puisque, en quelque sorte, la communication est interrompue entre l'extérieur et l'oreille interne. Or, on sait maintenant que l'on peut remédier à ces cas de surdité en mettant en œuvre la conductibilité des os du crâne.

Voici un nouvel appareil qui, précisément, répond à cette condition en rendant possible l'audition, même dans ces cas les plus défavorables. Un léger serre-tête maintient appliqué contre l'os mastoïde, derrière le pavillon de l'oreille, un « vibrateur », ressemblant extérieurement à un petit domino. Il est donc facile à dissimuler. Constitué par un boîtier en bakélite, ce vibrateur contient un électroaimant relié à un microphone facile à dissimuler également sous un vêtement. Les ondes sonores provoquées par les bruits ou les paroles sont reçues par le microphone, qui les transforme en courants électriques variables. Ceux-ci, en parcourant le bobinage de l'électroaimant engendrent des vibrations dans le vibrateur. Celui-ci, à son tour, les communique à l'os mastoïde et à l'oreille interne.



L'APPAREIL « TACTONAL » POUR LES SOURDS

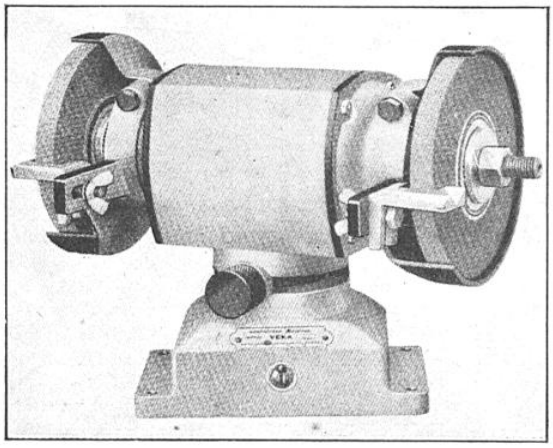
Une pile électrique de poche, de modèle ordinaire, alimente le circuit électrique qui comprend, outre le microphone et le vibrateur, un amplificateur (relais électromagnétique). Pour les cas de faible conduction osseuse, signalons qu'il existe également un écouteur auriculaire aérien, que l'on substitue au vibrateur.

On le voit, l'ensemble est peu encombrant et presque invisible lorsqu'il est en place. Instrument léger et au point, le *Tactonal* a un excellent rendement.

ETABLISSEMENTS CLARVOX, 12, boulevard Magenta, Paris (10e).

Un nouveau touret orientable

VOICI un nouveau touret électrique, *Veka*, établi par un spécialiste bien connu du matériel électrique et répondant à toutes les exigences de la technique moderne. Son originalité consiste en son



LE TOURET ORIENTABLE « VEKA »

système orientable, lui permettant un déplacement de 180°, le point fixe étant obtenu par serrage d'un simple bouton moleté. On comprendra sans peine l'intérêt que présente un tel système.

En plus des travaux ordinaires, tels que meulage, ébarbage, polissage, des accessoires se montent en bout d'arbre permettant l'utilisation de mandrin, brosse, lapidaire, flexible, etc.

Un tel matériel est notamment très intéressant pour les garagistes, motoristes, etc. Citons en particulier l'adhérisation des pneus qui constitue une véritable prime à la sécurité, et que tout motoriste se doit de faire valoir à son client. Ce travail rendu si facile avec le flexible permettra de récupérer en peu de temps le prix d'achat de l'appareil.

A noter que ce touret fonctionne sur tous courants alternatifs 50 périodes, lumière ou force, 110, 220, 380 volts et, vu sa dépense de courant insignifiante, est admis sur tous compteurs.

ETABLISSEMENTS O. VAN KERCKOVEN, 78, rue Alsace-Lorraine, Parc-Saint-Maur (Seine).

V. RUBOR.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

CHEZ LES ÉDITEURS [1]

La traction électrique et le chemin de fer, *par H. Parodi et A. Tetrel.* TOME I : CINÉMATIQUE ET DYNAMIQUE DE L'EXPLOITATION DES CHEMINS DE FER. Prix franco : France, 150 fr. 85 ; étranger, 158 fr. 40.

Notre éminent collaborateur M. H. Parodi, dont la compétence en électrification ferroviaire est universellement affirmée, a entrepris une œuvre magistrale sur ce sujet qui domine l'exploitation des chemins de fer, en France comme à l'étranger. Tous les problèmes de la traction électrique vont être successivement exposés par les auteurs en trois volumes de plus de 500 pages chacun. Le premier tome, qui vient de paraître, comprend l'étude de l'organisation générale de l'exploitation, les programmes d'exploitation, l'établissement du « mouvement », la réalisation de ce mouvement, l'équipement des trains, l'aménagement des voies, des gares, la capacité de débit des lignes. Passant du domaine de la statistique dans celui de la dynamique, les auteurs abordent ensuite l'étude de la marche d'un train, la charge des essieux, l'adhérence, la résistance à l'avancement, le freinage. Tels sont les principaux sujets traités dans ce premier volume. Lorsque l'ouvrage complet aura été publié, nul doute qu'il ne marque dans la littérature technique concernant les chemins de fer, une place prépondérante et ne fasse autorité dans le monde entier. Vapeur, combustibles liquides, électricité se disputent le rail. Il appartient donc à chacun de connaître les arguments qui militent pour l'un ou l'autre de ces modes de traction. *La Science et la Vie* traite toutes ces questions au jour le jour et en toute objectivité.

(1) Les ouvrages annoncés dans cette rubrique peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE, au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués.

Histoire de la locomotion terrestre : les chemins de fer, *par Ch. Dollfus et E. de Geoffroy.* Un volume, prix : 195 fr.

L'ouvrage que nous présentons à nos lecteurs fait partie de la magnifique collection de *L'Illustration*, qui comprend déjà *L'Histoire de l'Aéronautique*, *L'Histoire de la Marine*. Somptueusement édité, scrupuleusement documenté, agréablement illustré, l'album sur les chemins de fer, qui vient de paraître, constitue un film vivant et captivant de l'évolution ferroviaire au cours d'un siècle, depuis le premier chemin de fer public, remontant à 1825, jusqu'aux matériels les plus perfectionnés et les plus récents, dont l'Exposition de Bruxelles vient de nous donner en quelque sorte la synthèse. Tous ceux qui s'intéressent aux progrès des transports sur rail consulteront ce magnifique travail historique, qui, depuis l'origine des premières locomotives de Trewithick et de Stephenson, aboutit aux types actuels : la locomotive à vapeur, la locomotive électrique, la locomotive Diesel-électrique, l'autorail (à huile lourde ou à essence), dont les formes de plus en plus aérodynamiques modifient la silhouette classique du matériel de traction de nos voies ferrées. Lire l'ouvrage de MM. Dollfus et de Geoffroy, c'est mieux comprendre et, par suite, mieux apprécier le confort, la vitesse, la sécurité que nous offre le rail.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis	1 an	45 fr.	Envois recommandés	1 an	55 fr.
	6 mois	23 —		6 mois	28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésia, Suède.

Envois simplement affranchis	1 an	80 fr.	Envois recommandés	1 an	100 fr.
	6 mois	41 —		6 mois	50 —

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis	1 an	70 fr.	Envois recommandés	1 an	90 fr.
	6 mois	36 —		6 mois	45 —

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — 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.

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

LA CARRIÈRE DE VÉRIFICATEUR DES POIDS ET MESURES [1]

La Fonction

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

La mission peut se résumer ainsi :

1° Maintenir l'emploi exclusif d'un seul système de mesures : le système métrique décimal ;

2° Vérifier les instruments de mesure neufs, avant leur mise en vente ;

3° Contrôler périodiquement les instruments de mesure en service chez les commerçants et industriels, et ordonner la réparation des instruments défectueux ;

4° Surveiller l'emploi des appareils de mesure dans le débit des marchandises et réprimer les fraudes quantitatives.

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

Avantages de la carrière

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

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

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

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

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

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

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

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

Emoluments (1).
Avancement (1).
Retraite (1).

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

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires

Sonora
RADIO

le premier en France a fabriqué le

"POSTE AUTO"

Amusez-vous en roulant

ÉCOUTEZ
la musique de danse,
les refrains à la mode.

RECEVEZ
les dernières nouvelles,
le bulletin météorologique,
les cours de bourse.

6 lampes superhétérodyne

ANTI-FADING

SENSIBLE - PUISSANT - SÉLECTIF

Commande à distance
CADRAN LUMINEUX

Facile à régler grâce au cadran étalonné en noms de stations et longueurs d'onde.

La consommation du poste est excessivement réduite.

PRIX IMPOSÉ (Antenne et installation non comprises). **1.500 fr.**

SONORA-RADIO, S. A., 5, RUE DE LA MAIRIE, PUTEAUX (SEINE)

Droits réservés au Cnam et à ses partenaires