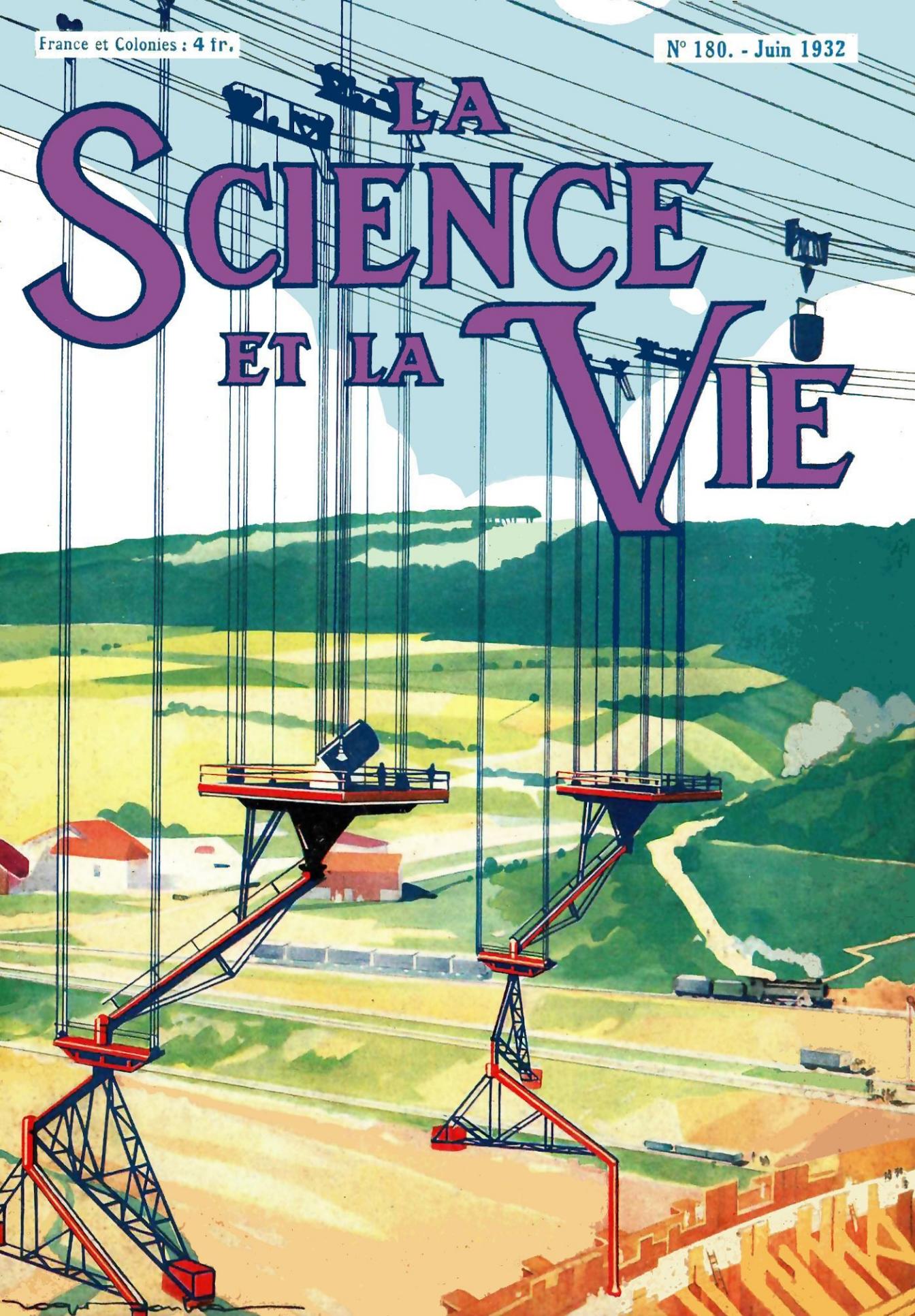


LA SCIENCE ET LA VIE



LA CARRIÈRE D'INSPECTEUR DU CONTRÔLE DE L'ÉTAT SUR LES CHEMINS DE FER

Organisation générale du Contrôle des chemins de fer d'intérêt général

L'Etat exerce sur les réseaux d'intérêt général un contrôle, qui est actuellement réparti en six Directions suivant la spécialité : lignes nouvelles, voies et bâtiments, exploitation technique, matériel et traction, travail des agents, exploitation commerciale.

Les Inspecteurs du Contrôle de l'Etat sont à la base de la hiérarchie : seul, le contrôle du travail échappe complètement à leur compétence. Leurs chefs sont des Ingénieurs ordinaires et des Ingénieurs en chef des Ponts et Chaussées ou des Mines pour ce qui concerne la partie technique. En matière commerciale, ils sont sous les ordres des Inspecteurs principaux et Contrôleurs généraux de l'Exploitation commerciale.

Attributions de l'Inspection du Contrôle

L'Inspecteur instruit au premier degré les accidents et incidents d'exploitation, les vœux relatifs à la marche des trains, à la création et à l'amélioration des gares, stations ou haltes et de leurs annexes, au service des passages à niveau ; il surveille la composition et la circulation des trains, l'entretien des locaux et du matériel ; il reçoit les plaintes du public et leur donne la suite qu'elles comportent.

En sa qualité d'officier judiciaire, il constate, par ses procès-verbaux, les accidents d'une certaine gravité ainsi que les infractions à la police des chemins de fer. Il recueille la documentation nécessaire à l'examen des propositions relatives aux tarifs, etc...

Nature et caractère de la fonction

L'Inspecteur du Contrôle n'est pas astreint à des heures fixes de bureau ; une partie de son temps est d'ailleurs consacrée aux tournées, qu'il organise librement, en groupant au mieux les affaires qu'il a à traiter. Il ne lui est imposé de délai relativement court que pour les enquêtes sur les accidents très graves.

Les questions confiées à son examen sont des plus variées. Il lui est, du reste, laissé beaucoup d'initiative. Tout ce qu'il remarque dans ses tournées peut être consigné dans ses rapports.

Dans ces dernières années, l'Administration supérieure lui a marqué sa confiance en lui laissant le soin de donner la suite définitive aux plaintes déposées dans les gares, ainsi que de préparer l'avis à donner au parquet au cas de procès-verbal dressé par lui.

Son service l'appelle à entrer en relations avec les Chambres de Commerce, les Chambres consultatives des Arts et Manufactures, les Syndicats patronaux, etc. En contact quasi permanent avec les agents et avec les usagers des chemins de fer, il jouit, auprès d'eux, d'une considération certaine.

Lorsqu'il débute dans un poste à plusieurs titulaires, il n'est en rien subordonné aux autres Inspecteurs. Il en est le collègue, purement et simplement. S'il est nommé à un poste unique, il trouve en ses voisins des conseillers sûrs, qui lui épargnent tâtonnements ou erreurs.

Ses déplacements dans sa circonscription lui sont rendus faciles grâce à une carte de circulation, qui lui permet d'emprunter non seulement tous les trains de voyageurs, mais aussi les trains de marchandises et même les machines, à certaines conditions.

A noter que la plupart des postes sont placés dans des villes assez importantes. Enfin, détail qui n'est pas négligeable, l'Inspecteur a, le plus souvent, un bureau convenablement installé.

En résumé, fonction intéressante, occupations très variées, service mi-actif, mi-sédentaire, grande indépendance et de la considération.

Résidence

S'il le désire, l'Inspecteur du Contrôle peut avoir tous ses avancements sur place et, par conséquent, ne pas être astreint à des déménagements.

Traitements et indemnités (1)

Les traitements fixes actuels vont de 14.000 à 35.000 francs, par échelons de 3.000 francs. A ce point de vue, les Inspecteurs du Contrôle de l'Etat sont assimilés aux Ingénieurs des Travaux publics de l'Etat.

Sans être automatique, l'avancement de classe a lieu, en fait, tous les quatre ans à l'ancienneté et tous les trois ans au choix.

Aux traitements s'ajoutent :

- 1° L'indemnité de résidence allouée à tous les fonctionnaires par la loi du 13 juillet 1925 ;
- 2° L'indemnité pour charges de famille, le cas échéant ;
- 3° Une indemnité de fonction de 500 à 1.700 francs, le cas échéant ;
- 4° Une indemnité d'intérim de 50 francs par mois ;
- 5° Une indemnité pour frais de tournée pouvant aller jusqu'à 2.000 francs et au delà de 3.000 francs sur le réseau d'Alsace-Lorraine ;
- 6° Certains Inspecteurs ont également le contrôle de voies ferrées d'intérêt local et reçoivent, à ce titre, une indemnité spéciale (500 à 1.000 francs).

La pension de retraite est acquise à l'âge de soixante-trois ans.

Sur le réseau auquel il est attaché, l'Inspecteur reçoit des permis de 1^{re} classe pour les membres de sa famille, dans les mêmes conditions que les agents eux-mêmes. Sur les autres réseaux, l'Inspecteur et les siens ont également des facilités de circulation. A l'heure où les voyages sont si onéreux, cet avantage est réellement appréciable.

Congés

L'Inspecteur a un congé annuel de trois semaines. En outre, depuis quelques années, il lui est donné, en sus des dimanches qu'il doit passer dans la localité, un repos de trois jours consécutifs tous les mois.

Accès aux grades supérieurs

L'Inspecteur du Contrôle peut accéder au grade d'Inspecteur principal de l'Exploitation commerciale, soit par le concours ordinaire au bout de six années de service, soit par l'examen professionnel après douze ans (traitements actuels allant à 40.000 francs, indemnités pour frais de tournées et pour frais de bureau, etc.).

A remarquer que les Contrôleurs généraux sont recrutés, sans examen, parmi les Inspecteurs principaux (traitement maximum actuel : 60.000 francs).

Conditions d'admission (2)

Aucun diplôme n'est exigé : une bonne instruction primaire peut suffire. Pour les matières spéciales au concours, l'Ecole spéciale d'Administration, 4, rue Férou, Paris, 6^e, s'est assuré le concours de gens qualifiés.

(1) Fixe et accessoires, compte tenu des services militaires, le début peut former le chiffre d'environ 18.000 à 20.000 francs.

(2) Aucun diplôme n'est exigé. Age : de 21 à 30 ans, avec prorogation des services militaires. Demander les matières du programme à l'Ecole spéciale d'Administration, 4, rue Férou, Paris (6^e).

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

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL **ÉCOLE DE NAVIGATION**

placées sous
le haut patronage de l'État

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

24, rue Tournefort (près du Panthéon) - PARIS (5^e)

Cours sur place ou par correspondance

DES SITUATIONS

COMMERCE & INDUSTRIE

Obtention de Diplômes et accès aux emplois de

**SECRÉTAIRES
DESSINATEURS
CHEFS DE SERVICE
INGÉNIEURS
DIRECTEURS**

Préparation aux Concours

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

Programme gratuit
N° 807

MARINE

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

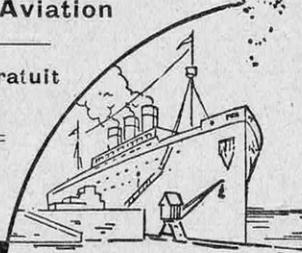
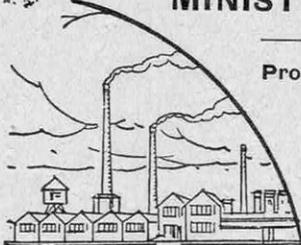
Préparation des Examens
**ÉLÈVES-OFFICIERS
LIEUTENANTS
CAPITAINES**

**Mécaniciens, Radios,
Commissaires**

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

Programme gratuit
N° 809

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



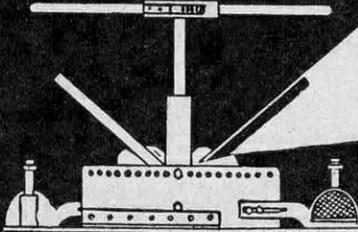
UBI-FELCY

E. Paracini

CINTREUSE MINGORI

A FROID SANS REMPLISSAGE

Syst. Renou-Mingori. B^{re} France S.G.D.G.
et Etranger.



SEULE, TRAVAILLE
EN 3 POSITIONS
ET CINTRE AINSI

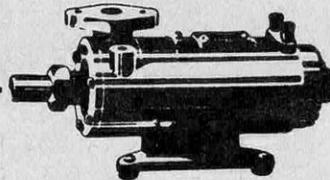
SUR N'IMPORTE QUEL PLAN

C. MINGORI - Const^r Breveté - 7 & 8, rue Jules VALLÈS - PARIS (X^{ie})
TÉL ROQUETTE 90.68

5 modèles du 12×17 au 102×114 inclus

PLUS DE 15.000 EN SERVICE

Demander la Brochure n° 4



L'EAU SOUS PRESSION

est donnée INDÉFINIMENT A UN PRIX
SENSATIONNEL par les

Pompes Electriques "RECORD"

(Monobloc, Silencieuses, Transportables)

Les nouveaux modèles pour courant lumière ou
force (tous voltages) sont véritablement
incomparables.

(Catalogue gratuit en nommant ce journal.)

CONSTRUCTIONS DE PRÉCISION A. GOBIN
3, Rue Ledru-Rollin, 3

SAINT-MAUR (Seine) Tél. Gravelle 25-37

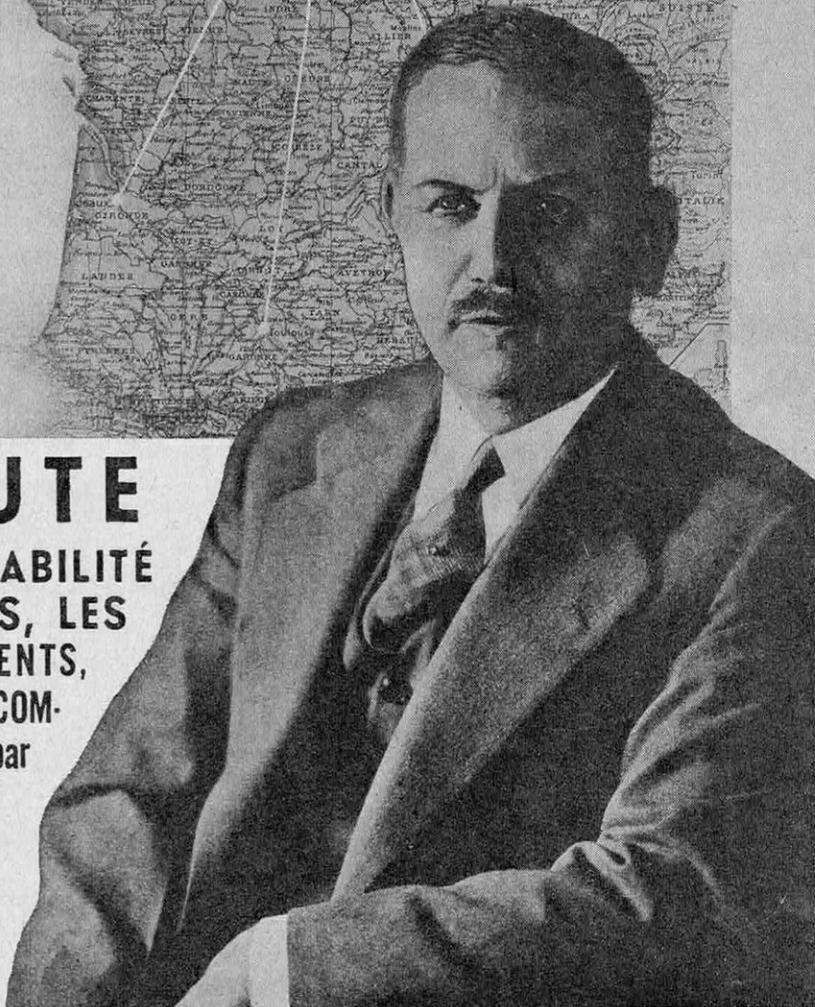


La répartition géographique des **VENTES**:
par représentant,
par genre d'article, par période
et pour tout le territoire.

TOUTE

LA COMPTABILITÉ
DES VENTES, LES
COMPTES CLIENTS,
LES COMPTES COM-
MISSIONS, etc., par

**LA CARTE
PERFORÉE**



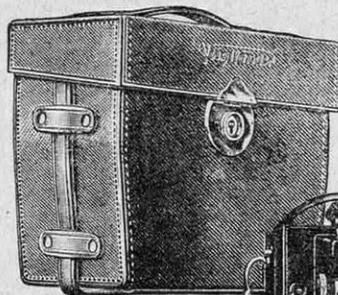
**SOCIÉTÉ INTERNATIONALE
DE MACHINES COMMERCIALES**

— 29, boulevard Malesherbes, PARIS-VIII^e —

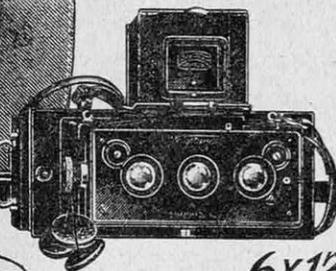
Tél.: ANJOU 14-13
R. C. Seine 147-080

POURQUOI
ne pas photographier
avec deux objectifs...

... puisque vous-même
vous regardez ?
avec deux yeux ?



Voigtländer



Stereoflektoskop

6x13

Le **Stéréflectoscope Voigtländer** est l'instrument idéal pour tous ceux qui préfèrent à l'épreuve plate et monotone une image vivante de la nature et en perspective naturelle.

Demandez une démonstration à votre fournisseur habituel, ou réclamez-nous le catalogue n° 85

FAITES DE LA STÉRÉOSCOPIE :
L'image panoramique ne soutient aucune comparaison avec les résultats que vous pouvez obtenir avec le **Stéréflectoscope**.

ET N'OUBLIEZ PAS QUE

LES PLAQUES
..... ET
LES PELLICULES

Voigtländer

VOUS ASSURERONT
LES MEILLEURS
..... RÉSULTATS

SCHOBER & HAFNER, Concessionnaires exclusifs, 3, rue Laure-Fiot
ASNIÈRES (Seine)

MINICUS

EN
COURANT CONTINU
COMME
EN COURANT ALTERNATIF
MINICUS
GARANTIT
POUR TEL

MOTEUR/UNIVERSEL
PUISSANCE
VITESSE
RENDEMENT

MOTEUR/
UNIVERSEL
ET
MONOPHASES
A

COLLECTEUR
DYNAMO/
ET
ALTERNATEUR/
TOUT
VOLTAGE/
COMMITATRICE/
JUSQU'À
1 K.W.



CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES MINICUS

SOCIÉTÉ ANONYME AU CAPITAL DE 450.000 FR.

39 Rue Maurice Bokanowski - ASNIÈRES - TEL. GRESILLONS

07-71



OFFICE TECHNIQUE DE PUBLICITÉ

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 24 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 **vos adresse et le numéro des brochures** qui vous intéressent parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous les recevrez par retour du courrier, franco de port, **à titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

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

BROCHURE N° 36.700, 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* de l'*Inspection primaire*, etc.

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

BROCHURE N° 36.707, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant, en outre, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux *divers baccalauréats*.

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

BROCHURE N° 36.712, concernant la préparation à *tous les examens* de l'**Enseignement supérieur** : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers professorats, etc...

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

BROCHURE N° 36.718, 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° 36.723, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

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

BROCHURE N° 36.728, 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° 36.733, 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, Forges, 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° 36.739, 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° 36.744, 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° 36.749, 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, Coupe pour hommes, Coupeur-chemisier, Lingère, etc...
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 36.754, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 36.759, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc...
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 36.764, 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° 36.769, concernant l'étude des Langues étrangères : Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Portugais, Arabe, Esperanto. — Tourisme (Interprète).
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 36.774, concernant l'enseignement de tous les Arts du dessin : Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Décoration, Aquarelle, Peinture à l'huile, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les Métiers d'art et aux divers Professorats de Dessin, Composition décorative, Peinture, etc...
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc...)

BROCHURE N° 36.784, concernant l'enseignement complet de la musique : Musique théorique (Solfège, 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° 36.794, concernant la préparation à toutes les carrières coloniales : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.
(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

OFFRE D'ESSAI**A ADRESSER IMMÉDIATEMENT****S. V. 5**

Date.....

Je vous prie de m'envoyer votre « Turbo-Diffuseur M. P. G. » avec les instructions nécessaires pour le montage sur mon *Automobile-Motocyclette-Camion-Tracteur*, Marque..... Modèle.....

Force HP..... Carburateur.....

Je vous commande cet appareil à condition que, si dans les 7 jours de la réception je n'étais pas pleinement satisfait, je vous le retournerais franco de port et vous me restitueriez, sans discussion ni délai, les 100 francs que je vous remets ci-joints en mandat poste.

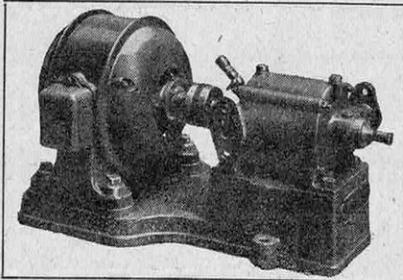
Je paierai à réception contre remboursement.

NOM.....

ADRESSE.....

Le Turbo-Diffuseur M. P. G., 13, rue d'Armenonville, NEUILLY**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



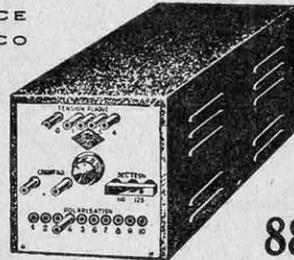
PRÉSENTE

UNE ALIMENTATION TOTALE

des postes sur secteur

Type "CUIVREX" AT 3

Redressement par oxymétal

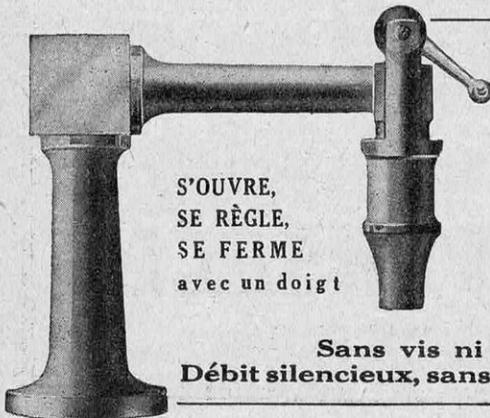
NOTICE
FRANCO

PRIX :

880 frs

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

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



**S'OUVRE,
SE RÈGLE,
SE FERME**
avec un doigt

LE ROBINET CARLONI, S^{té} A^{me}

Fabrication Le Bozec et Gautier, à Courbevoie

SIÈGE SOCIAL : **PARIS-XI^e** MAGASINS :
20, b. Beaumarchais 11, rue Amelot
Téléphone : ROQUETTE 10-86

**ROBINETS de puisage, lavabos, baignoire,
W.-C., cuisinière, comptoirs, parfumerie, etc.**

— 148.000 pièces vendues en France —

Sans vis ni vissage — Sans presse-étoupe
Débit silencieux, sans éclaboussures — Fermeture hermétique

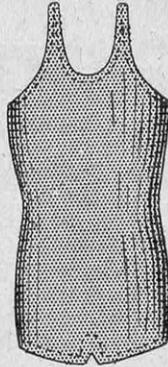
Dans votre intérêt, recommandez-vous toujours de La Science et la Vie auprès de ses annonceurs



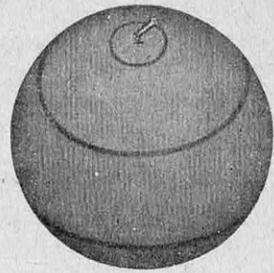
BONNET DE BAINS, uni, avec bandes fantaisie nouvelle forme, très jolis coloris, pour dames. Depuis 8.50



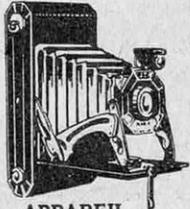
SOULIERS DE BAINS, semelles crêpe, sans talons. Pointures femme 2 à 8, demi-pointures exceptées.
La paire 19.50
Les mêmes, p^r hommes. 27. »



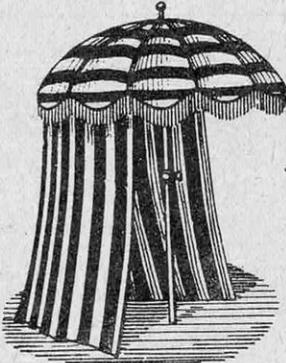
MAILLOTS de BAINS qualité extra. Toutes nuances. — Grand choix en magasin, depuis 50. »



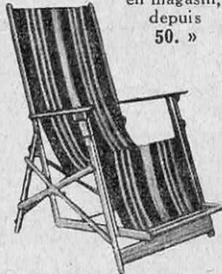
BALLONS DE PLAGE tous coloris. Depuis 16. »



APPAREIL PHOTOGRAPHIQUE "Kodak" Six-20. Up to date Format 6x9... 295. »
Format 6x11... 350. »



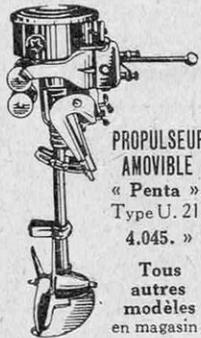
PARASOL coutil croisé avec franges effilées, sans rideau, piquet cuivre avec raccord bronze à vis et pointe acier.
Longueur des branches en cent. :
80 90 100
Sans rideau. 115. » 140. » 150. »



FLANEUSE « Asca », pour tous, bois mouluré encimé, toile ameublement, qualité supérieure. Largeur 0 m. 48.. 135. »

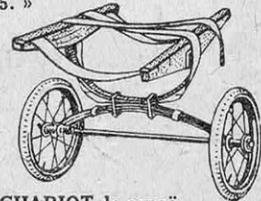
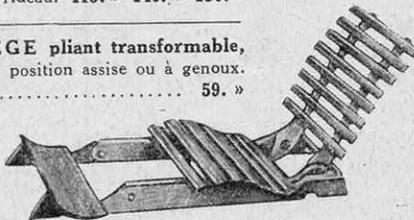


PHONOGRAPHE portatif « Golf », licence Odéon. Élégant, gainé similicuir noir. Diaphragme métallique. Prix 250. »



PROPULSEUR AMOVIBLE « Penta », Type U. 21. 4.045. »
Tous autres modèles en magasin : Lutetia, Johnson, etc.

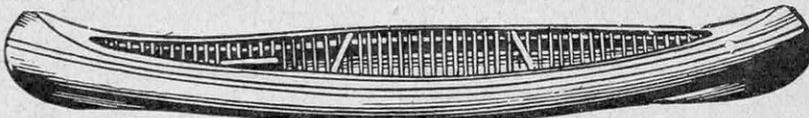
SIÈGE pliant transformable, pour position assise ou à genoux. Prix 59. »



CHARIOT de canoë à 2 lames, roues à rayons, bandages caoutchouc plein... 120. »

TOUS ACCESSOIRES de canoës en magasin, pagaie, coussin, voile, etc., etc.

STABILITÉ
LÉGÈRETÉ



CONFORT
SOLIDITÉ

CANOË genre INDIEN « SAFETY MEB » (fabrication Chauvière) pour le sport et la promenade, établi d'après des modèles de canoës indiens et construit en acajou de tout premier choix. Livré avec deux sièges mobiles, sans accessoires.
Longueur 4 m. 40 ; largeur 0 m. 72 ; profondeur 0 m. 29 2.000 »
— 4 m. 70 ; — 0 m. 78 ; — 0 m. 30 2.100 »
— 5 m. 00 — 0 m. 90 ; — 0 m. 32 2.175 »

MESTRE & BLATGÉ

46-48, avenue de la Grande-Armée - PARIS

SOCIÉTÉ ANONYME : CAPITAL 15.000.000

La plus importante Maison du Monde pour Fournitures Automobiles, Véloceipédie, Sports et Jeux

VISITEZ LES NOUVEAUX RAYONS :

Appareils ménagers, Electricité domestique, Matériel pour Villas, Fermes et Jardins, Tous les Sports, Chasse, Pêche, Photographie.

Situation lucrative

agréable, indépendante et active

dans le Commerce ou l'Industrie, sans Capital

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

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

L'Ecole Technique Supérieure de Représentation et de Commerce

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

Tous les élèves sont pourvus d'une situation

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

3 bis, Rue d'Athènes, PARIS



TOUT A CRÉDIT

L'INTERMÉDIAIRE

Société Anonyme pour favoriser la vente à crédit
Capital 2.600.000 francs

17, Rue Monsigny - Paris

APPAREILS T. S. F.

APPAREILS
PHOTOGRAPHIQUES

PHONOGRAPHERS

MACHINES A ÉCRIRE

MACHINES A CALCULER

ARMES DE CHASSE

VÊTEMENTS DE CUIR

etc.



MAISON FONDÉE EN 1894

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

N'ATTACHEZ AUCUNE IMPORTANCE AU TEMPS QU'IL VA FAIRE



MUNISSEZ-VOUS D'UN BURBERRY

et vous serez en sécurité, quoi qu'il arrive.

**Ni excès de chaleur! Ni transpiration.
Pas davantage de frissons glacés!**

Seulement la sensation d'une

PROTECTION CONFORTABLE ET NATURELLE

Répondant au désir actuel du public pour des articles à « prix réduits » BURBERRYS ont créé une

SÉRIE SPÉCIALE

PROXY manteau imperméable Hommes ou Dames **375 fr.**

Sans être de la qualité superlative universellement associée au nom de BURBERRYS, ce manteau est un article d'usage, honnête, résistant et incomparablement supérieur à tout vêtement de même prix présenté sur le marché.

CATALOGUE ET ÉCHANTILLONS FRANCO SUR DEMANDE

BURBERRYS, 8-10, Bd Malesherbes, PARIS-8^e

AGENTS DANS LES PRINCIPALES VILLES DE PROVINCE

**SPORTS
TOURISME
MARINE**

SI PRÈS QU'ON CROIT LE TOUCHER

HUET
PARIS

TOUS INSTRUMENTS D'OPTIQUE
SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'OPTIQUE

76, B^d de la Villette - Paris - Catalogue franco sur demande mentionnant la Revue.

Faites **30%**
d'économie
et une bien
meilleure
cuisine



Gâce au four Alsthom, vous obtiendrez des résultats très supérieurs, tout en réduisant vos dépenses actuelles.

Vos grillades seront meilleures et toujours réussies. Vos pâtisseries seront plus moelleuses. Vos viandes seront plus juteuses, plus succulentes, et pèseront davantage que si elles avaient été cuites dans tout autre four.

En outre, vous réaliserez **30 % d'économie.**

NOUVEAUX APPAREILS
ÉLECTRIQUES

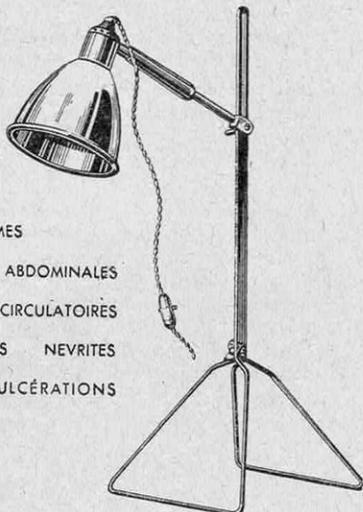
ALS·THOM

38, AVENUE KLÉBER, PARIS (16^e). TÉL. PASSY 00-90.699

L'INFRA-ROUGE

— A DOMICILE —

PAR LE PROJECTEUR
THERMO-PHOTOTHERAPIQUE
DU DOCTEUR ROCHU-MERY



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

LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
12, AV. DU MAINE, PARIS, XV^e T. Litre: 01-63
Litre: 84-62

Toutes venir de Besançon

la plus belle collection de montres de précision :

le nouveau catalogue "MONTRES" N° 32-65 des Etablissements SARDA, où la réputée firme offre à votre choix 500 modèles pour dames ou messieurs, que vous pourrez ainsi acheter **directement, 30 % moins cher** que dans le commerce.

SARDA
BESANCON
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

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

INSTITUT PELMAN

Développement scientifique de l'esprit Méthodes de travail, de pensée, d'action

40 ans de succès dans le monde entier — Plus d'un million d'adeptes

LE SYSTÈME PELMAN

Cours individuel par correspondance
sous la direction de Professeurs de Facultés
et d'Hommes d'affaires expérimentés

Rééducation de la mémoire, du jugement, de
l'attention, de l'esprit d'observation ;

Développement de l'énergie, de l'imagination
créatrice, de l'initiative, de l'autorité ;

Jeunes Gens, pour terminer bien vos études
et vous préparer une brillante carrière ;

Adultes, pour mieux réussir dans votre pro-
fession et réaliser votre personnalité ;

Apprenez à penser fructueusement, à organi-
ser votre vie mentale avec méthode et à tirer
parti de toutes vos ressources ;

Par un entraînement d'un semestre : effi-
cience et bon rendement la vie entière.

RENSEIGNEZ-VOUS. La brochure explicative vous
sera envoyée contre UN FRANC en timbres-poste.

LA PSYCHOLOGIE ET LA VIE

Directeur : P. MASSON-OURSSEL, Prof. à la Sorbonne

Revue traitant chaque mois, depuis six
ans, un problème de psychologie pratique

Abonnements..... 52. » ou 46. » (Pelmanistes)
Etranger 70. » ou 60. » (Pelmanistes)

ÉDITIONS PELMAN

" PSYCHOLOGIE ET CULTURE GÉNÉRALE "

Tome I. - D. ROUSTAN, Inspecteur Général de l'Instruction Publique

La Culture au cours de la Vie

Comment apprendre à penser à propos d'un
problème quelconque. Comment développer sa
culture première. (Franco 26.50, Etranger 28.50)

Tome II. - D^r Ch. BAUDOUIH, Privat-Doctent à la Faculté de Genève

Mobilisation de l'Energie

Comment avoir à sa disposition ses ressources
d'intelligence et de volonté. Parents, éducateurs,
apprenez à connaître par la psychanalyse les
besoins de vos enfants. (Franco 26.50, Etranger 28.50)

INSTITUT PELMAN, 33, rue Boissy-d'Anglas, PARIS-8^e (Tél. : Anjou 16-65)

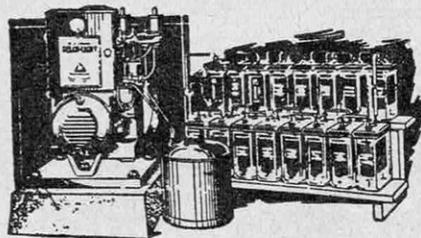
LONDRES DUBLIN STOCKHOLM NEW YORK DURBAN MELBOURNE DELHI CALCUTTA

"Pour GAGNER davantage, il faut VALOIR davantage"

DELCO-LIGHT

L'ÉLECTRICITÉ A LA CAMPAGNE

pour une dépense minime

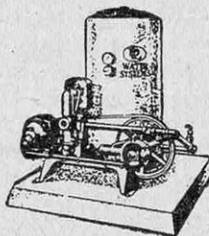


Groupe Electrogène, modèle 8 C 3. Entièrement
automatique, monocylindrique à 4 temps, puissance
800 watts, 32 volts. Autres modèles, avec ou sans
batteries, 800 ou 1.500 watts.

DELCO

L'EAU SOUS PRESSION A LA CAMPAGNE

pour une dépense minime



Pompes modèles 200 x et 400 x, à pistons à double effet,
graissage par barbotage, moteurs répulsion-induction,
forment un ensemble complet. Livrées avec réservoirs de
pression 110 litres, manomètre et niveau d'eau. Autres
modèles pour puits profonds ou peu profonds.

NOTICES ADRESSÉES SUR DEMANDE

Distributeurs } **PARIS : Société Commerciale d'Electricité, 26, rue Baudin**
BORDEAUX : Agence Générale Delco-Light, 50, rue Saint-Jean

AGENTS OFFICIELS DEMANDÉS

PASSEZ L'ÉTÉ EN SUISSE



BERNE



LAC CHAMPEY



PRÈS D'EGGISHORN

La Suisse est le paradis des sports d'été : alpinisme, automobilisme, cyclisme, tennis, golf, natation, pêche, etc. Nombreuses stations balnéaires et climatiques. Partout, hôtels réputés à la portée de chacun : tarifs réduits. Facilités de transport. Renseignements et prospectus gratuits par : l'Office National Suisse du Tourisme, Zurich et Lausanne, son Agence à Nice, 3, boulevard Victor-Hugo ; l'Agence Officielle des Chemins de Fer Fédéraux, Paris, 37, boulevard des Capucines, et toutes les Agences de Voyages, ainsi que les Bureaux de Renseignements des Stations ci-dessous indiquées.

BERNE La pittoresque capitale au pied des Alpes. Centre idéal de tourisme et d'aviation. Kursaal, Casino.

ZURICH Centre d'excursions dans toute la Suisse.

BALE Centre d'importance européenne. Collections d'art réputées. (Witz, Holbein, Böcklin). Point de départ pour tout voyage en Suisse.

OBERLAND BERNOIS

UN VOYAGE par le chemin de fer du **LOETSCHBERG** à travers l'Oberland bernois et le Valais est une jouissance incomparable.

INTERLAKEN Séjour idéal, au bord des Lacs de Thoune et de Brienz. Grand Casino. Nouvelle piscine. Représentations en plein air de *Guillaume Tell*. Prix réduits dans les hôtels.

ADELBODEN 1.400 mètres. La Station climatique, alpestre et sportive par excellence. Piscine et bains de soleil. Tennis. Promenades et excursions. Cure. Repos. 1.500 lits.

LE VALAIS Le plus grand domaine des Alpes au point de vue sportif et touristique. Région la plus ensoleillée de Suisse. Stations balnéaires et alpestres de 400 à 2.000 m. d'altitude, avec prix à la portée de toutes les bourses. — Stations recommandées : **Brigue** (688 m). Centre d'excursions. **Zermatt** (1.620 m). Hôtels Seiler. **Finhaut-Giétroz** (1.237 m). Eau radio-active. **Lac Champey** (1.470 m). Bains, pêche, canotage, tennis. Saison Mai-Octobre. Service cars postaux. **Crans-sur-Sierre** (1.500 m). Golf 18 trous. Plage. Tennis. Tous sports. **Morgins** (1.314 m). Hôtels : Grand et Victoria. **Zinal** (1.680 m). Hôtels Diablons et Durand. **Saas-Fee** (1.800 m). Perle des Alpes. **Arolla** (2.000 m). Gd-Hôtel Kurhaus. **Eggishorn** (2.200 m). Hôtel Jungfrau.

ZERMATT

(1.620 m). Station d'été et d'hiver au pied du **Gornergrat** (3.136 m.), belvédère classique de la haute montagne. Panorama grandiose avec plus de 60 glaciers.

LOÈCHE-LES-BAINS

(1.411 m). La combinaison idéale des cures d'eau thermale, d'air et de soleil à la montagne. Société des Hôtels et Bains.

CHAMPÉRY (1.055 m). Au cœur des Alpes. Centre d'excursions. Tennis (10 courts). Piscine. Ch. de fer élect.

Les GORGES DU TRIENT, la voie pittoresque d'accès de **CHAMONIX** pour la Suisse.

Grisons : FLIMS (1.150 mètres). — 1.500 lits — avec son lac alpestre et sa plage naturelle. Pension de fr. 40 à fr. 85.

PROPRETÉ ÉCONOMIE

GROS
LE FIXOL
210^{me} A^m GÉNÉRAL Bizot
PARIS (12^e)
TÉL. DIDOT 25.33
DÉTAIL
DANS TOUTES LES
BONNES PAPIETERIES
ET MAGASINS ETC...

RECHARGE DE COLLE ÉCONOMIQUE

10 RECHARGES Frs 16

TARIF
STYLOFIXOL Frs 17
ROUGEVERT
OU-MARBRÉ
FLACON FIXOL 6 RECHARGES „ 12
3 RECHARGES „ 8,50

L'APPAREIL DE COLLAGE PRATIQUE QUI SE



FILM ZEISS IKON
en bobines de
POSES
au prix de 6

NI la perfection des appareils, ni l'habileté de l'opérateur ne peuvent assurer le succès sans l'emploi d'un film de haute qualité; aussi l'élite des amateurs a-t-elle adopté le film Zeiss Ikon, orthochromatique, anti-halo, de rapidité élevée (atteignant 1300° H. & D.) et dont le nom seul est synonyme de **fabrication scientifique**

EN VENTE
DANS TOUTES LES
MAISONS D'ARTICLES PHOTO

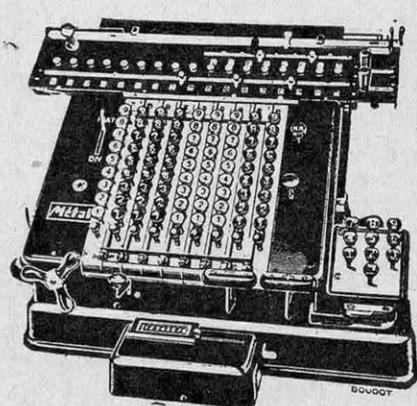
Catalogue C 77 (appareils et film Zeiss Ikon) gratis et franco sur demande adressée à la Société **IKONTA**, 18-20, fbg du Temple, Paris (XI^e)

STUDIO DEBERNY REIGNOT



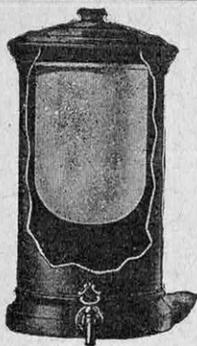
un acheteur avisé...
ne prend pas de décision sans avoir vu
la Métal
superautomatic
à simple et double totalisateur

Tous modèles à main
et électriques munis
des derniers perfec-
tionnements.



MÉTODIQUE
ORGANISATION **YAC** DES BUREAUX
PARIS

Y.A. CHAUVIN
12 RUE S^t MERRI PARIS (1V^e)
TÉLÉPHONE : TURBIGO 84-35, 36, 37



Protégez-vous des Epidémies

FILTRE PASTEURISATEUR MALLIÉ

Premier Prix Montyon
Académie des Sciences

PORCELAINE D'AMIANTE - FILTRES DE MÉNAGE

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

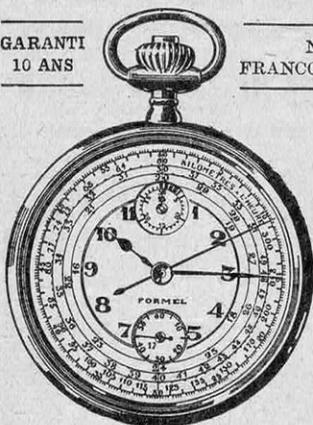
PUBLI.-ELGY

Le Chronographe FORMEL

donne sans défaillance
le cinquième de seconde

*Un chronographe de qualité qui joint les
plus hautes références au meilleur prix*

GARANTI
10 ANS



NOTICE A
FRANCO SUR DEMANDE

PRIX FRANCO :

NICKEL
ou ACIER :
270 fr.

ARGENT :
335 fr.

OR :
1.400 fr.

Vente exclusive à l'Horlogerie

E. BENOIT, 60, rue de Flandre, PARIS

REDOUTEZ LES COFFRES
ANCIENS OU MÉDIOCRES

ACHETEZ UN FICHET

Siège Social : 20, rue Guyot, PARIS

Magasins de Vente :

43, Rue de Richelieu, PARIS

21, r. Fossé-aux-Loups, BRUXELLES

ET DANS TOUTES LES GRANDES VILLES

Tous les Concerts Européens à votre disposition

avec les appareils

"L'ALTERNAPHONE"

alimentés sur le secteur alternatif

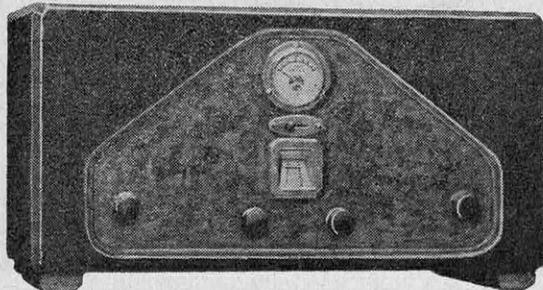
Appareils complets depuis 990 francs

DEMANDER NOTICE A

B. Larinier, Constructeur

13, Passage des Roses, 13, AUBERVILLIERS (Seine)

Tél. : Flandre 00-47

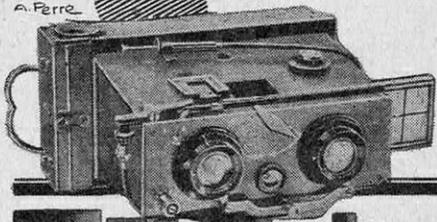


La Science et la Vie est le seul magazine de vulgarisation scientifique et industrielle

*A César ce qui est à César,
...la précision aux appareils Jules Richard*



le **Vérascope RICHARD** s'impose!



FACILITES DE PAIEMENT

LE **GLYPHOSCOPE**
 établi spécialement pour les débutants en photographie

HOMÉOS
 appareil stéréoscopique à pellicules

LE **TAXIPHOTE**
 stéréoclasseur distributeur automatique

E^TS Jules RICHARD

25, Rue Mélingue, Paris
Magasin de Vente: 7, Rue Lafayette, (Opéra)

BON à découper et à envoyer pour recevoir franco le catalogue B

R-16

Quelle que soit la Latitude...
 l'alcool de menthe
 DE **RICQLES**
 est toujours à 86°

LA MOTOGODILLE

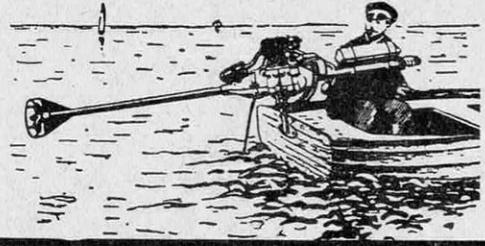
PROPULSEUR amovible (comme un AVIRON) pour tous BATEAUX
(Conception et Construction françaises)

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

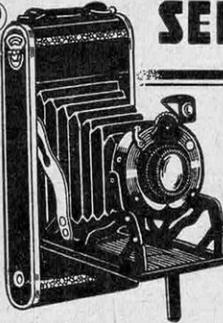
Véritable instrument de travail
Vingt-cinq années de pratique
Nos colons français l'utilisent de plus en plus

G. TROUCHE, 26, pass. Verdeau, Paris-9^e

CATALOGUE GRATUIT — PRIX RÉDUITS



SENSATIONNEL



UN APPAREIL
DE GRANDE
CLASSE POUR
275 F.

Robuste, Pratique,
BIEN MODERNE.

l'HERMO-CADY 6x9
est muni d'un objectif anastigmat
MAJOR HERMAGIS 1/4,5 et d'un
obturateur "Vario" permettant
de se photographier soi-même.

Catalogue général avec nombreux modèles,
franco sur demande.

HERMO-CADY
OBJECTIF FRANÇAIS
FABRIQUÉ PAR
LA MARQUE DE PRÉCISION
HERMAGIS

MAISON FONDÉE EN 1845
29, RUE DU LOUVRE, PARIS 2^e

LES ÉDITIONS DE FRANCE

20, avenue Rapp, PARIS-VII^e

Téléph. : SÉGUR 92-80, 92-81

VIENT DE PARAÎTRE :

**Les Grandes Inventions
françaises**

PAR

A. BOUTARIC

UN FORT VOLUME :
25 fr.

Table à dessin "LUDION"

LA PLUS MODERNE

Encliquetage automatique
toutes positions. Rien à
bloquer ou à serrer. Pliage
facile. Stabilité absolue.
BREVETÉ S. G. D. G.

Représentants demandés.
Tréteaux à hauteur et incli-
naison des barres réglables.
Modelage mécanique
ÉTUDE DE PRIX

Transféré :

D. FORGE, 41, rue des Fontaines
NANTERRE (Seine)

Notice franco — Vente directe



TOUT POUR LE JARDIN

L'ARROSEUR



L'Arroseur IDÉAL E. G.
pour tous débits et toutes pressions,
donne l'arrosage en rond, carré, rec-
tangle, triangle et par côté, il est garanti
inusable et indé réglable.

Le Pistolet IDÉAL E. G.

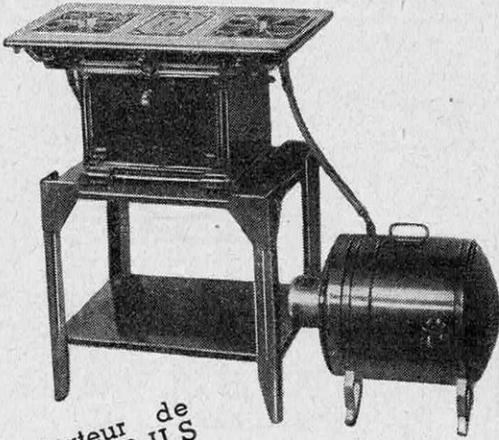
Le Râteau souple IDÉAL E. G.
Le Pulvérisateur LE FRANÇAIS
Seringues et toute robinetterie pour l'eau
Breveté S. G. D., G.

Et^g GUILBERT, Tél. Molitor 17-76

Notice franco sur demande

160 A. de la Reine, BOULOGNE 3^e/SEINE

IDÉAL E. G.



Générateur de gaz MIRUS fabrique à froid un air carburé d'essence brûlant dans les réchauds à gaz ordinaires. La soufflerie centrifuge est mue par un moteur ERA de consommation infime.

Ce petit moteur représente une des 4325 applications actuellement mises au point par nous dans les spécialités les plus complexes et les plus diverses. Quel que soit votre problème, nous avons ce qu'il faut pour le résoudre

MOTEURS

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



Publicité R-L Dupuy



Comme tout le monde...

VOUS POSSÉDEZ UN POUVOIR MYSTÉRIeux

...en développant cette puissance insoupçonnée, vous arriverez facilement à accroître votre **VOLONTÉ**, qui vous conduira au **SUCCÈS** et au **BONHEUR**.

Les forces psychiques ne sont plus maintenant l'apanage exclusif de quelques rares initiés s'en servant, suivant leur instinct, pour le BIEN ou pour le MAL. Aujourd'hui, grâce à une méthode simple, tout le monde peut posséder les sciences du magnétisme, de l'hypnotisme, de la suggestion, aussi bien que de l'influence personnelle, et, grâce à elles, arriver au SUCCÈS.

Si vous voulez RÉUSSIR, VAINCRE, RETIRER DE LA VIE LE PLUS D'AVANTAGES POSSIBLE, L'INSTITUT ORIENTAL DE

PSYCHOLOGIE vous aidera et, pour cela, son service de propagande distribue gratuitement 25.000 exemplaires de son ouvrage : LE DÉVELOPPEMENT DES FACULTÉS MENTALES.



Ce livre, d'un puissant intérêt, illustré de superbes reproductions photographiques, vous montrera comment, en peu de temps, sans rien changer à vos occupations habituelles, vous parviendrez à développer

votre **VOLONTÉ**, votre **MÉMOIRE**, **CORRIGER LES MAUVAISES HABITUDES** que vous pouvez avoir et acquérir le **POUVOIR MAGNÉTIQUE** qui vous permettra d'**IMPOSER VOTRE VOLONTÉ**, même à **DISTANCE**.

Des milliers de personnes, sans distinction de condition sociale, d'âge, de sexe, y sont parvenues ; suivez donc leur exemple et, pour cela, découpez le bulletin suivant et adressez-le immédiatement à l'**INSTITUT ORIENTAL DE PSYCHOLOGIE (Dpt 326), 36 ter, rue de la Tour-d'Auvergne, à PARIS (9^e)**, en ajoutant, s'vous le voulez bien, 2 francs en timbres-poste pour couvrir les frais de correspondance et de port.

..... **A DÉCOUPER**

326

Veillez m'expédier gratuitement, et sans engagement de ma part, votre ouvrage : **Développement des facultés mentales.**

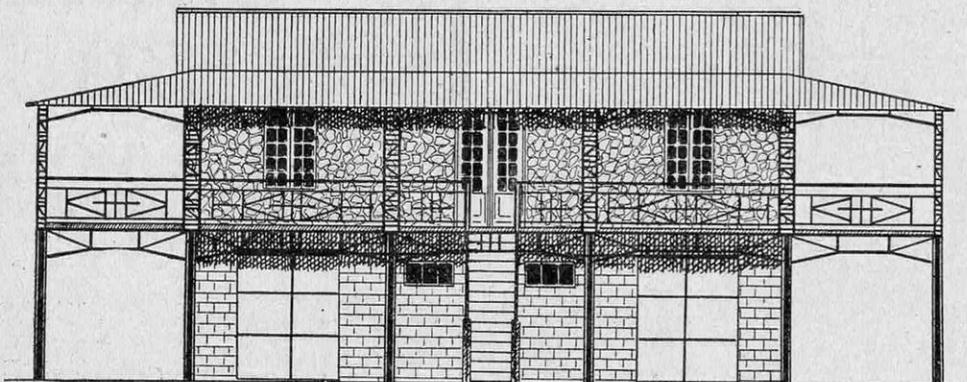
Nom Prénom

Rue N°

à Départ

Indiquer si vous êtes Madame, Mademoiselle ou Monsieur.

PAVILLONS EN ACIER A ÉTAGE



Nos honorés lecteurs seront peut-être déjà au courant des ossatures des pavillons sans étage que nous fabriquons dans nos ateliers de Rouen ? Mais le dessin que nous nous permettons de leur soumettre aujourd'hui est quelque chose de nouveau. Il est vrai qu'il ne représente que l'évolution normale de notre travail, car il n'y a pas un saut énorme du pavillon sans étage à celui en comportant un.

Ce qui est énorme est la popularité mondiale de cette idée de faire venir l'ossature métallique de son logement et d'en effectuer soi-même l'agencement des parois et des cloisons, au moyen des matériaux trouvés sur place. Nous vous donnons, pour ainsi dire, la forme de votre idée ; vous l'embellissez selon votre goût et vos moyens.

Bien entendu, il faudra d'abord choisir son modèle ; toutefois, notre dessin représente un modèle bien courant et très apprécié, qui se réalise à un coût assez abordable. Le dessin s'explique facilement : seul, l'emploi du pavillon varie. Chez l'un, le rez-de-chaussée sera le garage, l'étage sera l'appartement. Chez l'autre, ce sera un magasin, une factorerie, des bureaux en bas — et, en haut, les pièces d'agrément, entourées d'une grande véranda.

Quoi qu'il en soit, ce genre de pavillon est d'une popularité énorme, partout, dans ce vaste domaine colonial, où l'on cherche à s'installer convenablement, sans nécessairement dépenser sa fortune. Nous remarquons bien aussi qu'il n'y a pas seulement qu'aux colonies que l'on apprécie l'habitation à charpente métallique. Il y a des endroits en France où notre nouveau pavillon à étage pourrait se planter aussi avantageusement qu'aux colonies : tout dépend de l'homme et de sa capacité pour se débrouiller sur place.

Ceci étant expliqué, examinons le coût. Prenons comme exemple un pavillon à étage, dont le rez-de-chaussée consistera en quatre ou cinq pièces de 4 mètres sur 5 mètres, entourées d'une arcade de 3 mètres d'envergure, dont les colonnes supportent la véranda d'un étage, ayant le même nombre de pièces que le rez-de-chaussée, entouré d'une véranda correspondant à l'arcade. Voici la base de la construction. Evidemment, on peut clore la partie arcade, si on veut, et cloisonner une partie de la véranda — ce qui donnera un grand nombre de pièces en plus. Comme hauteur, on fait de 3 à 4 mètres en bas et un peu moins en haut. La toiture du corps de pavillon a habituellement une pente de 50 centimètres au mètre et se fait en tôle ondulée galvanisée ou en fibro-ciment ondulé, tandis que la toiture de la véranda est très peu inclinée, afin de donner le maximum d'ombrage sans trop obscurcir les pièces intérieures.

Ce qui est intéressant est le fait que le pavillon à étage est relativement moins coûteux que le pavillon à rez-de-chaussée seulement, car la même toiture couvre les deux. Au point de vue charpente, le coût d'un pavillon à étage est exactement proportionné au coût d'un pavillon sans étage. Tout ce qu'il s'agit de faire est ceci : choisissez dans notre brochure n° 101 le modèle que vous désirez pour former votre étage, et faites le prix global, selon les divers barèmes. La charpente du rez-de-chaussée étant moitié plus lourde que celle de l'étage coûtera, mètre cube pour mètre cube, exactement une fois et demie celle de l'étage.

Tout ceci étant dit, nous invitons tous ceux qui s'intéressent à notre travail à se documenter, d'abord au moyen de notre brochure n° 101 et, ensuite, à nous faire part du pavillon qu'ils désirent édifier eux-mêmes — surtout si ce pavillon diffère un peu de nos modèles courants.

Ecrivez aujourd'hui pour la Brochure n° 101 aux

Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs
6 BIS, quai du Havre - ROUEN

**HANGARS
EN
ACIER**

**JOHN
REID**

**LA
SÉRIE
39
à Lyon**

LA SÉRIE
39
SE TROUVE EN
77
DÉPARTEMENTS
ET EN
TOUTE COLONIE
FRANÇAISE

33
GRANDEURS DISTINCTES
AVEC OU SANS AUVENTS
252
COMBINAISONS POSSIBLES
LA SÉRIE 39
SE PRÊTE A TOUT TERRAIN
FABRICATION A LAVANCE
LIVRAISON IMMÉDIATE

ELLE EST
LA
MEILLEURE
ET LE
MEILLEUR
MARCHÉ

LA SOCIÉTÉ HYDRO-ELECTRIQUE DE LYON
Société anonyme au capital de 25 millions

Lyon, le 21 janvier 1932.

Aux Etablissements John Reid,

Nous répondons bien volontiers à votre demande de renseignements concernant les hangars métalliques que vous avez fournis successivement, tant à la Société d'Énergie Savoie et Dauphiné qu'à nous-mêmes et qui étaient destinés à notre usine de Vallières (Haute-Savoie).

Ces hangars, équipés d'abord pour le service des chantiers, ont été conservés après la mise en route de la centrale, les faces et les pignons ayant été maçonnés sur toute la hauteur, pour être transformés en divers locaux de service, magasin, etc...

Vos charpentes se sont révélées d'emploi avantageux, et leur montage facile a pu être exécuté avec une main-d'œuvre non spécialisée.

Le Directeur Technique,
Société Hydro-Électrique de Lyon,
3, quai des Célestins, Lyon.

Nous reproduisons textuellement la lettre qu'ont bien voulu nous adresser nos honorés clients à Lyon, parce que nous voudrions faire ressortir le fait que même les grandes et puissantes sociétés ne dédaignent pas d'employer la **Série 39**, lorsqu'il s'agit d'une construction à monter rapidement et économiquement.

Nous demanderons également à nos aimables lecteurs de prendre encore connaissance d'une attestation très intéressante de la part d'une des plus grandes maisons françaises. La voici :

LES PETITS-FILS DE FRANÇOIS DE WENDEL ET C^{ie}
Société en commandite par actions, au capital de 117.180.000 francs, Hayange

Hayange, le 10 décembre 1929.

Aux Etablissements John Reid,

Nous vous informons que nous n'avons pas d'objections à formuler au sujet du petit bâtiment que vous nous avez fourni l'an dernier.

Cette construction répond bien à l'usage auquel elle était destinée : le montage en est rapide et simple : sa légèreté nous permettra de la démonter et de la transporter facilement pour lui donner une autre destination : abri de chantier ou de matériaux.

Les Petits-Fils de François de Wendel et C^{ie}.

Beaucoup de nos lecteurs seront déjà au courant de ce que nous appelons la **Série 39**. Mais, pour ceux qui désirent des éclaircissements complémentaires, nous nous permettrons de leur expliquer que la **Série 39** comporte cinquante-trois modèles de hangars en acier, ayant de 5 à 15 mètres de portée entre poteaux, sans auvents, et de 7 m 50 jusqu'à 22 mètres de portée avec auvents.

Nous fabriquons ces constructions dans nos ateliers de Rouen, et bientôt nous les produirons également à Bordeaux, Nancy et Saint-Etienne, et nous les livrons à partir de :

45 francs le mètre carré de terrain couvert,
avec toiture en tôle ondulée galvanisée ou en fibro-ciment ondulé,
franco toute gare des grands réseaux français, ainsi que franco **Alger, Oran, Tunis**
et **Casablanca**.

Les prix, très abordables, pour du travail absolument irréprochable et avec toute garantie de solidité que nous pratiquons aujourd'hui pour tous les modèles de la **Série 39**, sont le résultat d'une fabrication intense, que nous suivons sans arrêt depuis de nombreuses années et qui nous permet de contenter rapidement, non seulement les grandes entreprises à bourse illimitée, mais aussi les maisons moins fortunées que les circonstances obligent à chercher le maximum d'économie possible dans la réalisation de leurs projets.

La **Série 39** se prête à tout projet, à toute région et à tout climat. Elle se trouve dans tous les départements et dans toutes les colonies. Faites sa connaissance aujourd'hui même en nous demandant la brochure 144, ainsi que notre nouveau tarif n° 168.

Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs
6 BIS, quai du Havre - ROUEN

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

Reconnue par l'État, avec Diplômes Officiels d'Ingénieurs

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

12, rue Du Sommerard et 3, rue Thénard

Polygone et Ecole d'Application

:: :: PARIS (V^e) :: ::

:: CACHAN (près Paris) ::

1.200 élèves par an — 143 professeurs

QUATRE SPÉCIALITÉS DISTINCTES :

1^o ÉCOLE SUPÉRIEURE DES TRAVAUX PUBLICS

Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics

2^o ÉCOLE SUPÉRIEURE DU BATIMENT

Diplôme d'Ingénieur Architecte

3^o ÉCOLE SUPÉRIEURE DE MÉCANIQUE ET D'ÉLECTRICITÉ

Diplôme d'Ingénieur Electricien

4^o ÉCOLE SUPÉRIEURE DE TOPOGRAPHIE

Diplôme d'Ingénieur Géomètre

Le titre d'Ingénieur diplômé de l'Ecole permet, en se faisant inscrire à une Faculté des Sciences, de concourir pour le grade

d'INGÉNIEUR DOCTEUR

(Décret du 13 février 1931 et Arrêté ministériel du 31 mars 1931)

ÉCOLE SUPÉRIEURE DU FROID INDUSTRIEL

Diplôme d'Ingénieur Frigoriste (cette Ecole est placée sous un régime spécial)

SECTION ADMINISTRATIVE

pour la préparation aux grandes administrations techniques
(Ingénieurs des Travaux publics de l'Etat, de la Ville de Paris, etc.)

Les Concours d'admission ont lieu, chaque année, en deux sessions. Pour l'année scolaire 1932-33, la première aura lieu du 18 au 27 juillet 1932, la seconde du 28 septembre au 7 octobre 1932.

Se renseigner au Secrétariat de l'Ecole, 12, rue Du Sommerard, Paris (5^e), qui donnera tous renseignements sur les concours d'entrée, la nature de l'enseignement, les résultats obtenus, etc.

Programme des conditions d'admission et plans d'études envoyés gratuitement sur simple demande.

Prière de citer, comme référence, LA SCIENCE ET LA VIE

JUN 1932

La physique au voisinage du zéro absolu.

Une visite au laboratoire du froid de l'Université de Leyde (Pays-Bas) nous révèle les dernières découvertes de la physique aux très basses températures (—27^o,29)

On sait, maintenant, compter et photographier les ions.

Pour la première fois, le monde des atomes nous est révélé par le film. C'est une nouvelle étape vers la solution du problème de la constitution de la matière

La sidérurgie, en créant de nouvelles variétés d'acier, a étendu le champ de ses applications.

La construction métallique se généralise; les aciers spéciaux, grâce à leur résistance élevée, luttent, souvent avantageusement, avec les alliages légers (automobile, aviation); l'acier remplace le bois dans les mines, etc. La chimie métallurgique a transformé la sidérurgie

Le radiobalises des lignes aériennes aux Etats-Unis.

Comment cette récente et grandiose organisation assure une plus grande sécurité à la navigation aérienne sur un réseau de 32.000 kilomètres

Dans certaines industries, le rendement dépend du « conditionnement » de l'air.

On sait aujourd'hui maintenir automatiquement constantes les caractéristiques d'une atmosphère dans un local confiné (température, humidité, etc.), conditions indispensables à la bonne marche de nombreuses fabrications : textiles, bonneterie, imprimerie, meunerie, etc.

Gary, « Métropolis » américaine de l'acier.

Voici l'histoire du plus puissant trust métallurgique du monde, dont la création remonte à peine à vingt-cinq ans.

L'horloge parlante de l'Observatoire de Paris distribue l'heure exacte à tout le monde.

Grâce à la cellule photoélectrique et à la lampe à trois électrodes, l'abonné au téléphone reçoit maintenant automatiquement l'heure exacte

Les nouveautés dans la technique du béton : vibration et pervibration.

Un nouveau procédé mécanique — fort simple — confère au béton une homogénéité, une résistance et une étanchéité remarquables. Comment on établit un chantier moderne de bétonnage.

Pourquoi pèse-t-on les locomotives ?

De la répartition du poids d'une locomotive sur ses divers essieux, dépend l'adhérence de la machine sur les rails, ainsi que sa stabilité de marche, conditions nécessaires à la sécurité, à la vitesse, à la puissance de traction

Les avantages des carburants « nationaux » à base d'alcool.

La présence d'alcool dans l'essence améliore, à un certain point, le rendement d'un moteur à explosion en autorisant une plus forte compression, tout en évitant le calaminage, le givrage, et en augmentant la sécurité des avions. Au point de vue économique, le carburant « national » peut améliorer notre « politique » de l'essence.

Un nouveau type de turbines à gaz ou à vapeur.

Grâce à une vitesse d'écoulement constante, le gaz, ou la vapeur, transforme intégralement son énergie en travail

Méthodes modernes de tissage et de perforation des métaux.

La toile métallique et les tôles perforées sont de plus en plus utilisées dans l'industrie : leurs applications.

Un nouvel accumulateur léger et robuste.

Deux fois plus léger que l'accumulateur au plomb, le nouvel accumulateur à l'iode paraît destiné à certaines applications industrielles

Les « à côté » de la science.

Chez les éditeurs.

Jean Labadié 439

Envoyé spécial de *La Science et la Vie*, à Leyde.

L. Houlléviqne 451

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

Paul Regnaud 457

Ingénieur en chef d'artillerie navale.

Jean Marival 466

Jean Marchand 469

Ingénieur I. E. G.

Robert Chenevier 477

Charles Brachet 486

Jean Gueydon de Dives. . . 489

Ingénieur des Ponts et Chaussées.

E. Terval 497

Armand Courtier 503

Jean Marival 511

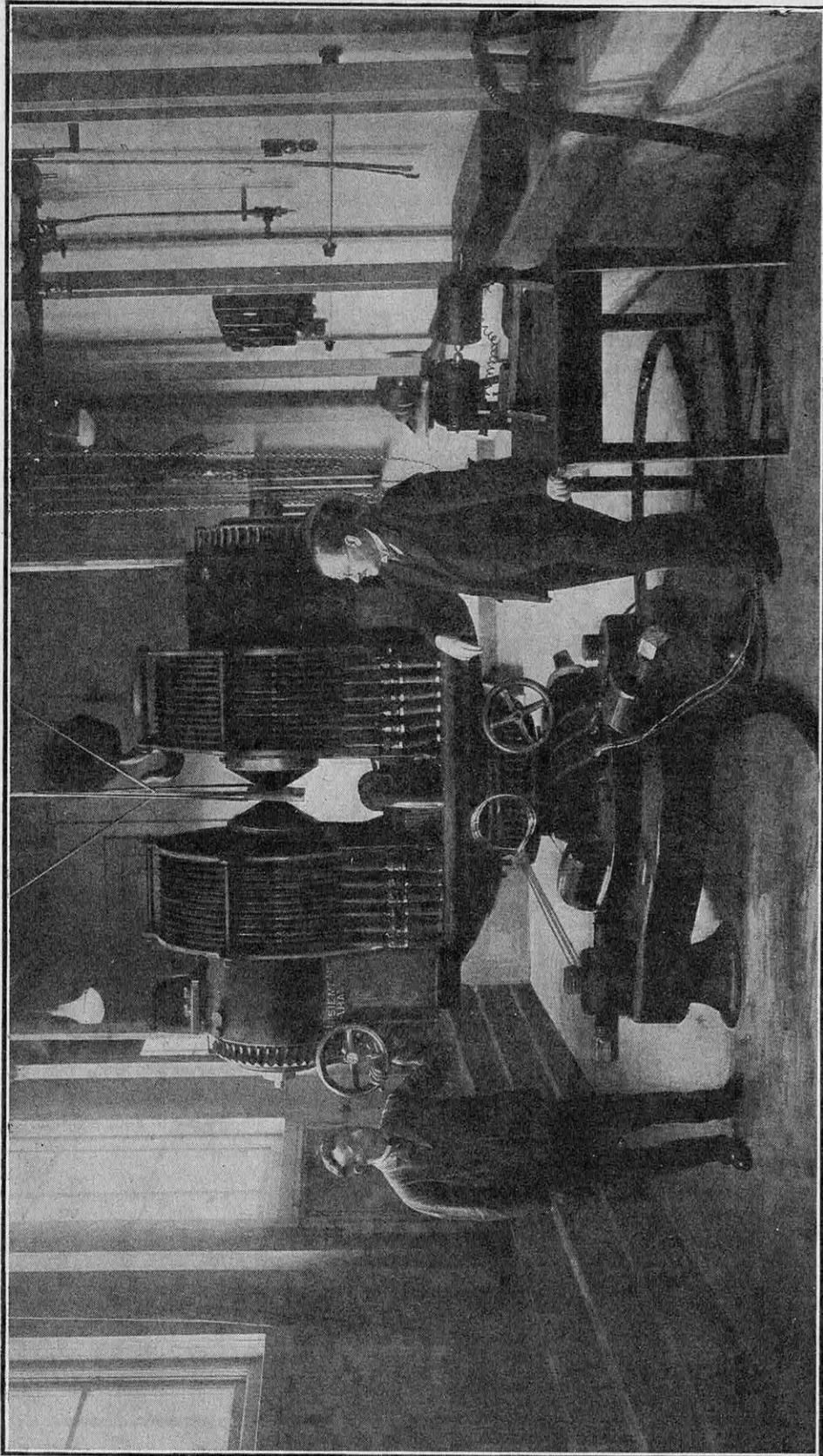
Jean Marton 513

Jean Martin 515

V. Rubor 519

S. V. 522

Le béton constitue le matériau par excellence de la construction moderne. Armé ou non, il voit chaque jour s'accroître le champ de ses applications. Aujourd'hui, grâce à la vibration et à la pervibration, on sait lui conférer des qualités remarquables d'homogénéité, de résistance et d'étanchéité que n'offrent pas les anciens procédés. D'autre part, grâce à l'organisation du chantier de bétonnage où tout l'outillage et la manutention sont mécaniques, la rapidité d'édification, jointe à une plus grande sécurité, se sont considérablement accrues aussi bien pour les immeubles que pour les grands travaux publics. On voit, sur la couverture de la présente livraison, une installation toute récente où le béton est amené à pied d'œuvre — par simple gravité — pour l'établissement d'un de ces puissants barrages que le développement de l'hydroélectricité fait surgir du sol, au travers des cours d'eau, dans les cinq parties du monde. (Voir l'article, page 489 de ce numéro.)



LE GRAND ÉLECTROAIMANT DU LABORATOIRE DU FROID DE L'UNIVERSITÉ DE LEYDE (PAYS-BAS)

C'est un appareil analogue à celui existant en France, à Bellevue, beaucoup moins puissant, mais plus mobile. La méthode de construction est la même : les conducteurs électriques formant les enroulements sont à grosse section, tubulaires, et refroidis à l'eau courante. On voit, dans l'axe des pièces polaires, un mince « cryostat » destiné à une expérience à très basse température. A droite, accoudé à l'appareil, M. de Haas, directeur de la section électrique du laboratoire.

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, Juin 1932 - R. C. Seine 116.544

Tome XLI

Jun 1932

Numéro 180

LA PHYSIQUE AU VOISINAGE DU ZÉRO ABSOLU

Une visite au laboratoire de l'Université de Leyde (Pays-Bas)

Par Jean LABADIÉ

ENVOYÉ SPÉCIAL DE « LA SCIENCE ET LA VIE » A LEYDE

La constitution intime de la matière pose encore aux physiciens de redoutables problèmes. Nous avons vu, à propos du dernier Congrès de Rome (1), combien les savants de tous les pays s'efforçaient à percer le mystère intraatomique. Aucune recherche ne doit être négligée pour élucider cette capitale question et pour pénétrer dans le domaine de la constitution de la matière. C'est en soumettant les éléments aux conditions les plus « particulières » que l'on peut espérer accroître nos connaissances à ce sujet. Il y a, notamment, un puissant intérêt à étudier les propriétés des corps au voisinage du « zéro absolu » (-273° C), inaccessible par définition même. Le célèbre laboratoire du froid de Leyde, qui, sous l'impulsion de Kamerlingh Onnes (2), était déjà le mieux équipé du monde pour l'obtention des très basses températures, poursuit, sous la direction de savants réputés, tels que M. Keesom et M. de Haas, les investigations les plus délicates dans ce domaine, il y a peu de temps encore inexploré. C'est ainsi qu'ils ont pu atteindre la température de $-272^{\circ},29$ ($0^{\circ},71$ absolu), où les corps révèlent de curieuses propriétés qui nous ouvrent des horizons entièrement nouveaux sur la structure des atomes. MM. Keesom et de Haas ont bien voulu faire parcourir à notre envoyé spécial le cycle des multiples et minutieuses recherches actuellement en cours, notamment sur la supraconductivité des métaux (3), sur les effets magnétiques aux basses températures, sur l'emploi des rayons X pour étudier et photographier les phénomènes observés, sur la vitesse du son, etc... C'est une œuvre considérable, dont la portée pratique peut être un jour fort appréciable. Ainsi la liquéfaction, au laboratoire, de l'oxygène n'a-t-elle pas déjà donné naissance à cette industrie si prospère et relativement nouvelle : la fabrication de l'air li quide ?

« La Science ne suffira jamais à la connaissance du monde, c'est entendu, puisqu'il restera toujours des phénomènes à découvrir, des théories à approfondir ou à réviser, mais la Science n'en sera pas moins toujours le plus noble des sports. »

J'étais donc chez des « sportifs » en arrivant au laboratoire cryogène de Leyde, puisque j'entendais ces paroles de la bouche

même de M. de Haas, qui dirige, avec M. Keesom, le célèbre établissement. Deviner la constitution de la matière dans cette interminable partie d'échecs que les savants ont entreprise avec la Nature, voilà donc, en effet, un beau sport. Mais je savais que ce jeu capital, tel qu'on le pratique à Leyde, n'était devenu possible que grâce à une partie préliminaire, singulièrement originale et dure, aujourd'hui pleinement gagnée, d'ailleurs : la conquête des très basses températures. Actuellement, les

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 176, page 97

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 108, page 489.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 109, page 37.

physiciens de Leyde ont conduit leur expédition polaire jusqu'au point situé à *sept dixièmes de degré* du « zéro absolu » (1). Leur avance, si on la calcule sur ces dernières années, se mesure, annuellement, par quelques centièmes de degré. C'est que le zéro absolu (ou zéro « Kelvin », du nom du physicien qui l'a repéré une fois pour toutes) est le pôle du froid, inaccessible par définition.

Les expériences des physiciens exigent (pour la production ou pour la mesure des phénomènes)

des thermomètres, des baromètres, des électroaimants, des tubes à rayons X, des colonnes de distillation, et jusqu'à des diapasons, quand on veut mesurer, par exemple, la vitesse du son aux basses températures. Il faut transporter tout cela au pays du zéro absolu. L'ingéniosité déployée à cet effet, dans chaque cas particulier, n'est pas à la portée de toutes les imaginations. Il vaut donc la peine que nous

tentions de suivre au moins quelques-unes de ces curieuses expéditions scientifiques. Nous le ferons brièvement tout à l'heure, mais, auparavant, il nous faut présenter l'équipement foncier du laboratoire, c'est-à-dire l'outillage grâce auquel se fabriquent couramment, à Leyde, en quantités aussi grandes qu'il est nécessaire, l'hydrogène et l'hélium *liquides*, dont l'ébullition (réglée par un vide plus ou moins poussé) donne ensuite le froid exigé par les expérimentateurs.

L'œuvre de Kamerlingh Onnes : tous les gaz liquéfiés au service du physicien

L'initiateur de cette course méthodique vers les plus grands froids réalisables est le

(1) 273° au-dessous du zéro centésimal.

savant Kamerlingh Onnes, le grand physicien hollandais dont le nom ajoute un nouveau fleuron à la couronne scientifique de son pays, déjà si riche avec ceux d'Huygens, de Lorentz et des fameux trois V : de Vries, Vant' Hoff et Van der Waals — pour ne citer que les morts.

En avril 1897, au moment où K. Onnes obtint de spécialiser le laboratoire universitaire de Leyde dans cette production des basses températures qui en a fait un établisse-

ment unique au monde (deux laboratoires semblables ont été seulement copiés sur celui-là par l'Allemagne et par l'Amérique), les premières liquéfactions sensationnelles de gaz réputés « permanents » venaient d'être réalisées. L'oxygène avait été condensé par Cailletet et par Pictet, travaillant isolément (1877). Ces résultats de laboratoire, K. Onnes estima qu'il fallait les transformer en liquéfactions massives. Ainsi pourrait-on

d'abord pousser à l'extrême l'étude d'une loi fameuse, celle « des états correspondants » (Van der Waals), en vertu de laquelle les rapports mutuels entre la *pression*, le *volume* et la *température* doivent prendre le même aspect pour tous les gaz quand on fait varier l'un ou l'autre de ces termes. Mais, cette loi n'étant qu'approximative (comme presque toutes celles de la physique), K. Onnes recherchait un principe plus général qui, sans doute, était à sa base — et ce principe, le savant hollandais pensait l'avoir formulé dans sa théorie générale des liquides. Celle-ci exigeait donc, pour sa vérification totale, que les derniers gaz permanents fussent liquéfiés en quantités massives, à commencer par l'oxygène déjà condensé au laboratoire,

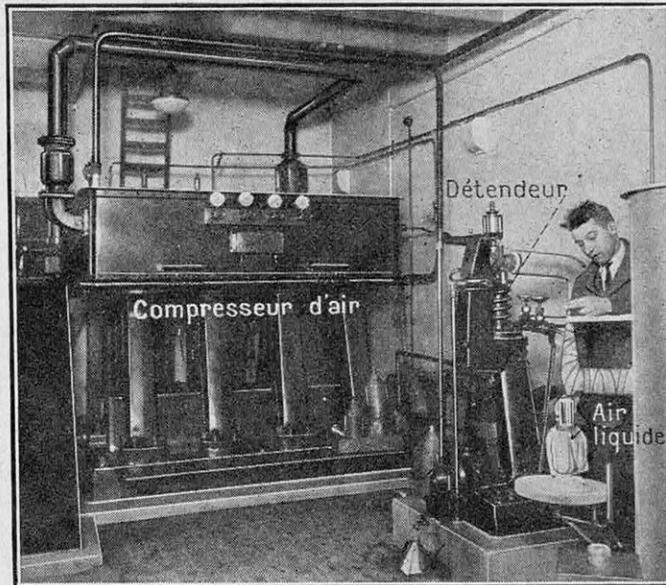


FIG. 1. — L'INSTALLATION INDUSTRIELLE DE LIQUÉFACTION DE L'AIR AU LABORATOIRE DE LEYDE

L'air, comprimé à 200 atmosphères par le compresseur du second plan, se détend dans le détendeur, où il se liquéfie en travaillant (l'air non liquéfié retourne au compresseur). L'air liquide coule dans la bouteille Dewar, dont un exemplaire est en attente dans sa caisse spéciale pour le transport.

L'oxygène, comme tout autre gaz, ne peut se liquéfier si on le prend au-dessous d'une « température critique » qui est -118° , 82 au-dessous du zéro centésimal; d'autre part, une fois liquéfié, ce gaz bout (sous la pression atmosphérique) à -182° , 97. Si on le soumet à une dépression par le vide, sa température baisse encore, jusqu'à -218° , 4 (point de congélation). Tel était le corps

En 1895, l'Allemand von Linde obtint la première liquéfaction industrielle de l'air complet : il utilise l'effet de détente (effet Joule-Kelvin), par lequel un gaz fortement comprimé et refroidi, puis brusquement détendu, se refroidit encore. Appliquant ce principe à l'hydrogène comprimé à 200 atmosphères et refroidi par l'air liquide en ébullition (-190°), le physicien anglais Dewar

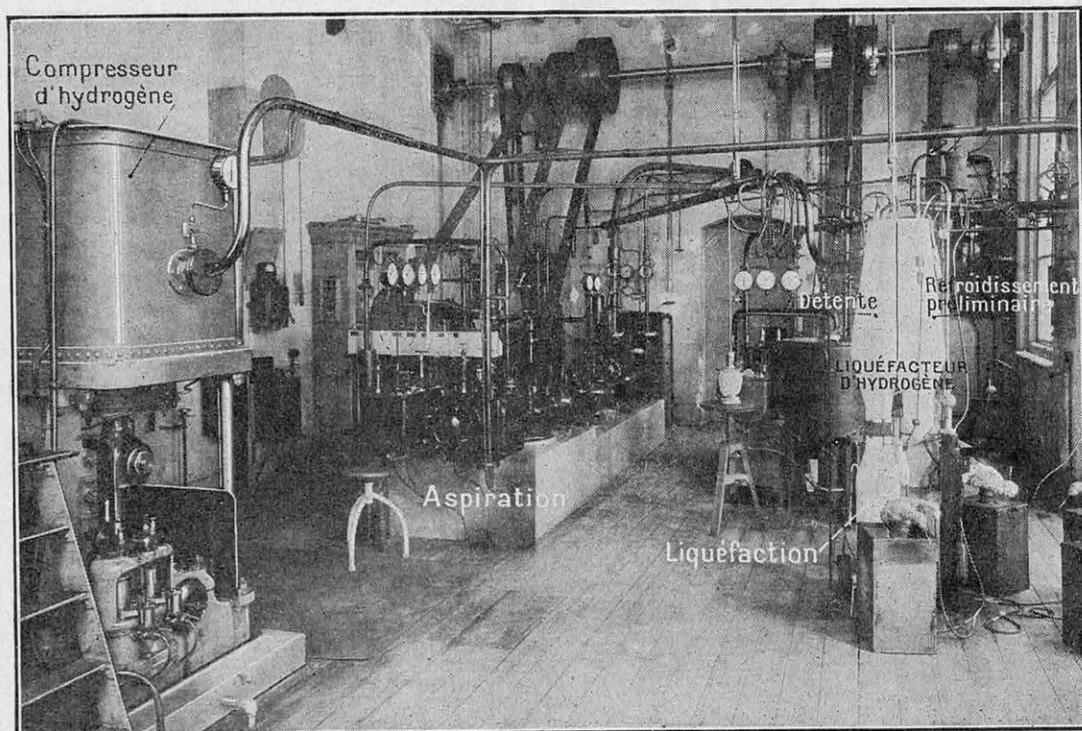


FIG. 2. — L'INSTALLATION DE LIQUÉFACTION DE L'HYDROGÈNE

L'hydrogène, très pur, venant du gazomètre central du laboratoire, est comprimé à 25 atmosphères dans le compresseur de gauche, d'où il va au liquéfacteur soigneusement calorifugé. Là, il se refroidit d'abord dans un bain d'air liquide, et, ensuite, par ses propres vapeurs de détente. Ensuite, il se détend définitivement dans un second compartiment de l'appareil et coule à l'état liquide dans sa partie inférieure, d'où il est siphonné dans les bouteilles de transport. Les pompes du second plan aspirent l'hydrogène non liquéfié (provenant de la première détente) et le renvoient au gazomètre.

réfrigérant que K. Onnes résolut de se donner comme matière première de ses travaux.

En 1894, ce premier objectif était atteint, grâce au montage de la célèbre « cascade » du froid réalisée à Leyde, par laquelle on liquéfiait successivement le chlorure de méthyle, dont les températures d'ébullition (-24° et au-dessous) permettaient de liquéfier l'éthylène, dont l'ébullition (-103° , 72 et au-dessous) assurait à son tour la liquéfaction de l'oxygène en quantité semi-industrielle (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 108, page 492, où cette cascade est décrite.

obtint à son tour, en 1896, la liquéfaction de ce gaz. Aussitôt, K. Onnes va prolonger, à Leyde, sa « cascade » du froid jusqu'à l'hydrogène liquide, car ce nouveau progrès doit permettre d'obtenir (toujours par ébullition) des températures de -252° , 76 et au-dessous.

Dewar avait obtenu, en 1898, 20 centimètres cubes d'hydrogène liquide. A Leyde, en 1905, on réussit la préparation du premier quart de litre. En février 1906, 3 litres furent préparés d'une seule coulée. En mai, les premières mesures physiques à la température de l'hydrogène liquide commen-

çaient. Au cours de 1907, 2 hectolitres de ce gaz liquéfié furent utilisés. Aujourd'hui, l'appareil liquéfacteur d'hydrogène fournit au laboratoire 20 litres par heure.

Concurremment, le laboratoire, qui avait utilisé 66 litres d'air liquide en 1903, en usait 1.500 litres en 1907. L'air liquide étant devenu, grâce à la machine de Linde (d'ailleurs perfectionnée par Georges Claude), une matière courante, la cascade primitive de K. Onnes, aboutissant à l'oxygène liquide, devenait superflue et l'air liquide put se fabriquer à Leyde sur le mode industriel (fig. 1).

La liquéfaction massive de l'hydrogène

L'air liquide, transporté dans les bouteilles à double paroi argentée — ce qui constitue le meilleur des calorifuges — qu'inventa Dewar en 1898, put être transporté avec la plus grande facilité. Sa première utilisation fut naturellement de servir de réfrigérant au liquéfacteur d'hydrogène. Celui-ci (fig. 2) se compose de trois compartiments agencés en série et enveloppés dans le même bloc calorifuge. L'hydrogène, comprimé à 200 atmosphères dans un serpentin, se refroidit par l'air liquide dans le premier de ces compartiments et se détend (effet Joule-Kelvin) dans le second ; cette détente fournit une première condensation d'hydrogène. Ce « brouillard » d'hydrogène constitue lui-même une seconde atmosphère réfrigérante qui,

appliquée à un nouvel apport d'hydrogène comprimé (serpentin contenu dans le second compartiment), permet d'opérer une nouvelle détente à partir d'une température encore plus basse que la précédente. Il en résulte finalement la condensation du gaz dans le troisième compartiment — d'où l'hydrogène liquide est siphonné dans des vases Dewar soigneusement calorifugés au sein de caissons spéciaux de transport.

La liquéfaction et la solidification de l'hélium, dernier gaz permanent

Après l'hydrogène, il restait cependant un dernier gaz à liquéfier : l'hélium (température critique : $-267^{\circ},84$; température d'ébullition : $-268^{\circ},83$). L'hélium liquide offrirait aux physiciens le plus intense « réfrigérant » qu'ils puissent jamais espérer. Kamerlingh Onnes réalisa cet ultime tour de force. Mais, ici, nul ne l'avait précédé

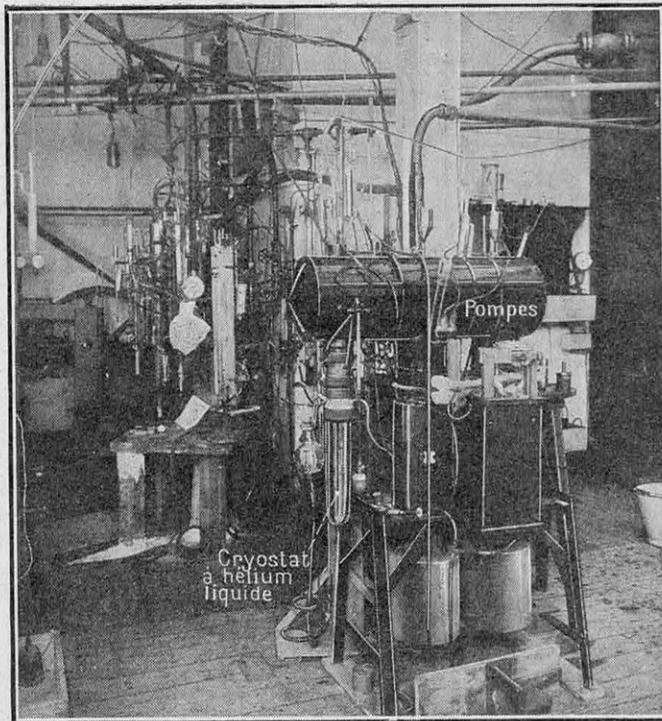


FIG. 3. — LA LIQUÉFACTION SEMI-INDUSTRIELLE DE L'HÉLIUM

Le gaz arrive du gazomètre central à l'état d'extrême pureté. Il se refroidit, se détend et se liquéfie à l'intérieur d'un cryostat spécial (invisible ici, parce que situé derrière les pompes), d'où il est siphonné dans le cryostat situé au centre de la figure, lequel sert au transport de l'hélium liquide. Les pompes à vide (évaporant l'hydrogène et l'air liquide des réfrigérants) sont constituées par deux colonnes à condensation de vapeur de mercure. Celui-ci est porté à l'ébullition par chauffage électrique à la base des colonnes, tandis qu'un réfrigérant à alcool (cylindre horizontal) active la condensation mercurielle à leur sommet.

par aucune expérience de laboratoire analogue à celles de Cailletet-Pictet pour l'oxygène, de Linde pour l'air, et de Dewar pour l'hydrogène. La tâche était donc entièrement originale.

La liquéfaction de l'hélium n'exigea que deux ans de mise au point à partir du moment où fonctionna régulièrement le « cycle » de l'hydrogène liquide (1906).

En mars 1908, l'hélium, comprimé à 100 atmosphères sous un réfrigérant d'hydrogène liquide (bouillant dans le vide à -259°), fut soumis à l'effet de détente.

Un léger brouillard apparut dans le cryostat, mais on estima qu'il pouvait être dû aux impuretés d'hydrogène contenues dans le gaz. Celui-ci fut purifié à nouveau, et, le 10 juillet 1908, dans un appareil analogue au liquéfacteur d'hydrogène, l'hélium, à son tour, devint liquide, mais le cryostat récipient ne pouvait quitter encore le liquéfacteur : les mesures effectuées dans ces conditions révélèrent que la plus basse température ainsi réalisée par Kamerlingh Onnes était de $0^{\circ},82$ au-dessus du « zéro absolu » — disons $0^{\circ},82$ K (Kelvin).

Le 14 novembre 1923, pour la première fois, l'hélium liquide put être transporté en bouteilles spéciales, à l'intérieur du laboratoire, exactement comme l'air et l'hydrogène liquides. A cette date, au cours de l'année scolaire 1923-1924, le laboratoire cryogène de Leyde utilisa 6.000 litres d'air liquide, 1.300 litres d'hydrogène liquide et quelques litres d'hélium liquide distribués au cours de dix-neuf journées de travail.

Entre temps, une découverte sensationnelle avait été réalisée sous la direction de Kamerlingh Onnes : celle des corps « supraconducteurs » aux très basses températures (1911), sur laquelle nous reviendrons.

Il restait à *solidifier* l'hélium. C'est le

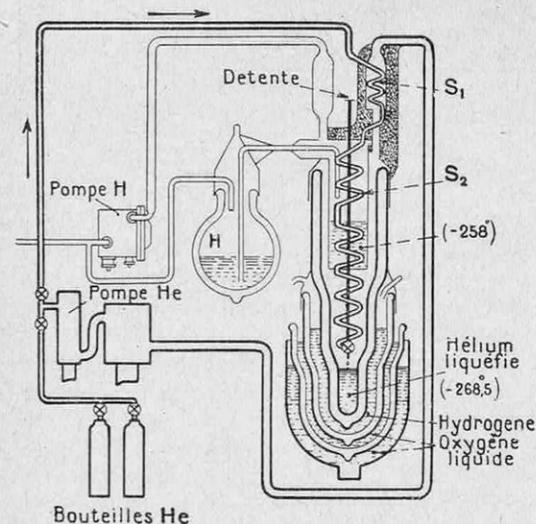


FIG. 4. — SCHÉMA CONCERNANT LA LIQUÉFACTION DE L'HÉLIUM

Le circuit en traits fins se rapporte à l'hydrogène liquide, utilisé comme réfrigérant et apporté dans la bouteille H. L'hélium venant des bouteilles He est comprimé dans le serpentin S_1 , où il subit la réfrigération des vapeurs d'hydrogène. Au bas du serpentin, le robinet de détente dont la manœuvre se fait de l'extérieur. L'hélium liquide tombe dans le vase central, qui baigne lui-même dans une triple enveloppe d'air et d'hydrogène liquides.

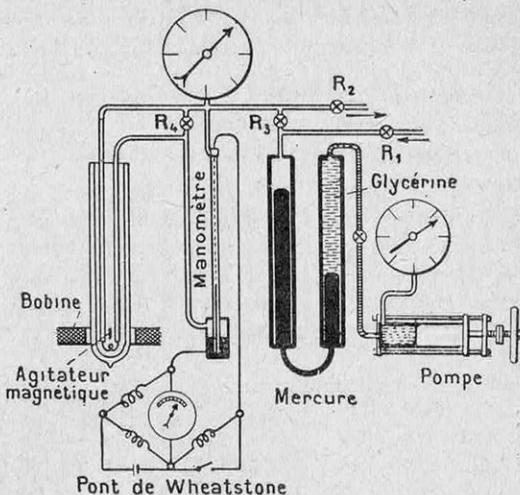


FIG. 5. — SCHÉMA SIMPLIFIÉ DE L'APPAREIL A SOLIDIFIER L'HÉLIUM

A droite, la pompe à comprimer l'hélium dans le tube en U contenu dans le cryostat (simplifié) situé à gauche, au centre duquel on voit l'agitateur magnétique. La solidification, qui bloque la circulation de l'hélium liquide à la base du tube en U, est constatée par le manomètre différentiel (situé au centre), dans lequel les mouvements du mercure sont enregistrés par un fil de platine axial relié à un pont de Wheatstone. Le va-et-vient du mercure modifie, en effet, la résistance électrique de cet ensemble.

successeur de Kamerlingh Onnes, M. Keesom, qui, après le décès de son maître, devait réaliser ce corps solide, le plus froid qui soit, et que la nature n'a jamais réalisé nulle part. Car, même soumis à une évaporation violente par un système de pompes (à condensation de vapeur de mercure) portant le vide, au-dessus de l'hélium liquide, à 0,15 millimètre de mercure, la température s'abaisse au-dessous de $-268^{\circ},83$ (soit au-dessous de 4° K), sans que la congélation se produise.

M. Keesom résolut alors d'appliquer à l'hélium liquide, placé dans un serpentin (refroidi par l'hélium liquide extérieur lui-même, rapidement évaporé), une pression de plusieurs atmosphères. Il obtint ainsi, le 25 juin 1926, la première solidification de l'hélium liquide très fortement comprimé. Mais il montra que la solidification se produisait encore à $2^{\circ},25$ K et à la pression de 45 atmosphères seulement.

Notre croquis (fig. 5) indique le schéma de fonctionnement de l'appareil Keesom, dont l'ingéniosité n'a pas besoin d'être soulignée — encore que ce schéma ne donne qu'une idée très imparfaite du montage réel de l'appareil. Contentons-nous de remarquer que la solidification de l'hélium liquide ne pouvait être constatée qu'indirectement,

non visuellement, aucun tube en verre ne pouvant supporter les pressions appliquées.

La difficulté des observations et des mesures aux très basses températures

Ce montage de l'expérience Keesom pour la solidification de l'hélium nous introduit de plain-pied sur le terrain si difficile des expériences courantes du laboratoire cryogène, que je vous ai promis d'explorer rapidement en votre compagnie.

Quelle que soit l'expérience de mesure ou de recherche entreprise au laboratoire cryogène, c'est toujours sous un aspect d'aussi grande complexité qu'elle se présente.

La première chose qui frappe devant un cryostat en cours d'expérience, c'est le nombre des fils électriques, d'une extrême ténuité, ou des tubes « capillaires », qui relie l'âme centrale du cryostat aux appareils extérieurs de mesure.

Les tubes capillaires, quand la température, la pression et la nature de l'expérience

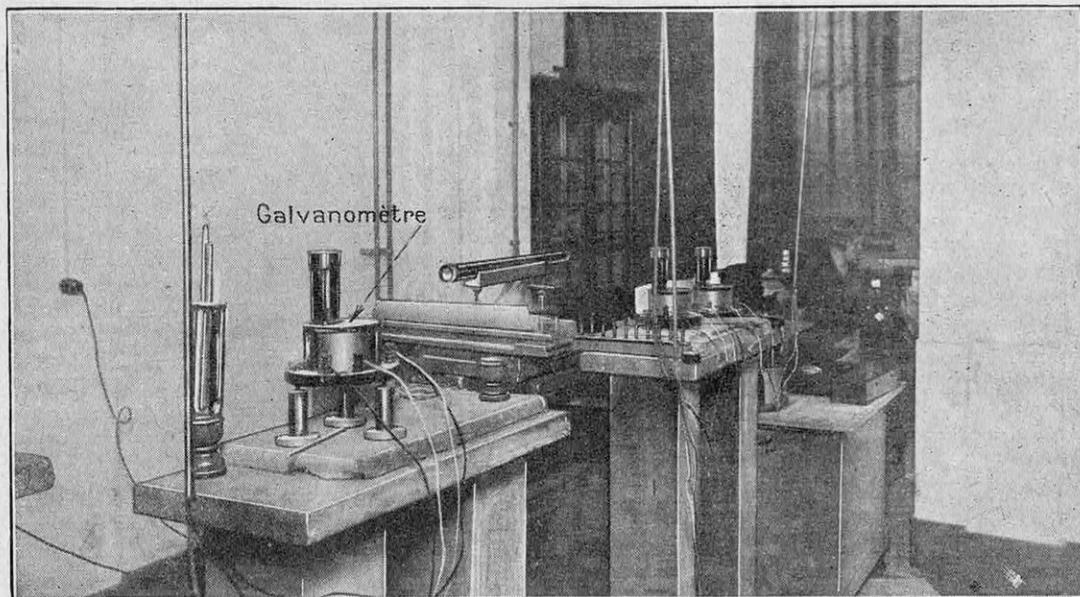


FIG. 6. — LA SALLE DES MESURES ÉLECTRIQUES

Côté des galvanomètres, sur lesquels s'opèrent les lectures. Au fond, une étudiante effectue des calculs.

Le « cryostat » dans lequel gisait, en l'espace, le cœur de l'expérience, comportait, en coupe, six parois formant une succession de « vases Dewar » enrobant le bain d'hélium liquide central dans un second d'hydrogène liquide et celui-ci dans un troisième d'air liquide. Au centre du cryostat était le tube en U au fond duquel l'hélium se solidifiait dans un tube capillaire, cependant qu'un agitateur (mû du dehors par effet électromagnétique) remuait sans cesse le bain d'hélium liquide. D'autre part, le physicien devait mesurer la température régnant à l'intérieur du cryostat par l'effet de la dépression régnant au-dessus du bain réfrigérant, tandis qu'un manomètre différentiel, relié au tube en U sous pression, devait indiquer le moment où le blocage du liquide aurait lieu par congélation de l'hélium dans la partie capillaire.

le permettent, portent aux manomètres les indications de pression d'où l'on peut déduire la température.

Des fils électriques peuvent, d'ailleurs, leur être substitués. C'est ainsi que la température est mesurée souvent, même dans les expériences courantes, à l'aide de thermomètres « à résistance » basés sur la conductivité électrique. Le physicien connaît les relations théoriques existant entre la conductivité d'un métal donné et la température. La mesure de la conductivité lui permet, par conséquent, de déduire la température.

Il va sans dire que cet exemple varie à l'infini.

D'autre part, le physicien expérimentateur peut rarement conduire matériellement l'expérience, tout en faisant lui-même les lectures délicates que comportent les me-

sures en question. Il est préférable de confier ce soin à des auxiliaires expérimentés, dans un « poste central ». C'est pourquoi une salle spéciale est consacrée aux galvanomètres de précision. Chacun d'eux est relié à l'une des chambres de travail, où il prend directement les connexions électriques nécessaires. L'expérimentateur, relié par téléphone à la salle des galvanomètres, donne ses ordres de mesure à son collègue attentif à la lunette de visée (fig. 6 et 7), tandis que lui-même demeure libre de ses manipulations. Ainsi,

vit s'annuler brusquement. Théoriquement, un mince fil de ces métaux peut alors laisser passer un courant énorme.

Depuis, M. de Haas — qui dirige la section « électrique et magnétique » du laboratoire de Leyde, tandis que M. Keesom dirige sa section « thermo-dynamique » — a voulu savoir si la résistance des mêmes métaux à la propagation de la chaleur subissait un phénomène analogue. En d'autres termes, y a-t-il des « supra-conducteurs » thermiques ? Les courbes ci-jointes montrent quel nouveau point

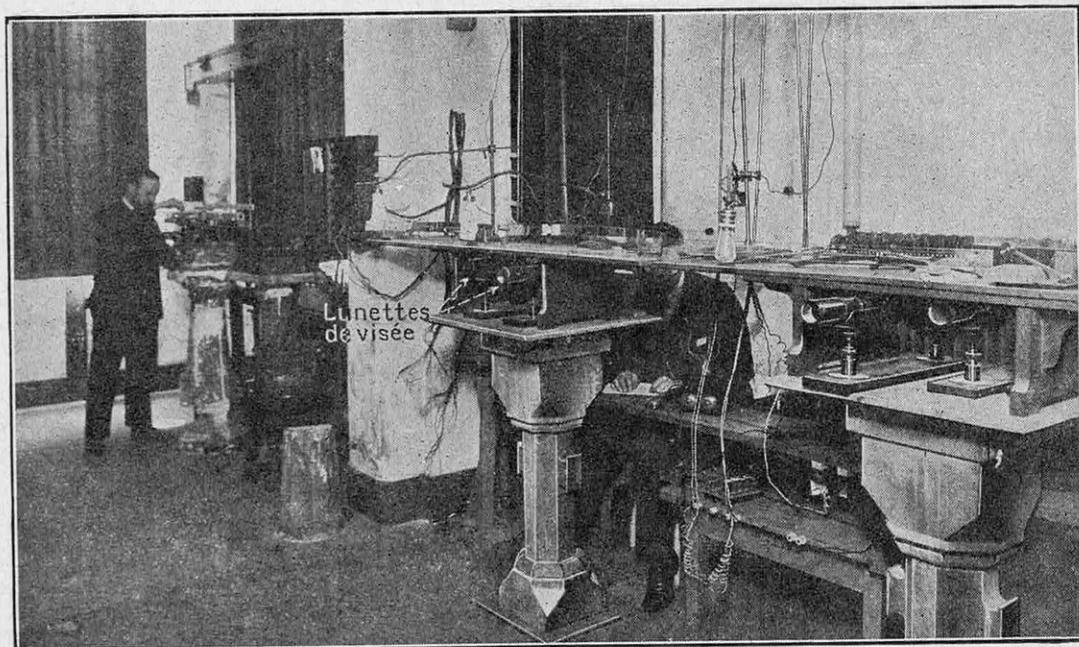


FIG. 7. — LA SALLE DES MESURES ÉLECTRIQUES

Côté des lunettes de visée, par lesquelles les observateurs lisent les déviations des galvanomètres situés en face.

toutes les mesures électriques se trouvent centralisées dans la même salle, où elles s'effectuent dans les conditions optima.

Quelques recherches en cours d'étude

La découverte la plus sensationnelle réalisée aux très basses températures reste encore aujourd'hui celle de la *supraconductivité* (1) de certains métaux (plomb, thallium, mercure, étain). La résistance électrique des métaux décroît d'environ $1/273^{\circ}$ de sa valeur chaque fois qu'on abaisse d'un degré centésimal la température d'un métal. Qu'allait-il advenir aux environs du zéro absolu ? Le graphique ci-joint donne la réponse : le mercure au-dessous de $4^{\circ}, 2$ K, le plomb au-dessous de $7^{\circ}, 2$, l'étain au-dessous de $3^{\circ}, 7$, le thallium au-dessous de $2^{\circ}, 47$, voient leur résisti-

d'interrogation ont posé ces expériences. En général, la résistance thermique des métaux baisse avec la température jusque vers 8° K. Mais, à partir de ce degré, elle remonte si on continue de refroidir. Cette remontée de la courbe dans le cas de l'étain, par exemple, est influencée par l'introduction d'un champ magnétique. Dans le cas d'un alliage de deux supraconducteurs électriques tels que le plomb et le thallium, la courbe prend la forme bizarre indiquée par notre dessin. Quel mystère touchant la constitution intime de la matière se cache donc là-dessous ?

Le physicien hollandais Lorentz a montré la fonction tant électrique que thermique que doivent remplir, au sein des métaux, les « électrons libres » (1) circulant d'un atome

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 109, page 37.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 118, page 289.

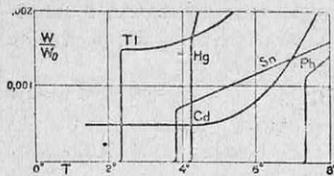


FIG. 8. — GRAPHIQUE DE LA RÉSISTIVITÉ DES MÉTAUX SUPRACONDUCTEURS

On remarquera la chute brusque de la résistivité (portée en ordonnées) du thallium (Tl), de l'étain (Sn), du plomb (Pb), aux divers degrés absolus appelés « seuils » (indiqués en abscisses), afin de rapprocher les courbes concernant ces trois métaux de leurs courbes de résistance thermique (graphiques suivants).

à l'autre, les baignant à la manière d'un gaz. Ce « gaz d'électrons », intérieur aux métaux (qui s'en échappe, d'ailleurs, dans le cas, par exemple, du filament incandescent des lampes triodes), devrait se « liquéfier », se « solidifier », aux très basses températures, et le conducteur, privé d'électrons libres, devrait devenir subitement imperméable au passage de l'électricité. C'est le contraire qui arrive

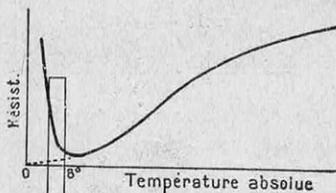


FIG. 9. — GRAPHIQUE MONTRANT L'ALLURE GÉNÉRALE DES VARIATIONS DE LA CONDUCTIBILITÉ THERMIQUE DES MÉTAUX AU VOISINAGE DU ZÉRO ABSOLU (— 273° C)

Les graphiques détaillés suivants se rapportent à la région de températures circonscrites par le petit rectangle vertical (4 à 8° K).

dans les supraconducteurs, et les expériences de M. de Haas, touchant la conductivité thermique, ne font qu'accentuer le mystère...

Voici d'autres exemples de la fécondité de la recherche par les méthodes du laboratoire cryogène de Leyde.

L'hélium, désormais manié avec aisance sous ses trois « phases » (gazeuse, liquide, solide), a révélé un fait extraordinaire. On

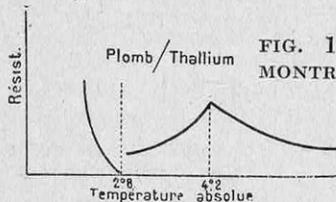
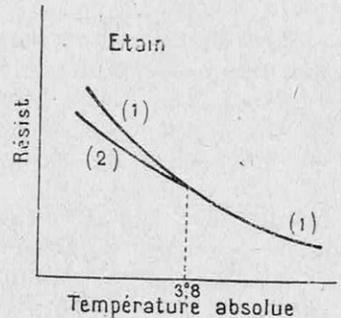


FIG. 10. — COURBES MONTRANT LES VARIATIONS DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE D'UN ALLIAGE DE PLOMB ET DE THALLIUM AU VOISINAGE DU ZÉRO ABSOLU

Chacun de ces métaux est un « supraconducteur » électrique. Leur alliage donne, au point de vue de la résistance thermique, des « singularités » encore inexplicables, mais qui ne paraissent pas dépourvues de relations avec les « seuils » de la supraconductivité électrique (comparer aux graphiques précédents).

sait que, dans certaines conditions de température et de pression, tous les corps peuvent se « sublimer », c'est-à-dire passer *directement* de l'état solide à l'état gazeux. En sorte que les courbes de liquéfaction et de fusion de tous

FIG. 11. — COURBE DE LA RÉSISTANCE THERMIQUE DE L'ÉTAIN AU VOISINAGE DU ZÉRO ABSOLU

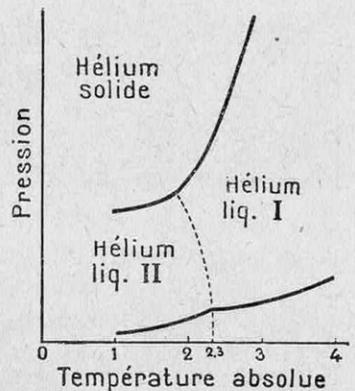


La courbe remonte comme dans le graphique « d'allure générale » (voir fig. 9).

Mais, ici, on constate une particularité : quand on applique un champ magnétique au métal expérimenté, la courbe normale (1) s'abaisse en (2).

les corps viennent à un moment donné se fondre en une seule, en un point dit « triple point ». L'hélium n'offre rien de semblable. La courbe de fusion (pressions au-dessous desquelles et des températures au-dessus desquelles il demeure gazeux), courbe inférieure de notre graphique, ne vient nullement rejoindre la

FIG. 12. — COURBES MONTRANT L'EXISTENCE DES DEUX « HÉLIUMS » LIQUIDES



La courbe inférieure est celle des pressions (en fonction des températures), qui délimite les conditions de l'hélium-gaz. La

courbe supérieure délimite, de même, les conditions de l'hélium solide. Pour tous les autres corps, ces deux courbes convergent et se fondent en une seule à partir d'un certain point (dit triple point). Ici, rien de semblable. Les deux courbes, dont l'intervalle marque les conditions de liquidité de l'hélium, se rapprochent, en effet, dans l'étranglement indiqué en pointillé, mais s'écartent à nouveau. Les pressions et les températures, relatives aux régions situées de part et d'autre du pointillé, marquent l'existence de deux héliums liquides bien distincts.

courbe analogue délimitant les pressions et les températures de stabilité de l'hélium liquide (courbe de « tension de vapeur » située au-dessus). Bien plus, on distingue deux sortes d'hélium liquide dont les « phases » (I) et

(II) ressortent également de la forme des courbes en question. Quelle est donc cette nouvelle bizarrerie ? Pourquoi l'hélium liquide a-t-il deux formes, deux « phases » liquides ?

Les effets magnétiques aux très basses températures

Disons également un mot des études que M. Jean Becquerel et M. de Haas poursuivent au laboratoire de Leyde. Notre savant compatriote fréquente l'établissement régulièrement depuis vingt ans. Il a commencé par étudier aux très basses températures le dédoublement particulier des raies spectrales de certains corps solides (terres rares) sous l'influence d'un champ magnétique élevé. Ses travaux sur ce point sont d'ordre absolument capital pour les théories atomi-

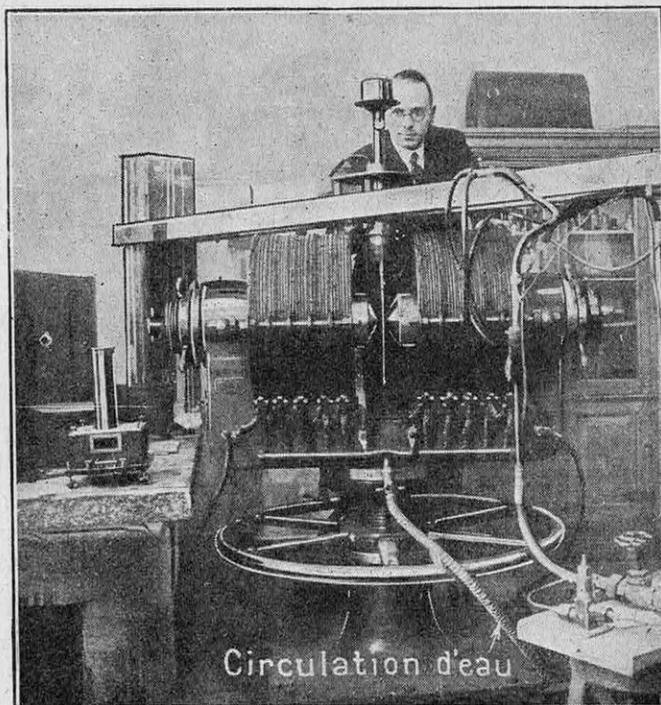


FIG. 14. — UN AUTRE MONTAGE D'EXPÉRIENCE MAGNÉTIQUE A BASSE TEMPÉRATURE

On voit ici la finesse du cryostat placé entre les pôles de l'électro, plus puissant que le précédent, mais beaucoup moins que le grand électro (hors texte).

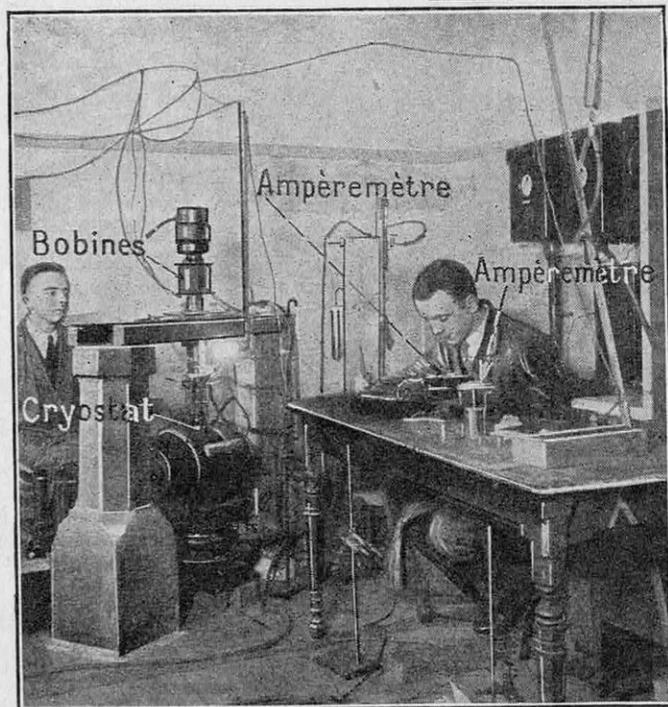


FIG. 13. — UNE EXPÉRIENCE AUX BASSES TEMPÉRATURES QUI FAIT INTERVENIR UN CHAMP MAGNÉTIQUE

Le cryostat est placé entre les pôles de l'électroaimant. Le dispositif interne (voir le schéma suivant) aboutit à des bobines formant de véritables « balances » magnétiques mesurant les actions recherchées. Un ampèremètre mesure l'effet donné par les balances ; un second sert à mesurer le courant envoyé dans l'électro et, par conséquent, le champ magnétique appliqué à l'expérience.

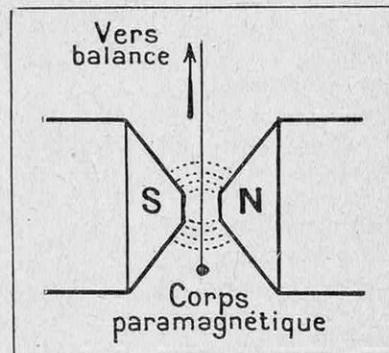


FIG. 15. — EXEMPLE SCHÉMATIQUE DE L'UNE DES MESURES MAGNÉTIQUES EFFECTUÉES AUX TRÈS BASSES TEMPÉRATURES

Un corps « paramagnétique », une « terre rare », par exemple, suspendu par une tige au-dessous du champ magnétique, est attiré par ce champ : la tige remonte. Si le corps était « diamagnétique », il serait, au contraire, repoussé, et la tige de la balance tirée vers le bas de la figure.

ques modernes, puisque le dédoublement des raies spectrales, sous les effets tant magnétiques qu'électriques, expriment les orientations des orbites parcourues par les électrons à l'intérieur des atomes.

La délicatesse des expériences de M. Jean Becquerel, en collaboration avec M. W. J. de Haas, dépasse peut-être celle de toute autre : il lui faut placer le corps étudié dans un cryostat à trois doubles enceintes et dont le diamètre, malgré cela, n'excède pas 2 ou 3 centimètres, afin que l'ensemble de l'appareil puisse tenir entre les pièces polaires aussi rapprochées que possible d'un puissant électroaimant. Etudiant les effets de « polarisation » de certains cristaux (*tisonite*, par exemple) sur les différentes longueurs d'ondes lumineuses (du violet à l'ultraviolet) aux basses températures et sous l'influence d'un champ magnétique intense (26.000 gauss), M. Becquerel a

constaté que cette polarisation — mesurée par une rotation (du « nicol » analyseur) (1) de quelques degrés seulement aux températures ordinaires — se mesure aux environs du zéro absolu par 30 et 40 rotations complètes successives des mêmes dispositifs optiques.

Voici, d'ailleurs, un effet moins complexe

(1) La « polarisation » de la lumière et « l'analyse » de la lumière polarisée au moyen de « nicols » (cristaux de spath d'Islande) a été étudiée dans *La Science et la Vie*, n° 105, page 219.

des champs magnétiques aux basses températures.

On sait qu'il existe trois sortes de corps « magnétiques » : ceux de la famille du fer, dits *ferro-magnétiques*, dont les réactions magnétiques sont connues de tout le monde ; les corps *diamagnétiques*, qui sont repoussés par un champ magnétique ; les corps *paramagnétiques*, qui sont attirés par un champ magnétique. Aux basses températures, le dernier effet se trouve accentué ; on les mesure par les montages expérimentaux qu'indiquent notre photographie (fig. 14) et le schéma figure 15.

Les expériences de M. Becquerel et M. de Haas présentent à peu près le même aspect, avec cette complication que le rayonnement lumineux servant de base à leurs observations traverse les pièces polaires par un canal percé suivant leur axe. Ainsi l'électroaimant tout entier sert de « lunette » à

l'observateur avec le cryostat interposé entre les deux pôles de l'appareil.

L'intervention des rayons X aux très basses températures

C'est tout un monde nouveau qu'ouvre également l'examen des cristaux par les rayons X, aux très basses températures. Le schéma ci-joint (fig. 17) montre le sens de l'expérience que représente la photographie correspondante (fig. 16).

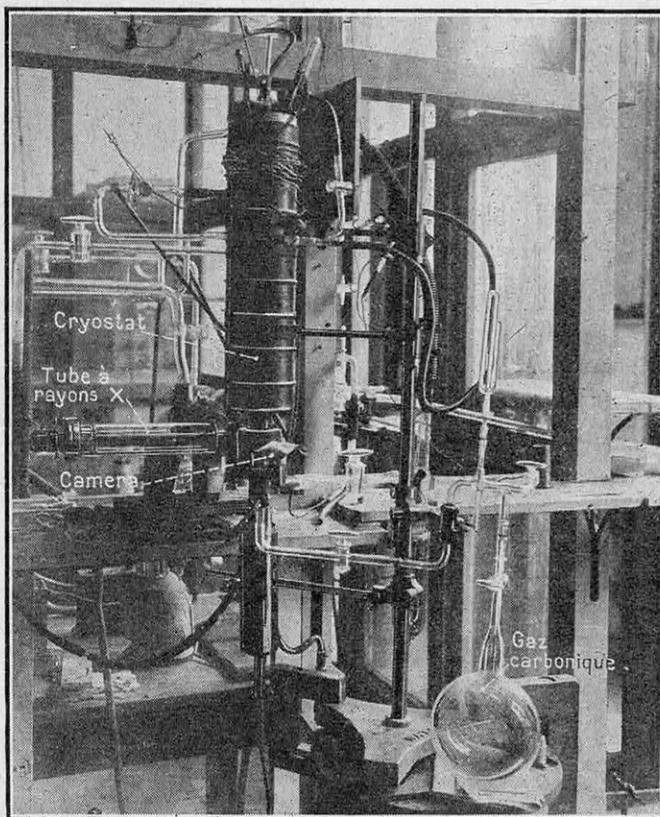


FIG. 16. — UNE EXPÉRIENCE D'ANALYSE DES CRISTAUX DE GAZ CARBONIQUE SOLIDIFIÉ PAR LES RAYONS X, AUX TRÈS BASSES TEMPÉRATURES

Au-dessous du cryostat se trouve la camera cylindrique (portant, sur ses parois intérieures, un film photographique), au centre de laquelle est la pointe (refroidie par contact avec l'hydrogène liquide du cryostat) sur laquelle vient se cristalliser le gaz contenu dans le ballon. Un tube à rayons X, placé derrière la camera, frappe de ses rayons le cristal ainsi disposé (voir le schéma suivant).

On sait qu'un faisceau de rayons X tombant sur un cristal pulvérisé se trouve dispersé en des rayonnements secondaires dont les déviations angulaires donnent aux physiciens de précieux renseignements sur la structure interne du « réseau cristallin ». Notre schéma (fig. 17) montre comment ces déviations se photographient sur un film tapissant une camera circulaire.

A Leyde, présentement, on étudie par cette méthode, à basse température, un curieux mélange cristallin d'or et de bismuth. Ce mélange est « supraconducteur » de l'électricité (au sens indiqué plus haut) ; pourtant aucun de ces deux métaux n'est lui-même supraconducteur. Le mélange étudié serait donc un alliage, véritablement une combinaison chimique ayant un réseau cristallin propre ? Tel est l'un des problèmes à l'étude.

Quelle est la vitesse du son aux très basses températures ?

Voici, pour terminer (car nous sommes loin d'avoir fait le tour des laboratoires particuliers desservis par l'usine centrale des basses températures que représente désormais le laboratoire cryogène proprement

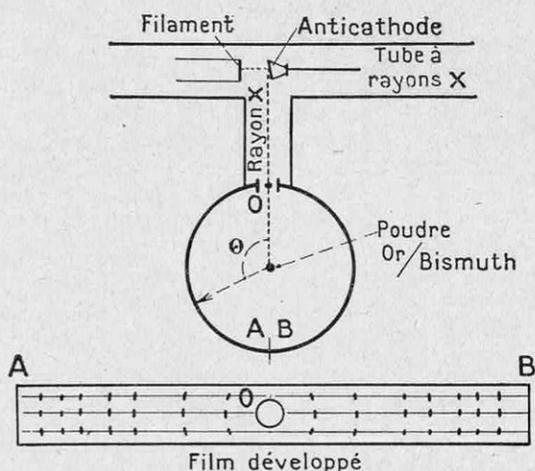


FIG. 17. — SCHÉMA INDIQUANT LE MONTAGE DU TUBE A RAYONS X ET DE LA CAMERA CYLINDRIQUE QUE SURMONTE (SUIVANT SON AXE) LE CRYOSTAT

Le centre de la camera porte sur son aiguille refroidie la poudre cristalline à analyser : les rayons X sont déviés par les cristaux, suivant toute une série d'azimuts variés (θ), desquels résulte sur le film déployé une série de points d'impact analogues au schéma A B. Le mélange « or-bismuth », indiqué ici, a ceci de particulier qu'aucun de ces métaux n'étant supraconducteur de l'électricité au voisinage du zéro absolu, leur mélange l'est : les rayons X diront s'il s'agit d'une combinaison chimique (alliage) ou d'un simple mélange.

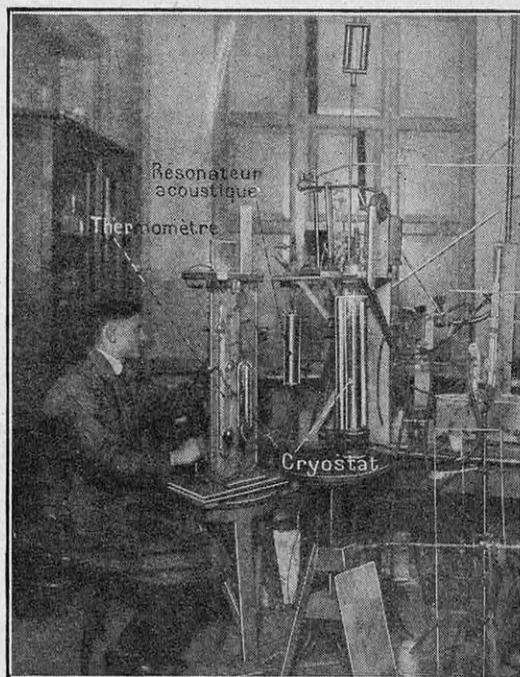


FIG. 18. — L'EXPÉRIENCE SUR LA VITESSE DU SON AUX TRÈS BASSES TEMPÉRATURES, EN COURS DE MONTAGE

On aperçoit le « résonateur » acoustique, électriquement entretenu, qui va être plongé dans le cryostat.

dit) une dernière et curieuse recherche.

On sait que la vitesse du son dans un milieu gazeux ne dépend nullement de la pression de ce milieu, mais seulement de sa température.

Dès lors, que devient la vitesse du son quand la température touche aux limites inférieures, au zéro absolu ? Et comment mesurer cette vitesse à l'intérieur d'un cryostat ?

Voici le montage auquel on procède actuellement. On plonge dans le cryostat un « résonateur » cylindrique dans lequel s'établit (au moyen d'un diapason électriquement entretenu) une onde sonore stationnaire, dont la longueur coïncide exactement avec celle du résonateur. On abaisse la température. Si la « vitesse de propagation » du son varie, la longueur d'onde changera de « période », c'est-à-dire de fréquence. Il se produira une rupture de l'onde stationnaire devenue plus courte (ou plus longue) que son résonateur. Et ceci sera indiqué par certains appareils de mesure.

La vitesse du son au zéro absolu ! Si les espaces interplanétaires sont un milieu raréfié où le son se propage encore, comme ces régions sont précisément à des températures voisines du zéro absolu, la voilà bien

violée à son tour la divine harmonie que les anciens attribuaient, au sens musical, aux révolutions des corps célestes !

Jusqu'où peut encore descendre la « cascade » du froid ?

Et, maintenant, une question vient naturellement à l'esprit : quelle est donc la plus basse des températures réalisées ? Les lois de la physique n'offrent, jusqu'ici, qu'un seul

tance excessive à cette avance pénible vers le zéro absolu, puisque nous savons tout l'arbitraire que représente la définition de ce pôle scientifique du froid. La science ne procède pas en occupant des positions : la « courbe » d'un phénomène est autrement intéressante, car c'est elle qui révèle et « écrit » la « loi physique ». Voyez la photographie ci-dessous : elle représente l'expérience de mesure par laquelle on effectue

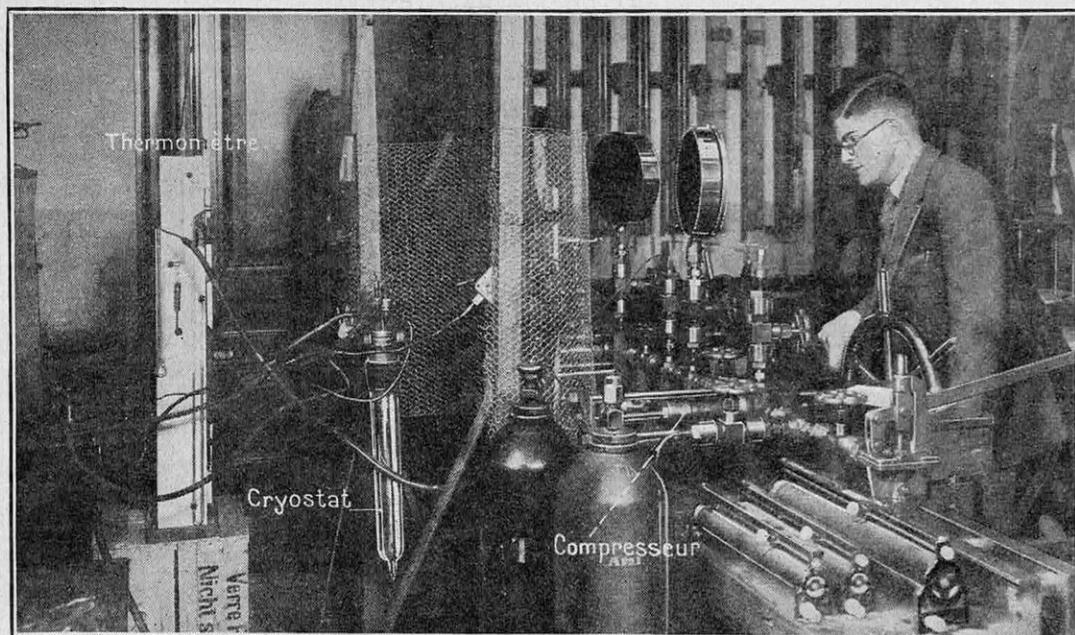


FIG. 19. — LE DISPOSITIF A TRÈS HAUTE PRESSION DESTINÉ AUX MESURES DE LA FUSION DE L'HYDROGÈNE SOLIDE

La pression est donnée par pompe à main hydraulique. L'hydrogène solidifié se trouve dans le cryostat. L'opérateur le soumet à une fusion méthodique, en faisant varier la pression (qui peut aller jusqu'à 600 atmosphères), tout en observant les températures correspondantes (thermomètre, situé à gauche, également relié au cryostat). Ainsi trace-t-il la « courbe de fusion ». Les pressions appliquées peuvent atteindre ici 600 atmosphères. L'opérateur est protégé par un grillage en cas d'explosion, toujours possible dans l'âme du cryostat.

moyen, toujours le même : faire bouillir le gaz liquide sous des pressions de plus en plus réduites. Le problème revient alors à combiner des batteries de pompes de plus en plus perfectionnées — de ces pompes qui font le vide par la condensation de vapeurs de mercure.

Le 18 février dernier, M. Keesom fit aspirer par une telle batterie les vapeurs émises par une petite quantité d'hélium liquide. Les pompes aspiraient 675 litres d'hélium par seconde à la pression d'un *micron* (millième de millimètre) de mercure. La température est descendue à 0,71 degré absolu.

Et c'est l'extrême limite atteinte.

N'attachons, d'ailleurs, pas une impor-

actuellement, à Leyde, le tracé de la courbe de fusion de l'hydrogène solide (en fonction des températures et des pressions appliquées).

— Toutes ces recherches, ingénieuses au suprême degré, auront-elles, quelque jour, des conséquences pratiques ? avons-nous demandé à M. Keesom.

— Lorsque Cailletet et Pictet liquéfierent pour la première fois l'oxygène, qui eût osé penser que l'air liquide ferait un jour l'objet d'une industrie ?

Telle fut la réponse de l'éminent directeur, suprême expression de la véritable philosophie du savant.

JEAN LABADIÉ.

ON SAIT MAINTENANT COMPTER ET PHOTOGRAPHIER LES IONS

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

L'étude de la constitution de la matière modifie nos conceptions des sciences physiques, dont l'évolution a quelque peu bouleversé nos théories, depuis le début de ce siècle. Le phénomène d'ionisation a permis notamment d'expliquer comment les gaz deviennent conducteurs du courant électrique sous l'action des flammes, des corps incandescents, des décharges électriques, de certaines réactions chimiques, des rayons X et cathodiques, de la lumière ultraviolette et des corps radioactifs. Aujourd'hui, non seulement on a prouvé l'existence des ions gazeux (corpuscules électrisés), mais encore on sait les photographier plusieurs fois par seconde et réaliser, en quelque sorte, un film des phénomènes observés. C'est là une des expériences les plus curieuses des temps modernes, qui met à la portée de nos sens, — et pour la première fois, — ce monde « turbulent » et naguère encore mystérieux des atomes.

La détente adiabatique et la sursaturation de la vapeur d'eau

IMAGINEZ un cylindre, fermé par un piston et contenant une petite quantité d'eau (fig. 1) ; une partie du liquide s'est vaporisée et l'espace est

rempli de vapeur qu'on appelle, d'une expression incorrecte, « saturée ». Si on soulevait *lentement* le piston, on accroîtrait le volume enfermé dans le cylindre et une nouvelle quantité d'eau se vaporiserait pour remplir cet espace, qui resterait exactement saturé ; la chaleur nécessaire à cette vaporisation aurait le temps de pénétrer à travers les parois et l'opération serait, comme on dit, *isothermique*, c'est-à-dire à température constante.

Au contraire, si on soulève *brusquement* le piston, la chaleur n'a pas le temps de traverser les parois du cylindre ; autrement dit, l'opération s'effectue, non à température constante, mais à chaleur constante ; c'est ce qu'on exprime, d'un mot un peu savant, mais qu'un siècle de progrès nous a rendu familier, en disant que la transformation est *adiabatique* ; toutes les

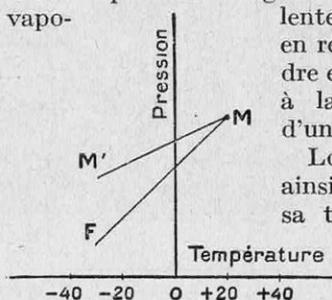
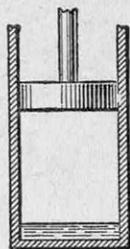


FIG. 1 ET 2. — UNE DÉCOMPRESSION BRUSQUE PROVOQUE LA FORMATION DE VAPEUR SURSATURÉE

Lorsqu'on soulève brusquement le piston (fig. 1), l'eau contenue dans le cylindre se vaporise, sans avoir le temps de recevoir sa chaleur de vaporisation du milieu ambiant (transformation adiabatique) ; en conséquence, sa température s'abaisse, en même temps que sa pression. Cet abaissement est représenté par la ligne MM'. Mais, d'autre part, la tension de vapeur saturée s'abaisse plus rapidement encore, avec la température, suivant la courbe MF. La vapeur se trouve donc, en M', à l'état « sursaturé ».

transformations brusques sont donc adiabatiques, puisqu'un certain temps est nécessaire pour l'échange de chaleur entre l'extérieur et le corps en expérience ; mais on pourrait imaginer des transformations plus lentes, et encore adiabatiques, en rendant les parois du cylindre et du piston imperméables à la chaleur, comme celles d'une bouteille thermos.

Lorsque la vapeur d'eau est ainsi détendue brusquement, sa température s'abaisse, en même temps que sa pression diminue, suivant une courbe que la figure 2 représente en MM' ; mais la tension de vapeur saturée s'abaisse, plus rapidement encore, suivant une autre courbe MF : ainsi, la moindre détente adiabatique amène la vapeur à l'état sursaturé dans lequel elle devrait, normalement, laisser déposer le liquide en excès. C'est, en effet, ce qui se pro-

duit couramment : observez une locomotive qui lâche sa vapeur ; le jet qui s'échappe est d'abord transparent, ce qui prouve que la vapeur y est totalement gazéifiée ; mais, bientôt, il se trouble et devient opaque par la condensation en gouttelettes de l'eau en excès.

Tel est le phénomène dont Hirn a rattaché

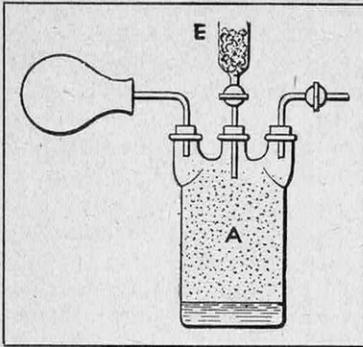


FIG. 3. — APPAREIL DE COULIER, POUR L'ÉTUDE DU PHÉNOMÈNE DE LA CONDENSATION PAR DÉTENTE

Une poire en caoutchouc permet de

réaliser, dans le ballon A, des compressions et des détentes légères, mais brusques. Les détentes s'accomplissent en donnant naissance à un brouillard de fines gouttelettes. Ce brouillard, pourtant, ne se produit pas lorsque le flacon a été rempli d'air soigneusement filtré à travers le coton placé en E.

les lois aux principes de la thermodynamique. Ce phénomène exige, pour se manifester, certaines conditions, qui sont ordinairement remplies, mais qui ne sont pas nécessaires ; autrement dit, il constitue *un accident constant* : semblable en cela à l'ébullition des liquides, qui ne se produit normalement qu'en présence de bulles d'air qui servent à amorcer la formation des bulles de vapeur.

Le Français Coulter a pressenti le premier l'existence des ions

Coulter, professeur au Val-de-Grâce, fut le premier, en 1875, à attirer l'attention sur ces conditions de la condensation par détente. L'appareil, très simple, dont il faisait usage, est représenté par la figure 3 : une poire en caoutchouc permet de réaliser des compressions ou des détentes légères, mais brusques, dans le ballon A où l'air est maintenu saturé par un excès d'eau. Lorsque, après avoir comprimé la poire, on la laisse revenir à sa forme première, la détente qui se produit s'accompagne, comme je l'ai dit, d'un brouillard de fines gouttelettes, qu'on peut rendre plus visible encore en l'interposant devant une source de lumière qui s'entoure alors d'un halo coloré. Pourtant, cette condensation, qui réussit bien au début, refuse de se reproduire après un fonctionnement prolongé ; elle ne se produit pas, dès le début, lorsque le flacon a été rempli d'air soigneusement filtré sur du coton placé en E ; mais cette activité spéciale, nécessaire à la condensation normale de la vapeur, est restaurée par l'introduction d'une trace de fumée, ou encore en portant à l'incandescence, par un courant électrique, un fil de platine placé dans le ballon.

Coulter concluait de ses expériences que l'air ordinaire renfermait des éléments de dimension encore plus ténue que les grains de poussière qui dansent dans un rayon de soleil, capables de servir de noyaux, ou de centres de condensation, aux gouttelettes liquides. Il ne manquait plus que d'établir que ces centres étaient électrisés, pour introduire dans la science la notion, qui s'est montrée si féconde, des ions gazeux. Mais, précisément, le phénomène qui venait d'être ainsi découvert mettait entre les mains des physiciens la méthode la plus parfaite pour étudier rationnellement les propriétés de ces ions.

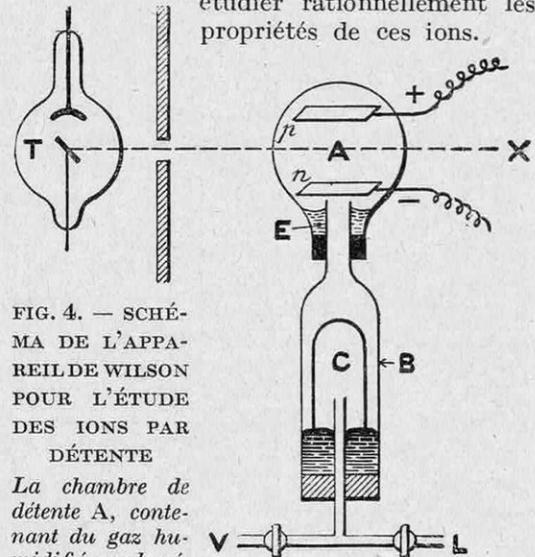


FIG. 4. — SCHÉMA DE L'APPAREIL DE WILSON POUR L'ÉTUDE DES IONS PAR DÉTENTE

La chambre de détente A, contenant du gaz humidifié par la réserve d'eau E, communique avec le cylindre B, dans lequel repose et flotte, sur une couche de mercure, une cloche C, dont l'intérieur communique, par un tube à trois voies, soit à l'air libre L, soit avec une pompe à vide V. La cloche C se soulève quand son intérieur est mis en relation avec L et inversement, ce qui provoque des compressions ou des détentes dans A. On produit, d'autre part, des ions dans cette chambre A, en y dirigeant des rayons X émis par l'anticathode d'un tube T. Ces ions portent bien des charges positives et négatives, puisqu'il suffit de produire un champ électrique au moyen de deux plaques p et n électrisées en sens contraire, pour qu'ils se précipitent sur la plaque de charge opposée, produisant ainsi la décharge de la dite plaque, que l'on constate au moyen d'un électromètre.

Comment on étudie les ions par la détente de la vapeur d'eau

On savait, depuis de longues années, que les gaz devenaient conducteurs de l'électricité sous l'action des flammes, des corps incandescents, des décharges électriques et de certaines réactions chimiques ; les dernières années du XIX^e siècle, si fécondes en découvertes, virent étendre cette propriété à l'action des rayons X et des rayons catho-

diques, de la lumière ultraviolette et des corps radioactifs : les expériences des physiciens allemands Elster et Geitel avaient montré que cette conductibilité avait pour cause l'existence, au sein des gaz, de corpuscules électrisés, mais il restait à fixer les propriétés des ions gazeux. De tous les procédés mis en œuvre, le plus efficace fut basé sur la détente des vapeurs, et spécialement de la vapeur d'eau ; il fut mis en œuvre surtout par les physiciens anglais de la grande école de Cambridge : J. J. Thomson, J. S. Townsend, C. T. R. Wilson.

Pour comprendre la méthode mise en œuvre par ce dernier, nous réduisons son appareil à la forme simplifiée que représente la figure 4 : la chambre de détente *A*, contenant un gaz humidifié par une réserve d'eau *E*, communique avec le cylindre vertical *B*, dans lequel repose et flotte, sur une couche de mercure, une éprouvette *C* ; l'intérieur de cette éprouvette communique, par un tube à trois voies, soit avec l'air libre *L*, soit avec une pompe à vide *V* ; il est évident, d'après la figure, que la cloche *C* se soulèvera lorsque son intérieur sera mis en relation avec *L*

et, inversement, s'abaissera brusquement lorsqu'on fera le vide à son intérieur : elle joue donc le rôle d'un piston permettant d'effectuer une détente brusque du gaz compris en *A* ; cette détente peut être reproduite autant de fois qu'il est nécessaire, toujours identique, et, de plus, elle peut être réglée à volonté par des dispositifs ne figurant pas dans notre dessin schématique, et qui opèrent en faisant varier la pression de l'air admis par l'orifice *L*.

Ayant donc en fermé dans cet appareil un certain volume d'air, ou de tout autre gaz mis en expérience, on commence par le purger de toutes les poussières ultra-microscopiques qui pourraient constituer des noyaux de condensation ; ce résultat s'ob-

tient simplement en faisant fonctionner l'appareil à détente ; les gouttelettes qui se forment autour de ces noyaux les alourdissent et les entraînent contre les parois, où ils s'agglutinent ; on parvient ainsi à l'état où une détente modérée ne produit plus le moindre brouillard. C'est à ce moment qu'on produit les ions à l'intérieur de la chambre *A*, par exemple en y dirigeant les rayons X émis par l'anticathode d'un tube *T* ; les ions ainsi produits portent bien des

charges électriques positives et négatives, car il suffit de produire un « champ électrique » en reliant les plaques métalliques *p* et *n*, électrisées en sens contraire, aux armatures d'un électromètre, pour constater qu'elles se déchargent en une ou deux secondes, par l'arrivée, sur chacune d'elle, des ions de l'autre signe ; on notera, en passant, que cette opération préliminaire a permis de mesurer la charge globale produite sur ces ions. Si, maintenant,

on recommence l'expérience sans procéder au balayage électrique des ions, la détente produira un brouillard, et il est naturel de supposer que chaque ion a servi de noyau à une gouttelette, de telle

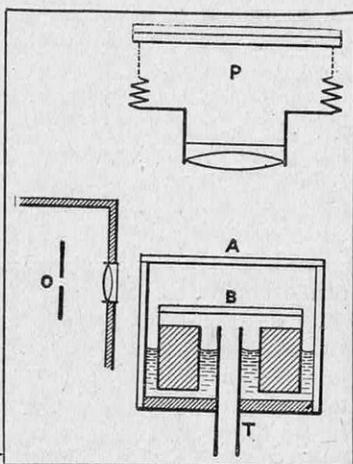


FIG. 5. — COMMENT ON « PHOTOGRAPHIE » LES IONS AVEC L'APPAREIL DE WILSON PERFECTIONNÉ

Cet appareil fonctionne comme le précédent, en ce qui concerne la manière dont on produit la détente. La chambre, tout en verre, est limitée par un plateau A ; la cloche, qui se soulève ou s'abaisse lorsque l'on aspire ou comprime par un tube l'air qui y est contenu, comporte, à sa partie supérieure, un plateau B, parallèle à A et distant de quelques centimètres. En provoquant, au moment voulu, l'illumination de l'espace compris entre A et B, par une étincelle jaillissant en o, on peut photographier, au moyen de l'appareil P, les ions qui ont pris naissance dans cet espace.

sorte qu'il suffit de compter les gouttelettes pour dénombrer les ions engendrés par l'action des rayons X. Il existe, pour effectuer cette numération, plusieurs méthodes, dont la plus originale, qui est aussi une des plus précises, consiste à observer la descente progressive du nuage formé par la détente ; les gouttelettes qui le constituent tombent avec une extrême lenteur (quelques centièmes de millimètre par seconde), qui dépend de leur diamètre et de la viscosité de l'air ; en mesurant cette vitesse de descente, on en peut déduire le diamètre des gouttelettes, c'est-à-dire leur volume ; comme on connaît, d'autre part, le volume total de l'eau précipitée par la détente, il suffit de diviser ce dernier nombre par le premier pour en

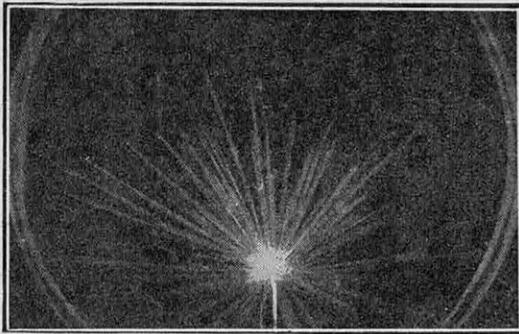


FIG. 6. — IONISATION PRODUITE PAR LES RAYONS « ALPHA »

Cette photographie, ainsi que les suivantes, ont été obtenues par M. Wilson, au moyen de l'appareil dont le schéma est donné à la figure 4. Une trace de radium C, placée dans la chambre humide, projette dans tous les sens des noyaux d'hélium. On voit que ces projectiles, violemment lancés en ligne droite, ont bousculé les atomes rencontrés, entraînant les électrons et engendrant des ions en grand nombre. Ces ions, à leur tour, ont produit des gouttelettes liquides dont l'ensemble dessine la trajectoire du corpuscule d'hélium exciteur.

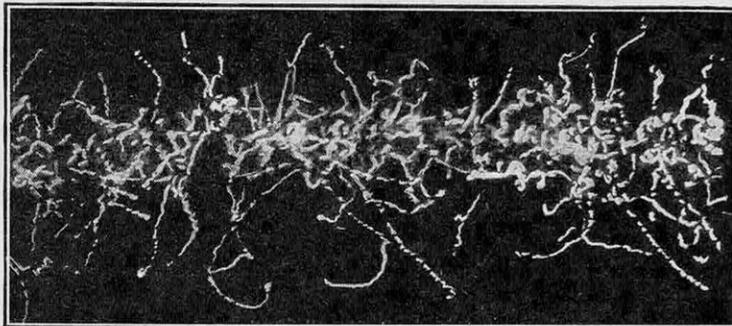


FIG. 9. — IONISATION PRODUITE PAR DES RAYONS X

Les rayons X, frappant les atomes gazeux, en ont arraché des électrons, identiques à ceux produits par les rayons « bêta ». On a des trajectoires encore plus tourmentées, qui débordent le faisceau de rayons X initial.

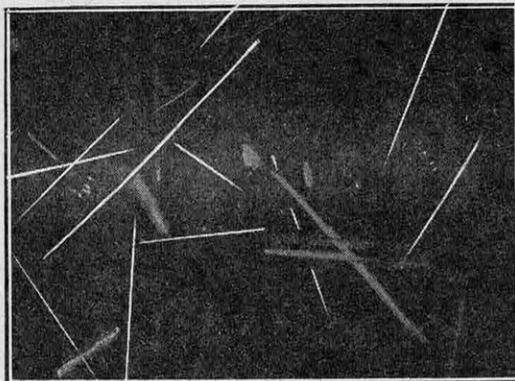


FIG. 7. — IONISATION PRODUITE PAR DE L'ÉMANATION DE RADIUM

Les atomes qui se désintègrent çà et là, produisent des rayons « alpha » qui traversent le champ de l'appareil comme des sillons d'étoiles filantes.

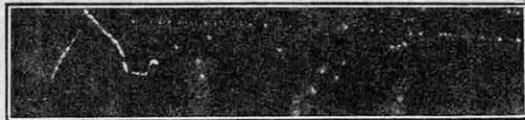


FIG. 8. — IONISATION PRODUITE PAR DES RAYONS « BÊTA » (TRAJECTOIRES D'ÉLECTRONS)

Les trajectoires sont beaucoup moins nettes. Les ions produits sont bien moins nombreux; les incessantes collisions de l'électron et des molécules les dévient fréquemment, d'où les trajectoires tourmentées.

déduire le nombre des gouttelettes, qui est aussi celui des ions. Comme, d'autre part, on a, dans l'expérience précédente, mesuré la charge électrique totale emportée par ces ions, on possède tous les éléments nécessaires pour calculer la charge électrique de chaque ion, c'est-à-dire une des grandeurs les plus importantes de la physique

moderne. C'est en procédant ainsi que Wilson et J. J. Thomson sont parvenus à cette notion fondamentale, confirmée depuis par Millikan: « Tous les ions portent la même charge, positive ou

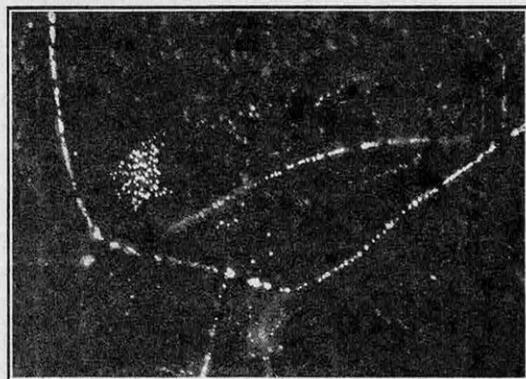


FIG. 10. — IONISATION PRODUITE PAR LES RAYONS « GAMMA »

Là encore, nous sommes en présence de trajectoires d'électrons analogues à celles données par l'ionisation produite au moyen des rayons « bêta ».

négative, égale à celle de l'électron et à celle d'un ion mono-valent dans l'électrolyse ».

En même temps, la numération des ions par détente enseignait un fait important et inattendu : c'est la rareté relative des ions ainsi formés dans les gaz ; les rayons X les plus puissants ne produisent pas

plus de 10 millions d'ions par centimètre cube dans l'air qu'ils traversent ; or, ce même volume d'air contient, on le sait avec certitude, 30 milliards de milliards de molécules, d'où il résulte que l'air ionisé au maximum ne contient qu'un seul ion sur 3 millions de millions de molécules inactives ; c'est pourtant cette teneur insignifiante qui produit les phénomènes électriques dont notre atmo-

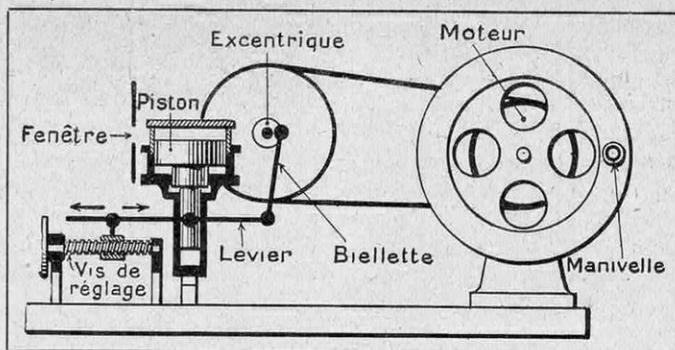


FIG. 11. — SCHEMA DE L'APPAREIL DE M. TAKEO SHIMIZU

Dans cet appareil, un excentrique, dont le mouvement de rotation est commandé, soit par un moteur, soit simplement à la main au moyen d'une manivelle, est relié par une biellelette à un levier articulé à la tige d'un piston, qui reçoit ainsi son mouvement de va-et-vient. C'est ce piston qui provoque des détentes successives dans la chambre d'ionisation. Une vis de réglage permet, d'ailleurs, d'en faire varier la course, en déplaçant le point d'appui ou centre de pivotement du levier.

sphère est le siège, et dont la connaissance est en passe de renouveler la météorologie.

Ainsi, on peut affirmer que nos premières acquisitions sur la nature et les propriétés des ions nous sont venues par l'étude des phénomènes de détente et de condensation. Mais il devait être donné au

merveilleux expérimentateur qu'est C. T. R. Wilson de tirer, de cette même méthode, le plus délicat moyen d'observation et d'analyse.

Le mystère de la chambre humide

La nouvelle méthode est, à celle que j'ai décrite tout à l'heure, ce que l'instantané est à la photographie posée. Dans la chambre de détente (fig. 5), on reconnaît la mise en

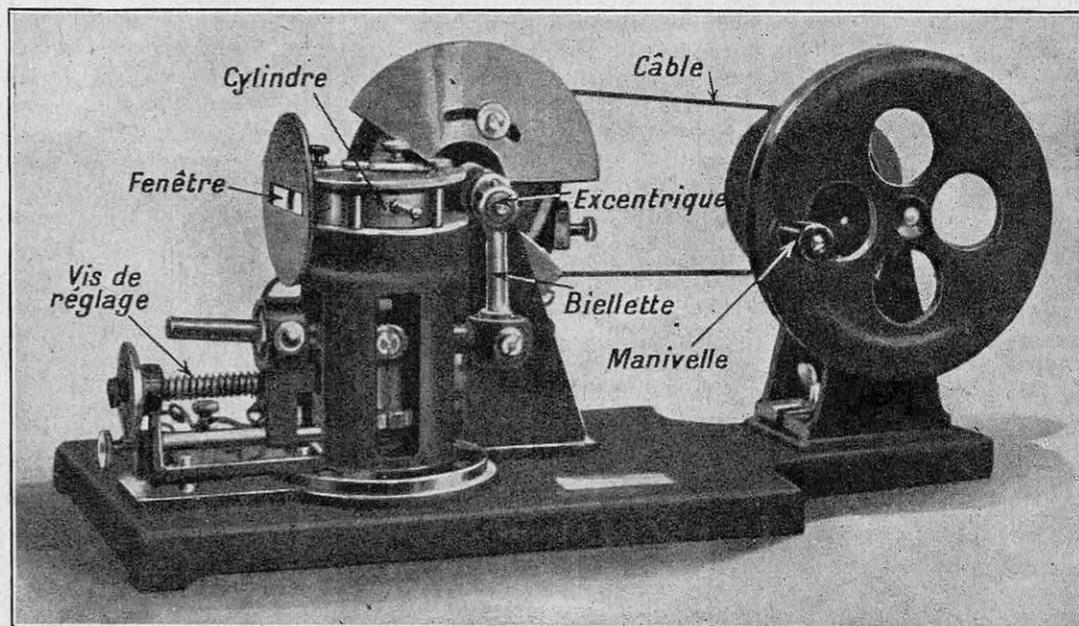


FIG. 12. — L'APPAREIL DE M. TAKEO SHIMIZU

Cet appareil, établi suivant le schéma ci-dessus, est basé sur le même principe que l'appareil de Wilson, mais il comporte des perfectionnements qui rendent son utilisation beaucoup plus facile. Les détentes, au lieu d'être produites par une cloche mobile, le sont par un piston qui se déplace dans un cylindre.

œuvre des mêmes procédés ; cette chambre, tout en verre, a la forme d'un cylindre limité par deux plans parallèles *A* et *B*, distants d'un à deux centimètres ; le plan inférieur *B* fait partie d'un système flottant qu'on peut déplacer brusquement, comme tout à l'heure l'éprouvette, en aspirant l'air intérieur par un large tube *T*. A l'instant précis de la détente, une étincelle très lumineuse jaillit en *O*, et la lumière, concentrée par un système optique, éclaire latéralement l'intérieur de la chambre *AB*, en même temps qu'un appareil photographique, placé en *P*, recueille la lumière diffusée par les gouttelettes liquides. Opérant dans ces conditions, Wilson a obtenu, depuis 1911, des photographies dont les figures 6, 7, 8 et 9 nous montrent les principaux types ; elles nous en apprennent, sur la genèse des ions, plus que de longs mémoires.

La figure 6 montre l'ionisation produite par les rayons alpha : une trace de radium C, placé dans la chambre humide, projette autour d'elle, dans toutes les directions, les noyaux d'hélium dont les trajectoires forment ces rayons ; on voit que ces projectiles, violemment lancés en ligne droite, ont bousculé les atomes rencontrés, entraîné leur couronne superficielle d'électrons et engendré des ions en grand nombre (237.000 pour chaque corpuscule émané du radium C) ; ces ions, à leur tour, ont produit des gouttelettes liquides dont l'ensemble, très serré, dessine la trajectoire du corpuscule excitateur ; c'est en répétant cette expérience, dans les conditions les plus variées, que Blackett a observé les curieuses *fourches*, dont j'ai parlé dans un récent article (1) et qui nous renseignent sur les mécanismes des collisions atomiques et des désintégrations artificielles.

On obtient un résultat aussi curieux, représenté par la figure 7, en introduisant dans la chambre humide une trace d'émanation gazeuse du radium : les atomes qui se désintègrent çà et là produisent encore des rayons alpha qui traversent le champ de l'appareil comme des sillons d'étoiles filantes.

Les *rayons bêta*, constitués, comme on sait, par des trajectoires d'électrons, se caractérisent par la forme beaucoup plus tourmentée et par la netteté moins accusée de leur trajectoire (fig. 8) ; à mesure que l'électron progresse, sa vitesse diminue, mais, en même temps, les ions engendrés sur son passage deviennent plus serrés ; ils sont bien moins nombreux au total (12.600 environ) que ceux produits par le corpuscule alpha ; les incessantes collisions de l'électron et des

molécules le dévient fréquemment de sa route et expliquent les trajectoires tourmentées observées par Wilson.

Enfin, lorsqu'on prend, avec le même dispositif, un instantané de l'effet produit par un pinceau de rayons X, on obtient le résultat, tout à fait topique, que montre la figure 9 : les rayons X, en frappant les atomes gazeux, ont détaché des électrons de leur couronne superficielle ; ces électrons, lancés vigoureusement en toutes directions, sont identiques à ceux qu'on a vus en action dans les rayons *bêta* ; ils donnent naissance, comme eux, à des trajectoires déliées et contournées, dont l'ensemble, embrouillé comme des filaments de laine, déborde sur le pinceau de rayons X qui lui a donné naissance.

Ces expériences, d'un intérêt capital, exigeaient jadis toute l'habileté de l'expérimentateur émérite qu'est C. T. R. Wilson ; leur reproduction est devenue simple et accessible à tous, grâce à l'appareil réalisé par le physicien japonais Takeo Shimizu, et que montrent les figures 11 et 12. Shimizu s'est aperçu que l'instantanéité de la détente n'était pas indispensable, de telle sorte qu'il est possible de réaliser mécaniquement cette détente par la rotation d'un volant, mû à la main, ou par un moteur à l'allure de 50 à 200 tours par minute. Le fond de la chambre humide est constitué par un piston métallique dont les mouvements verticaux sont commandés par un excentrique lié au volant ; un mécanisme simple permet de faire varier, même en cours d'expérience, l'amplitude des déplacements du piston, c'est-à-dire la grandeur de la détente. Seulement, il est indispensable de se débarrasser des ions produits dans chaque opération, avant de produire la détente suivante ; à cet effet, la lame de verre qui limite supérieurement la chambre humide est rendue conductrice par une couche de gélatine imprégnée de sels, et une forte différence de potentiel est établie, au moment propice, pour capter les ions, entre cette lame et le piston.

Ainsi fonctionne un appareil qui, plusieurs fois par seconde, permet de voir ou de photographier les trains d'ions produits par les corps radioactifs ou par les rayons X ; c'est presque une vue cinématographique qu'il nous donne de ces phénomènes. Pour la première fois, le monde turbulent des atomes devient accessible à nos sens ; c'est donc, à juste titre, que J. J. Thomson a pu dire que cette expérience était la plus étonnante des temps modernes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 178, page 274.

LA SIDÉRURGIE, EN CRÉANT DES VARIÉTÉS D'ACIER, A ÉTENDU LE CHAMP DE SES APPLICATIONS

Par Paul REGNAULD

INGÉNIEUR EN CHEF D'ARTILLERIE NAVALE

Le temps n'est pas encore si éloigné où l'acier était considéré comme réservé aux constructions lourdes, les qualités de résistance du métal n'ayant pas atteint le degré remarquable que lui a donné la métallurgie moderne. Aujourd'hui, en effet, non seulement la construction métallique se généralise rapidement grâce aux nouveaux procédés d'assemblage (soudure autogène notamment), mais encore de nouvelles applications de l'acier surgissent chaque jour. Le soutènement des galeries de mines par des cadres d'acier accroît la sécurité, tout en ménageant la forêt française (1) et en limitant les importations de bois ; les lignes de transport d'énergie électrique en aluminium demandent à une âme d'acier la résistance mécanique nécessaire ; les tuyaux en béton armé résistent à des pressions élevées ; les aciers spéciaux luttent, souvent avec avantage, avec les alliages légers (à base d'aluminium) dans la construction aéronautique, etc. Par ailleurs, les procédés modernes de la protection de l'acier contre la corrosion (métallisation, parkérisation) et la préparation des aciers inoxydables font de l'acier un matériau de choix, alliant à la fois la résistance, l'élasticité et la légèreté, qualités qui justifient l'extension de ses applications.

Grâce aux nouveaux procédés d'assemblage, la construction métallique se généralise de plus en plus

Le temps n'est plus où l'on regardait, avec une certaine curiosité, dans les petites gares, un bec électrique au sommet d'un rail (rebuté après service), que l'on avait dressé verticalement. Aujourd'hui, on lamine d'une façon systématique des profilés de sections variées, destinés non seulement à maintenir des lampes, mais à supporter des câbles à une assez grande hauteur.

Les pylônes en « treillis » ont pris des formes de plus en plus complexes, nécessitées par leurs conditions d'emploi (résistance mécanique maximum, avec le minimum de résistance au vent). Pour les assembler, on tend à généraliser la *soudure électrique* et, en particulier, la soudure « par point et par résistance », dont nous rappellerons le principe.

Les éléments à unir sont placés face à face dans la position voulue, entre deux grosses électrodes qui laissent passer un courant de très forte intensité. La résistance électrique des pièces à assembler provoque le dégagement d'une grande quantité de chaleur, et elles se trouvent ainsi portées

à une température suffisamment élevée pour que, par pression mécanique, on puisse lier (comme par rivetage) les régions comprimées. Par ce procédé, rapide et économique, on réalise des pylônes de hauteur impressionnante.

D'autre part, grâce à des combinaisons d'éléments standards en acier, arrivant directement de l'usine, prêts à être assemblés, on peut élever, aujourd'hui, rapidement des hangars de grande superficie par des montages simples et sûrs.

Enfin, ce qui peut sembler, à première vue, paradoxal, en même temps que nous recherchons de plus en plus l'isolement contre le bruit et contre les variations de température, nous généralisons l'emploi de l'acier dans la construction de nos maisons. Les avantages que présentent les « ossatures » métalliques se conçoivent facilement. Il n'en est pas de même pour les « garnitures », telles que murs, cloisons, portes, fenêtres, etc.

Dans le cas des fenêtres, il convient de remarquer qu'avec un cadre de bois la surface éclairante que traverse la lumière n'est que les 3/4 de la surface totale, tandis qu'elle atteint les 93/100^e avec un cadre en acier. D'ailleurs, le bois, même de très bonne qualité, résiste mal aux alternances de soleil et de froid, de pluie ou de chaleur ; l'acier

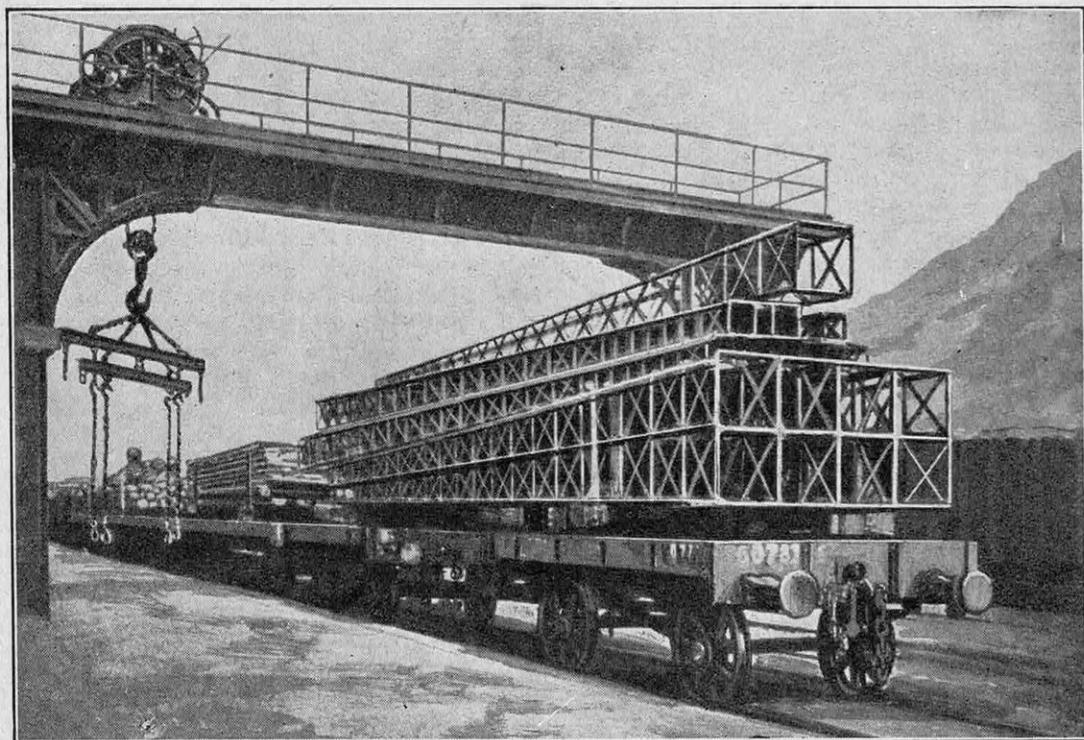
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 166, page 348.

de dure aussi longtemps que la maison, à condition qu'on le protège avec une couche de minium ou qu'on le soumette à la parkérisation (1).

L'aération au moyen des fenêtres à châssis peut être réalisée d'une façon bien plus variée que ne le permettaient les fenêtres de l'ancien système : les cadres peuvent glisser, tourner, pivoter, etc..., dans les sens les plus divers.

En ce qui concerne les portes, l'incom-

qui suit, sur ce point, l'exemple de l'Angleterre. Dans la plupart des systèmes, les éléments servant à la construction sont standardisés. Ils consistent, soit en cadres en acier ordinaire, soit en acier au cuivre, soit en éléments de tôles minces, gaufrées, assemblées par des points de soudure électrique : dans ce dernier cas, le mur est sustentateur. Les parois qu'enrobent l'ossature des cadres peuvent être en ciment à structure cellulaire ou en tôle d'acier



PYLONES EN TREILLIS D'ACIER, TRANSPORTÉS A PIED D'ŒUVRE SUR DE SIMPLES TRUCKS DE CHEMINS DE FER, POUR Y ÊTRE MONTÉS SUR PLACE

Ce transport est peu coûteux et facile, par suite du faible poids des pylônes en treillis.

bustibilité de l'acier forme un obstacle à la propagation des incendies. La porte en acier, d'une solidité incomparable, peut prendre des formes sobres, ou, au contraire, revêtir un caractère esthétique résultant d'une ornementation compliquée. L'extérieur de nombreux immeubles et les devantures de magasins, à Paris, utilisent de plus en plus ce matériau. Ajoutons que les « lettres » indiquant la raison sociale, doivent, très souvent, leur aspect métallique brillant à leur fabrication en acier inoxydable.

La maison entièrement métallique commence, d'ailleurs, à se répandre en France,

(1) Voir plus loin, page 463, et également *La Science et la Vie*, n° 129, page 239.

garnie d'un isolant, avec interposition d'un matelas d'air pour assurer l'isolement contre les vibrations et les variations de température extérieure.

L'acier peut remplacer le bois dans les galeries de mines (1)

Le bois assemblé rapidement sur le chantier, au moyen d'un outillage sommaire, n'entraîne pas de grands frais de premier établissement pour les soutènements des mines. Malheureusement, il est attaqué assez vite par les micro-organismes, dans l'atmosphère chaude et humide des mines, et son remplacement devient onéreux.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 166, page 348.

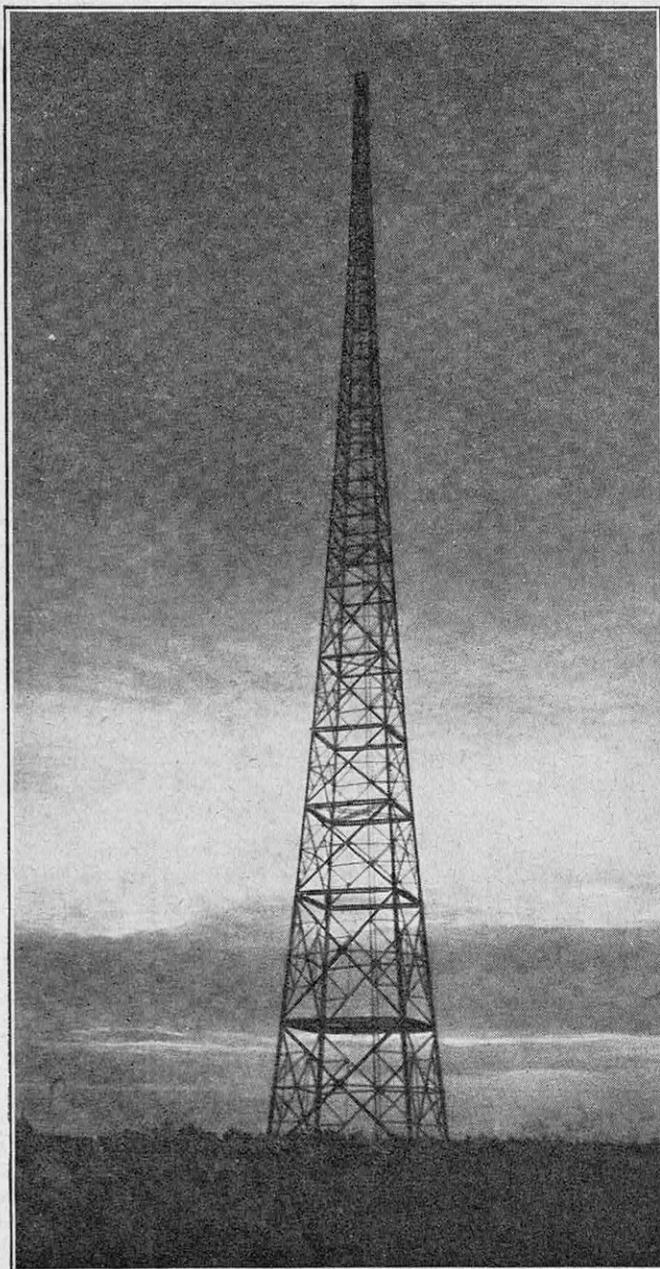
Dès 1880, on a utilisé, aux mines du Creusot, des rails usagés pour soutenir la voûte des galeries ; peu à peu, on a employé d'autres profilés, et les aciéries se sont mises à laminier des fers de section spéciale pour mines.

Aux mines de Liévin, au moment de la guerre, 53 kilomètres de galeries étaient ainsi blindés. Après dénoyage, au moment de la reprise de l'exploitation, on a constaté que, dans de nombreux endroits, les garnissages en bois avaient cédé, alors que les cadres métalliques avaient résisté. Depuis réfection, la longueur des galeries à blindage métallique des houillères de Liévin a été portée à 94 kilomètres. En cas de poussées anormales des terres, le cadre métallique souple se « moule », en quelque sorte, et évite des éboulements qui se produiraient à coup sûr, lors de la rupture des cadres de bois. Ajoutons pour terminer, qu'en dehors de l'intérêt technique, il y a un

intérêt national à diminuer le prélèvement de 2 millions et demi de mètres cubes de bois, qui est fait annuellement sur nos forêts pour l'exploitation des mines. Il est inutile d'insister sur ce point, tous les Français connaissent maintenant l'importance du problème du reboisement.

Les câbles acier-aluminium

On emploie aujourd'hui, comme conducteurs de lignes électriques, des câbles dont l'âme est constituée par un ou plusieurs fils d'acier galvanisé, autour desquels sont enroulés des fils d'aluminium. Presque tout le courant passe par l'aluminium ; le rôle de l'acier est de renforcer la résistance mécanique de l'ensemble. En France, on emploie assez souvent le type à 37 brins (7 d'acier, 30 d'aluminium) et, en Amérique, le type à 61 brins. Nous donnons p. 461 la photographie d'une portée vraiment remarquable de 2.000 mètres, réalisée sur la ligne à 60.000 volts de Breil à Menton.



PYLÔNE DE T. S. F., DE 100 MÈTRES DE HAUTEUR, FORMÉ D'ÉLÉMENTS SOUDÉS

Grâce à la soudure autogène, qui élimine les causes d'affaiblissement dues aux rivets, on peut utiliser, pour l'établissement des pylônes, des éléments de section moindre et gagner, par suite, 25 % sur le poids, d'où économie, non seulement de construction, mais encore de transport et de montage.

Grâce à l'acier, les tuyaux en béton armé résistent aux pressions élevées

Les conduites d'adduction d'eau sont le plus souvent construites en fonte : celle-ci peut être attaquée à la longue et provoquer des accidents. On a donc songé à employer dans ce but le *béton armé*, mais, si celui-ci est fabriqué sans précautions spéciales, il résiste assez mal aux pressions un peu élevées. Il semble

qu'actuellement la meilleure méthode de fabrication d'un tuyau en béton armé très résistant soit la suivante : on commence par construire un premier tube mince en ciment gras, garni d'une faible armature consistant en des barres longitudinales. Sur ce tube, on enroule un fil d'acier, par spires presque jointives, après l'avoir préalablement chauffé : au refroidissement, sa compression renforcera la résistance. Enfin, une couche exté-

rieure en béton, ne visant qu'à protéger le fil contre la rouille, est mise en place en fin de fabrication, lorsqu'on soumet la canalisation à la pression de service. On fabrique par ce procédé des tuyaux pouvant atteindre 10 mètres de longueur. Cependant, les petits diamètres sont les plus employés et supportent, sans danger d'éclatement, des pressions allant jusqu'à 15 atmosphères. De toute façon, il ne peut y avoir que fissuration et non rupture brusque sous une pression trop forte, donc pas de danger d'explosion.

Les aciers spéciaux à haute résistance

Depuis vingt ans, l'automobilisme et l'aviation utilisent, de plus en plus, les aciers

dits « à haute résistance », c'est-à-dire des aciers dont on « remonte » les caractéristiques mécaniques par des additions de nickel, de chrome, de molybdène, etc. (1). Le *nickel* donne à l'acier des facultés d'allongement avant rupture ; le *chrome* durcit le métal et favorise la pénétration de la trempe ; le *molybdène* incorporé convenablement est un garant de non-fragilité et de résistance aux efforts alternés ; le *vanadium* agit sur le pouvoir trempant et augmente la résilience

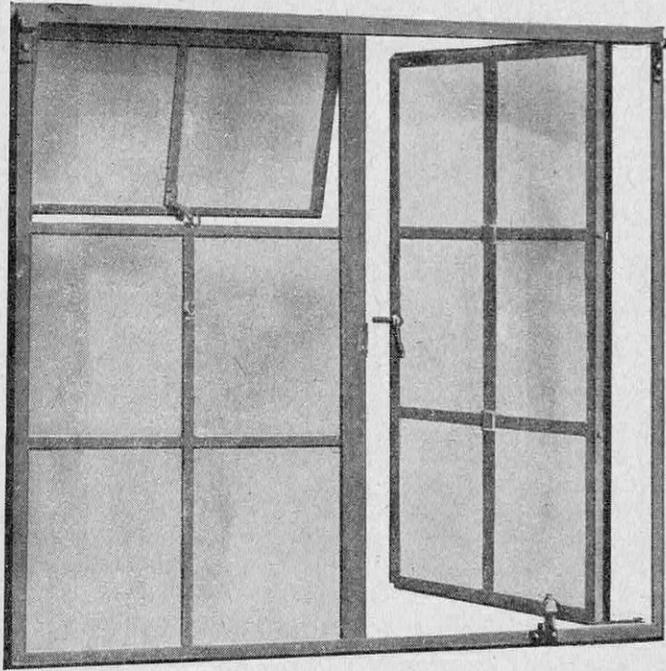
aux basses températures, etc. Nous ne saurions résumer en un tableau toutes les nuances que l'on emploie actuellement, en Amérique et en France, ne fût-ce que pour les différentes parties d'une automobile. Citons les plus connues :

Pour les axes de pistons, bielles, fusées, arbres à cames, vilebrequins, etc., on utilise souvent les aciers au nickel-chrome et au nickel-molybdène (aciers de cimentation). Pour les cylindres de moteurs, les

aciers au nickel-chrome avec addition d'aluminium sont soumis non plus à la cimentation, mais à la nitruration (2). Pour les engrenages, bielles, vilebrequins, etc., on emploie des aciers *demi-durs* au nickel-chrome, se traitant d'une façon analogue aux aciers ordinaires.

Citons, enfin, les aciers *auto-trempants*, c'est-à-dire les aciers qui « trempent » par simple exposition à l'air — différant des précédents par leur plus forte teneur en chrome.

L'aviation semblait, à un moment donné, devoir tout son essor à l'allégement des



LA « MENUISERIE » MÉTALLIQUE

Cette fenêtre est formée d'un châssis fixe (en bas, à gauche) et de deux châssis mobiles pour assurer la ventilation. L'ensemble est encastré dans l'embrasure d'une baie. Les fenêtres métalliques permettent d'avoir une surface éclairante plus grande que la fenêtre en bois. Elles sont, en outre, plus solides.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 161, page 408.

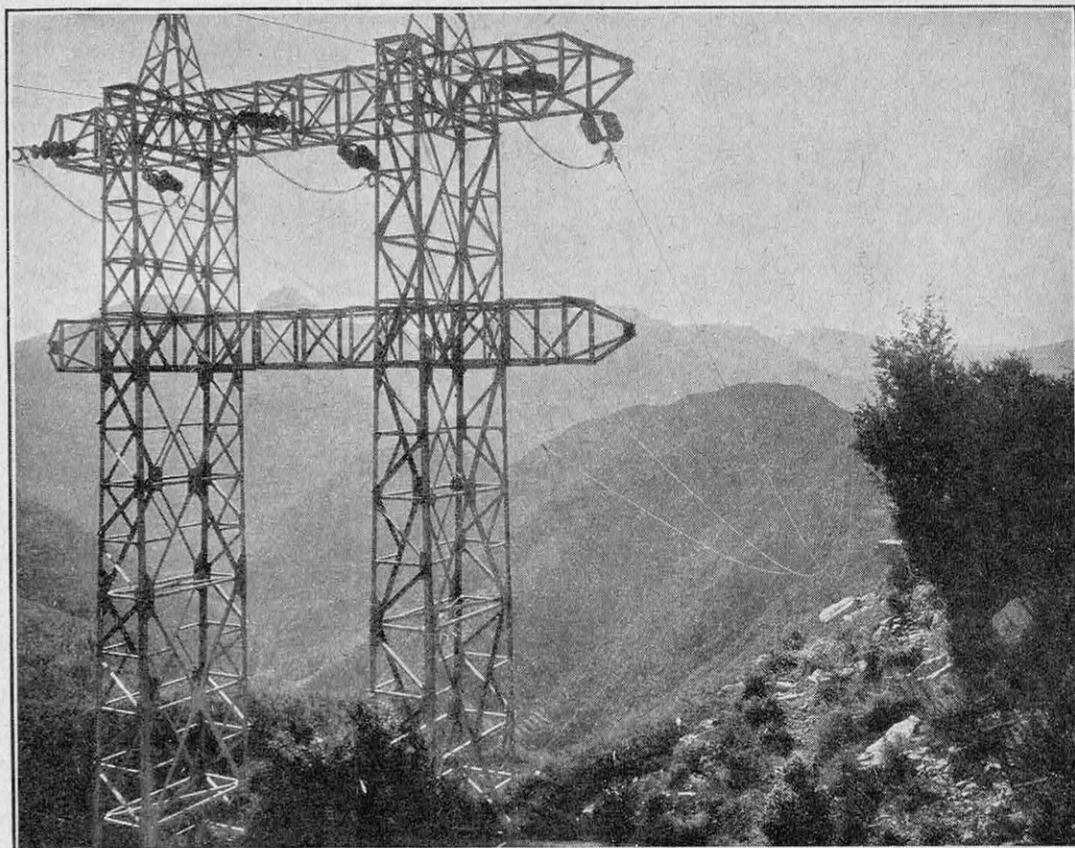
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 177, page 207.

métaux employés : duralumin, életron, etc. (alliages à base d'aluminium, de magnésium, de glucinium, etc.). Elle utilise, aujourd'hui, de plus en plus, l'acier à haute résistance, qui paraît plus lourd, mais qui, à sécurité égale, est souvent plus léger.

Il faut, évidemment, veiller à ce que, pour les éléments de charpente d'avion en tôle, on ne soit pas conduit à des épaisseurs trop

possibilité d'emploi des aciers inoxydables dont nous parlerons plus loin). Enfin, on assemble, maintenant, l'acier par soudure, d'une façon très satisfaisante, même lorsqu'il contient du nickel et du chrome (1); on sait que l'emploi de l'assemblage par soudure permet d'envisager une économie nouvelle de poids.

Dans la construction du *Breguet 27* « tout



PYLÔNES MÉTALLIQUES SUPPORTANT UNE LIGNE ÉLECTRIQUE A HAUTE TENSION (60.000 VOLTS)

Ces pylônes, établis sur la ligne de Breil à Menton (Alpes-Maritimes), ont entre eux une portée de plus de 2.000 mètres. Ils sont, en conséquence, particulièrement résistants. Les câbles qu'ils portent sont en aluminium, renforcés par des brins d'acier.

faibles, car celles-ci, à la suite d'effets dits secondaires, favoriseraient les déformations de voilement ou de flambement local. (On peut, d'ailleurs, y parer dans bien des cas, en donnant aux éléments en tôle très mince un galbage ou des ondulations convenables, déterminés par une expérimentation méthodique.)

L'acier, qui est déjà nettement avantageux au point de vue résistance, l'est aussi au point de vue *prix de revient*. Il est également plus facile à protéger contre la corrosion due aux intempéries (sans même entrer dans la

acier », on a employé, sous forme de profilés, ou étirés, obtenus à partir de bandes laminées minces, un acier auto-trempeant qui n'avait servi, jusqu'alors, que pour des pièces massives.

On a pu ainsi concevoir une structure d'avion caractérisée par la simplicité du dessin, la finesse aérodynamique, la facilité d'aménagement, et enfin, l'indérégibilité,

(1) L'oxyde de chrome étant infusible a rendu plus difficile le problème. Mais celui-ci a été résolu, depuis les travaux entrepris par l'Office national de la soudure autogène.

obtenue par suite de l'élimination, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur, de tout hauban ou croisillonage. Le revêtement des plans supérieurs est également métallique, ce qui supprime tout risque de déformation de l'ensemble du planer, du fait de l'humidité et de la chaleur. Le constructeur a, d'ailleurs, conservé le duralumin pour les revêtements et pour les nervures ordinaires, parce que, dès qu'on descend en dessous de un demi-millimètre d'épaisseur, l'avantage de l'acier n'est plus aussi certain.

L'art de l'ingénieur consiste à utiliser chaque matériau en le faisant travailler de la façon la plus économique et la plus sûre.

Les aciers à aimants

Parmi les nombreuses nuances des aciers spéciaux, une catégorie très particulière est celle des aciers à aimants. Pendant longtemps, la magnéto classique de l'automobile et de l'avion avait un aimant en forme de fer à cheval; cet aimant, en

acier au tungstène, constituait l'inducteur fixe, l'induit étant mobile. Une double révolution dans la fabrication des magnétos se réalise actuellement : l'aimant prend la forme d'un petit barreau court, en acier spécial au cobalt; et c'est lui qui tourne, alors que l'induit reste fixe, ce qui rend beaucoup plus facile l'isolement des circuits électriques. Le cobalt, fortement magnétique, assure un allumage excellent. Le seul inconvénient est que cet acier coûte encore cher; mais on vient de découvrir de nouvelles mines de cobalt, et l'on peut prévoir, dans un avenir rapproché, un grand développement de ce type de magnétos, non seulement pour l'aviation, mais encore pour l'automobilisme. Il n'est donc nullement prouvé que, lors des prochains « Salons », l'allumage le plus en faveur restera l'allumage par « batteries ».

Comment on protège l'acier contre la corrosion

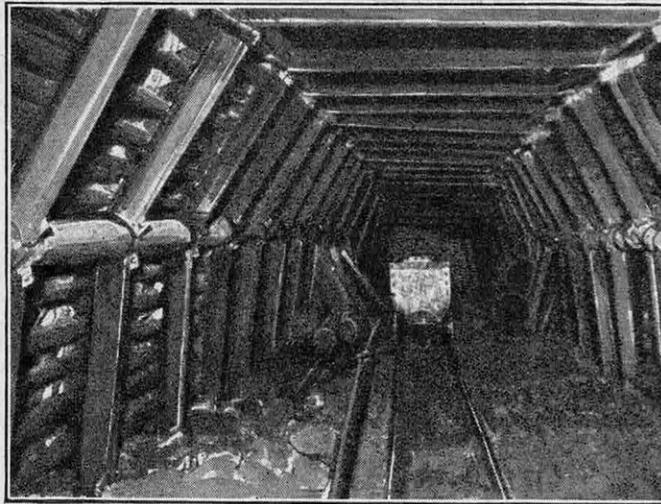
D'après une étude allemande, la rouille dévorerait, chaque année, une quantité égale au quart de ce qu'on produit dans le monde pendant ce même temps. On comprend donc qu'une lutte sévère soit engagée contre la corrosion. Mais nous devons dire, dès l'abord, qu'on n'a pas encore trouvé de remèdes définitifs, valables, non pas pour la totalité, mais pour la majorité des cas; la solution idéale est inconnue, même

en y mettant le prix. On comprend donc que des constructeurs hésitent à employer des procédés plus coûteux que l'emploi de l'acier ordinaire, si, finalement, la durée d'usage n'est pas suffisante pour assurer une réelle économie.

Deux méthodes générales sont en présence : on protège l'acier ordinaire; ou bien l'on utilise des aciers spéciaux.

C'est encore la peinture au *minium* qui constitue, pour les revêtements, la solution la plus avantageuse, surtout si l'on observe une précaution particulière : ne jamais peindre des tôles brutes de laminage, car la couche d'oxyde (qui empêche un bon recouvrement de la peinture) est difficile à bien enlever. Il est recommandé d'attendre que les tôles, ayant séjourné quelque temps en chantier, soient nettement rouillées, afin que le grattage donne une surface bien propre.

Les procédés de métallisation sont très aléatoires : sur les hélices marines, ils se sont révélés absolument inopérants. Dans l'industrie, on les emploie encore parfois, ainsi que le recouvrement de couches de vernis, de bronzage, etc., si les frottements sont nuls ou modérés. Le nickelage, le chromage, le cadmiumage, etc., utilisés



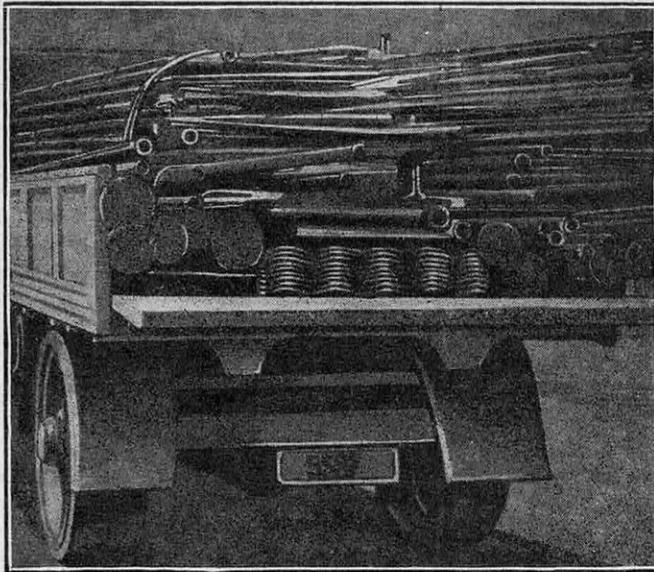
CADRES POLYGAONAUX EN ACIER POUR LE SOUTÈNEMENT DES GALERIES DE MINES

Ces cadres, employés dans les mines allemandes, utilisent six ou sept éléments rectilignes; les sommets du polygone sont constitués par une pièce en bois susceptible d'écrasement, ce qui donne une certaine possibilité de déformation.

dans l'industrie automobile, fournissent des résultats satisfaisants, surtout au point de vue esthétique. Mais la meilleure solution actuelle est, sans contredit, dans la majorité des cas, la « parkérisation », qui est née en Amérique, il y a quinze ans environ (1). Ce procédé consiste à décaper soigneusement les pièces, puis à les immerger dans un bain « parco-sels » à une température un peu

inférieure à 100°. Ces sels produisent, sur la surface des pièces, une mince couche de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 129, page 239.

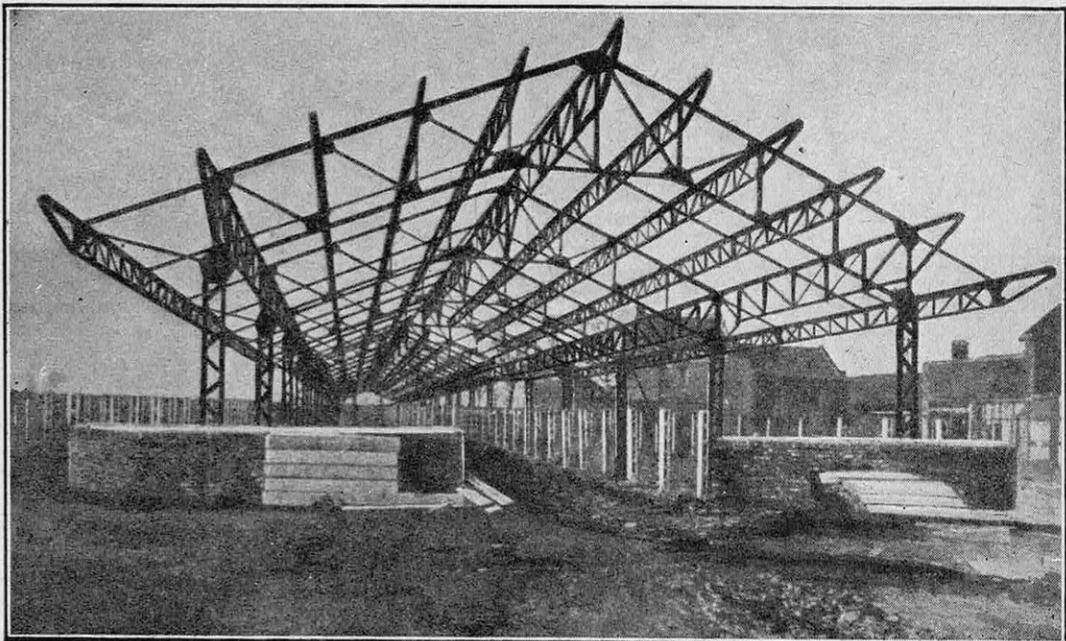


LES ÉLÉMENTS D'UN HANGAR EN ACIER, DÉMONTÉ, SONT AISÉMENT TRANSPORTABLES

Les hangars en acier sont composés d'éléments « standard » qu'on amène de l'usine prêts à être assemblés les uns aux autres. Un camion automobile peut ainsi transporter la charpente entière d'un hangar métallique de dimensions moyennes.

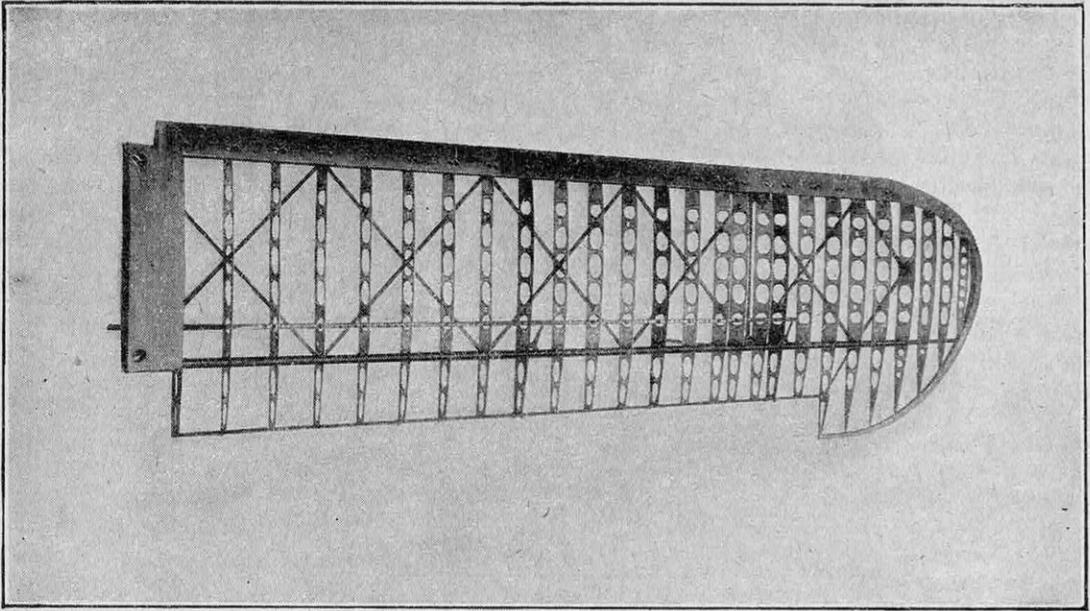
phosphates complexes de fer et de manganèse (épaisseur inférieure à 1/100^e de millimètre), au bout d'une heure à une heure et demie environ. L'aspect du métal est gris noir, mat. On donne alors une finition avec des « Parcolacs » variés qui polissent, bronzent ou vernissent les pièces; on peut, d'ailleurs, également peindre, émailler, etc. Finalement, l'acier se trouve inattaquable à

l'eau de mer, que ce soit en cas d'immersion totale, partielle ou périodique, à chaud, à froid, etc... De même, les solutions d'acide



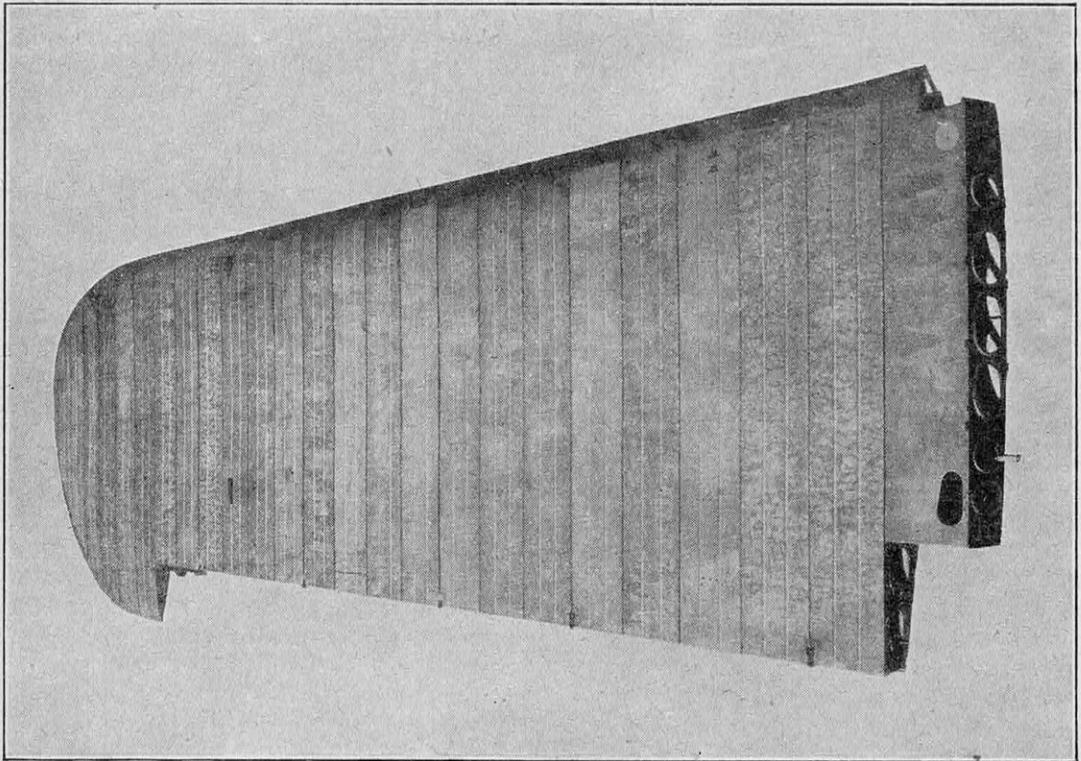
ARRIVÉS A PIED D'ŒUVRE, LES ÉLÉMENTS DU HANGAR SONT MONTÉS RAPIDEMENT

L'ossature, charpente qui porte l'ensemble de l'édifice, doit supporter son propre poids, le poids de la couverture et de l'auvent, la surcharge éventuelle de neige et la poussée du vent,



STRUCTURE D'AILE D'AVION « BRÉGUET 27 »

Dans le Bréguet 27 « tout acier », on a employé, sous forme de profilés ou étirés obtenus à partir de bandes minces, un acier auto-trempant (qui prend la trempe dans l'air à la température ordinaire) qu'on n'employait jusqu'alors que pour les pièces massives. On arrive ainsi à des structures en acier au moins aussi légères, à résistance égale, que des structures en duralumin ou en élekttron.



L'AILE D'AVION « BRÉGUET 27 » TERMINÉE

Dé même que la structure de l'aile, le revêtement des plans supérieurs est également métallique, ce qui supprime tout risque de déformation du fait de l'humidité et de la chaleur.

acétique, d'ammoniaque, d'eau de Javel, etc., sont sans effet. C'est dire que, dans la pratique, l'acier est réellement inoxydable. Les seules critiques sérieuses sont les suivantes : nécessité de traiter les pièces démontées ; non-protection des surfaces usées en cours de service ; efficacité douteuse pour les pièces travaillant à une température supérieure à 500°.

Les aciers inoxydables

L'addition, à un acier ordinaire, de faibles teneurs de chrome et de nickel, ne donne, au point de vue de la corrosion, que des résultats peu satisfaisants ; pour des proportions plus grandes, on observe un changement dans la structure micrographique indiquant que l'on entre dans la catégorie des aciers dits : martensitiques, ou austéniques, ou à structure complexe. Parmi les innombrables « marques », on peut distinguer trois catégories principales : les

« 13 % de chrome » ; les « 18/8 » (18 % de chrome avec 8 % de nickel) ; les « Chevenard ».

Les aciers à 13 % de chrome ont pour prototype l'acier « Stainless » anglais, bien connu par son application à la coutellerie. Ces aciers résistent à l'eau de mer d'une façon assez satisfaisante, lorsqu'ils ont été traités et élaborés avec tout le soin voulu ; mais il est indispensable également qu'ils soient polis avec soin.

Le prototype des aciers 18/8 fut le V. 2. A. de Krupp, repris par les Anglais sous le nom de Staybrite, puis étudié en France (aciéries d'Imphy) sous la dénomination : Arc. 2702. Depuis 1927, la marine nationale l'adopte comme « étalon d'inoxidabilité ». Cet acier possède une bonne résistance mécanique à chaud. Il « tient » sous 4 kg 2 par millimètre carré à 690° pendant plus de cent mille heures, alors que les aciers « anti-rouille » ne peuvent

dépasser 2 kilogrammes et les aciers ordinaires, 1 kilogramme seulement.

Parmi les nombreuses applications, citons de nombreuses pièces de culasses et d'affûts de l'artillerie navale ; des flotteurs d'hydravions britanniques ; des tubes de surchauffeurs, des radiateurs, lanternes, bouchons d'auto, etc. Les difficultés premières de soudure autogène de ces aciers sont maintenant résolues.

Les aciers « Chevenard », comme l'acier ATV d'Imphy, présentent jusque vers 600° une résistance mécanique élevée. Ils ren-

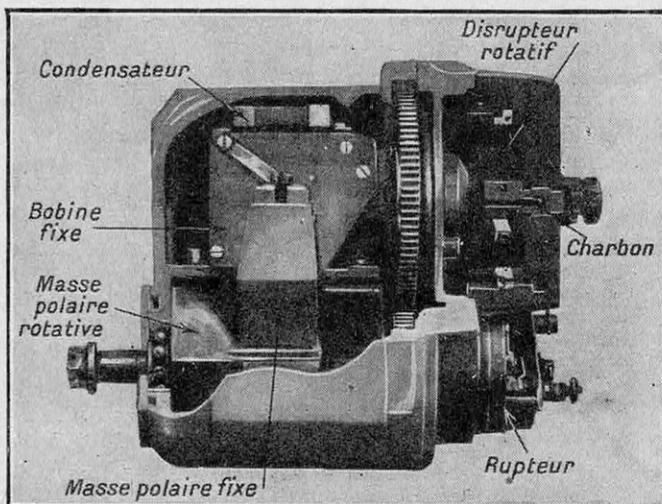
ferment de 20 à 45 % de nickel, avec 8 à 15 % de chrome. En 1920, la marine française a, la première, utilisé industriellement ces aciers (turbines Zoelly de la centrale de l'arsenal de Toulon). On a constaté jusqu'à ce jour leur inoxydabilité à la corrosion par vapeur surchauffée ou saline. Leur résistance aux causes d'érosion, qui est remarquable même dans des

vides très poussés, est également à signaler.

L'acier reste donc, plus que jamais, un matériau de choix, d'un prix toujours abordable, même lorsqu'on rehausse ses qualités naturelles par des additions de métaux plus rares.

Il est élastique et résistant ; à poids égal, sa sécurité d'emploi est, bien souvent, supérieure à celle des alliages « légers » actuellement connus. A un moment donné, on a redouté, dans l'emploi de l'acier, les conséquences possibles de phénomènes de dilatation, de résonance, etc. L'expérience a montré que cette crainte était vaine et qu'il était aisé de trouver des solutions expérimentales satisfaisantes : le développement du béton armé, depuis une trentaine d'années, est l'exemple le plus typique à cet égard.

PAUL REGNAULD.



L'ACIER AU COBALT AU SERVICE DE L'ÉTABLISSEMENT DES MAGNÉTOS D'ALLUMAGE DES MOTEURS A EXPLOSIONS

Grâce aux aciers au cobalt, fortement magnétiques, on réalise actuellement des magnétos à aimants rotatifs en forme de barreaux courts, qui assurent un allumage excellent.

LE RADIOBALISAGE AUX ÉTATS-UNIS

Un chef-d'œuvre d'organisation des lignes aériennes

Par Jean MARIVAL

Les longs trajets que les avions commerciaux doivent parcourir aux Etats-Unis ont nécessité une organisation rationnelle de la navigation aérienne, permettant de lui assurer la régularité et la sécurité, de nuit comme de jour, par brouillard comme par temps clair. La signalisation lumineuse fut tout d'abord employée : 1.290 phares tournants et 362 phares à éclats sont actuellement en service sur les 32.000 kilomètres de lignes. Mais elle s'est révélée, par la suite, insuffisante, surtout pour vaincre la brume. La T. S. F., dont les ondes ne connaissent pas d'obstacles, a résolu le problème. C'est ainsi que, de 1928 à 1931, le nombre de postes de « radiobalilage » s'est élevé de 2 à 50, et celui des stations de « radiocommunications » de 17 à 57. En outre, si la stabilité automatique par gyroscope, actuellement en application sur les avions de l'Eastern Air Transport, donne les résultats que l'on est en droit d'escompter, on peut prévoir le jour où les commandes de ces avions seront actionnées par ondes hertziennes, réalisant ainsi le pilotage automatique et, par conséquent, le transport aérien du courrier sans pilote. Ceci n'est plus du domaine du rêve, mais bien la réalité de demain.

Le vol de jour et de nuit est indispensable en Amérique par suite des grandes distances parcourues

IMMÉDIATEMENT après la guerre 1914-1918, dont l'influence fut si considérable sur le développement de l'aviation, les Etats-Unis se sont préoccupés d'organiser des services réguliers de courriers aériens. Mais les circonstances particulières dans lesquelles ils se sont trouvés, à savoir les grandes distances à parcourir et l'importance des échanges bancaires, ont révélé immédiatement l'impérieuse nécessité d'assurer des vols réguliers de nuit comme de jour. Il a fallu, cependant, attendre jusqu'à 1926 pour que le vote de l'« Air Commerce Act » autorise le Département du Commerce à équiper rationnellement les lignes aériennes. Grâce aux efforts poursuivis, le retard a été vite comblé. Aujourd'hui, près de 32.000 kilomètres de lignes (sur les 40.000 kilomètres prévus) sont équipés de signaux lumineux (1.290 phares tournants et 362 phares à éclats). Les 685 aéroports et terrains d'atterrissage sont munis d'équipements lumineux ; de plus, 364 terrains intermédiaires peuvent servir de secours.

De plus, un réseau complet de radiobalilage et de radiosignalisation complète le jalonnement des lignes. Le nombre de stations de radiobalilage est passé, de 1928 à 1931, de 2 à 50 et celui des stations de radiocommunications, de 17 à 57.

Le radiobalilage des lignes aériennes

Voici comment, d'après l'*Air Commerce Bulletin*, voyage un pilote sur les lignes ainsi équipées.

Dès son départ de l'aérodrome, l'avion est signalé par un message télégraphique, qui annonce le départ et la destination de l'appareil. Ce message est automatiquement imprimé dans les diverses stations qui jalonnent la ligne suivie. On peut ainsi suivre sa marche à tout instant.

Engageons-nous sur la ligne avec le pilote. Voici, tout d'abord, un feu blanc à éclats d'un dixième de seconde, puis, dans l'intervalle de ces éclats, un feu rouge qui affecte la forme de l'indicatif (lettre de l'alphabet Morse) de ce phare. Notre pilote en déduit que ce phare fait partie d'une suite de phares semblables, échelonnés tous les 15 kilomètres environ, ayant chacun leur indicatif particulier. Par temps clair, nous voyons, d'ailleurs, deux ou trois de ces phares simultanément. Après avoir dépassé deux phares, le feu de ligne, au lieu d'être rouge, est vert. Nous sommes ainsi prévenus de la présence d'un terrain d'atterrissage intermédiaire. Il y en a donc un tous les 45 kilomètres environ.

Cependant, un brouillard intense vient masquer à notre vue tous ces feux. Le radiobalilage va entrer en action. Il fonctionne d'ailleurs sans cesse et notre pilote a toujours le casque aux oreilles. Tant qu'il entend un son continu dans ses écouteurs, il est assuré

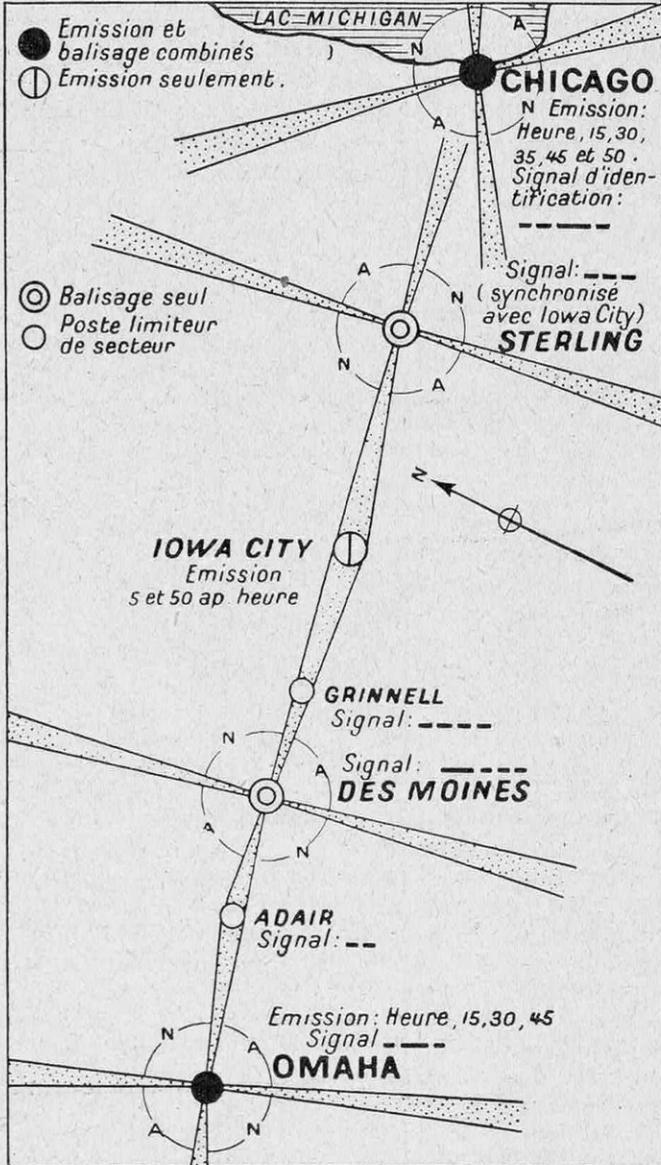
d'être dans la bonne voie. Dès qu'il s'en écarte, le son continu fait place à l'écoute d'une lettre reçue fortement (la lettre A, par exemple **— —**) et d'une autre plus faible (la lettre N **— —**). Il en conclut immédiatement qu'il a dévié du côté où la station de radiobalisage émet la lettre A (une carte

renseigne à ce sujet) et il lui est facile de manoeuvrer jusqu'à ce qu'il entende à nouveau le son continu résultant de l'enchevêtrement des lettres A et N. La station de radiobalisage les émet, en effet (chacune dans une zone), à une cadence telle que, à l'intersection des deux zones, les points et les traits se succèdent pour donner un son continu. A cet effet, les lettres sont émises de la façon suivante : commençons, par exemple, par la lettre N (**— —**). Entre le trait et le point de cette lettre se situe exactement le point de la lettre A (**— —**). Puis vient le point de la lettre N

et le trait de A qui remplit exactement le silence entre deux émissions consécutives de N. Ensuite commence le trait de N (entre deux émissions successives de A), etc. Ainsi, lorsque les signaux sont entendus avec la même intensité, le son paraît continu. Ce principe, qui n'est pas nouveau, a été déjà

décrit, d'ailleurs, dans *La Science et la Vie* (1). Cependant, ces signaux radio-électriques ne sont pas émis d'une façon continue. Pendant leur interruption, le poste de radiobalisage entre en jeu et annonce en langage clair, par radiophonie, d'abord son indicatif, puis tous les renseignements météorologiques qu'il a reçus. Enfin, lorsque l'avion survole la station, celle-ci envoie (comme l'avait fait l'aérodrome de départ) un message télégraphique signalant le fait. En même temps le pilote reçoit l'indication de sa position.

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



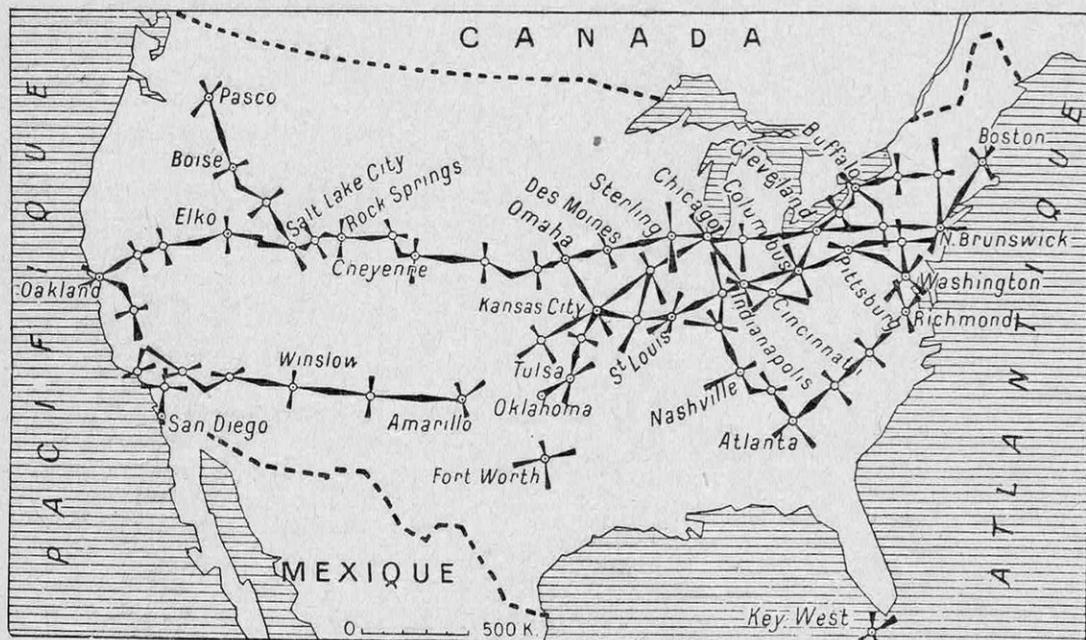
COMMENT FONCTIONNE LE RADIOBALISAGE SUR UNE LIGNE AÉRIENNE AUX ÉTATS-UNIS (CHICAGO-OMAHA, DISTANTS DE 420 KILOMÈTRES)

Chaque phare hertzien de la ligne aérienne émet successivement, chacun dans une zone déterminée, les signaux correspondant aux lettres A et N (en morse, **— —** et **— —**). Tant que le pilote se trouve dans la bonne voie, il n'entend qu'un son continu par suite de l'enchevêtrement des points et des traits, le point de la lettre A remplissant exactement le temps de silence entre le point et le trait de la lettre N, le trait de A remplissant le silence entre deux N consécutives. Les signaux de N (**— —**) sont émis de la même façon par rapport à ceux de A (**— —**); dès que le pilote s'écarte de la ligne, une des deux lettres devient prépondérante et il sait immédiatement de quel côté il a dévié.

Ce n'est pas tout cependant. Tous les 225 kilomètres environ, un radio, émis par un poste spécial, prévient le pilote qu'il va entrer dans une nouvelle section, la portée des émetteurs de la première section ayant atteint leur limite maximum. (Il y a 31 de ces postes spéciaux actuellement en service). Ce radio lui indique en même temps qu'il doit accorder ses appareils sur le nouveau faisceau radioélectrique de la nouvelle section où il va s'engager.

Ainsi, de proche en proche, et quelles que

successives. La longueur de ce trait est, évidemment, fonction de l'intensité des courants qui excitent ces diapasons. Chaque bande étant excitée par le courant provenant de l'émission dans une zone de la station de radiobalises, on comprend que, lorsque les deux traits blancs ont la même longueur, cela indique que les intensités dans les deux zones sont égales et que l'avion se trouve sur l'axe de radiobalises correspondant, dans le dispositif acoustique, à l'audition du trait continu. Au contraire, dès que,



RÉPARTITION DE L'ENSEMBLE DES PHARES DE RADIOBALISAGE JALONNANT LES LIGNES DE NAVIGATION AÉRIENNE AUX ÉTATS-UNIS

Cinquante stations de radiobalises conduisent les pilotes avec la plus grande sécurité sur les lignes. De plus, cinquante-sept postes de radiocommunications renseignent les aviateurs sur toutes les circonstances susceptibles d'influer sur le vol, notamment les conditions atmosphériques.

soient les conditions météorologiques, le pilote est suivi et guidé à chaque instant.

Cependant, on a cherché à perfectionner encore le système de radiobalises en évitant au pilote la fatigue d'une écoute constante et prolongée.

Devant notre pilote se trouve, en effet, une boîte munie d'une fenêtre. Derrière elle sont montées deux bandes métalliques dont les extrémités supérieures sont blanches. Ces bandes constituent deux diapasons électriques qui vibrent sous l'action des courants provenant du récepteur de l'avion et, par conséquent, des émissions des stations de radiobalises. A ses yeux, les extrémités blanches apparaissent donc sous la forme d'un trait blanc formé par leurs positions

l'un des traits s'allonge et que l'autre se raccourcit, c'est que l'avion a dévié vers la zone correspondante au trait le plus long.

Vers le pilotage automatique des avions

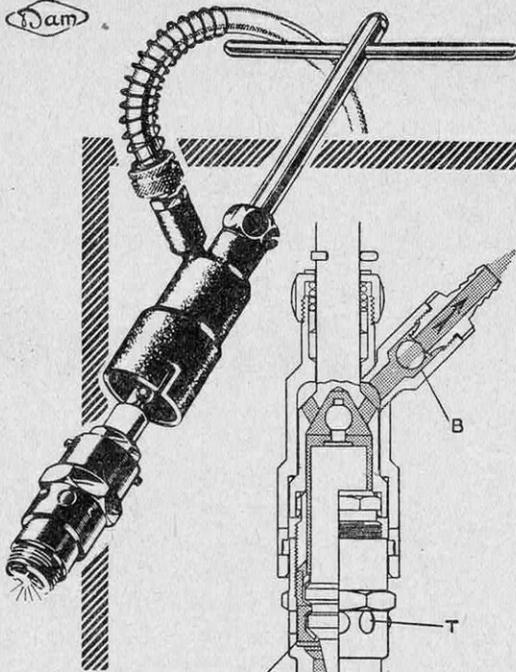
L'avenir nous réserve, dans ce domaine, d'heureuses surprises. Déjà, la Compagnie américaine Sperry va installer sur tous les avions de l'*Eastern Air Transport* des gyroscopes stabilisateurs qui ont fait leur preuve sur un avion Curtiss-Wright Condor. Il n'est pas téméraire d'envisager que ce pilotage automatique puisse être commandé par les émissions radioélectriques des nombreuses stations de radiobalises. Ce sera, dès lors, le courrier postal aérien assuré sans pilote.

JEAN MARIVAL.

PRET A GONFLER VOS PNEUS EN 6 SECONDES



LE GONFLEUR FIXE GERGOVIA



A l'aspiration : l'air pénètre par les trous T de la Bougie-Gonfleur, en repoussant une fine lame de ressort R et vient remplir le cylindre.

transforme, en quelques secondes, votre moteur en une pompe puissante qui gonfle vos pneus confort d'air rigoureusement pur et frais.

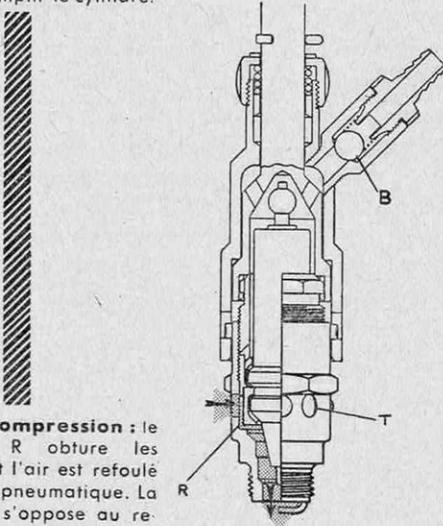
La **Bougie-Gonfleur**, vissée une fois pour toutes sur un des cylindres, assure normalement un allumage impeccable.

Quelques tours de clé d'un adaptateur, dont vous coiffez cette bougie, font remonter le corps central de cette dernière et la transforment en gonfleur.

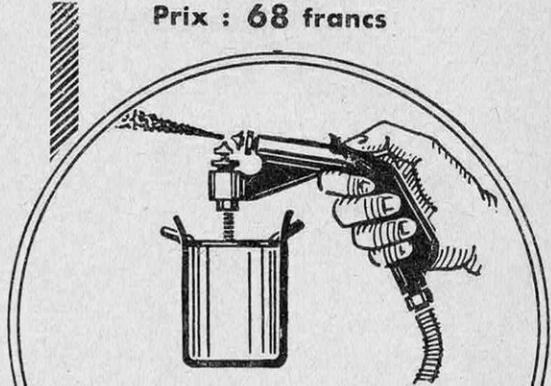
Prix : 110 francs

Le **Gonfleur Amovible Gergovia**, qui se visse à la place d'une bougie chaque fois que l'on veut gonfler les pneus, est d'une manœuvre un peu plus longue, mais tout aussi sûre que celle du gonfleur fixe.

Prix : 68 francs



A la compression : le ressort R obture les trous et l'air est refoulé vers le pneumatique. La bille B s'oppose au retour d'air.



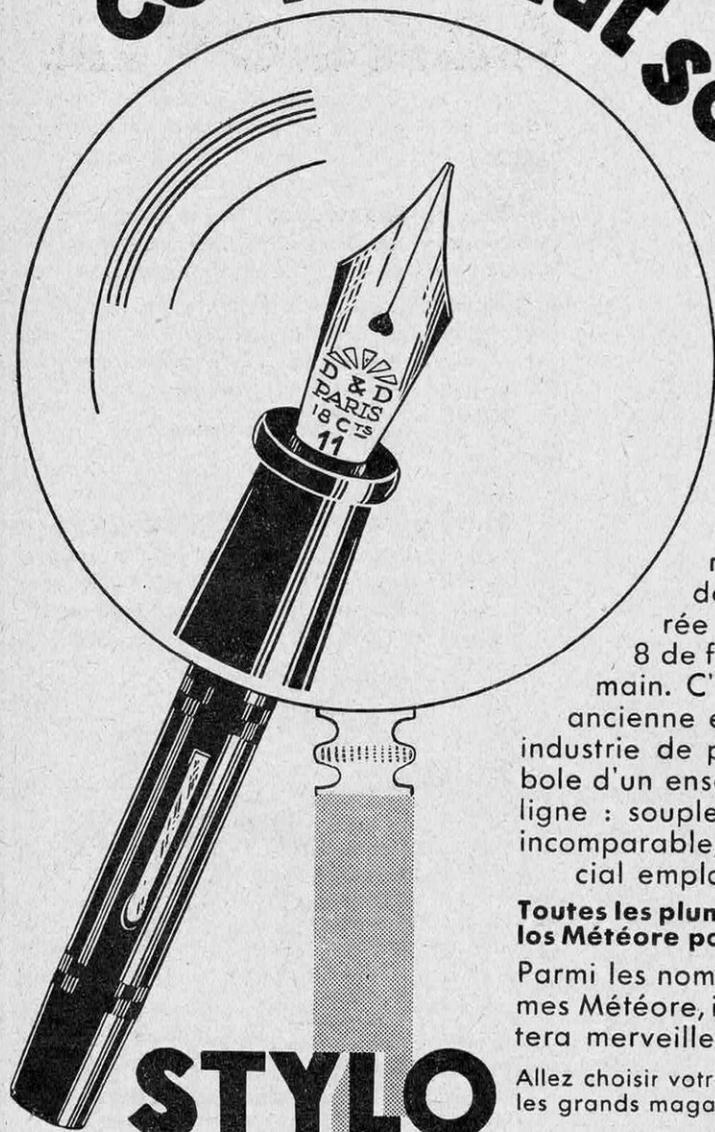
Le Gonfleur Fixe ou le Gonfleur Amovible Gergovia, branchés sur un **PISTOLET A PULVERISER Gergovia** l'alimentera en air comprimé et vous pourrez effectuer simplement, économiquement et mieux qu'au pinceau, une foule de travaux de peinture (ailes, carrosserie, meubles, etc...).

Prix : 40 francs

GERGOVIA

Documentation sur demande aux Ets H. PINGEOT, à Clermont-Ferrand et 31, Rue Brunel, à Paris.

un stylo vaut
ce que vaut sa plume



La plume du stylo, c'est toute sa noblesse. La marque D & D sur une plume de stylo, voici le plus authentique titre de noblesse qu'elle puisse porter : c'est la garantie d'une fabrication de premier ordre élaborée en 28 opérations dont 8 de finissage effectuées à la main. C'est le signe de la plus ancienne expérience dans cette industrie de précision. C'est le symbole d'un ensemble de qualités hors ligne : souplesse, résistance, durée incomparable, grâce à l'iridium spécial employé pour la pointe.

Toutes les plumes qui équipent les stylos Météore portent la marque D & D.

Parmi les nombreux modèles de plumes Météore, il en est une qui s'adaptera merveilleusement à votre main.

Allez choisir votre stylo et votre plume dans les grands magasins, chez les spécialistes et papetiers.

STYLO

MÉTÉORE

SOCIÉTÉ LA PLUME D'OR
Paris, 48, Rue des Vinaigriers, 48, Paris

DANS CERTAINES INDUSTRIES, LE RENDEMENT DÉPEND DU « CONDITIONNEMENT » DE L'AIR (Température, hygrométrie, état électrique)

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G.

Dans certaines industries, la bonne marche d'une fabrication dépend non seulement de l'outillage mis en œuvre, mais encore des conditions atmosphériques dans lesquelles elle s'effectue. C'est ainsi que l'industrie textile, la bonneterie, l'imprimerie, la meunerie — pour ne citer que ces principaux exemples — exigent l'établissement d'ateliers réalisant des conditions de température optimum et d'hygrométrie optimum (degré d'humidité de l'air). Jadis, dans ce domaine, ces conditions étaient déterminées empiriquement. Aujourd'hui, la science — là comme ailleurs — a dit son mot et a donné naissance à des procédés techniques très précis, très nouveaux et littéralement automatiques. On les trouvera sommairement décrits dans l'article ci-dessous. LA SCIENCE ET LA VIE a déjà exposé comment les mêmes principes, sur lesquels repose ce conditionnement de l'air, avaient donné les meilleurs résultats, notamment dans les salles de spectacle (1), au point de vue du confort et de l'hygiène.

IL y a seulement quatre ans que le conditionnement de l'air s'est révélé au grand public. L'inauguration d'une grande salle de cinéma parisienne, où l'atmosphère était constamment maintenue à la même température, et dont l'humidité était réglée pour le plus grand confort des spectateurs, fit, pour le procédé, une intense publicité. Naturellement, ce fut aux Américains que l'on attribua la gloire d'avoir reculé encore si possible les limites du confort et de l'hygiène. Depuis, de semblables installations se sont multipliées, et on ne concevrait plus la création d'une salle publique moderne sans ce conditionnement de l'air. Certaines installations d'appartements l'utilisent aussi.

Or, il faut rétablir la réalité des faits. Le conditionnement de l'air a été utilisé, en France, tout au début du xx^e siècle. Certes, il ne s'agissait pas alors de confort, mais de donner à une grande industrie, celle du coton, le moyen de réaliser la fabrication la meilleure et la plus régulière. Et il n'est pas exagéré de dire de ce conditionnement que, s'il est apte à rendre une atmosphère plus agréable et plus saine, il est surtout capable de rendre de précieux services industriels. *La Science et la Vie* a déjà décrit, d'ailleurs, les appareils utilisés dans les salles de cinéma (1) ou dans les gratte-ciel américains

pour maintenir l'atmosphère dans les conditions optima de température et d'humidité. Notre but est de montrer aujourd'hui les applications industrielles de ce procédé. D'ailleurs, nous allons retrouver, dans ce domaine, non seulement le souci de réaliser l'état de l'air le plus favorable à une industrie déterminée, mais encore celui de donner au personnel le maximum de bien-être. Par surcroît, l'industriel y trouvera son compte, puisque le rendement de la main-d'œuvre en sera automatiquement accru.

Le conditionnement de l'air est nécessaire dans certaines industries

L'industrie textile. — Voici tout d'abord l'industrie cotonnière, la plus importante de toutes celles qui exigent une atmosphère appropriée au travail de sa matière première.

La fibre de coton est formée par une multitude de filaments très ténus, constitués par de la cellulose presque pure et agglutinés par des substances cireuses ou gommeuses qui jouent un rôle très important. Très dures à froid, ces matières deviennent de plus en plus molles au fur et à mesure que la température s'élève; elles fondent vers 80°. Comme ce sont elles qui constituent une sorte d'apprêt pour la fibre, on conçoit que la filature du coton exige une certaine température pour que le coton puisse se filer

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 128, page 145.

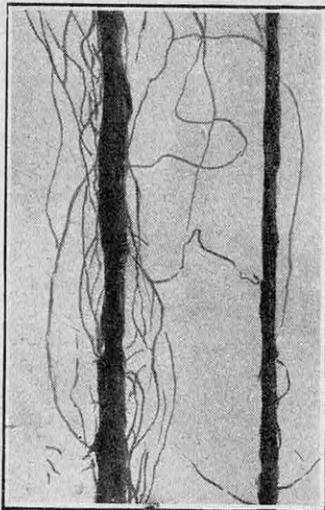


FIG. 1. — DIFFÉRENCES D'ASPECT D'UNE FIBRE DE COTON TRAVAILLÉE EN ATMOSPHÈRE SÈCHE (A GAUCHE) OU HUMIDE (A DROITE)

seul facteur influant sur la bonne marche d'une filature de coton. L'humidité de l'air est également très importante. La photographie (fig. 1) est significative à cet égard. Tandis que la fibre travaillée en atmosphère sèche présente des filaments ébouriffés dans tous les sens, au contraire, la fibre préparée en atmosphère humide est lisse. Cela est dû à la présence d'électricité statique résultant du frottement des fibres et des filaments. Ceux-ci étant chargés d'électricité de même sens, se hérissent. Si, par contre, l'air est humide, c'est-à-dire meilleur conducteur de l'électricité, les charges électriques se dissipent dans l'atmosphère.

Lorsque naquirent les filatures, les appareils d'humidification artificielle n'étant pas créés, on rechercha les régions où les conditions atmosphériques étaient les meilleures. C'est ainsi que le Lancashire (Angleterre) et le Nord de la France furent les lieux d'élection de filatures.

Le conditionnement de l'air s'impose de la même façon dans les filatures et tissages de laine et de soie naturelle ou artificielle.

La bonneterie. — Avez-vous remarqué, sur les bas de soie bon marché, des irrégularités dans les mailles, des effets du moirage ? Cela est dû précisément

convenablement. D'autre part, cette température varie suivant le diamètre des fils à obtenir. Elle oscille entre 22 et 31°, mais sa valeur doit rester la même pour un travail déterminé. On devra donc prévoir à la fois des dispositifs de chauffage pour l'hiver et de rafraîchissement pour l'été.

Cependant, la température n'est pas le

au mauvais conditionnement de l'air de l'atelier où ils ont été fabriqués. Une variation du degré d'humidité suffit, en effet, pour faire varier le diamètre du fil et, par conséquent, le diamètre des mailles (fig. 2). La même cause donne au fil un brillant irrégulier, d'où le moirage sur le bas. Ceci est très important, notamment pour la soie artificielle. Le coton, la laine, la soie naturelle sont également très sensibles aux variations du degré hygrométrique de l'air qui se produisent au cours d'une même journée, et surtout entre l'arrêt du travail le soir et sa reprise le lendemain matin.

De même, la température doit être maintenue constante, afin que le textile conserve toujours la même souplesse et pour éviter les dilatations et contractions des différentes pièces métalliques des métiers.

L'imprimerie. — Les presses à imprimer ont atteint aujourd'hui une précision vraiment remarquable dans le réglage de la tension du papier, qui permet d'assurer, notamment dans les reproductions en couleurs, nécessitant un repérage exact, des impressions d'une fidélité absolue. Mais il va de soi que cela exige du papier des propriétés physiques constantes. Or, cette matière est sensible aux variations d'humidité de l'air. Ainsi, pour une feuille de papier à la caséine couché des deux côtés, la dilatation, dans le sens transversal de la feuille, c'est-à-dire de la machine, atteint 0,408 % lorsque l'humidité de l'atmosphère passe de 35 % à 65 %. Cela revient à dire qu'une feuille de dimensions courantes 110 × 160 centimètres se dilate de plus de 3 mm 5, ce qui est inadmissible. Pour que la dilatation ne dépasse pas 0 mm 5, il faut que le degré

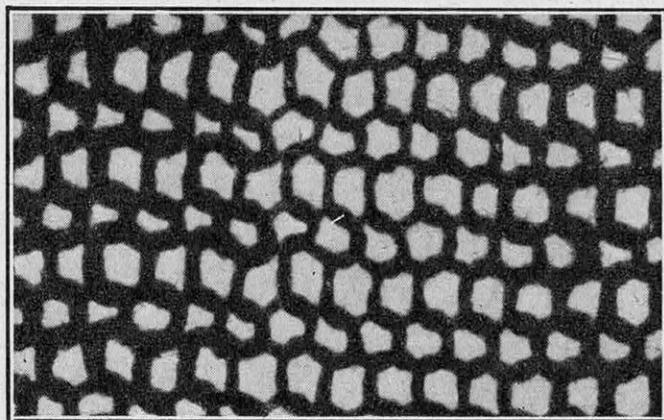


FIG. 2. — LES VARIATIONS DU DEGRÉ D'HUMIDITÉ SUFFISENT POUR MODIFIER LE DIAMÈTRE DU FIL DE SOIE, ET LES MAILLES DU BAS SONT IRRÉGULIÈRES

hygrométrique reste constant à 3,8 % près.

Il faut signaler également que, en atmosphère trop sèche, l'apparition de charges d'électricité statique aimante le papier et fait adhérer les feuilles les unes aux autres.

L'imprimerie ne peut donc se passer du conditionnement de l'air.

La meunerie. — Le blé est une matière essentiellement hygroscopique; il absorbe facilement l'humidité de l'atmosphère où il est placé

tant d'une atmosphère sèche ou humide: la surface des mailles varie considérablement. Comme le tissage de ces soies a été effectué dans des conditions de température et d'humidité bien déterminées, leur « numéro » n'aura une signification précise que si ces conditions sont respectées au moulin.

Ce bref aperçu des effets du conditionnement de l'air dans quelques industries suffit à montrer l'importance du problème.

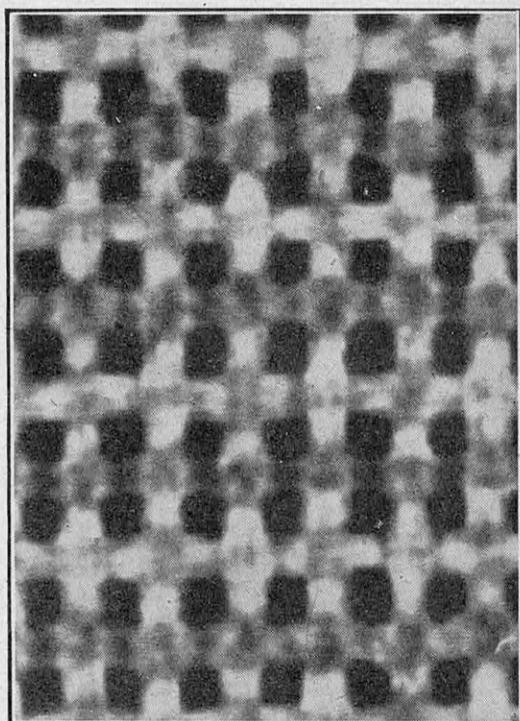
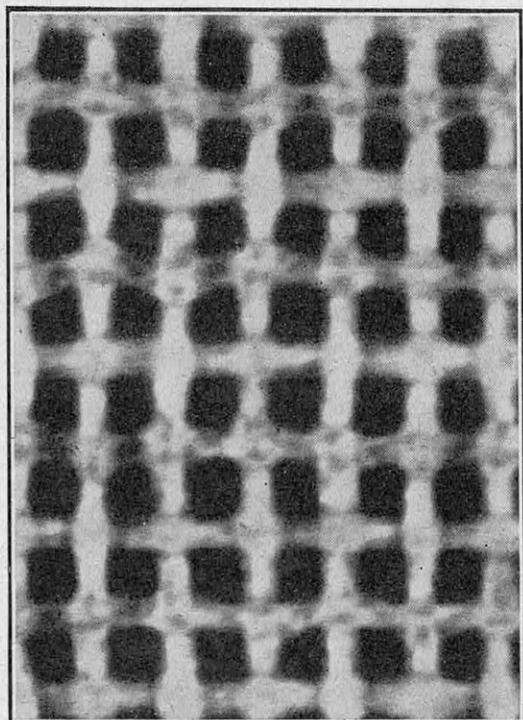


FIG. 3. — LES « SOIES » (CRIBLES TRÈS FINS POUR LE BLUTAGE) UTILISÉES EN MEUNERIE SONT TRÈS SENSIBLES AUX VARIATIONS DE L'ÉTAT HYGROMÉTRIQUE DE L'AIR

On voit ici (grossie quarante fois) une soie n° 100 dans l'air sec (à gauche), et dans de l'air saturé d'humidité (à droite), et on remarque la différence sensible des ouvertures dans les deux cas.

et la restitue aussi facilement dans un air sec.

Au moulin s'établit un échange continu d'humidité entre le blé et les produits de la mouture d'une part et l'air d'autre part. De ce fait, la farine, le son et les issues présentent des variations continuelles d'humidité.

Toutes ces variations empêchent la régularité de la mouture et influencent la perte par évaporation dont dépend le rendement total du moulin.

De même l'état hygrométrique de l'air a une action capitale sur le blutage. Les soies qui constituent les tamis servant au blutage sont, nous l'avons vu, très sensibles aux variations d'humidité. Les photographies (fig. 3) montrent les irrégularités résultant

de donner au personnel le maximum de bien-être, base du meilleur rendement. Cet aspect du problème a été, d'ailleurs, rendu obligatoire par un décret de novembre 1904, qui stipule que : « l'aération sera suffisante pour empêcher une élévation exagérée de la température ». Voyons maintenant les solutions adoptées. Elles serviront à la fois pour réaliser les meilleures conditions de travail et le confort.

Les conditions du bien-être du personnel

Les éléments qui agissent sur le bien-être de l'homme sont surtout d'ordre physique.

Ce sont : la température, l'état hygrométrique et la vitesse de l'air au contact du personnel. Tout le monde sait, en effet, que, pour une même température, la sensation de chaleur est d'autant plus forte que l'air est plus humide. Cela provient des échanges de chaleur qui se produisent par la surface des corps avec le milieu ambiant. Ainsi une atmosphère sèche favorise la transpiration, donc le refroidissement du corps, de même que les courants d'air. Rappelons que, si la température est donnée par le thermomètre, le degré hygrométrique est indiqué par le *psychromètre*. Cet appareil comprend

des sections des orifices et des interstices qui assurent une ventilation naturelle. On peut donc faire varier la hauteur de cette zone, au besoin en utilisant des ventilateurs. Il est même possible, en aspirant l'air à la sortie, d'élever cette zone jusqu'au toit, et, en l'insufflant à l'entrée, de l'abaisser jusqu'au sol. Dans le premier cas, toute la salle est mise en dépression ; dans l'autre, elle est mise en surpression.

Pour chauffer un atelier dont le toit est toujours assez élevé et comporte des ouvertures d'aération, il n'est guère possible d'envisager l'emploi de sources locales de chaleur,

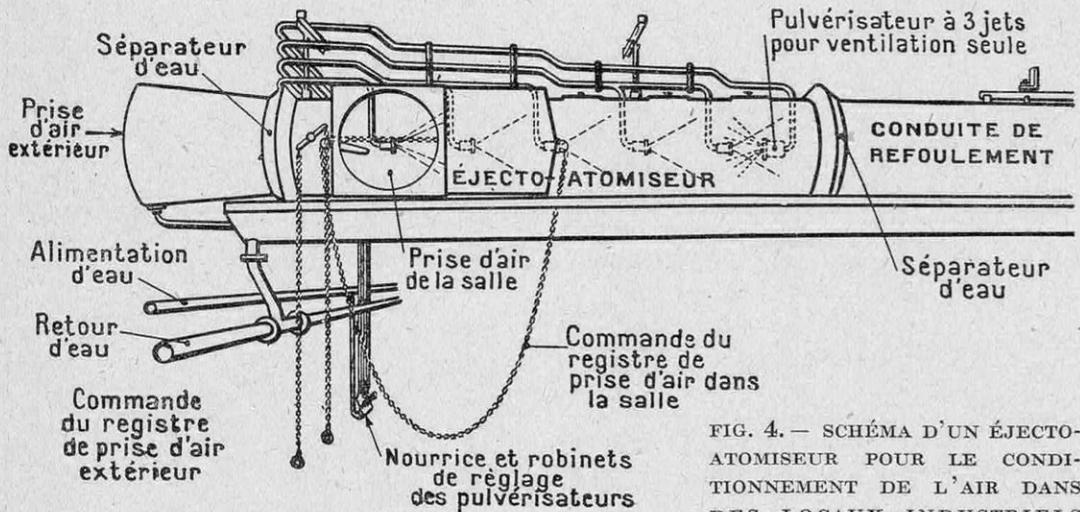


FIG. 4. — SCHEMA D'UN ÉJECTO-ATOMISEUR POUR LE CONDITIONNEMENT DE L'AIR DANS DES LOCAUX INDUSTRIELS

Par le jeu des prises d'air, à l'extérieur et dans la salle, on peut, avec cet appareil, soit produire à la fois l'humidification et la ventilation du local, soit l'humidification seule, soit la ventilation seule.

deux thermomètres identiques, l'un sec, le réservoir de l'autre étant entouré d'un linge ou d'un coton mouillé. L'évaporation refroidissant le second d'autant plus que l'air est plus sec, on a pu établir des tables donnant l'état hygrométrique en fonction de la différence des températures données par les deux thermomètres.

Comment chauffer les locaux industriels

Une expérience classique, faite à l'école primaire, démontre que si, dans une salle, la température est plus élevée que dans une salle voisine et si l'on ouvre la porte de séparation, l'air chaud de la première se rend dans la seconde par la partie supérieure, l'air froid rentrant, au contraire, par le bas. Il est donc évident qu'à une certaine hauteur, l'échange d'air est nul. C'est ce que l'on appelle la *zone neutre*. La position de cette zone dans un local industriel dépend de la répartition

car l'air chaud ainsi produit s'élève rapidement vers le toit, sans réchauffer tout le volume de l'atelier. On est donc amené logiquement à utiliser des appareils qui distribuent l'air chaud à une certaine vitesse, l'obligeant ainsi à se mélanger à l'air ambiant.

Ce mode de chauffage doit correspondre aux conditions suivantes : apporter au voisinage des parois verticales l'air chaud nécessaire pour compenser les pertes de chaleur ; réchauffer l'air froid pénétrant par les ouvertures ou interstices inférieurs du bâtiment ; répartir, sur toute la surface, les calories nécessaires pour lutter contre le refroidissement de la toiture. D'après ce que nous avons dit de la zone neutre, on voit qu'en insufflant l'air pris à l'extérieur et réchauffé on pourrait abaisser cette zone au sol, mettre, par suite, l'atelier en surpression et éviter ainsi toute rentrée d'air froid.

Mais il ne suffit pas d'apporter un certain nombre de calories et de demander, par

exemple, aux installateurs de garantir une température de 15° pour une température extérieure de -5° . La répartition de ces calories par éjection d'air chaud est autrement importante. Des aérothermes identiques (c'est le nom générique de ces appareils) peuvent donner des résultats totalement différents, suivant leur installation et leur mode d'emploi. Ainsi, pour un même appareil, si la température d'émission est de 50° pour -5° à l'extérieur, il faudra fournir moins de calories si la température exté-

le débit suivant cette quantité de chaleur.

Quant aux moyens utilisés pour la distribution des calories, ce sont toujours l'air chaud, la vapeur à haute ou basse pression ou l'eau chaude, comme dans toute installation de chauffage central.

Comment on réalise le « conditionnement » de l'air

Répetons-le, conditionner l'air, c'est assurer à l'atmosphère à la fois la température et le degré hygrométrique désirés.

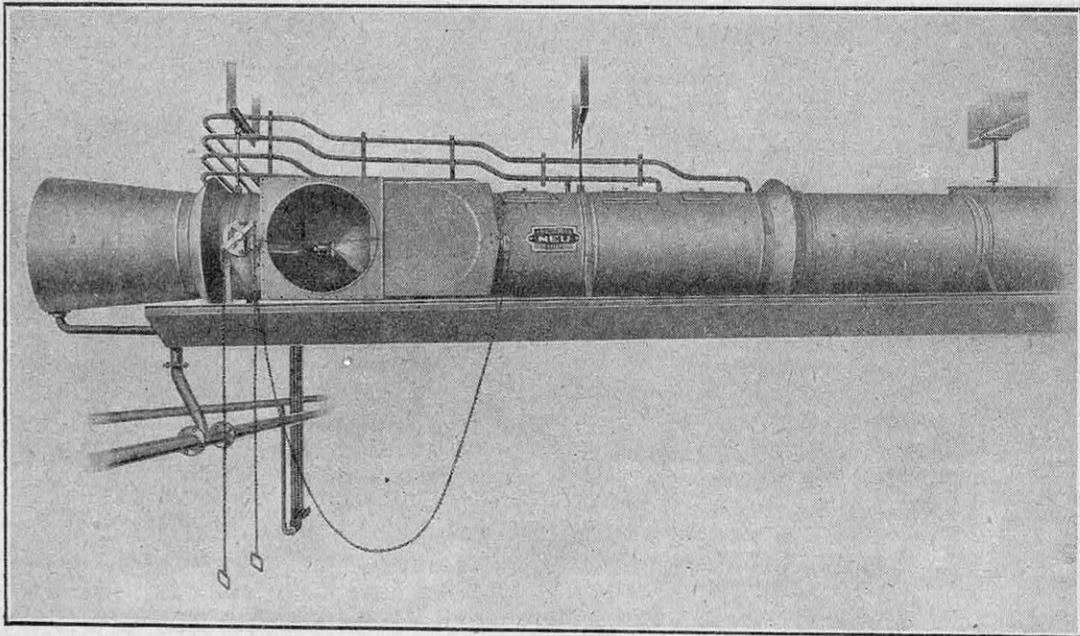


FIG. 5. — VUE EXTÉRIEURE D'UN ÉJECTO-ATOMISEUR

On aperçoit, par l'ouverture circulaire, un des jets de pulvérisation qui vaporise l'eau sous la forme de brouillard, dont les fines gouttelettes s'évaporent dans l'air en le rafraîchissant.

rieure s'élève. La direction des filets d'air changera, puisque l'air éjecté, moins chaud, montera plus lentement. Par conséquent, en un point où, dans le premier cas, les conditions étaient parfaites, on pourra ressentir un courant d'air désagréable dans le second cas. C'est donc par le nombre d'aérothermes que l'on devra régler l'installation, et non par la température de l'air insufflé. On peut obtenir, d'ailleurs, le même résultat en faisant varier à la fois la température de cet air et de débit de l'appareil, de façon à conserver aux filets d'air la même trajectoire. L'idéal est évidemment d'obtenir automatiquement ce réglage, d'une part, au moyen de thermostats faisant varier la quantité de chaleur fournie aux appareils selon la température extérieure et, d'autre part, au moyen de rhéostats commandant

Rappelons tout d'abord comment est obtenu ce résultat dans une grande salle de spectacle.

On fait passer l'air puisé à l'extérieur, de même que celui qui est repris en partie dans la salle, dans un laveur comportant des rampes de pulvérisation d'eau. Cette eau sature l'air d'humidité en même temps qu'elle lui donne la température voulue. A cet effet, elle est réchauffée en hiver et refroidie en été par un frigorigère. L'air saturé passe ensuite à travers un réchauffeur à vapeur, dont l'admission est automatiquement réglée par des thermostats placés dans la salle. L'air ainsi conditionné pénètre dans la salle par le haut, l'évacuation ayant lieu par le bas.

Voici maintenant comment on envisage le conditionnement de l'air dans l'industrie : on utilise pour cela des appareils fort ingé-

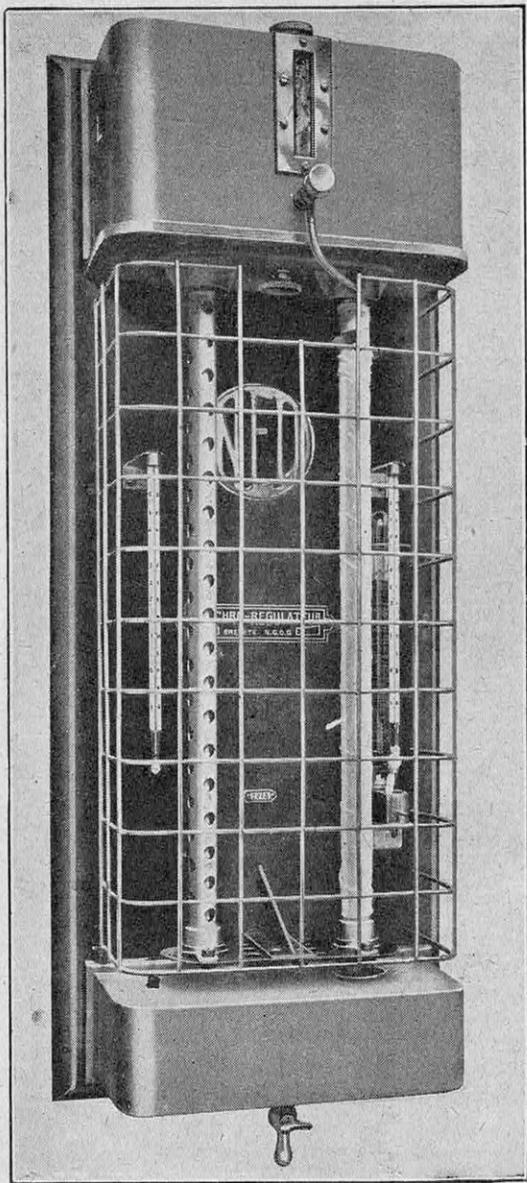


FIG. 6. — LE PSYCHROMÈTRE-RÉGULATEUR ASSURE AUTOMATIQUÉMENT UNE TEMPÉRATURE ET UN DEGRÉ D'HUMIDITÉ CONSTANTS

nieux, dénommés *éjecto-atomiseurs*. Leur principe consiste à mettre en œuvre de l'eau sous pression, pour produire, soit une humidification et une ventilation simultanées, soit, séparément, une humidification ou une ventilation.

Une pompe multicellulaire, accouplée à un moteur électrique ou commandée par courroie, dis-

tribue l'eau sous pression aux différents appareils répartis dans les salles. Cette eau sous pression est projetée sous la forme de brouillard, au moyen de pulvérisateurs spéciaux situés dans l'axe des appareils, qui aspirent l'air de l'extérieur. Cet air aspiré est brassé avec l'eau pulvérisée, de sorte qu'une partie de celle-ci *s'évapore instantanément* dans cet air en le saturant d'humidité et en lui enlevant les calories utilisées pour sa vaporisation, donc en le rafraichissant. L'eau en excès retourne à la pompe, qui la renvoie dans le circuit après filtrage.

Ainsi aucun appareil producteur de froid n'est nécessaire ici. Un gramme d'eau exigeant, pour se vaporiser, 0,6 calorie, l'abaissement de température produit dans un mètre cube d'air est de 2° par gramme d'eau ; en définitive, l'air est rafraichi d'environ 10° par rapport à l'extérieur.

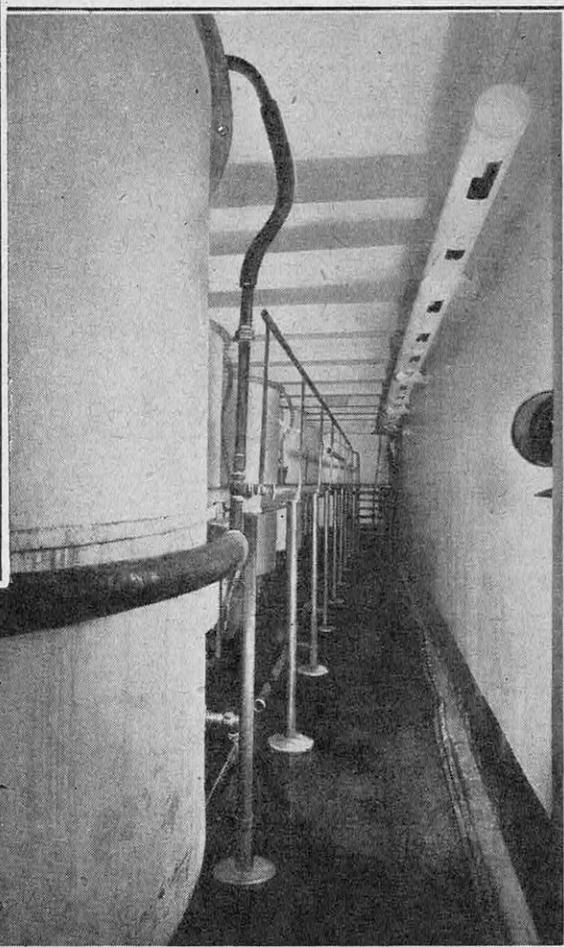


FIG. 7. — INSTALLATION DE VENTILATION DANS LES CAVES DE FERMENTATION D'UNE BRASSERIE

En haut, à droite, le tuyau de ventilation des caves.

Tel est le principe de l'éjecto-atomiseur. Voici comment peut être utilisé cet appareil (fig. 4) : si l'on veut produire à la fois une humidification et une ventilation, il suffit d'ouvrir le clapet de prise d'air à l'extérieur et de fermer la prise d'air dans la salle. Si l'on veut humidifier sans ventiler, on ferme, au contraire, la prise d'air extérieure et on ouvre celle qui communique avec la salle. Enfin, on peut ventiler sans humidifier. Pour cela, on ouvre la prise d'air extérieure, on ferme celle de la salle et on met en action un éjecteur spécial marchant à contre-courant. Ainsi, on aspire lente-

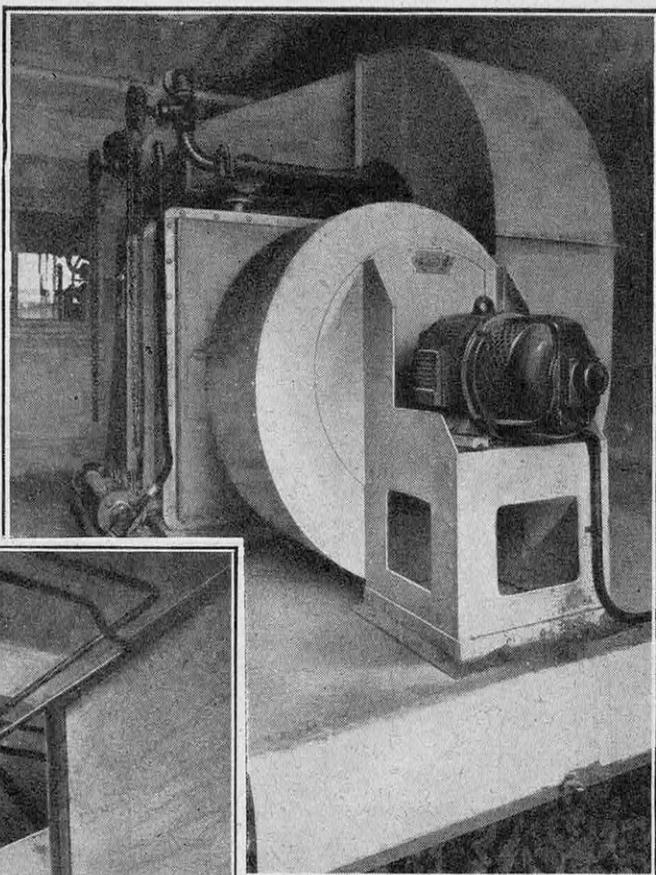


FIG. 9. — A LA FACULTÉ DE MÉDECINE ET DE PHARMACIE DE LYON, LES AMPHITHÉÂTRES BÉNÉFICIENT ÉGALEMENT DU CONDITIONNEMENT DE L'AIR. On voit ici le ventilateur, avec son moteur électrique, et la chambre d'humidification de l'air.

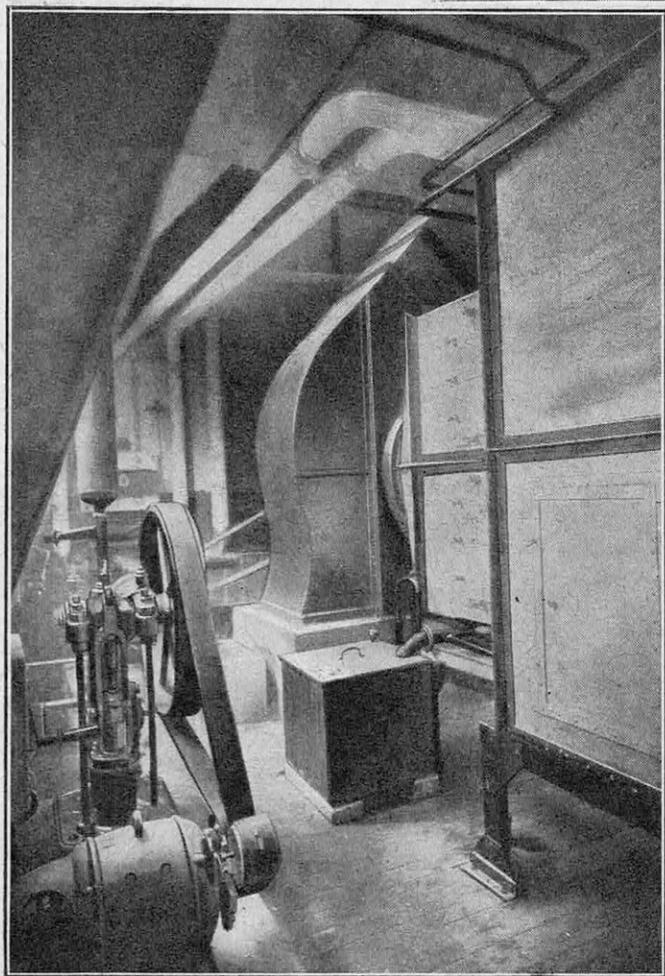


FIG. 8. - LE BUREAU DES CHÈQUES POSTAUX DE PARIS EST VENTILÉ ET RAFRAÏCHI PAR L'INSTALLATION CI-DESSUS. Au premier plan, à droite, la chambre d'humidification ; à gauche, la pompe à eau ; au second plan, le ventilateur.

ment l'air de la salle sur toute la longueur du tuyau et on refoule l'air humidifié vers l'extérieur.

Quant au chauffage de l'air, il est obtenu en adjoignant à l'appareil des aérothermes composés d'un ventilateur hélicoïdal et d'un radiateur alimenté par de la vapeur. Ainsi, l'air chaud est réparti dans toute la salle par la conduite de refoulement, enveloppe externe de l'éjecto-atomiseur.

Le réglage automatique du conditionnement de l'air

Nous avons vu, au début de cette étude, avec quelle rigueur

l'air devait être conditionné pour certaines industries. Nous avons vu comment des appareils bien conçus permettaient d'atteindre le but visé. Cependant, un point reste encore à élucider : comment assurer le réglage pour maintenir l'atmosphère dans les conditions requises ? Ce résultat a pu être obtenu grâce au principe suivant : remplaçons l'eau pure, qui mouille le thermomètre humide du psychromètre, par une

thermomètre sec. Si, maintenant, nous remplaçons les thermomètres par des thermostats très sensibles, l'action de l'un d'eux l'emporte suivant les cas ci-dessus, et leurs dilatations, amplifiées par un levier, agissent sur un relais commandant la mise en service du nombre d'éjecteurs voulu, pour donner à l'air le degré d'humidité correspondant à la tension de vapeur de la solution aqueuse employée dans le psychromètre.

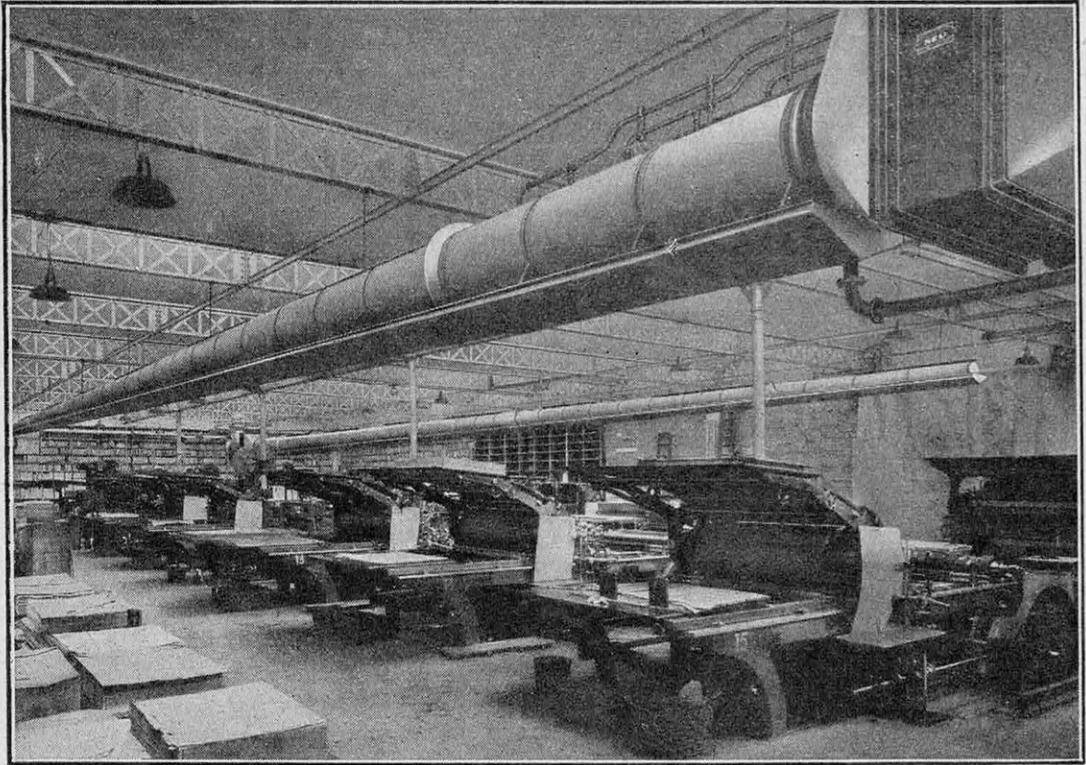


FIG. 10. — GROUPE DE DEUX ÉJECTO-ATOMISEURS RÉALISANT LE CONDITIONNEMENT DE L'AIR, DANS UN ATELIER DE LITHOGRAPHIE DE LILLE

solution aqueuse dont la tension de vapeur est inférieure à celle de l'eau pure (80 %, par exemple). Tant que l'air de la salle où se trouve l'appareil a un degré d'humidité inférieur à 80 %, la solution aqueuse s'évapore et la température indiquée par le thermomètre humide est inférieure à celle du thermomètre sec. Lorsqu'il y a égalité entre la tension de vapeur et le degré de saturation de l'air, l'équilibre s'établit, les deux thermomètres donnent la même température. Enfin, le degré d'humidité de l'air est supérieur à 80 %, le liquide mouillant le thermomètre absorbe de la vapeur qui, en se condensant, dégage de la chaleur, et le thermomètre humide monte plus haut que le

Quant au réglage de la température, il est également obtenu automatiquement au moyen d'un thermostat qui, par l'intermédiaire de relais, agit sur les prises d'air et les robinets de vapeur des radiateurs.

Ainsi, quel que soit le problème posé par l'industrie pour assurer le conditionnement de l'air indispensable, d'une part, à la bonne marche de l'exploitation, d'autre part, au bien-être du personnel et, par suite, au maximum de son rendement, les progrès de la technique de cette science relativement jeune permettent de lui donner une solution à la fois précise et économique.

JEAN MARCHAND.

GARY, MÉTROPOLIS AMÉRICAINE DE L'ACIER

Le plus grand trust métallurgique du monde

Par Robert CHENEVIER

Il y a seulement vingt-sept ans, s'élevait, sur la rive sud du lac Michigan (Etats-Unis), un petit village au milieu de dunes sablonneuses et de marécages. Mais bientôt, là, fut créée, en un an, une ville située à l'intérieur d'un rectangle de 11 kilomètres de long sur 10 de large. C'est la capitale de l'acier, Gary, du nom de son fondateur, Elbert-H. Gary, qui a groupé sous un seul nom, l'United States Steel Co, près de cent cinquante exploitations capables de jeter annuellement sur le marché plus de 22 millions de tonnes d'acier, soit les quatre cinquièmes de la production américaine! Près de 1.000 fours à coke absorbent quotidiennement 20.000 tonnes de houille, que des navires de 12.000 tonnes amènent par un canal de 2 kilomètres de long et de 80 mètres de large. Chaque jour, 144 tonnes de sulfate d'ammoniaque, 454.000 litres de goudron, 543.000 litres de benzol, 6.795 kilogrammes de naphthaline sont extraits du charbon (1). Douze hauts fourneaux géants produisent par an 3 millions et demi de tonnes de fonte, 1 milliard et demi de mètres cubes de gaz. Quant aux aciéries proprement dites, qui comportent cinquante-deux fours, elles fournissent par an 5 millions de tonnes d'acier. Ainsi, à ce roi de l'acier qu'était Carnegie avant la fondation de la prodigieuse United States Steel Co, a succédé le plus formidable groupement métallurgique que le monde ait encore jamais connu.

IL en va des peuples comme des individus. Ils ont leur courbe ascendante, leur pinacle, puis une courbe descendante. Les plus jeunes sont les plus forts. N'ayant pas à subir l'entrave des traditions, la contrainte du passé sous toutes ses formes, ils sont naturellement libérés et prompts à l'action. A défaut d'une expérience personnelle, ils disposent de l'expérience d'autrui. Et comme c'est, peut-être, la seule chose qui ne se commercialise pas, ils en usent sans réserve.

A ceux qui admettent ce postulat, l'essor américain ne présente plus rien de mystérieux. Si cette nation, qui compte à peine un siècle et demi d'existence, est, aujourd'hui, dans tous les domaines, la première de l'univers (2), c'est précisément en raison de son extrême jeunesse. L'Europe, aux yeux blasés, se rend mal compte de ce qu'il y a de spécifiquement fort dans le mot « américain ». Elle reviendra peut-être, d'ici un an, sur son insuffisance de compréhension, en face de cette confrontation mondiale que sera l'Exposition de Chicago.

Car c'est un fait : la maîtrise, en toutes choses, a passé l'océan. Elle n'est plus l'apanage de races fières de leurs origines grecques

ou latines. Elle est une conquête. Les États-Unis ont tiré de l'Europe ce qu'ils n'avaient pas et ce qui leur était nécessaire. Après quoi, ils ont construit leur vie, leur nation, leurs industries. Et, maintenant, c'est l'Europe qui prend des leçons.

Une des plus édifiantes parmi ces leçons est peut-être celle qu'offre l'histoire de la métallurgie américaine. Elle est symbolique de ce qu'on peut justement nommer « le génie américain ».

Trois usines en 1867...

La découverte de Bessemer date de 1855 ; celle de Thomas, de 1863. L'une et l'autre révolutionnent les conditions d'exploitation de la métallurgie et font du « pudlage » un anachronisme. La seconde permet la mise en valeur de gisements de fer phosphoreux et fait la fortune de l'Allemagne, détentrice, en 1871, du bassin de Briey. Sur-le-champ, les métallurgies européennes, à pied d'œuvre si l'on ose dire, adoptent les procédés nouveaux et délaissent les vieux outillages.

En 1867, soit douze ans après Bessemer, quatre ans après Thomas, la métallurgie américaine ignore encore la portée de la révolution due à ces deux hommes. Sur son immense territoire, trois usines Bessemer seulement s'espacent. C'est l'Angleterre qui

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 127, 133, 179.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 178, page 287.

fournit les besoins du pays en acier brut. Les États-Unis sont alors étroitement tributaires de l'Europe et ne figurent pas sur le marché mondial de l'acier.

Trente ans après, ils en ont la maîtrise. Pas à pas, ils ont refoulé la Grande-Bretagne de leur propre marché, conquis l'indépendance et engagé la lutte pour la conquête des marchés extérieurs. Ne produisent-ils pas, en effet, 10.180.000 tonnes d'acier en 1900, contre 6.650.000 tonnes à l'Allemagne et 4.900.000 tonnes à la Grande-Bretagne ?

Trente ans ! Se représente-t-on bien ce qu'est une telle période dans la vie d'une industrie ? C'est, au moment où débute si modestement la métallurgie américaine, presque le temps d'expérience d'un Schneider et plus que celui d'un Krupp. Trente ans ! Alors que, même à la veille de la guerre, la suprématie métallurgique n'était pas encore décisivement tranchée entre Armstrong, d'Angleterre, Skoda, d'Autriche, Krupp, d'Allemagne, Poutilow, de Russie, et Schneider, de France, le dernier venu américain, au titre orgueilleux de *United States Steel Corporation*, c'est-à-dire la « Corporation de l'acier des États-Unis », l'emportait sur tous ses rivaux. Quel vieux peuple eût osé une telle ascension ?

A la tête de ce mouvement d'une déconcertante impulsion, un homme, Carnegie, profondément américain, quoique de souche écossaise. En 1867, Carnegie n'est rien. Ouvrier tisseur, télégraphiste, secrétaire de directeur d'une compagnie de chemins de fer, la *Pennsylvania Railroad*, il erre d'emploi en emploi. En 1900, il est roi incontesté de l'acier, et quand, las de sa vie de labeur, il abdique toute activité industrielle, il vend ses aciéries 2 milliards et demi de francs d'avant-guerre, soit 12 milliards de francs, valeur actuelle. L'homme est à l'image de son industrie. Comme à elle, trente ans ont suffi à dresser une incroyable fortune.

Cette carrière éblouissante de Carnegie est celle de tous les grands Américains, Rockefeller, Edison, Elbert-H. Gary, enfin, qui lui succéda. Elle stupéfie autant par son imprévu et l'absence de toute préparation appropriée que par ses résultats. Elle n'est à aucune échelle, et son ordre de grandeur est sans réplique en Europe.

De la métallurgie, Carnegie ne sait rien. Il n'est pas technicien. Il ne sort d'aucune école. Mais il a du génie, le génie de l'anticipation. Un jour, il voit fonctionner un convertisseur Bessemer. Aussitôt, il a la vision des réalisations dont cette novation

technique ouvre le champ. Et, immédiatement, il entreprend la fabrication en grand de l'acier.

Certes, les conditions étaient favorables. Les chemins de fer commençaient à se développer ; les terres de l'Ouest, mises en valeur, révélaient aux Américains les immenses possibilités de leur territoire. Une véritable fièvre spéculative atteignait toutes les couches sociales. C'était la ruée vers la fortune, ruée collective, éminemment propice aux grandes entreprises.

A l'Est, et tout à proximité de Pittsburg, sont d'importants gisements de charbon qu'avoisinent des gisements de minerai de fer. Pittsburg apparaît donc à Carnegie comme étant le lieu géographique idéal. Il y construit ses premières usines et en fait l'Essen, le Creusot américain. L'ascension est rapide. Très vite, Carnegie comprend qu'en matière industrielle, la loi naturelle est la loi de concentration. Opérant dans un pays neuf, sur un terrain neuf, il a ses coudées franches. Etant le premier, il n'est pas gêné par des positions antérieures. Construire vite ne l'empêche pas de construire grand. Il édifie donc une société d'exploitation aux moyens immenses, la *Carnegie Steel Corporation*. Disposant de onze mille fours à coke, produisant à elle seule le cinquième de l'acier des États-Unis, elle contrôle, en outre, nombre d'autres firmes métallurgiques. Tout entier, le groupe représente les trois cinquièmes de la production métallurgique américaine, et les seules usines du district de Pittsburg jettent annuellement sur le marché 3.500.000 tonnes de lingots d'acier et 3 millions de tonnes de produits finis.

La naissance de l' « U. S. Steel Co »

Carnegie avait donné le signal. Il devait être suivi. Tandis qu'il produisait son colossal effort, une autre entreprise métallurgique se fondait. Elle avait nom : la *Federal Steel Corporation*, et son animateur était Elbert-H. Gary, homme de loi. Moins puissante que la *Carnegie Steel Co*, la nouvelle venue lui livra, cependant, une bataille commerciale acharnée, que renforça encore un antagonisme de conception entre les deux fondateurs.

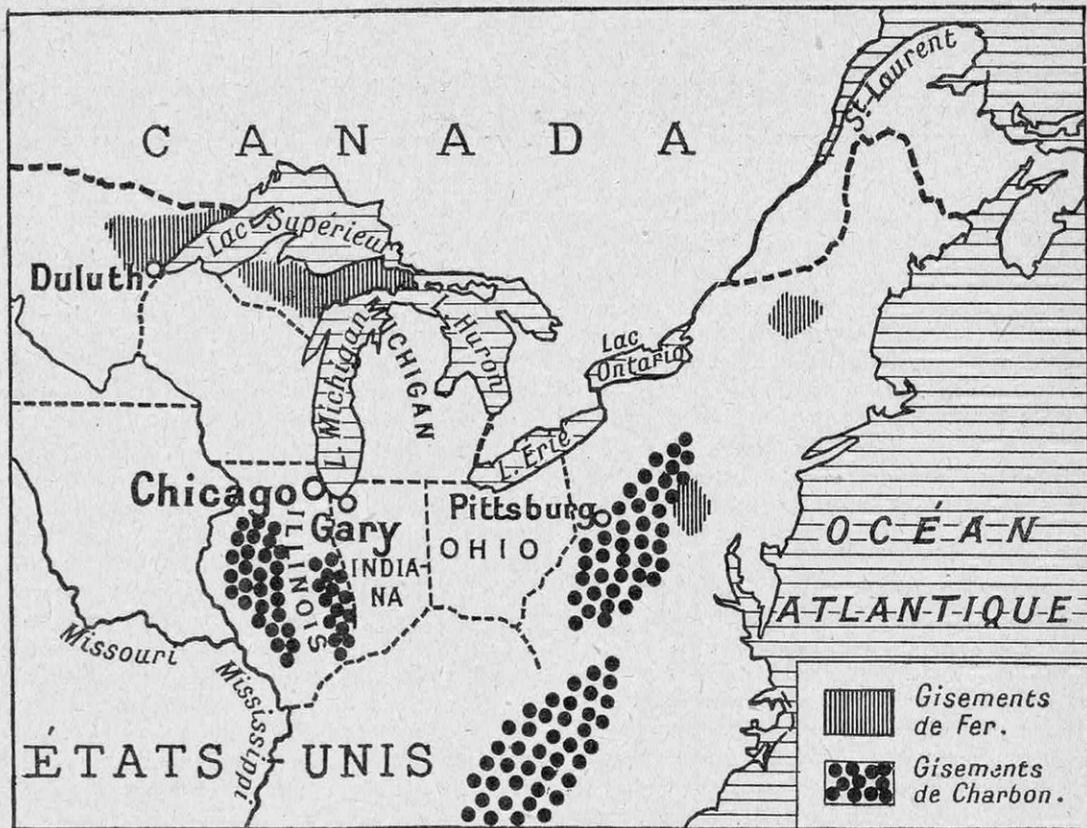
Carnegie concevait l'industrie de l'acier comme un domaine lui appartenant en propre et sur lequel il devait régner en maître absolu. Ce domaine, il l'avait créé. Il lui appartenait donc. Tout au contraire, Elbert-H. Gary, pressentant le rôle de la société anonyme et la force de la petite épargne, prétendait à construire une immense répu-

blique de l'acier, dont chacun serait copropriétaire par la détention d'actions, mais dont personne individuellement ne serait maître. Formule de société anonyme contre formule de société en commandite ou à participation. Principe démocratique contre principe autocratique.

En outre, alors que Carnegie n'admettait l'exportation que comme un exutoire de

son rôle, assis la métallurgie américaine, débarrassé le marché national de l'acier britannique. Sa politique avait donné son plein effet. Une autre devait être instaurée. Ainsi le veut la loi du progrès.

Sans doute, cet avènement eût-il été retardé, si les événements n'avaient point favorisé les visées d'Elbert-H. Gary. Livrée à ses seules forces, la *Federal Steel Co* eût



CARTE MONTRANT LA RÉPARTITION DES GISEMENTS DE FER ET DE HOUILLE AUX ÉTATS-UNIS

A proximité de Pittsburg se trouvent d'importantes houillères qu'avoisinent des gisements de minéral de fer. C'est l'endroit que Carnegie choisit pour bâtir ses premières usines, qui se développèrent avec une rapidité foudroyante. Gary, sur les bords du Michigan, au sud-ouest de Chicago, est une ville entièrement nouvelle; fondée il y a vingt-cinq ans, elle est devenue le centre de la production de l'acier aux États-Unis.

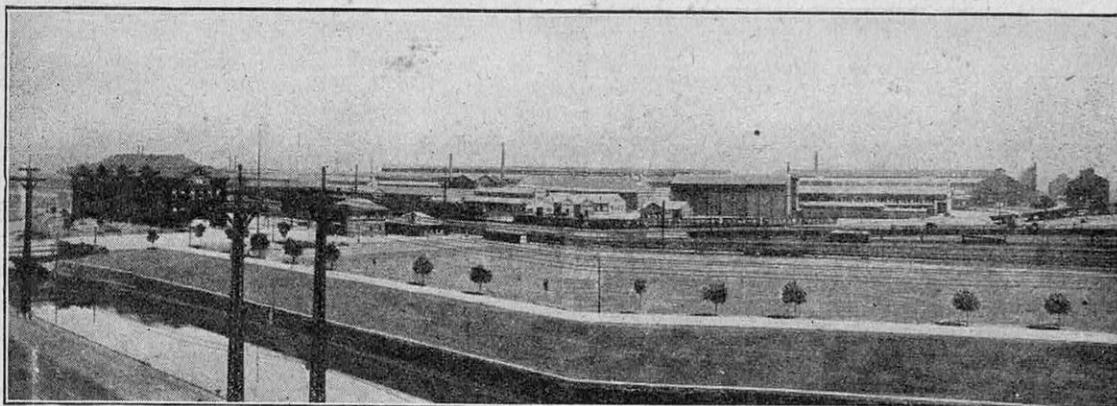
fortune, en cas de surproduction ou de sous-consommation, et limitait ses ambitions à la maîtrise du seul marché américain, Elbert-H. Gary prétendait se lancer hardiment à la conquête des débouchés étrangers et faire de la métallurgie américaine une grande industrie exportatrice.

Chacune de ces deux conceptions avait sa force convaincante. Mais, plus moderne, plus conforme à l'évolution, celle d'Elbert-H. Gary devait tôt ou tard l'emporter. Carnegie avait ouvert la voie et modelé ses ambitions sur ses possibilités. Il avait rempli

été impuissante à prendre barre sur la *Carnegie Steel Co* et à définir en maîtresse la politique américaine de l'acier.

Mais Carnegie vieillissait. Il était las de sa lutte industrielle, las surtout de cette concurrence acharnée que lui faisait son jeune rival et qui était préjudiciable autant à la tenue du marché de l'acier qu'aux intérêts des deux entreprises rivales. Il se résolut donc à vendre le formidable outil qu'en trente ans de labeur il avait forgé de toutes pièces.

Mais à qui vendre? Elbert-H. Gary lui-



VUE GÉNÉRALE DES USINES DE GARY, CAPITALE DE

La ville de Gary, consacrée entièrement à l'industrie de l'acier, est de construction relativement récente. sur 10. L'urbanisme et le modernisme y règnent en maîtres : 180 kilomètres de rues, 30 kilomètres de

même, quelque désir qu'il en eût, ne pouvait effectuer une telle opération. Seul, Pierpont Morgan, le richissime banquier, était à même de la financer.

Dès lors, ce fut autour du banquier un siège en règle de la part des deux rivaux : l'un, Carnegie, vendeur ; l'autre, Elbert-H. Gary, acheteur aux moyens financiers insuffisants. Pierpont Morgan étant réfractaire, Carnegie eut l'idée originale de l'amener à composition en entrant en lutte avec lui. Le financier avait de puissants intérêts dans une fabrique de tubes d'acier, la *National Tube Co.* Carnegie entreprit de fonder une firme rivale et d'atteindre ainsi celui qu'il voulait persuader. Ce fut en vain. Alors, poussant plus avant, Carnegie se résolut à faire échec à Pierpont Morgan sur un autre terrain. Celui-ci était propriétaire de la seule ligne de chemins de fer joignant Pittsburgh à la côte Atlantique. Cette ligne était alimentée par les aciéries de Pittsburg. Carnegie lui retira ce trafic en construisant une ligne parallèle.

Ce second moyen n'ayant pas démontré au financier la nécessité de traiter, Carnegie abandonna les démonstrations de force pour les négociations pacifiques. Sans doute, fut-il plus persuasif. Le 12 décembre 1900, à l'issue d'un dîner demeuré célèbre, Pierpont Morgan achetait la *Carnegie Steel Corporation* et en faisait apport à une société nouvelle à former, dans laquelle se fondrait la *Federal Steel Corporation*. Cette société nouvelle aurait nom l'*U. S. Steel Corporation* et aurait Pierpont Morgan à sa tête. Mais l'animateur, le maître réel de sa destinée, serait Elbert-H. Gary. Ainsi prenait fin la rivalité qui, depuis plus de

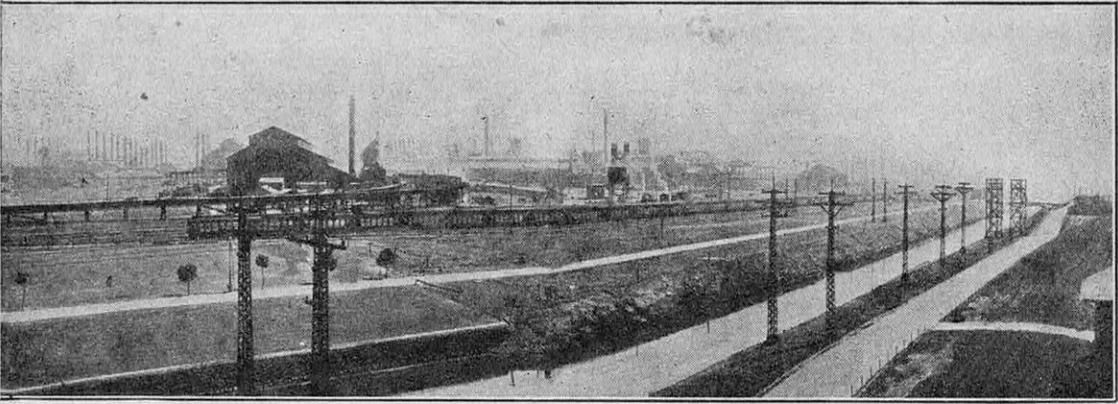
vingt ans, opposait l'un à l'autre les deux géants de l'acier.

L'*U. S. Steel Corporation* fut définitivement constituée le 25 février 1901, au capital de 1.100.000.000 de dollars actions et de 304.000.000 d'obligations, soit 7 milliards de francs d'avant-guerre et 35 milliards de francs valeur actuelle. En rémunération de son apport, Carnegie obtenait 303 millions de dollars d'obligations et 188.556.160 dollars d'actions, soit, ainsi que nous l'avons déjà dit, près de 2 milliards et demi de francs de 1913 et plus de 12 milliards de francs d'aujourd'hui. En 1900, de tels groupements de capitaux n'étaient guère communs. Aussi firent-ils sensation. De toutes les organisations industrielles du monde, la nouvelle *U. S. Steel Corporation* était la plus puissante par le capital investi. Elle en était aussi la plus complète et la plus rationnellement organisée.

L' « U. S. Steel Corporation », trust vertical et trust horizontal

Il y a trente-deux ans, la notion de trust vertical et de trust horizontal était, en Europe, une notion théorique, une vue de l'esprit. Aucune industrie de grande série n'avait eu la hardiesse de l'appliquer, hormis peut-être la *Badische Anilin*, qui l'avait faite sienne sur son échelle restreinte. Aux Etats-Unis, elle était une réalité, sur le mode colossal. L'*U. S. Steel Corporation* était un trust horizontal et vertical complet.

La constitution d'un tel trust implique l'indépendance absolue de tous les moyens de production intervenant dans les fabrications, et la même indépendance des moyens de vente. La première forme est dite verti-



L'ACIER, SUR LES BORDS DU LAC MICHIGAN (ÉTATS-UNIS)

Fondée en 1906, elle a été bâtie sur la rive sud du lac Michigan, sur un rectangle de 11 kilomètres boulevard la sillonnent en tous sens. Neuf parcs constituent des oasis de verdure pour les travailleurs.

cale, la seconde horizontale. Mais qui dit indépendance dit propriété : l'*U. S. Steel Corporation* sera donc propriétaire de toutes les installations industrielles et commerciales nécessaires à la parfaite réalisation de son objet social.

Ces installations sont d'autant plus considérables que l'*U. S. Steel Co* entend fabriquer tous les produits à base d'acier, depuis les clous, disait Elbert-H. Gary, jusqu'aux locomotives. C'est ainsi que, sous son pavillon, l'*U. S. Steel* groupera un grand nombre de firmes, parmi lesquelles nous relèverons : la *National Tube Co*, fabrique de tubes ; l'*American Steel and Wize*, fabrique d'acier étiré ; la *National Steel Co*, fabrique d'acier en lingots ; l'*American Tin Plate*, fabrique de plaques métalliques ; l'*American Sheet Steel Co*, fabrique de tôles et de matériel de fours à coke ; l'*American Steel Hope*, fabrique de jantes de roues ; la *Lake Superior Consolidated Iron Mines*, exploitation de gisements de minerai de fer et d'un important réseau ferré ; la *Coal Properties*, exploitation de gisements de charbon ; l'*Iron Ore and Zinc Ore Properties*, exploitation de transports ferroviaires, etc...

Manifestement donc, la construction est énorme. Est-elle disproportionnée ? Il ne le semble pas. Depuis trente-deux ans qu'elle existe, elle n'a donné que des témoignages de force. Elle a passé les crises sans faiblir. Et cette solidité met quelque peu à mal la thèse de certains auteurs sur la faiblesse organique des trusts. Par ailleurs, la conception politique d'Elbert H. Gary lui a été d'une incontestable utilité. En dispersant dans la masse américaine les actions, c'est-à-dire les titres de propriété de l'*U. S.*

Steel Co, son fondateur lui a donné des racines étendues et profondes. Au contraire, de la *Carnegie Steel Co*, dont le sort était étroitement lié à celui d'un homme, le nouveau trust a tellement de propriétaires que, pratiquement, c'est comme s'il n'en avait pas.

En outre, cette répartition démocratique des titres de propriétés est un frein aux ambitions que ses animateurs pourraient posséder. Impossible de profiter de la situation industrielle et commerciale de l'entreprise sur le marché pour écraser ce marché par une politique de hauts prix. Car si les actionnaires y trouvaient leur compte, les consommateurs, eux, seraient lésés. Or, actionnaires et consommateurs ne font qu'un, dans une très forte proportion.

Dès lors, on conçoit parfaitement que l'*U. S. Steel Corporation*, symbole de l'industrie métallurgique américaine, type parfait du trust vertical et horizontal, puisse résister à toutes les tempêtes économiques que la vie des groupements humains réserve aux industries. En fait, non seulement elle résiste, mais elle gagne en force et solidité. Aujourd'hui, le trust contrôle 149 exploitations capables de jeter annuellement sur le marché 22.350.000 tonnes de lingots d'acier, soit les quatre cinquièmes de la production américaine. Elle est propriétaire de 260.000 hectares de mines de charbon, de 112 navires, de 1.600 kilomètres de voies ferrées. Que sont, à côté d'un tel géant, ceux qui, à nos yeux d'Européens, paraissent eux-mêmes des géants, les Krupp, les Schneider ? Seuls, les Soviets tentent de rejoindre les États-Unis, dans l'ordre du colossal, en équipant toute une région au

pied du mont magnétique de l'Ouest. Mais leur essai n'en est qu'à ses débuts et ne permet pas de jugement.

Faisons donc le bilan :

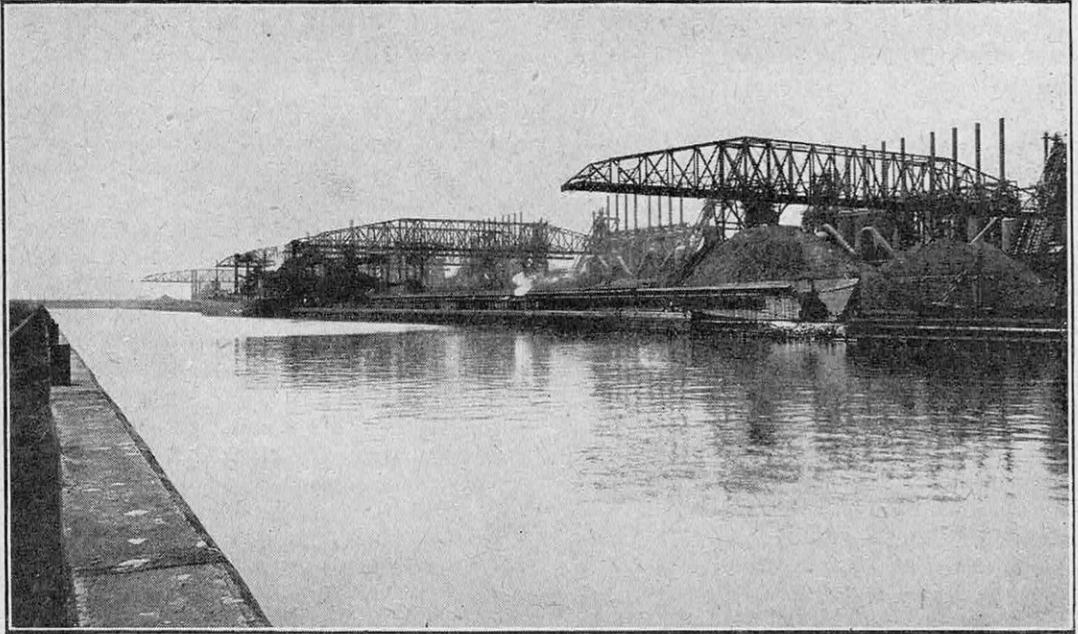
Il y a soixante-cinq ans, l'industrie métallurgique américaine n'existait pas, ne tenait aucune place dans le monde. Tout l'acier qu'elle consommait était frappé au coin de la marque *Made in England*.

Aujourd'hui, elle écrase l'univers de sa production. En 1930, ses usines ont craché

lac Michigan, légèrement au sud-ouest de Chicago, s'élevait un maigre village, « Pottowatomie », juché sur des dunes sablonneuses et entouré de marécages. Le bâtisseur le plus audacieux eût reculé. Pas de moyen d'accès, ni routes, ni chemins de fer, un pays désertique.

C'est là, cependant, que Elbert-H. Gary se décida à bâtir sa cité, la première et la seule encore du genre.

Car cette pointe sud du lac Michigan se



LE VASTE PORT SPÉCIALEMENT ÉQUIPÉ POUR LE DÉCHARGEMENT DES MINÉRAIS A GARY
Pour décharger les minerais amenés par bateaux sur le lac Michigan, il a été nécessaire de créer un canal artificiel de 2 kilomètres de long, susceptible de recevoir des cargos de 12.000 tonnes. Sept appareils électriques de manutention permettent de décharger ces cargos en quatre heures seulement!

31.600.000 tonnes de fonte, autant que la Grande-Bretagne (6.250.000), l'Allemagne (9.500.000), la France (10 millions), la Belgique (3.350.000) et le Luxembourg (2 millions 450.000) réunis.

La capitale de l' « U. S. Steel Corporation » : Gary

Une entreprise aussi mastodonte que l'*U. S. Steel Corporation* se devait d'avoir son symbole. Carnegie avait pris Pittsburg, ville existante, et en avait fait le centre de son activité. L'*U. S. Steel Co* fit mieux. Elle créa une ville de toutes pièces, la baptisa *Gary*, du nom de son fondateur, et en fit sa capitale.

La ville est née presque en même temps que l'entreprise. En 1905, sur la rive sud du

trouvait à égale distance de la région des minerais de fer du Nord et de la région de gisements de charbon du Sud. Elle était un lieu géographique idéal.

La décision prise, l'exécution ne tarde pas. Immédiatement, trois voies ferrées furent établies en direction de Chicago, trois voies ferrées nécessitant 82 kilomètres de route et l'apport de 455.000 mètres cubes de terre. Une rivière, le « Calumet River », venant du sud des gisements de charbon, fut approfondie et régularisée sur 3 kilomètres. Le sol marécageux ne permettant pas d'asseoir des fondations fut déporté : 10.920.000 mètres cubes de terre furent ainsi enlevés et remplacés par de la terre grasse de l'Illinois.

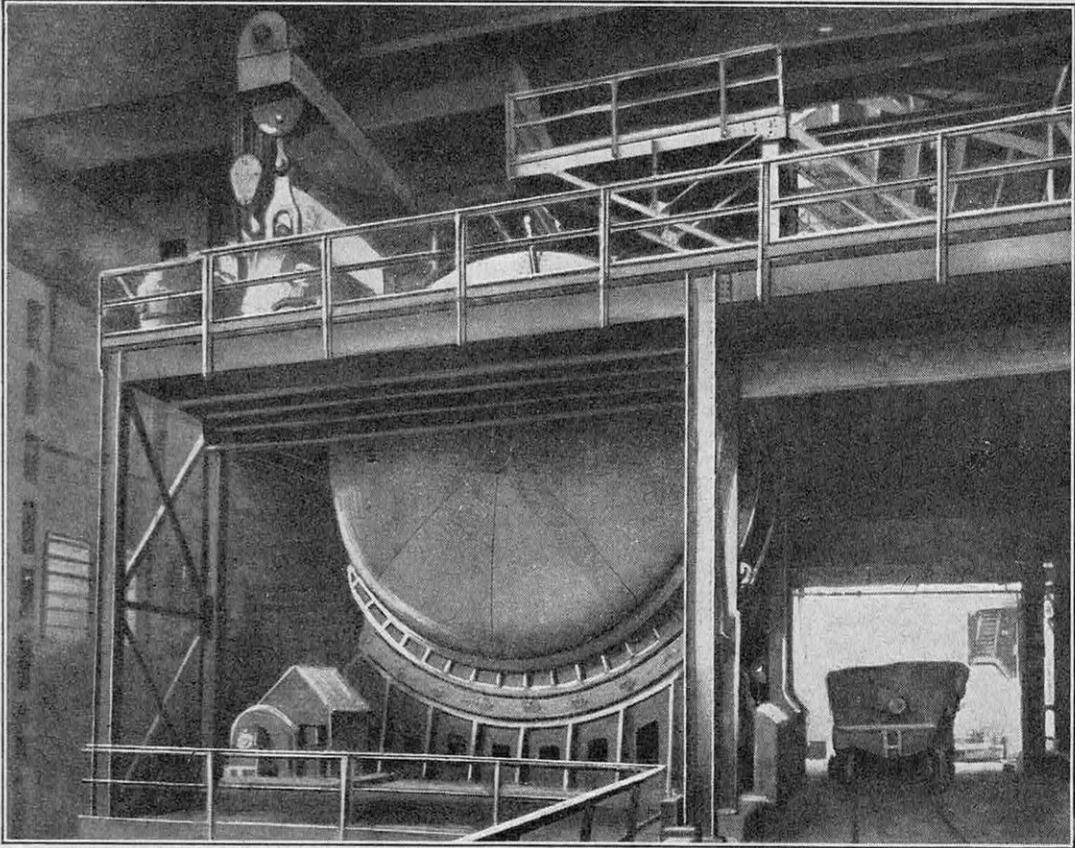
Puis s'élevèrent les constructions à l'intérieur d'un rectangle de 11 kilomètres de

long et de 10 kilomètres de large. En 1906, Gary était née.

Qu'on imagine un instant cette ville sans passé, où le modernisme et l'urbanisme sont maîtres ; où tout a été conçu de manière à harmoniser la vie familiale et la vie de l'usine, où les maisons sont standardisées, mais non stéréotypées, où 180 kilomètres de rues, 30 kilomètres de larges boulevards

sables au développement de la vie intellectuelle, jusqu'à la technique métallurgique et même le droit.

En matière d'urbanisme, d'aménagement économique de la cité, l'*U. S. Steel* a également accompli de véritables prodiges. C'est ainsi que l'approvisionnement d'eau est assuré par le lac Michigan. Mais, afin d'offrir à la consommation une eau irrépro-



MÉLANGEUR DE 1.200 TONNES POUR LES FOURS A ACIER A FOYER OUVERT

Les cinquante-deux fours à foyers ouverts de Gary ont, au total, une capacité de 5 millions de tonnes d'acier par an, installation unique au monde.

sillonent la ville en tous sens, et où, enfin, neuf parcs (dont l'un en bordure du lac Michigan, le Washington Park) réservent leur oasis de verdure aux travailleurs. Temples de danses, pavillons de sports, terrains de jeux, jardin zoologique, rien ne fait défaut. Le travail dans la joie.

Mais il y a plus. Gary est un véritable carrefour de races : on y rencontre des échantillons de tous les peuples. A leur intention, l'*U. S. Steel* a créé d'innombrables écoles où l'ouvrier apprend tout ce qu'il veut, selon la curiosité de son esprit, depuis l'anglais et les rudiments indispen-

chable, celle-ci est puisée dans le lac à 5 kilomètres des rives. Quant au gaz et à l'électricité, leur fourniture est assurée à bon compte par l'*U. S. Steel Co*, puisqu'elle est issue des sous-produits de la fabrication du coke métallurgique. Quotidiennement, les usines gazières de Gary et la vapeur nécessaire aux turbo-alternateurs des centrales électriques absorbent 13 millions de mètres cubes de gaz. Comme cette consommation est loin d'exiger tout le disponible du gaz produit par les usines et qu'il reste encore un solde de 28 millions de mètres cubes, ce solde est transporté à Chicago par « pipe-

line », où il assure la distribution en éclairage et force motrice.

Enfin, si tous les plans et devis de Gary ont été établis par les techniciens de l'*U. S. Steel Co*, la presque totalité des matériaux employés sont en provenance des différentes usines du groupe. Ainsi, le cycle est-il quasi complet. Ainsi, Gary est-elle réellement en propre la cité de l'*U. S. Steel*.

Gary, ville du feu

Mais, avant tout, par-dessus tout, Gary est la ville du feu. Elle a été créée dans ce but et dans ce but seul. C'est sur son territoire que s'élevèrent les principales installations industrielles du trust. C'est là qu'il a bâti ses hauts fourneaux, établi ses cokeries, situé ses usines de transformation. C'est de Gary que l'acier ruisselle journellement par milliers de tonnes hors des cuves gigantesques des convertisseurs.

Pénétrons donc dans ce fabuleux domaine. Pour l'édifier, pour construire toutes les cellules d'où jaillit aujourd'hui la vie intense du métal, des quantités énormes de matériaux et produits ont été utilisées : 825.000 mètres cubes de béton, 140.000 tonnes d'armature métallique et 200 millions de briques.

En bordure d'un canal artificiel de près de 2 kilomètres de longueur, 7 m 50 de profondeur et au moins 80 mètres de largeur, plus que le canal de Suez, de puissants déchargeurs électriques, d'une capacité unitaire de 3.000 tonnes par jour, attendent les navires aux flancs lourds de minerai ou de charbon. En quatre heures de temps, un navire de 12.000 tonnes met son chargement à quai.

A proximité des déchargeurs s'alignent les fours à coke au nombre de 976. Rangés en lignes parallèles, ils sont divisés en 14 batteries, dont 10 de 70 fours chacune, et 4 de 69. Quotidiennement, ils absorbent jusqu'à 20.000 tonnes de houille, donnant naissance à 74 millions de mètres cubes de gaz et permettant l'extraction journalière d'une gamme de sous-produits importante : 144 tonnes de sulfate d'ammoniaque, 454.000 litres de goudron, 227.700 litres d'huiles pour moteurs, 543.000 litres de benzol et 6.795 kilogrammes de naphthaline.

Malgré sa puissante capacité de consommation, Gary n'absorbe pas la totalité du coke produit : ses besoins en exigent seulement 67 %. Quant au solde, il est utilisé par une entreprise filiale, l'*Illinois Steel Co*.

Après le département du coke, vient celui des hauts fourneaux. Douze hauts fourneaux travaillent à pleine capacité de production, déversant annuellement, par leurs

goulottes, 3.500.000 tonnes de fonte en fusion et 1.500.000 tonnes de laitier, ou produit de fusion de la gangue du minerai. A ce rythme, leur débit en gaz est, par jour, de 3.900.000 mètres cubes, dont la majeure partie est utilisée au réchauffage.

Passons maintenant à l'aciérie proprement dite. Cette installation très considérable comporte cinquante-deux fours à foyer ouvert d'une puissance de production annuelle en acier de 5 millions de tonnes, installés dans cinq grands bâtiments. Trois de ceux-ci, d'une longueur de 150 mètres, d'une largeur de 60 mètres, hébergent chacun quatorze fours. Un quatrième renferme trois fours de 200 tonnes et trois convertisseurs Bessemer de 25 tonnes. Le cinquième bâtiment contient trois fours de 150 tonnes.

Les seuls hauts fourneaux de Gary ne pouvant suffire à l'alimentation de cette aciérie, celle-ci travaille la fonte des filiales les plus proches. Elle est donc un centre vers lequel convergent les productions des hauts fourneaux voisins. Et cela aussi est parfaitement logique et rationnel, car Gary, centre industriel métallurgique complet, comporte toutes les installations nécessaires à la préparation des différents types d'acier et de leur transformation de lingots bruts en produits semi-finis.

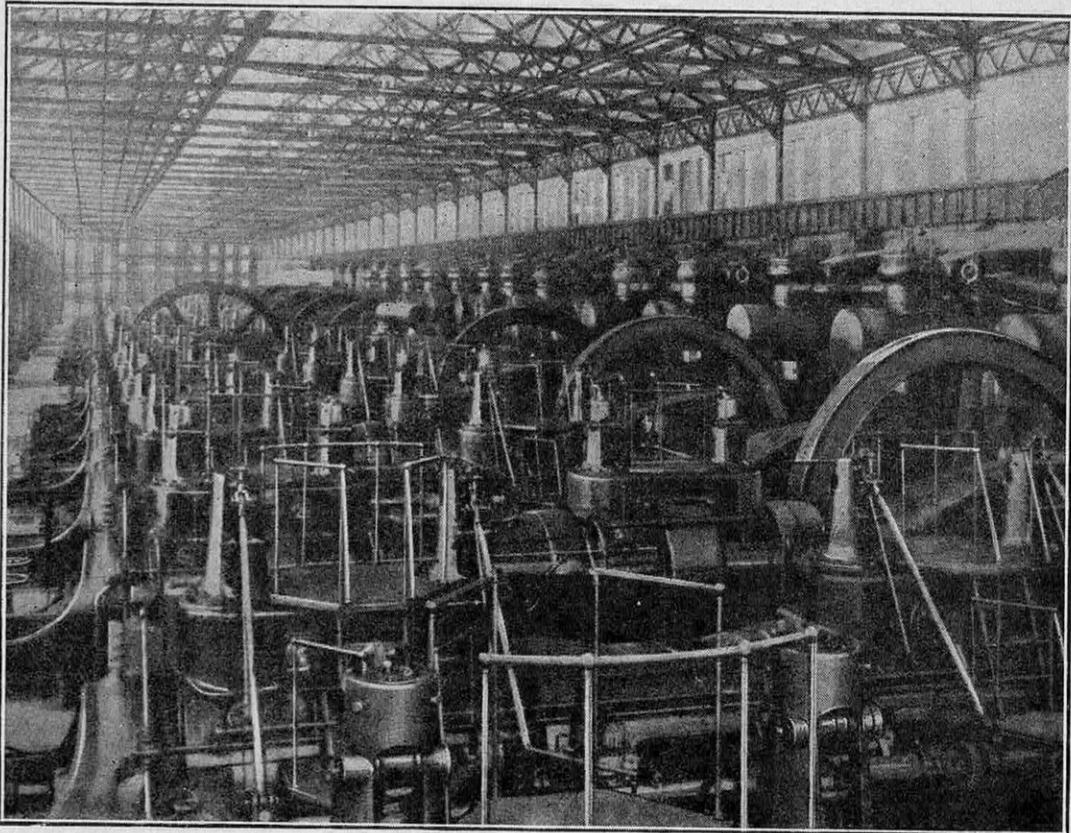
Aussi le département du laminage est-il particulièrement développé. Le laminoir à rails, mû par un moteur de 6.000 ch, peut débiter jusqu'à 1.200.000 tonnes de rails par an. Il ne comporte pas moins de dix-huit passes de métal entre les cylindres : les quatre premières passes étant des passes de « blooming », les cinq suivantes étant des passes de dégrossissage, et les dernières, des passes de finition. Ce laminoir est, du reste, célèbre en technique métallurgique, et, maintes fois, il a eu les honneurs de la description. Un autre laminoir débite 2.000 tonnes de billettes par jour. D'autres encore façonnent les poutrelles, les profilés, etc...

Bien évidemment, de telles installations industrielles absorbent, pour leurs besoins de production, des quantités énormes de produits. Pour la fabrication de l'acier, l'*U. S. Steel Co* tout entière a, en 1930, extrait de ses gisements personnels 24 millions de tonnes de minerai de fer et de manganèse, et 25 millions de tonnes de charbon. Elle a fabriqué 13 millions de tonnes de coke métallurgique, soit deux fois la fabrication française. En contre-partie, elle a jeté sur le marché 12 millions de tonnes de fonte, 16 millions de tonnes d'acier en lingots et 11 millions de tonnes de laitier.

Quant à Gary proprement dit, sa capacité d'absorption en produits de toute nature n'est pas moins grande. Annuellement, ses besoins exigent la fourniture de 1 million 500.000 tonnes de chaux et de spath-fluor, 100.000 tonnes de ferro-manganèse et de spath-fluor ; 60.000 tonnes d'acide sulfurique ; 40.000 tonnes de briques réfractaires et plus d'un million de litres d'huile de graissage pour moteurs.

Rien que cette marge d'accroissement est supérieure à la production française de fonte.

Dans ce formidable mouvement de progrès constant, l'*U. S. Steel Co* joue le rôle d'un guide et d'un animateur. Sa puissance organique, son caractère de trust vertical et horizontal complet, sa forte assise financière font d'elle l'organisme représentatif par excellence de la métallurgie américaine. Dotée d'une capitale, elle est un Etat dans



L'UNE DES PUISSANTES STATIONS DE MOTEURS A GAZ AUX USINES DE GARY

Gary est entièrement équipée électriquement. 334.000 ch sont fournis par des génératrices réparties en plusieurs stations. Ces génératrices, ainsi que des compresseurs, sont actionnés par des moteurs à gaz de 2.500 à 3.000 chevaux de puissance unitaire.

L' « U. S. Steel Co » domine la métallurgie mondiale

Depuis trente ans que l'*U. S. Steel Co* est fondée, sa position n'a fait que se fortifier et sa production augmenter. De cet affermissement, la métallurgie américaine tout entière a tiré des bénéfices.

En 1913, celle-ci produisait 30.970.000 tonnes de fonte ; en 1929, dernière année normale, avant la grande crise économique mondiale, elle en produit 42.610.000 tonnes, soit près de 12 millions de tonnes de plus.

L'Etat. Aussi parfaitement que possible, elle réalise ce que peut l'individualisme au service d'une œuvre collective. Car ce sont deux hommes et deux hommes seulement, Carnegie et Elbert-H. Gary, qui sont les auteurs de cette industrie prospère de l'acier. Les Etats-Unis leur doivent une partie de leur richesse et de leur valeur économique dans le monde. Mais, à son tour, le monde leur doit un grand exemple et une belle leçon. Jamais, en matière d'organisation industrielle, la maîtrise ne fut portée si haut.

R. CHENEVIER.

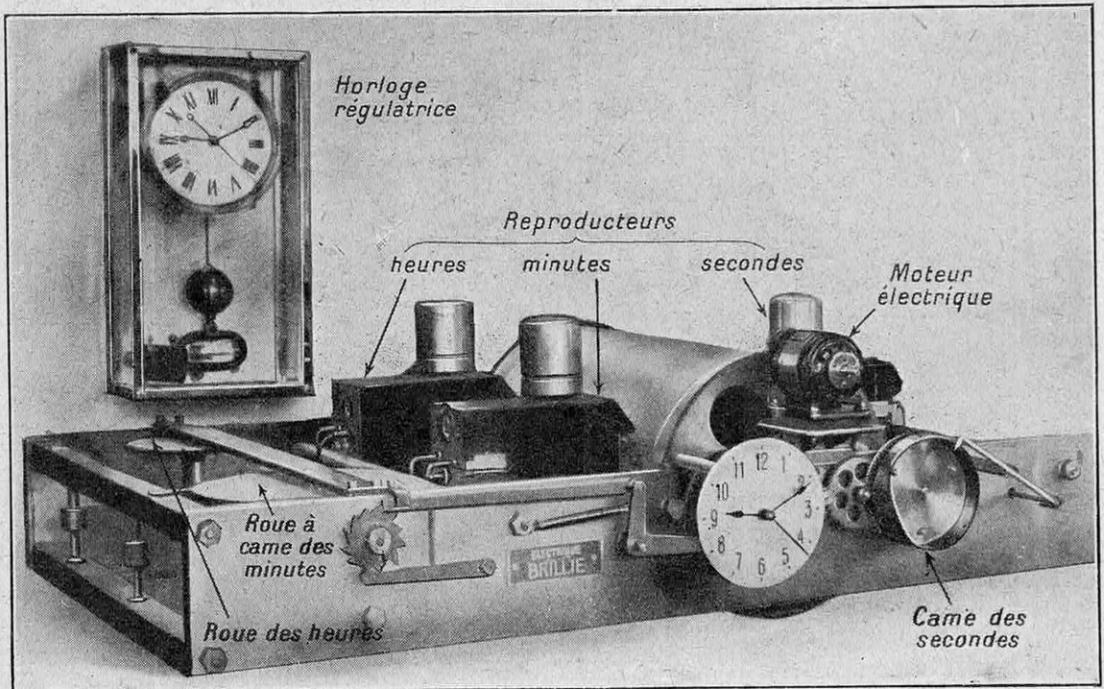
L'HORLOGE PARLANTE DE L'OBSERVATOIRE DE PARIS DISTRIBUE PUBLIQUEMENT L'HEURE EXACTE

Par Charles BRACHET

La distribution publique de l'heure exacte présente, dans la vie moderne, un intérêt tout particulier. Déjà, on sait que l'administration des P. T. T. a organisé un service spécial chargé de donner l'heure exacte aux abonnés qui en font la demande. On conviendra que le procédé ne permet pas d'atteindre toute la précision désirable. Aussi, M. Esclangon, directeur de l'Observatoire de Paris, a-t-il récemment mis au point un dispositif automatique donnant d'une façon permanente, à une seconde près, l'heure d'une horloge directrice de cet observatoire. C'est grâce à la cellule photoélectrique et à la lampe à trois électrodes que ce résultat a pu être atteint. Il suffira donc à l'abonné d'indiquer, avec son disque d'appel automatique, le numéro voulu, pour qu'il entende immédiatement l'heure exacte.

DEUX solutions techniques ont été apportées au problème de la distribution publique de l'heure. La première, réalisée par les ingénieurs de la maison d'horlogerie Brillié, a été déjà présentée par M. Es-

clangon à ses collègues de l'Académie des Sciences : c'est celle que nous allons décrire. La seconde, encore en instance de mise au point à l'heure où nous écrivons, est préparée par M. Edouard Belin. Nous la décrirons à son tour.



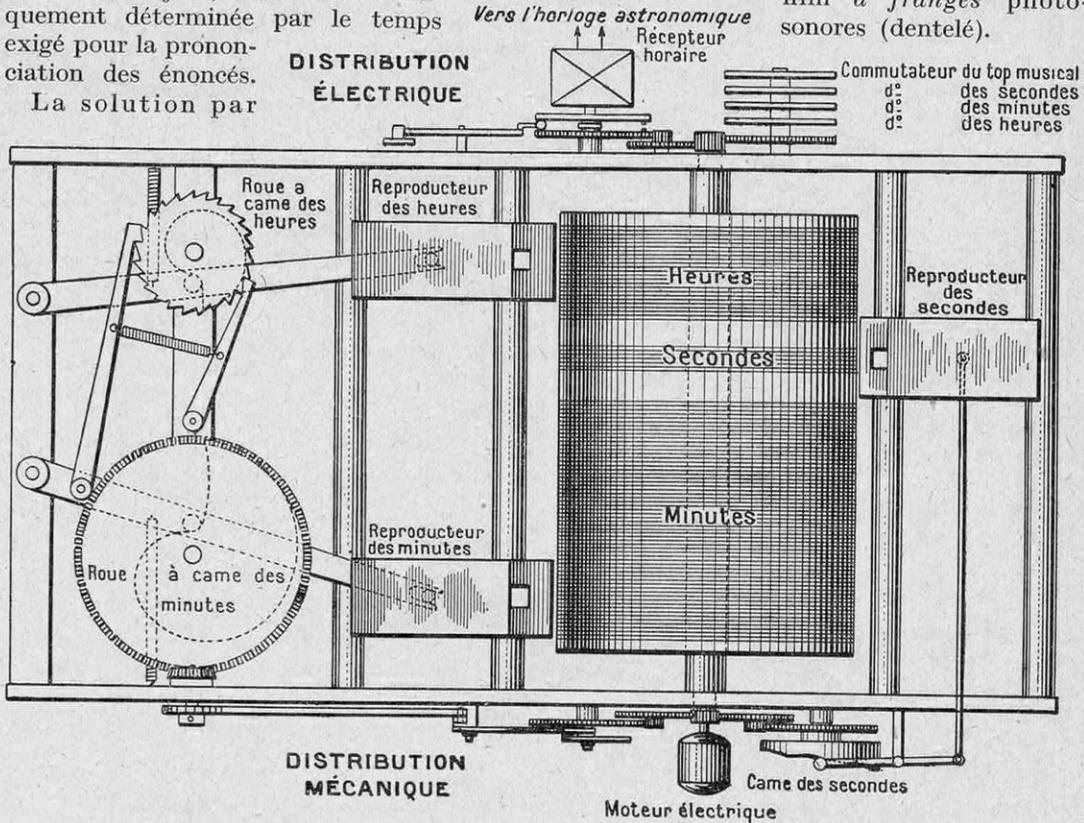
ENSEMBLE DU DISPOSITIF DE L'HORLOGE PARLANTE « BRILLIÉ »

On aperçoit, ici, les divers organes dont le schéma suivant indique l'exacte interconnexion. Au mur, l'horloge régulatrice, dont le pendule électromagnétique synchronise la rotation de l'ensemble par la voie du moteur électrique situé au premier plan, en même temps qu'il donne le « top » musical ponctuant avec précision la seconde annoncée par l'horloge parlante.

Faire parler une horloge n'offre, théoriquement, aucune difficulté : il suffirait, à la rigueur, de distribuer convenablement, sur la ligne téléphonique, une série de disques phonographiques tournant d'une manière continue en synchronisme avec une horloge directrice. Ains', l'horloge parlante jouerait le rôle d'un speaker donnant l'heure sans arrêt, nuit et jour, à une cadence uniquement déterminée par le temps exigé pour la prononciation des énoncés.

La solution par

mécanique. Ce support ne pouvait être qu'un disque ou un tambour. D'autre part, la traduction photosonore du film porteur des énoncés pouvait-elle être envisagée par le moyen ordinaire d'un faisceau lumineux modulé par la transparence variable du film interposé entre la lampe et la cellule? M. Belin l'a pensé : il a choisi pour cela le film à franges photosonores (dentelé).



SCHEMA DE FONCTIONNEMENT DE L'HORLOGE PARLANTE

Les films sont enroulés en trois séries, comme il est indiqué. Le moteur entraîne le tambour, en même temps que, par démultiplications convenables, il fait coulisser les divers reproducteurs — par l'intermédiaire de cames spéciales au mouvement de chacun d'eux. Un rochet transmet le mouvement, par saccades, à la roue des minutes chaque fois que la came des secondes a fait un tour complet. De même, à chaque tour complet de la roue des minutes correspond l'avance d'un cran de la roue des heures. En haut, la distribution électrique assurant, par des commutateurs appropriés, le branchement ordonné des énoncés de l'heure exacte et des « tops » musicaux sur le réseau téléphonique des abonnés.

disques doit être éliminée : la marche continue d'un phonographe à disques est délicate à réaliser. De plus, les disques s'usent trop rapidement. C'est donc le film parlant qui doit entrer en scène. M. Esclançon l'a indiqué tout de suite. Mais encore le déroulement perpétuel d'un film ne peut être envisagé comme il est exécuté dans le cinéma parlant : un film travaillant ainsi ne serait pas, lui non plus, inusable. Il fallait donc fournir au film un support tournant qui le soulageât de tout effort

MM. Brillé frères ont préféré adopter le film à bandes (dit à intensité variable). De plus, tandis que M. Belin utilise des disques de verre, MM. Brillé ont choisi la solution du tambour. Enfin, la traduction photosonore ne s'effectue pas par transparence, mais par « diffusion » lumineuse.

Il était, en effet, difficile d'installer dans l'axe d'un tambour supposé transparent le système d'éclairage destiné à impressionner la cellule photoélectrique. Le cylindre étant, au contraire, opaque (mais en métal

suffisamment blanc, en duralumin), si on enroule sur lui le film parlant, on peut obtenir la reproduction photosonore, comme l'indique notre schéma de la page 487. La lumière projetée sur le film par une lampe de cinéma à filament rectiligne et parallèle aux bandes filmées, d'intensité variable, est réfléchiée par ces bandes d'une manière diffuse, mais qui n'en comporte pas moins les mêmes variations d'intensité lumineuse que celles inscrites sur le film. Il suffit que la cellule photoélectrique (soigneusement isolée) reçoive l'impression de cette luminosité diffuse, pour qu'elle traduise au microphone (après les amplifications d'usage) la modulation photosonore. L'audition ainsi réalisée n'aurait pas, au haut-parleur, la netteté du cinéma parlant ordinaire, mais n'oublions pas qu'il s'agit d'un service téléphonique et que le téléphone demeure le plus sensible des instruments acoustiques. Les paroles de l'horloge Brillii sont donc mieux articulées, en fin de compte, que la bonne moyenne des conversations entre abonnés.

L'ordonnance des trois sortes d'énoncés concernant l'heure, la minute et la seconde est réalisée, dès lors, sans difficulté sur le tambour. Celui-ci tourne à raison d'un tour par deux secondes, temps suffisant à chaque espèce d'énoncé. Vingt-quatre films juxtaposés constituent la série des heures, et soixante, la série des minutes. Quant aux secondes, elles ne sont énoncées que par dix, ce qui réduit à six le nombre des films nécessaires. Dix secondes, en effet, c'est le temps qu'exige la prononciation de la phrase complète.

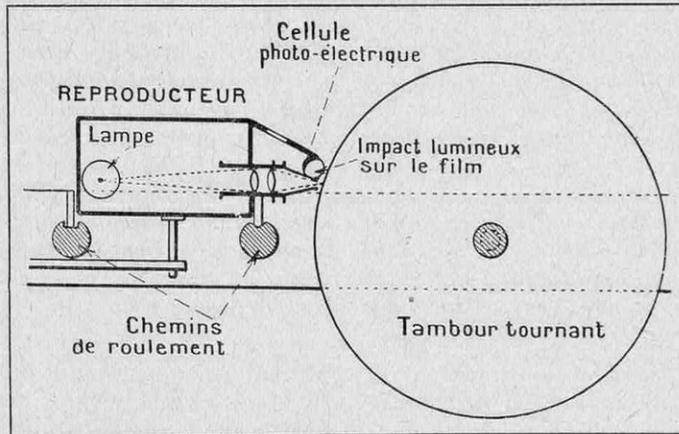
Sitôt après le passage de chaque film concernant la dixième, la vingtième, la trentième, etc., seconde, l'horloge directrice déclenche un top musical, qui marque l'ins-

tant précis relatif à l'énoncé qui précède.

La réalisation mécanique de l'appareil est expliquée par le schéma ci-de sous.

Trois reproducteurs photoélectriques sont affectés spécialement aux trois sortes d'énoncés. Montés sur des chariots et sur chemins de roulements, ils parcourent le front des films horaires, des films à minutes, et des films à secondes, suivant le mouvement que leur imprimant des leviers actionnés par des cames.

L'ensemble du mécanisme est animé par un moteur électrique à rotation rigoureusement uniforme et constante, que contrôle l'horloge astronomique chargée de la régulation.



DÉTAIL DE LA REPRODUCTION PHOTOÉLECTRIQUE

Le film défile devant la cellule photoélectrique, qu'il éclaire par réflexion diffuse de la lumière transmise par le système optique de la lampe éclairante (à filament rectiligne, vue ici en bout).

Le reproducteur des secondes défile ainsi par saccades, que lui imprime une came à six paliers. A chaque course complète de ce reproducteur, un déclie imprime une avancée du reproducteur des minutes. Quand celui-ci a terminé sa course de soixante paliers, la came

spéciale qui le meut le ramène au point initial et, du même coup, déclenche l'avancée d'un cran du reproducteur des heures : une simple roue à rochet à vingt-quatre crans suffit pour assurer cette dernière translation.

Parallèlement à cette distribution mécanique, existe, naturellement, une distribution électrique dont les commutateurs-sélecteurs assurent l'envoi dans le réseau téléphonique, suivant l'ordre logique des trois énoncés (heures, minutes, secondes) ainsi que du top musical fourni par la pendule.

Ainsi le problème posé se trouve complètement résolu : quiconque voudra bien téléphoner à l'Observatoire (où l'installation du système est imminente) recevra la communication désirée. L'horloge parlante ainsi établie apparaît d'une robustesse à toute épreuve et ses films défont toute usure.

CHARLES BRACHET.

LES NOUVEAUTÉS DE LA TECHNIQUE DU BÉTON : VIBRATION ET PERVIBRATION

Par Jean GUEYDON DE DIVES
INGÉNIEUR DES PONTS ET CHAUSSÉES

Le béton, armé ou non, est certainement le matériau le plus employé actuellement pour l'édition des immeubles et des ouvrages d'art. Cette vogue justifiée est due, on le sait, à sa résistance remarquable, qui permet d'alléger, dans de notables proportions, toutes les constructions. Toutefois sa mise en œuvre exige, pour donner toute garantie de sécurité, un dosage assez précis des éléments qui le constituent et un « tassement » convenable, pour lui conférer l'homogénéité, la résistance et l'étanchéité nécessaires. Depuis quelque temps, on utilise pour cela un procédé à la fois simple et efficace, qui consiste à soumettre le béton à des vibrations, soit superficielles (béton vibré), soit internes (béton pervibré). De même, la « désaération » du béton, bien qu'encore à l'étude, lui apportera sans doute un maximum de « compacité » lorsque le procédé sera mis au point. Enfin, l'organisation même des chantiers de bétonnage a reçu de nombreux et nouveaux perfectionnements (distribution par gravité, par tapis roulants, etc.), qui ont permis d'édifier, dans le minimum de temps, les ouvrages les plus importants, comme les grands barrages modernes qui contribuent à équiper les forces hydroélectriques d'un pays.

CHACQUE jour s'étend le domaine du béton et du béton armé dans la construction moderne. Que ce soit dans le bâtiment ou dans la construction de barrages, de ponts ou de chaussées durables, sa technique se perfectionne à mesure que s'en développe l'emploi.

Le temps n'est plus où le maçon gâchait son mortier à la pelle par petites quantités ; il faut aujourd'hui faire mettre en œuvre, par des ouvriers aussi peu spécialisés que possible, de grosses masses d'un béton possédant toutes les qualités indispensables à un bon matériau de construction, c'est-à-dire : l'homogénéité, la constance des propriétés d'un point à un autre de l'ouvrage à construire ; la résistance, et, enfin, l'étanchéité, indispensable pour certaines catégories d'ouvrages (barrages, par exemple). Longtemps, ces qualités n'ont été obtenues que par un choix judicieux des matériaux (pierres, sables et graviers, ciment) entrant dans la composition du béton, et par un dosage étudié avec soin de ces divers éléments, dosage contrôlé dans tous les chantiers importants par un laboratoire installé à cet effet ; aucun procédé de mise en œuvre ne peut remplacer l'étude de la composition granulométrique des matériaux et de leur dosage...

Les dosages, consacrés par l'expérience,

varient, bien entendu, suivant qu'il s'agit de béton ordinaire (gros béton) ou de béton destiné à enrober des armures métalliques (béton armé), dont les éléments seront plus petits ; ils varient également, suivant la nature et la destination du travail, le béton gras ou très gras étant utilisé dans les ouvrages coulés sous l'eau, les radiers, les réservoirs sous pression, et le béton maigre servant au remplissage. Sans préciser davantage ces notions bien connues de tout le monde, rappelons simplement pour mémoire que le chiffre de 250 kilogrammes de ciment Portland par mètre cube de béton correspond à peu près à un béton ordinaire, ni gras, ni maigre.

Voici que depuis quelques années se perfectionne une technique améliorant les qualités du béton dans une proportion telle qu'elle en fait presque un matériau nouveau ; il s'agit de la technique des bétons vibrés et pervibrés.

Vibration et pervibration du béton

Sans négliger l'étude soignée des liants, des pierres, sables et graviers, non plus que celle des dosages et de la granulométrie de ces différents éléments, les procédés de vibration et pervibration permettent, toutes choses égales d'ailleurs, d'obtenir des bétons plus homogènes et plus résistants : ils en

augmentent la *compacité*. Depuis les premiers temps du béton, c'est par le pilonnage que l'on réalise le tassement des matériaux, procédé peu efficace et coûteux, car il exige de la main-d'œuvre ; pour aider au tassement, l'ouvrier donne des coups de manche d'outil sur les coffrages, car il a observé que des chocs répétés favorisent beaucoup le tassement du béton.

Telle est l'origine de la vibration extérieure des coffrages, dont les premiers essais systématiques furent effectués en 1917 par M. Freyssinet, que des résultats très probants ont convaincu de la nécessité absolue de la vibration pour obtenir un bon béton. Sous sa forme originale de vibration extérieure de coffrages, ce procédé a fait ses preuves, ainsi que l'attestent les hangars d'Orly, les ponts de Plougastel et Saint-Pierre-du-Vouvray, le pont Lafayette, à Paris.

Malheureusement, s'il est très intéressant pour des ouvrages de petite section, tels que des arcs en béton armé, des pieux, etc., ce procédé est d'un emploi moins efficace pour les ouvrages massifs tels que barrages, culées de ponts. La fixation des vibrateurs sur les coffrages présente quelques sujétions ; enfin, il produit un ébranlement préjudiciable aux coffrages, surtout depuis le développement des coffrages métalliques dont la vibration fait sauter les rivets.

Deux brevets relativement récents complètent aujourd'hui les procédés de vibration extérieure des coffrages : le premier est le procédé de *vibration superficielle* ; il consiste à promener sur la surface du béton une plaque portant un ou plusieurs vibrateurs et s'applique aux ouvrages de grande surface et faible épaisseur, tels que routes, radiers, planchers.

Le deuxième, connu sous le nom de *vibration interne* ou *pervibration*, consiste à immerger un flotteur vibrant ou pervibrateur dans la masse même du béton. Le principe sur lequel s'appuie ce procédé vaut la peine d'être noté : le béton, même confectionné avec très peu d'eau, se comporte comme un liquide lorsqu'il est mis en vibration par un procédé quelconque, en sorte qu'un corps de densité inférieure à celle du béton pénètre

dans le béton vibré comme dans un liquide et s'y comporte comme un flotteur ; si la vibration cesse, le béton se bloque autour de l'objet qu'on ne peut plus alors retirer.

On voit immédiatement les avantages sur la vibration extérieure d'un procédé qui consiste à immerger des flotteurs vibrants dans le béton :

1° Possibilité de mettre en vibration toute la masse du béton ;

2° Suppression des sujétions relatives à la bonne tenue des coffrages et à la mise en place des vibrateurs ;

3° Remontée automatique du vibrateur au fur et à mesure de la mise en place du béton, puisque le vibrateur se comporte comme un flotteur et, par suite, diminution de la surveillance et de la main-d'œuvre spécialisée.

En résumé, la vibration du béton peut être obtenue aujourd'hui par trois procédés : *vibration extérieure* ; *vibration superficielle* ; *vibration interne* ou *pervibration*. Ce dernier est de tous le plus efficace et on l'emploiera toutes les fois que la disposition des armatures permettra l'utilisation des appareils.

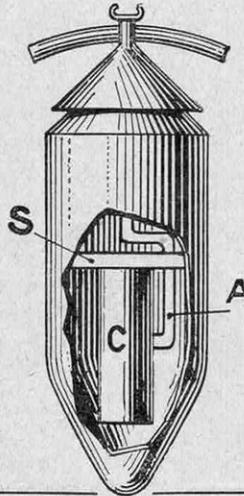


SCHÉMA D'UN PERVIBRATEUR DE BÉTON MU PAR L'AIR COMPRIMÉ

L'air comprimé, arrivant par le tube A, est distribué dans le cylindre C, alternativement, au-dessus et au-dessous de l'organe vibrant. L'ensemble est enfermé dans un corps en tôle, qui reçoit les vibrations par le support S et les communique au béton.

Les avantages du béton vibré et pervibré

Précisons maintenant quels sont, sur le béton non vibré, les avantages du béton vibré ou pervibré. Ces avantages participent tous, plus ou moins,

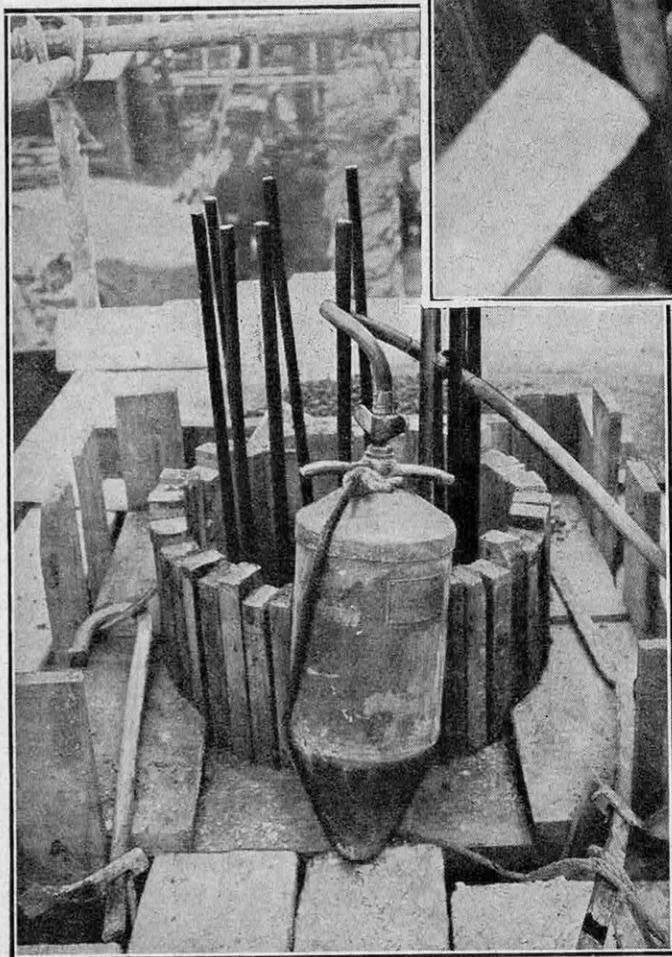
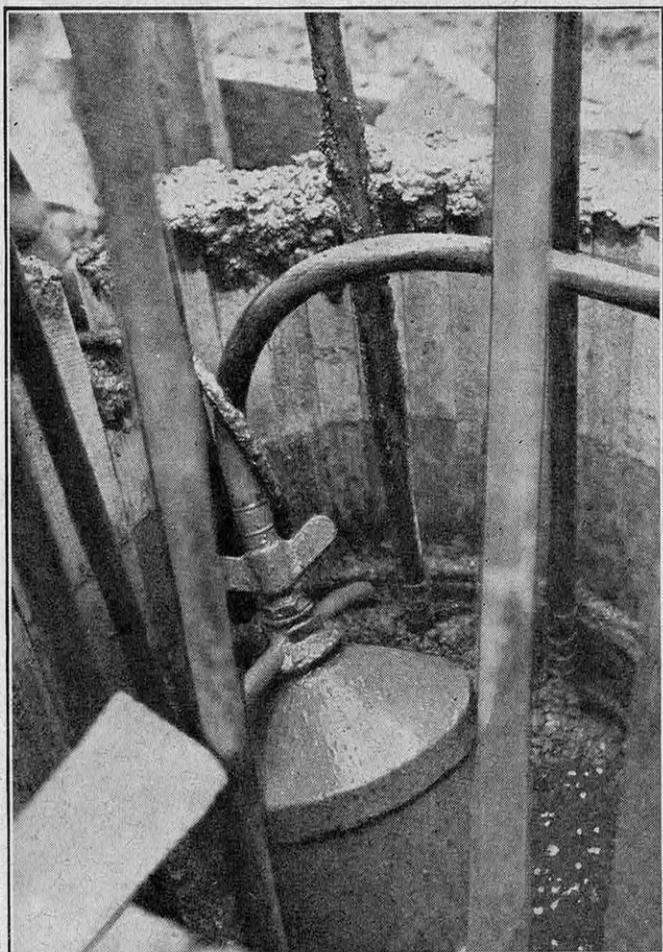
de l'augmentation de *compacité* du béton vibré ou pervibré : alors qu'un béton de fabrication courante, dont on a étudié attentivement la granulométrie et soigné le pilonnage, atteint difficilement une compacité de 75 % (le volume des vides étant, par conséquent de 25 %), un béton pervibré a aisément une compacité de 85 %. Le volume des vides est ainsi réduit de 40 %. Il en résulte, pour le béton vibré, les qualités suivantes :

1° *Étanchéité*, conséquence directe de l'augmentation de compacité, qualité indispensable dans tous les travaux de barrages, de fondation, ainsi que pour les travaux faits en eaux salines ou séléniteuses qui attaquent les liants ;

2° *L'homogénéité* absolument parfaite du béton. La vibration, en effet, élimine l'eau non combinée et l'air, ces deux ennemis de l'ingénieur

3° *La résistance* s'accroît avec la compacité, ce qui permet, soit de réduire le dosage du ciment, sans diminuer la résistance, soit d'obtenir, à dosage égal de ciment, une résistance supérieure ;

4° *La constance*. Alors que les essais de résistance à la compression et à la flexion et les essais de densité effectués sur des éprouvettes de béton non vibré, prélevées en divers points d'une même construction, donnaient des résultats assez peu réguliers, les mêmes essais effectués sur des bétons vibrés donnent des résultats beaucoup plus concordants ; cette constance est particulièrement remarquable avec le procédé de pervibration, dont l'automatisme est la garantie la plus sûre contre les discor-



VUE D'ENSEMBLE DU PÉRVIBRATEUR A AIR COMPRIMÉ

LE PÉRVIBRATEUR EN ACTION
L'appareil remonte de lui-même à mesure que s'élève la couche de béton, comme un flotteur dans un liquide. On admet que son rayon d'action est le double de son diamètre.

dances qui peuvent résulter de la mise en œuvre du béton par des ouvriers différents. Cette qualité des bétons pervibrés est particulièrement intéressante, parce qu'elle permet de *réduire les coefficients de sécurité* ;

5° *La densité* s'accroît aussi avec la compacité, comme l'indiquent les chiffres approximatifs suivants. 1 mètre cube de béton mis en œuvre exige :

1.200 litres de matériaux non vibrés ;

1.300 à 1.400 de matériaux vibrés ;

Jusqu'à 1.450 de matériaux pervibrés ;

6° *Démoulage.* Aux qualités qui précèdent s'en ajoute une d'un tout autre ordre : le béton vibré ou pervibré peut être décoffré au bout d'un temps très réduit, de 60 à 80 % plus court, à dosage d'eau égal, que pour des bétons non vibrés, ce qui rend à peu près inutile l'emploi très onéreux du ciment à prise rapide.

Sous l'effet de la vibration, l'eau non combinée reflue à la surface du béton (*remontée de la laitance*). Lorsque la remontée de la laitance se produit, le moment est venu d'arrêter la vibration ; l'emploi d'eau en excès rendrait cet instant difficile à saisir, et il se produirait une remontée de laitance abondante et embarrassante.

C'est pour-quoi les procédés de vibration s'accommodent particulièrement des bétons secs ; malheureusement, dans un grand nombre de constructions modernes importantes, le béton est distribué aux différents points du chantier par gravité, au moyen de gou-

lottes, distribution qui exige un béton assez coulant, rendant difficile l'emploi de la vibration. C'est pour cette raison, et aussi à cause de l'emploi de coffrages métalliques, que les procédés de vibration, essayés récemment au barrage en voûte de la Bromme, ont dû être abandonnés.

Cette remontée de la laitance permet, si l'on s'empresse de lisser la surface du béton, d'éviter la confection onéreuse d'*enduits* ou de *chapes* étanches, car les surfaces lisses des bétons vibrés résistent aux actions des agents physiques et à celles des fumées, des vapeurs et de l'eau atmosphérique.

Enfin, en enlevant au jet de sable la pellicule très mince (1/10^e de millimètre environ) qui recouvre les faces du béton vibré, en en ponçant la surface, l'architecte pourra obtenir des effets décoratifs, et c'est une qualité qui n'est pas négligeable dans la construction.

Ainsi donc, les dépenses supplémentaires auxquelles conduit l'emploi des procédés de vibration ou pervibration — dépense d'air

comprimé, achat des appareils vibrants, augmentation du volume de l'agrégat, réalisation de coffrages étanches — trouvent leur contre-partie dans la qualité des bétons obtenus et leur exécution facile permettant de réduire les dosages du ciment et de supprimer la main-d'œuvre du pilonnage, et également dans la diminution possible des coefficients de sécurité et la suppression des enduits.

Je n'insisterai pas sur la technique des appareils de vibration ou de pervibration ; il suffit de savoir que la plupart de ces appareils fonctionnent à l'air comprimé et sont d'un encombrement suffisamment faible

pour pouvoir être maniés à la main. Un vibreur pneumatique, fixé sur coffrage, a un rayon d'action de 1 m 25 à 2 mètres et frappe 1.800 à 4.000 coups à la minute, suivant le type.

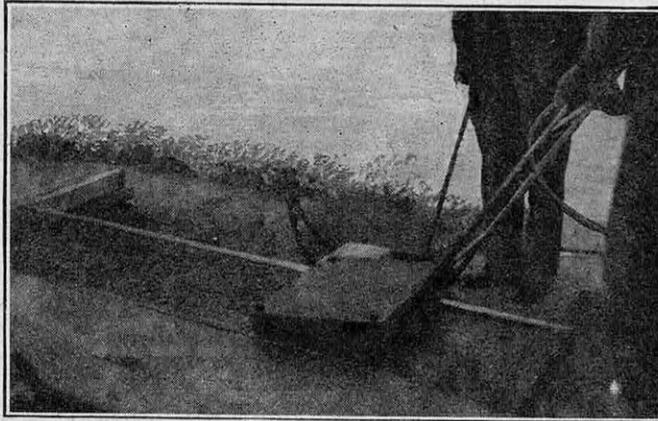
Comment on favorise la désaération

L'efficacité des procédés de vibration et pervibration

provient de ce qu'ils permettent, par un tassement meilleur des matériaux et par élimination d'une partie de l'eau non combinée et de l'air occlus, de diminuer le volume des vides contenus dans le béton. On a cherché à obtenir d'une façon plus complète cette désaération que la vibration réalise déjà en partie. Comme l'air s'introduit avec le ciment et le sable, et qu'on ne peut le chasser par les moyens ordinaires de malaxage, on a songé à employer le malaxage dans une *atmosphère raréfiée*.

Plusieurs brevets ont été pris à ce sujet dans différents pays.

L'ingénieur autrichien Emperger préconise la méthode suivante : dans une caisse possédant un couvercle étanche, on met le mélange sable-gravier dans les proportions choisies, et on remplit d'eau bouillie pour éviter l'air ; puis, quand l'eau a chassé l'air de la cuve, on pompe l'excès d'eau, on fait tomber le ciment préparé sous forme de lait de ciment, et l'on malaxe.



PERVIBRATEUR POUR DALLES

Cet appareil est basé sur le même principe que le précédent, mais sa forme a été modifiée pour l'adapter au travail en surface.

Ce procédé est encore tout à fait théorique, malgré les efforts des constructeurs pour lui faire prendre forme pratique.

La compagnie anglaise *Modern Concrete Development* a mis en service dans la construction de chaussées en béton des bétonnières munies d'une pompe à vide ; cette pompe fait le vide, en une minute environ, une fois le mélange préparé ; après quoi, on malaxe et on déverse le béton comme à l'ordinaire, sans qu'il s'y produise de rentrées d'air.

Le béton désaéré par ce procédé présente d'incontestables avantages de résistance et d'imperméabilité. Malheureusement, il coûte fort cher, en sorte que ce procédé n'a reçu que des applications restreintes.

Enfin, en France, récemment, MM. Imbault et Marcotte ont pris un brevet sanctionnant un procédé qui combine la vibration et la désaération : le béton, préalablement vibré, perd au cours de cette opération une bonne partie de l'air qu'il contient ; en raréfiant l'air de l'enceinte où l'on a fait vibrer le béton, on parachèvera la désaération.

Aucun de ces procédés n'a encore vraiment reçu la sanction de la pratique. La recevront-ils quelque jour ? Bien qu'il ne soit guère possible de répondre de façon précise à cette question, on peut se demander si l'emploi, aujourd'hui onéreux de la désaération, deviendra un jour assez rémunérateur pour être courant, alors que l'on sait déjà obtenir de très bons bétons par la technique de la pervibration. Et, d'ailleurs, le tassement de bétons désaérés se fera-t-il seul ou ne nécessitera-t-il pas, lui aussi, l'emploi de vibrateurs ?

Quoi qu'il en soit, toute recherche mérite d'être notée et poursuivie, lorsqu'elle peut contribuer à élargir les possibilités d'un matériau qui a déjà fait l'objet de multiples applications.

Organisation d'un grand chantier de bétonnage

C'est par l'organisation judicieuse de son chantier que l'entrepreneur de travaux

importants de bétonnages pourra réaliser des économies, tout en assurant la fabrication continue et intensive d'un béton de qualités constantes.

Il est important, au premier chef, de choisir les matériaux qui serviront à confectionner le béton : la pierre, suivant ses qualités mécaniques, la proximité des chantiers et la facilité de l'exploitation, pourra provenir de carrières ou d'alluvions de rivière, ou de déblais ; le sable viendra des carrières ou des rivières, ou sera obtenu par broyage ; en ce qui concerne les ciments, il faut reconnaître que la production française est excel-

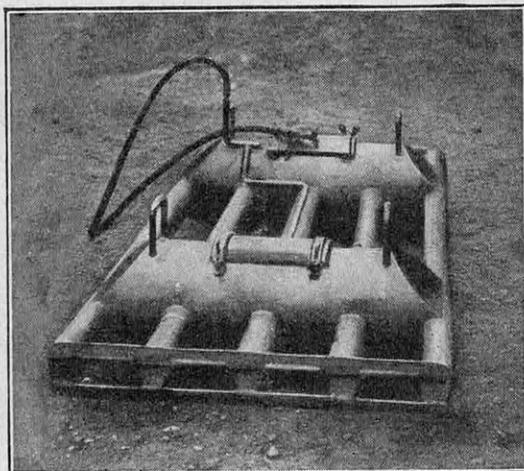
lente, et que les ciments français sont, avec les ciments anglais, exportés dans toute l'Europe et au delà.

La discrimination entre les produits de diverses qualités constitue, pour l'entrepreneur, toute une série de problèmes auxquels il aura à trouver les solutions les mieux adaptées aux conditions locales ; de la solution choisie dépendront les dispositions de l'usine à béton. Dans un gros chantier moderne, tel qu'un chantier de barrage,

l'usine à béton est un organe coûteux et compliqué, fait d'appareils nombreux : trieurs-classeurs de matériaux, du type giratoire (trommels) ou à secousses ; concasseurs giratoires ou concasseurs à mâchoires, qui réduisent les blocs extraits de carrière en pierres dont la dimension maximum dépasse rarement 10 à 12 centimètres ; broyeurs à meules ou à boulets, destinés à donner des éléments plus fins (sables et graviers).

Des courroies transporteuses ou des chaînes à godets portent les matériaux d'un appareil à un autre, du concasseur au classeur, du classeur au broyeur, du broyeur à un nouveau classeur, etc. ; les répartissent dans des silos, les uns de faible capacité, simples régularisateurs de la production, les autres pouvant, au contraire, en cas de besoin, suffire à alimenter les bétonnières pendant plusieurs jours.

Des doseurs à secousses et des balances à ciment fournissent aux bétonnières le mé-



PERVIBRATEUR A « GRILLE »

Il est utilisé pour pervibrer les grosses masses de béton, notamment sur les chaussées.

lange dont une étude soignée a montré la supériorité. La bétonnière est une espèce de caisse dont on a choisi la capacité suivant les besoins de la production ; la bétonnière de 1.500 litres est d'un emploi courant sur les gros chantiers ; le malaxage du béton s'y produit par la rotation de la caisse, et c'est de à que le béton est distribué aux différents points du chantier.

La distribution du béton par blondins ou ponts de service. — Dans les chantiers de faible importance et dans ceux où la production de béton n'est pas continue, le transport du béton, de la bétonnière à l'endroit où il est utilisé se fait économiquement par wagonnets, si toutefois les conditions du travail et des lieux se prêtent à l'installation des voies.

Dans les très gros chantiers, au contraire, tels que barrages, grandes formes de radoub, grandes écluses, il est bon d'avoir

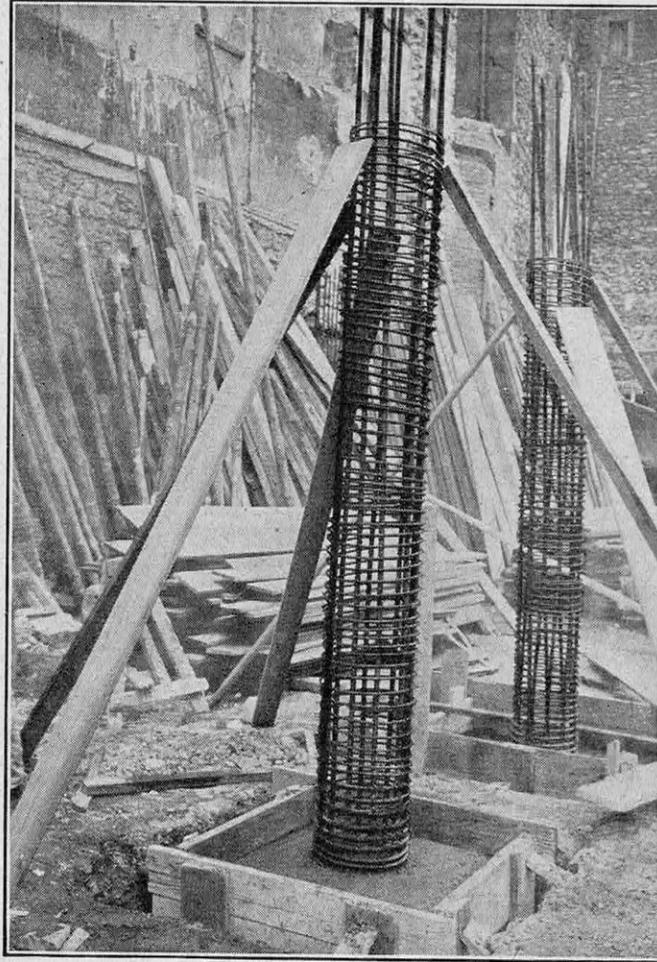
recours à un système de distribution permettant la mise en œuvre journalière d'un cube important : pour fixer les idées, dans la construction d'un barrage de grande hauteur, on réalise couramment la mise en œuvre de 1.000 à 1.500 mètres cubes de béton par jour ; au barrage du col du Grimsel, en Suisse, construit à une altitude de 2.000 mètres, à laquelle il n'est possible de travailler qu'une centaine de jours par an, la production journalière a pu s'élever à 3.500 mètres cubes.

Dans certaines installations, le béton

tombe, à la sortie de la bétonnière, dans une benne suspendue à un câble, par le moyen duquel il est distribué aux différents points du chantier. Ce système exige, à chaque instant, des manœuvres qui limitent la capacité de transport des bennes et la mise en œuvre journalière. Il est, cependant, assez

fréquemment employé et souvent comme complément d'une distribution par gravité, comme il est dit plus loin.

Un autre système, employé aux chantiers du barrage du Val Toggia, consiste à transporter le béton par un pont de service léger dont les piliers en fer profilé étaient supportés par la partie déjà construite du barrage. Il est intéressant de noter que ce barrage, à l'exception de ses fondations, n'est pas construit en béton, mais en maçonnerie de moellons liés au mortier : les difficultés de l'approvisionnement en ciment à l'altitude de 2.200

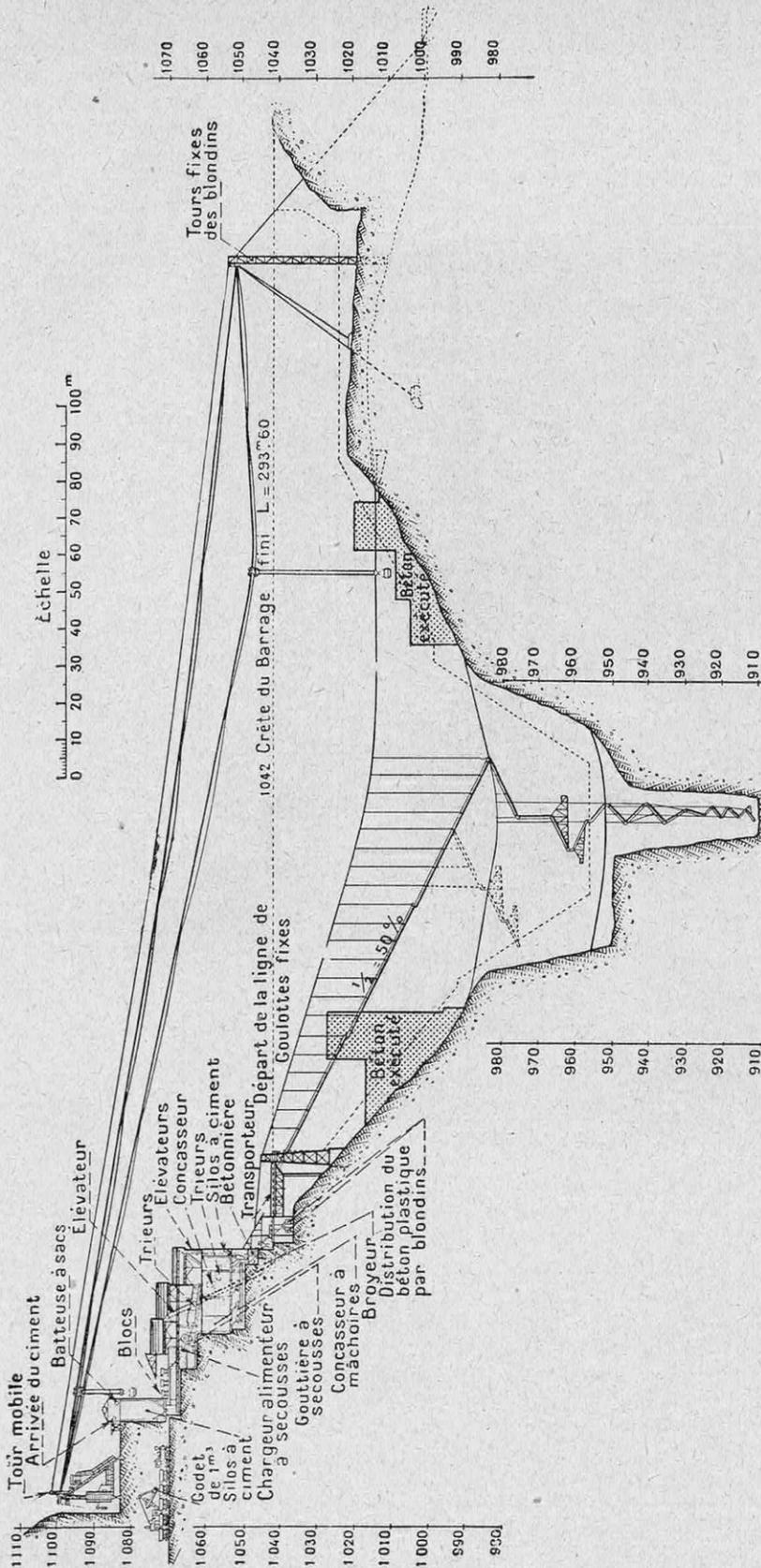


CONSTRUCTION DE PILIERS PERVIRÉS

L'armature des piliers ci-dessus est très solidement « frettée », car ils auront à supporter un immeuble de neuf étages.

mètres à laquelle il est construit, le nombre et la qualité des maçons italiens, l'abondance de bons matériaux trouvés sur place, rendent exceptionnellement plus économique l'emploi de la maçonnerie. C'est donc, en général, du mortier et non du béton que transportait le pont de service, dont la capacité a atteint 600 mètres cubes par jour.

La distribution du béton par gravité. — A sa sortie de la bétonnière, le béton est élevé à la hauteur voulue dans de grandes tours en bois (Amérique) ou en métal (Europe). Au



ENSEMBLE D'UN DISPOSITIF DE DISTRIBUTION DU BÉTON POUR L'ÉTABLISSEMENT D'UN BARRAGE

Une bonne organisation de la distribution du béton dans les chantiers est absolument nécessaire, quand on veut réaliser d'importants travaux de bétonnages dans de bonnes conditions économiques. Cette distribution peut se faire de différentes manières. Dans certaines installations, le béton tombe, à la sortie de la bétonnière, dans une benne suspendue à un câble, par le moyen duquel il est distribué aux différents points du chantier. Dans d'autres, il est transporté par un pont de service léger. Dans d'autres enfin, le béton, à la sortie de la bétonnière, est élevé à la hauteur voulue dans des grandes tours du sommet desquelles il est déversé dans un silo, d'où part la gouttière de transport, suivie d'autres gouttières articulées permettant d'aboutir à la zone d'utilisation voulue. Le dessin ci-dessus montre la distribution du béton pour la construction d'un barrage. On voit comment le ciment est mélangé, dans les bétonnières, à des blocs de pierre concassés et triés, pour donner le béton, qui est ensuite distribué au chantier, soit par bennes, soit par gouttières permettant d'atteindre le fond de la vallée. Cette installation a été utilisée pour la construction du barrage de Chambon, sur la Romanche (Isère).

sommet de la tour, le béton est déversé dans un silo d'où part la goulotte de transport, celle-ci étant suivie d'autres goulottes composées d'éléments rectilignes articulés entre eux et aboutissant à la zone d'emploi.

Le point de déversement de la goulotte doit pouvoir se déplacer sur toute l'étendue à bétonner sans interruption de l'écoulement du béton, afin d'étaler celui-ci sur l'épaisseur de 30 à 50 centimètres qu'il n'est guère possible de dépasser. Lorsqu'une première couche est répandue, on recommence une autre couche, en reprenant au point où on a commencé la première, et les opérations doivent être réglées de manière que le béton de la seconde couche soit répandu sur la première avant que celle-ci ait fait prise.

La suspension des goulottes peut être assurée, par exemple, au moyen d'un ou plusieurs câbles tendus à la hauteur voulue ; les goulottes sont portées par des

poutres triangulaires suspendues par leur sommet, autour duquel elles peuvent tourner, permettant ainsi à la partie inférieure de la goulotte de parcourir toute la zone à bétonner.

Les goulottes ont un profil en travers demi-circulaire ou elliptique ; leur largeur atteint rarement 50 centimètres ; elles sont exécutées en acier à haute résistance (généralement, de l'acier chromé), susceptible de travailler à un taux élevé, ce qui permet de réduire leur poids, et sont doublées de tôles d'usure qu'on peut remplacer au fur et à mesure de leur destruction sous l'action du frot-

tement des pierres contenues dans le béton.

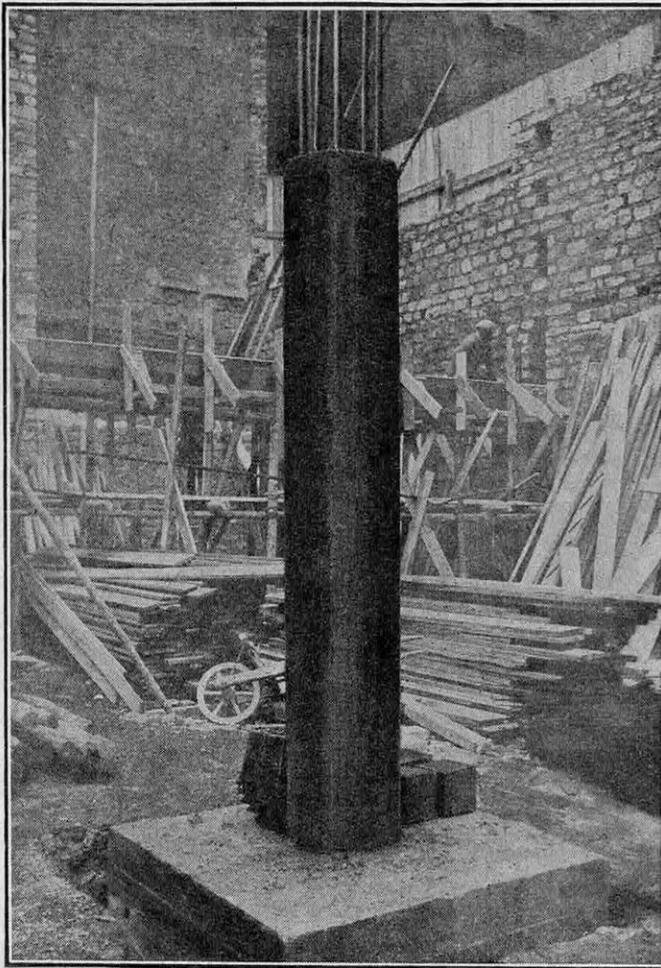
Ce mode de distribution est le plus répandu, à l'heure actuelle, pour les très gros chantiers, car c'est celui qui permet les rendements horaires les plus élevés. Il n'est pas, toutefois, sans inconvénients : le plus important est de nécessiter l'emploi d'un béton capable de couler, *béton fluent* à forte teneur

en eau. La teneur en eau d'un béton diminue sa résistance ; d'autre part, nous avons déjà dit qu'un béton fluent se prêtait mal à l'emploi des procédés modernes de vibration et de pervibration, en sorte qu'il paraît difficile de combiner la distribution par gravité avec ces procédés.

La distribution en béton par tapis roulants. — Aussi a-t-on mis au point, en Allemagne, un nouveau procédé de distribution du béton par tapis roulants. Ce procédé, utilisé dans la construction du barrage « Vermunt », sur l'Ill (Tyrol au-

trichien), le sera bientôt en France, pour la construction d'un barrage de grande hauteur dans le Massif Central. Le béton est élevé à la hauteur voulue au moyen d'une tour et distribué par des courroies transporteuses pouvant être montées ou abaissées et orientées à la demande, de façon à réaliser constamment la sécurité de marche. Bien que ce système soit peu appliqué, il se peut qu'il soit appelé à un certain succès ; il permet la mise en œuvre de béton plastique, se prêtant bien à l'emploi de la vibration et de la pervibration.

J. GUYDON DE DIVES.

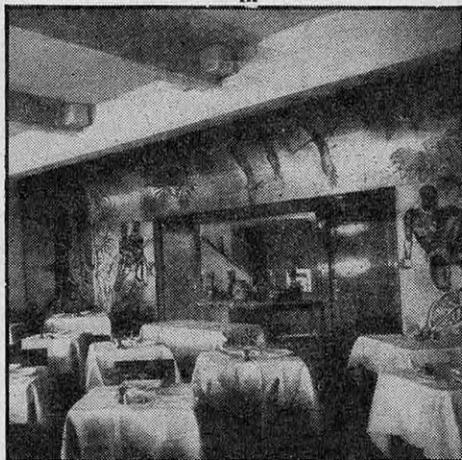


PILIERS PERVIBRÉS APRÈS DÉCOFFRAGE



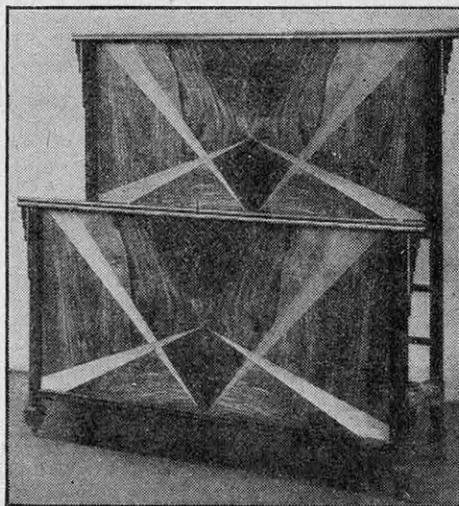
du bois souple

...voilà ce qu'est le contreplaqué LEROY. Toutes les qualités naturelles du bois, mais plus de robustesse, plus de légèreté, et surtout une incomparable souplesse qui lui permet de se plier à mille applications industrielles et décoratives.



*Le Restaurant
du Palais des Sports*

*Ébénisterie
en contreplaqué Leroy.
(Réalisé par H. Sénéchal et Cie)*



Lit en contreplaqué Leroy.

N'ignorez pas plus longtemps les services que ce matériau idéal peut vous rendre. Il existe un véritable musée d'utilisations du contreplaqué dans l'art et l'industrie. C'est le stand permanent LEROY, 28, Avenue Daumesnil. Le temps que vous y passerez ne sera pas perdu.



LEROY

Société Anonyme au Capital de 19.000.000 de frs
Siège social : 28, Avenue Daumesnil, PARIS - Téléphone : Diderot 09-11 à 09-15
Dépôts à : Paris, Clichy, Bordeaux, Lille, Lyon, Strasbourg.
Usines à : Lisieux, Bonnières-s/-Seine, Livarot, Azay-le-Rideau, Saint-Pierre-s/-Dives, Vitry-le-François.
Agents dans la France entière

Enfin, une armoire tout acier de construction rationnelle!

Caisse en tôle de 1^{mm}5 à joncs emboutis, indéformable.

Portes en tôle de 2^{mm} à joncs emboutis et cornières de renforcement : rigidité absolue.

Serrure incrochetable d'un nouveau type exclusif et breveté.

Pieds en tôle pliée complètement fermés : stabilité absolue.

Les nouvelles armoires métalliques créées par les " Coffres-Forts BAUCHE " sont les premières qui joignent aux avantages de la construction tout acier, le fini et la parfaite présentation de la belle ébénisterie.

Elles ont une durée indéfinie et s'harmonisent avec les mobiliers du meilleur goût.

Demandez la notice spéciale sur les armoires-vestiaires, vitrines, bibliothèques, etc... construites par les



COFFRES-FORTS BAUCHE



93, R. de Richelieu, PARIS - Tél. Central 30-20 et 70-21
Agences dans toutes les grandes villes.

COMMENT ET POURQUOI ON PÈSE UNE LOCOMOTIVE

Par E. TERVAL

Plusieurs raisons nécessitent le pesage d'une locomotive à sa sortie des ateliers. C'est, tout d'abord, l'évaluation de son prix, puisque les commandes de machines sont fondées sur le prix du kilogramme, autrement dit, les locomotives se vendent au poids. Il faut ensuite déterminer la charge supportée par chaque roue, puisque la voie ferrée est établie pour résister à un poids maximum, soit 20 tonnes par essieu en France. Ces deux opérations exigent, évidemment, des appareils différents. Le poids total de la machine, qui doit être connu avec assez de précision, en vue de l'établissement de son prix, s'effectue au moyen de ponts à bascule. Quant à la deuxième pesée, elle doit permettre de s'assurer que la répartition des poids sur les essieux correspond, d'une part, à la charge limite acceptable, et, d'autre part, à la meilleure adhérence, à la stabilité la plus parfaite. Après le pont à bascule à tabliers multiples (un pour chaque essieu), qui devait être établi pour chaque type de locomotive, on emploie aujourd'hui des bascules multiples mobiles. Celles-ci, pouvant se déplacer, conviennent donc à tous les modèles. Elles permettent de soulever en même temps, et à la même vitesse, toutes les roues de la machine, et, par conséquent, ne provoquent aucun changement dans la répartition des charges. Bien que, pendant la marche, les diverses réactions des pièces en mouvement, les déclivités de la voie modifient sensiblement les résultats obtenus à l'état statique, ce pesage n'en constitue pas moins pour les techniciens une précieuse indication — scientifiquement déterminée — sur les caractéristiques de la locomotive (adhérence et stabilité).

LA mesure du *poids total* d'une locomotive demande à être effectuée avec une certaine précision. En effet, lorsqu'une compagnie de chemins de fer passe dans l'industrie la commande d'un lot de machines, le marché établi stipule que la fourniture sera payée à raison de tant de francs le kilogramme.

Par conséquent, à leur sortie des ateliers du constructeur, et après avoir subi divers contrôles et essais dont nous n'avons pas à parler ici, les locomotives sont pesées en présence d'un agent de la Compagnie.

On utilise, à cet effet, soit un pont à bascule unique, dont le tablier est assez long pour supporter tous les essieux de la machine, soit deux ponts à bascule voisins, placés à la suite l'un de l'autre et fonctionnant en parallèle.

Les ponts à bascule à tablier unique employés dans ce cas ont, en général, une force de 120 tonnes ; la longueur de leur tablier peut atteindre 20 mètres.

Une répartition correcte du poids total sur les divers essieux présente une grande importance

Mais l'évaluation du poids total d'une locomotive ne constitue qu'un des aspects de la question. En dehors des circonstances

que nous venons de mentionner, jamais la machine ne fera plus normalement l'objet d'une pesée globale.

Au cours de l'étude qui a précédé sa construction, on s'est astreint à répartir d'une manière correcte le poids total sur les divers essieux. Par exemple, les locomotives Pacific de la dernière série du réseau du Nord ont un poids total, en ordre de marche, de 100,5 tonnes environ. Ce poids est réparti sur les essieux de manière à assurer, en même temps que l'adhérence la plus grande, une parfaite stabilité (fig. 1).

On comprend facilement qu'il y a intérêt, pour utiliser au mieux l'effort moteur de la machine, à donner la plus grande valeur, compatible avec les charges que peut supporter la voie, à ce qu'on appelle « le poids adhérent », c'est-à-dire au poids qui repose sur les roues motrices et accouplées. Dans le cas présent, on a réalisé le maximum possible en chargeant chaque essieu moteur à 19 tonnes environ, ce qui donne un poids adhérent total de 57 tonnes pour les trois essieux.

Les roues porteuses placées à l'avant sont plus chargées que celles qui se trouvent à l'arrière. Ici, chaque essieu du bogie avant supporte 15,5 tonnes environ, alors que le bissel arrière supporte 12,5 tonnes.

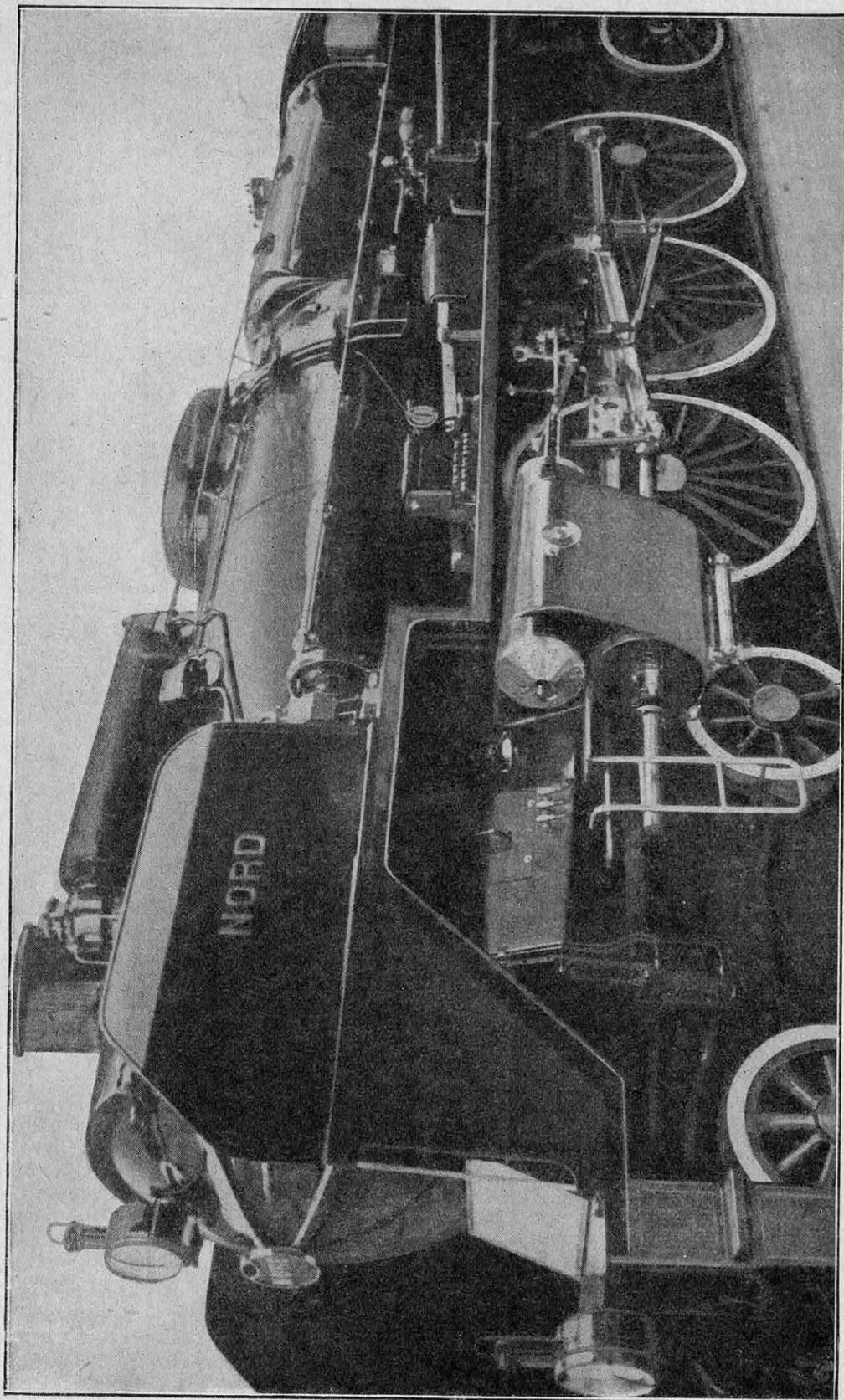


FIG. 1. — LA « SUPERPACIFIC » QUI RÉALISE, DE PARIS A SAINT-QUENTIN, 104 KM 400 A L'HEURE DE MOYENNE, PESE 100,5 TONNES ; CE POIDS EST AINSI RÉPARTI SUR LES ESSIEUX : BOGGIE AVANT, 15,5 TONNES ; ESSIEUX MOTEURS, 19 TONNES ; BISEL ARRIÈRE, 12,5 TONNES

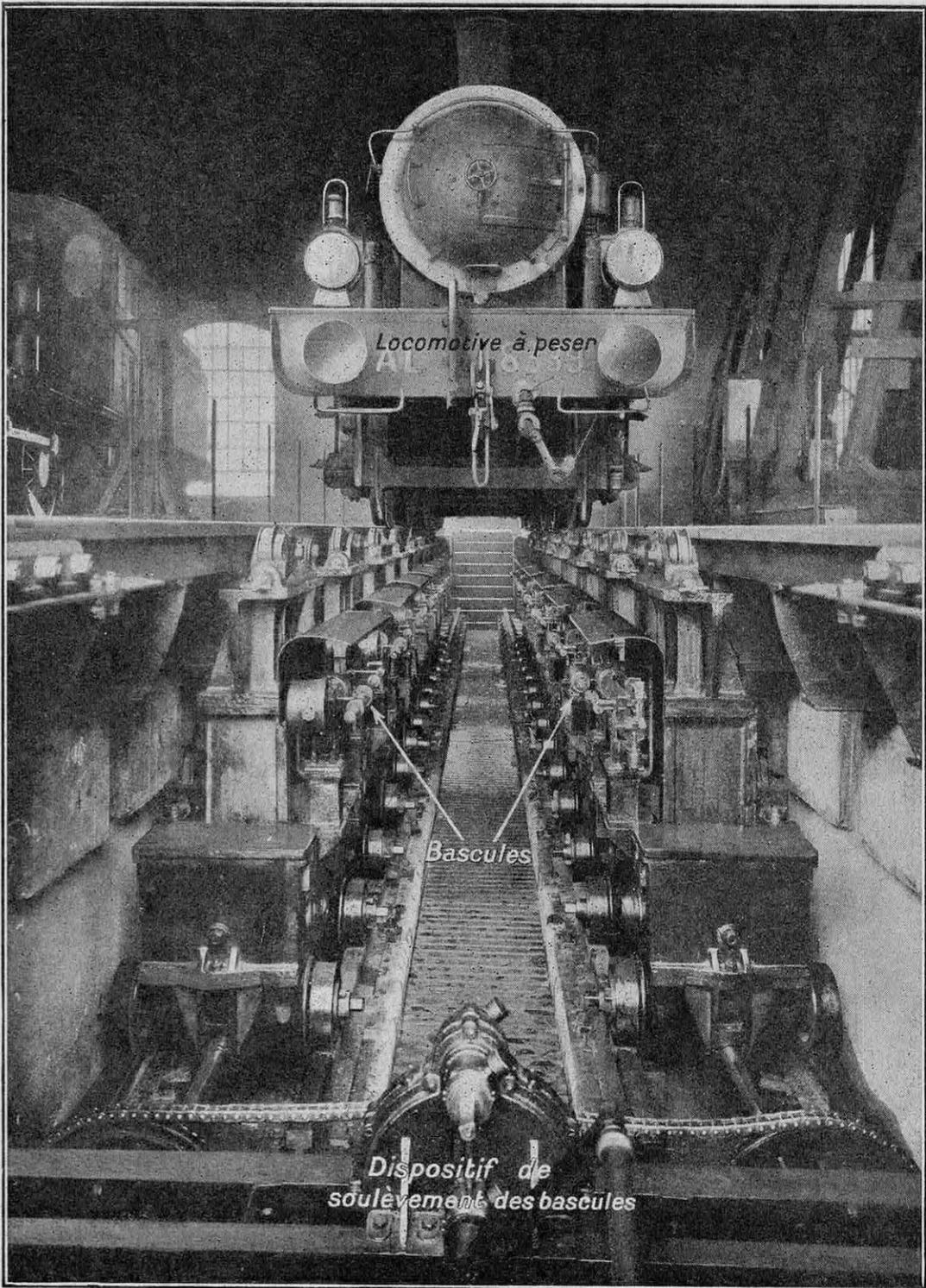


FIG. 2. - INSTALLATION MODERNE RÉCEMMENT RÉALISÉE AU DÉPÔT DE THIONVILLE, DU RÉSEAU D'ALSACE ET DE LORRAINE, ET COMPORTANT SEIZE BASCULES D'UNE FORCE DE 12 TONNES. Cette installation permet donc de peser une locomotive ayant jusqu'à huit essieux et pesant jusqu'à 192 tonnes. On aperçoit les deux files de bascules situées sous la voie, en encorbellement. Les boudins des roues de la machine passent sur les galets des bascules qui soulèvent ainsi l'ensemble de la locomotive.

Il s'agit maintenant de faire en sorte que les charges par essieu, ainsi déterminées au mieux dans l'étude théorique, soient effectivement réalisées dans la pratique et, de plus, que chacune d'elles se partage également entre les deux roues de l'essieu.

Il est clair que, si les ressorts de suspension sont mal réglés, si les balanciers qui les réunissent sont grippés sur leurs axes, si les boîtes d'essieux sont coincées dans leurs glissières, un essieu pourra se trouver déchargé d'une manière permanente, au détriment de ceux qui l'encadrent; dont la charge dépassera alors le maximum compatible avec la solidité de la voie.

Les deux dernières conditions sont réalisées par un bon entretien. Pour obtenir la première, il faut peser individuellement chaque roue de la locomotive et amener sa charge à la valeur correcte en agissant sur les écrous des tiges de suspension des ressorts. Cette opération se fait périodiquement.

Les ponts à bascule à tabliers multiples

Les appareils imaginés à l'origine pour servir à la répartition des charges sur les roues des locomotives consistent en une série de petits ponts à bascule, placés bout à bout sur deux files et destinés à recevoir chacun une roue, et une seule, de la locomotive à régler.

Ces ponts à tabliers multiples, d'un emploi simple et rapide, ne peuvent donner de résultats suffisamment exacts que pour un seul type de locomotives : celui pour lequel ils ont été construits, et dont chaque roue se trouvera au milieu du tablier correspondant. Dans tous les autres cas, les points d'application des charges occuperont des positions différentes et les bascules réagiront les unes sur les autres, par suite des déformations des tabliers.

Aussi a-t-on été, naturellement, conduit à la construction d'appareils mobiles (fig. 3) pouvant être placés sous chaque roue de la machine à peser.

Les balances mobiles à levier

Au droit de chacune des roues de la locomotive, on dispose une balance mobile spéciale, de manière que la griffe du support *A* (fig. 4) s'applique sur le patin du rail, et que

le couteau avant du levier *B* vienne s'engager sous le bandage de la roue. On règle ensuite en hauteur la position de la balance au moyen de la vis du pied *C*, de telle sorte que l'aiguille du fléau soit verticale. On met alors la balance en charge en amenant le couteau du levier au contact du bandage, par la manœuvre de la vis *D*, qui pousse le coin *C* sous le levier et fait ainsi monter le couteau.

Quand toutes les balances sont mises en charge sous les roues de la locomotive, on déplace le curseur de chacune d'elles sur son fléau, jusqu'à ce que ce dernier redevienne horizontal. Lorsque ce résultat est obtenu, toutes les roues ont quitté les rails et la locomotive est entièrement soulevée.

Ce type de balance est, aujourd'hui, encore couramment employé, dans les dépôts de machines, pour les vérifications périodiques de la répartition des charges.

Leur principal avantage est de n'exiger aucune installation spéciale, ni, par suite, aucune dépense d'établissement importante.

Par contre, elles ont le grave défaut d'être assez peu précises. On comprend, en effet, que la charge indiquée par l'une d'elles pour la roue correspondante dépend essentiellement de la pression préalablement réalisée entre le couteau du levier et le bandage, variable avec le serrage de la vis de pression. En

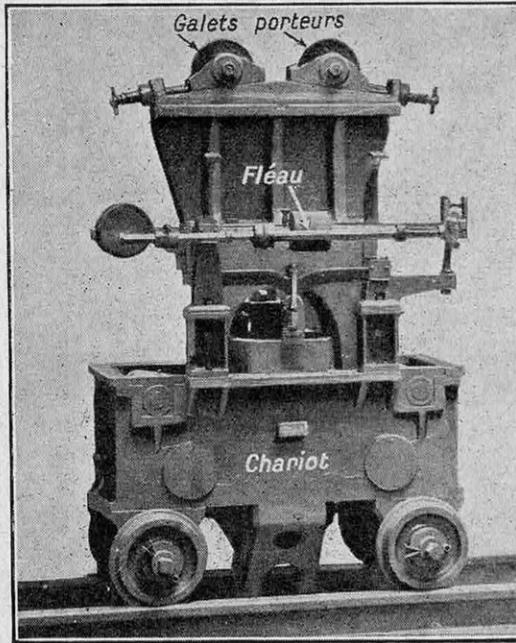


FIG. 3. — ENSEMBLE D'UNE DES BASCULES, FIGURANT SUR LA PHOTOGRAPHIE D'ENSEMBLE DU PESAGE D'UNE LOCOMOTIVE, PAGE 499

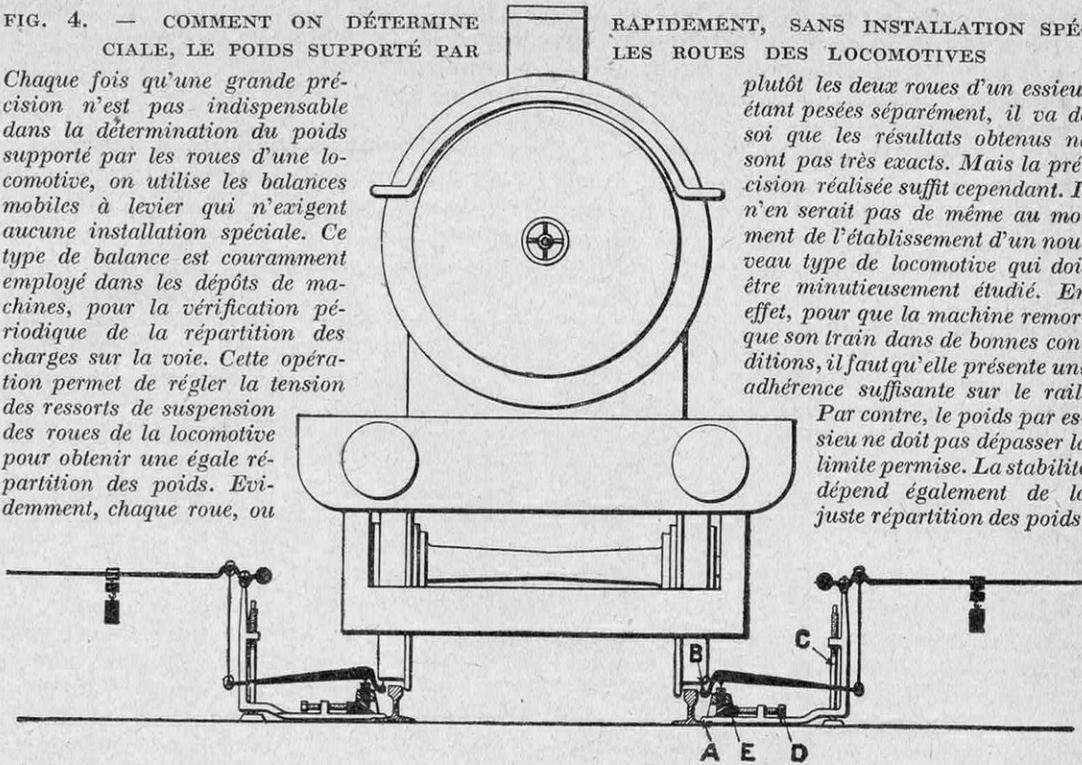
Chaque bascule est montée sur un petit chariot à quatre roues, qui permet de l'amener exactement sous une roue de la locomotive. Le chariot est traversé par un arbre (non représenté ici), qui permet de soulever chaque bascule et, par suite, chaque roue exactement de la même quantité.

FIG. 4. — COMMENT ON DÉTERMINE RAPIDEMENT, SANS INSTALLATION SPÉCIALE, LE POIDS SUPPORTÉ PAR LES ROUES DES LOCOMOTIVES

Chaque fois qu'une grande précision n'est pas indispensable dans la détermination du poids supporté par les roues d'une locomotive, on utilise les balances mobiles à levier qui n'exigent aucune installation spéciale. Ce type de balance est couramment employé dans les dépôts de machines, pour la vérification périodique de la répartition des charges sur la voie. Cette opération permet de régler la tension des ressorts de suspension des roues de la locomotive pour obtenir une égale répartition des poids. Evidemment, chaque roue, ou

plutôt les deux roues d'un essieu, étant pesées séparément, il va de soi que les résultats obtenus ne sont pas très exacts. Mais la précision réalisée suffit cependant. Il n'en serait pas de même au moment de l'établissement d'un nouveau type de locomotive qui doit être minutieusement étudié. En effet, pour que la machine remorque son train dans de bonnes conditions, il faut qu'elle présente une adhérence suffisante sur le rail.

Par contre, le poids par essieu ne doit pas dépasser la limite permise. La stabilité dépend également de la juste répartition des poids.



A, griffe du support ; B, couteau avant du levier ; C, vis de manœuvre réglant la position de la balance ; D, vis de manœuvre amenant le couteau du levier au contact du bandage de la roue en poussant le coin E sous le levier pour assurer le soulèvement de la roue de la locomotive.

outré, le procédé qui consiste à soulever chaque roue séparément influe, sans aucun doute, sur l'exactitude des résultats obtenus.

En quoi consiste une installation à bascules multiples

Une installation perfectionnée à bascules multiples se compose essentiellement de deux séries de bascules, montées chacune sur un petit chariot mobile, et disposées au fond d'une fosse sur deux voies parallèles, de faible écartement, solidement construites et rigoureusement de niveau (fig. 4).

La fosse est établie sous une voie de roulement normale, dont

l'horizontalité a été parfaitement réglée.

La locomotive à peser étant arrêtée au-dessus de la fosse, on déplace les bascules, de manière à en amener une exactement à l'aplomb de chaque roue de la locomotive.

Une fois le contact obtenu entre les galets de la partie supérieure du chariot et les roues, il est essentiel de continuer à faire monter

les galets en serrant davantage les vis de réglage, afin de mettre toutes les bascules légèrement en charge de la même quantité. Grâce à cette précaution, toutes les roues de la locomotive, en quittant le contact des rails, restent tangentées à un même plan horizontal, malgré la

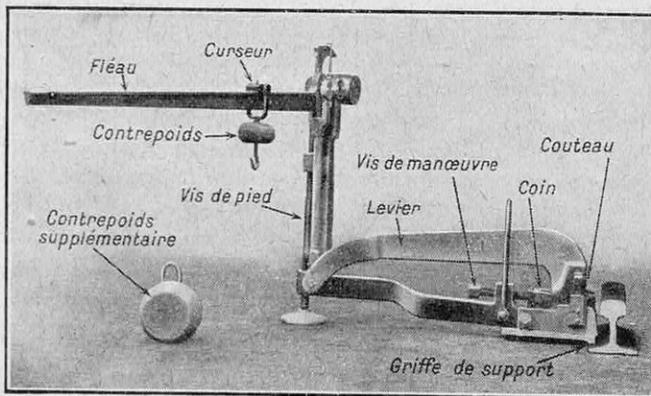


FIG. 5. — VUE D'ENSEMBLE DE LA BALANCE MOBILE POUR LE PESAGE DES LOCOMOTIVES

On reconnaît, sur la photographie, les différents organes mentionnés sur le dessin schématique ci-dessus.

flexibilité variable des différents ressorts.

On amène alors toutes les bascules à leur position de pesage, à l'aide d'un mécanisme de commande constitué par deux arbres longitudinaux, traversant chacun l'une des files de bascules, et actionnés à l'une des extrémités de la fosse par un moteur électrique ou une manivelle. Ces deux arbres tournent dans le même sens et exactement de la même quantité.

Toutes les bascules individuelles sont donc animées en même temps du même mouvement, de sorte que la locomotive est soulevée d'un mouvement absolument uniforme, ses points d'appui restant tous, à chaque instant, dans le même plan horizontal.

L'installation ne peut donc provoquer aucune réaction susceptible de modifier la répartition des charges sur les roues de la locomotive.

Un interrupteur provoque l'arrêt automatique du moteur.

Pour faire la pesée, on opère à la manière ordinaire en déplaçant dans chaque balance le curseur sur le fléau pour amener ce dernier à la position horizontale.

Cette opération est assez longue, car les bascules réagissent les unes sur les autres et l'équilibre complet ne peut s'obtenir que par tâtonnements successifs.

On procède, en général, pour chaque machine, à deux pesées successives, afin de déterminer les variations de poids résultant du déplacement des pièces de la locomotive animées d'un mouvement relatif par rapport à elle-même, telles que les bielles, les pistons, etc.

A cet effet, entre les deux pesées, on fait tourner, à l'aide de leviers, les roues de la machine sur les galets des bascules qui les supportent ; ou encore, après avoir effacé ces galets, on fait effectuer à la machine, au moyen d'une locomotive de manœuvre, un déplacement de quelques dizaines de mètres, après lequel on la ramène en position sur la fosse.

D'une pesée à l'autre, il est fréquent de trouver par roue des différences de plusieurs centaines de kilogrammes, dues à la cause signalée plus haut, à laquelle s'ajoute parfois le fonctionnement plus ou moins satisfaisant des balanciers qui conjuguent les ressorts.

La répartition des charges par essieu a été calculée au bureau d'études et réalisée à

l'atelier, à l'état statique, c'est-à-dire sur la locomotive immobile.

En marche, des réactions diverses modifient la charge des essieux.

La pesée de la machine immobile n'en demeure pas moins indispensable

Cette répartition ne subsiste nullement quand la locomotive se déplace. Quand la voie n'est pas bien dressée, les inégalités de pose et les flexions des rails peuvent modifier la répartition du poids suspendu, si les articulations des tiges de suspension, des ressorts et des balanciers manquent de liberté.

D'autre part, les efforts développés par la vapeur produisent des perturbations dont l'étude est très ardue et qui peuvent amener des variations considérables du poids par essieu.

Les pièces excentrées, animées d'un mouvement de rotation relatif par rapport à la locomotive : manivelle, grosse tête de bielle, etc., sont équilibrées par des contrepoids placés sur les roues ; on augmente souvent ces contrepoids pour équilibrer, en outre, une fraction du poids des pièces à mouvement rectiligne alternatif : petite tête de bielle, piston, etc. Ce faisant, on détruit partiellement l'équilibre réalisé au point de vue rotatif, de sorte qu'à chaque demi-tour la roue est alternativement surchargée et déchargée par une force centrifuge, qui peut, à grande vitesse, atteindre plusieurs centaines de kilogrammes.

Enfin, sur les pentes et les rampes, ainsi que dans les courbes par suite du dévers, le déplacement du centre de gravité des masses d'eau contenues dans la chaudière, et dans les caisses à eau des machines-tenders, peut modifier la répartition des charges.

Est-ce à dire que la recherche d'une répartition statique correcte soit illusoire ? Bien au contraire. S'il est malheureusement impossible d'empêcher que cette répartition soit troublée en marche par les diverses causes que nous venons d'énumérer, il reste cependant essentiel, au double point de vue de la stabilité et de l'adhérence, de la vérifier périodiquement avec la plus grande précision possible, et c'est ce qui fait l'intérêt des installations de pesage perfectionnées, comme celles que nous avons décrites en dernier lieu.

E. TERVAL.

LES AVANTAGES DES CARBURANTS « NATIONAUX » A BASE D'ALCOOL

Par Armand COURTIER

La recherche de carburants dits « nationaux » préoccupe, à juste titre, tous les pays dont le sol ne renferme pas les gisements pétroliers susceptibles d'alimenter, sans le concours de l'étranger, les moteurs à explosions, dont les applications sont multiples. Le pétrole synthétique coûte encore trop cher pour que son emploi généralisé soit capable de diminuer, d'une façon appréciable, les onéreuses importations de carburants naturels. Aussi a-t-on tenté de trouver des produits d'origine nationale, qui, mélangés à l'essence dans des proportions déterminées, lui communiquent des qualités physiques et chimiques nouvelles et en limitent la consommation. Seul, l'alcool éthylique (ou éthanol) a donné à cet égard toute satisfaction. L'alcool augmente, en effet, le rendement de l'essence; il lui confère ses propres qualités antidétonantes; il évite le dépôt de calamine; il supprime le givrage; il augmente la sécurité en rendant l'essence conductrice de l'électricité; le mélange alcool-essence s'accommode d'une petite quantité d'eau mélangée avec le carburant. Aussi l'essence alcoolisée est-elle de plus en plus employée, notamment en Allemagne. Mais un nouveau carburant, mélange d'alcool, de benzol et d'essence, dont deux des constituants sont d'origine nationale, est actuellement à l'étude, et on peut espérer que, grâce à lui, la France pourra diminuer, dans une certaine mesure, ses importations d'essence.

DEPUIS le premier engin de Forest (1), les progrès réalisés dans la construction des moteurs à explosions leur ont donné une diffusion telle que la consommation intense de carburant a inquiété de nombreux techniciens, soit qu'ils prévoient l'épuisement rapide des gisements de pétrole, perspective d'ailleurs contestée, soit qu'ils se placent au point de vue purement économique, sans parler du problème de la défense nationale.

Aussi, dans les pays non producteurs d'essence, les techniciens ont-ils envisagé plusieurs formules de carburant national.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 109, page 41.

A la recherche du carburant national

Certes, on sait, aujourd'hui, préparer des pétroles synthétiques, mais le prix de revient élevé des produits fabriqués interdit encore d'envisager l'application de cette méthode pour la fabrication d'un carburant national.

Par ailleurs, les benzols, sous-produits de la distillation de la houille, possèdent les qualités requises pour se substituer avantageusement à l'essence. Mais leur production est faible à côté de la consommation actuelle d'essence.

Seul, l'alcool éthylique ou éthanol, susceptible d'être obtenu en

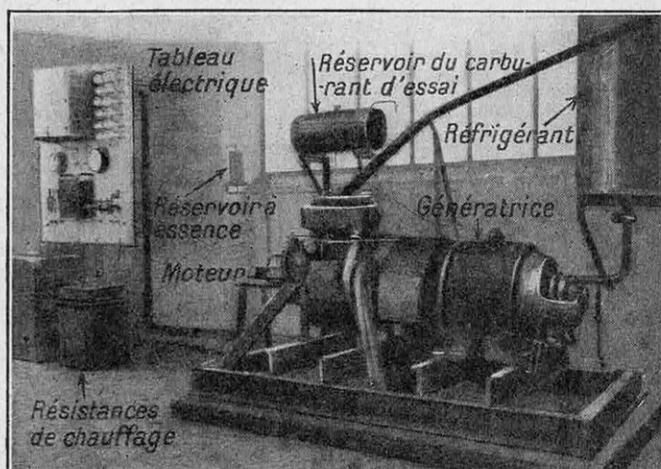


FIG. 1. — COMMENT ON « ESSAYE » LES CARBURANTS

Pour pouvoir « essayer » un carburant et le comparer à l'essence, par exemple, on utilise un banc d'essai comprenant un moteur alimenté avec le carburant considéré et actionnant une génératrice de courant électrique continu. Des appareils de mesure, placés sur le tableau électrique, permettent de connaître la puissance fournie par la génératrice et, par suite, par le carburant.

quantités considérables à partir des produits du sol, entre avantageusement dans la formule d'un combustible national.

Comme carburant, il arrive difficilement au succès, d'abord parce que les précurseurs, peu instruits de ses propriétés, ne pouvaient trouver les arguments suffisants pour convaincre les usagers éventuels, ensuite et surtout parce que les importateurs d'essence, croyant voir dans l'alcool un produit concurrent, se sont acharnés à en combattre son usage.

Plusieurs savants renommés viennent, enfin, de mettre en lumière les qualités de l'alcool au point de vue carburant. Nous citerons : M. Dumanois, en France ; le professeur Hubendick, en Suède ; le professeur Wawrziniok, de l'Université de Dresde ; le docteur Dietrich, de Berlin, etc... Des nom-

Berlin, les propriétés physico-chimiques respectives de l'alcool et de l'essence, telles que : tension de vapeur, pouvoir calorifique, chaleur latente, pouvoir antidétonant ou indice de toluène, limites d'explosion, combustion (air nécessaire) ; nous voyons qu'elles diffèrent totalement. Le tableau ci-dessous en donne une idée bien nette.

Au premier abord, l'alcool semble très désavantagé par son pouvoir calorifique bien inférieur à celui de l'essence. Ce désavantage s'amointrit quand on considère, non pas le pouvoir calorifique des liquides, mais, ce qui semble plus rationnel, le pouvoir calorifique des mélanges explosifs formés par les vapeurs des carburants et l'air. Ainsi, l'alcool se trouve favorisé, car sa combustion nécessite beaucoup moins d'air

	Tension de vapeur à 20° C	Pouvoir calorifique	Chaleur latente	Indice de toluène	Limites d'explosion	Air nécessaire à la combustion (par kg)
ALCOOL ABSOLU...	44,1	6.480 Cal. kg.	231,6	130	3,95 - 13,65	7 m ³ 300
ESSENCE Constituants principaux	Hexane ..	10.500	87,23	8	2,4 - 4,9	13 m ³ 320
	Heptane .		87,33	30	2,65 - 6,5	

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES COMPARÉES DE L'ALCOOL ET DE L'ESSENCE

breux rapports et communications qu'ils ont rédigés à ce sujet, nous pouvons tirer des renseignements convaincants.

L'une des premières difficultés rencontrées dans l'emploi de l'alcool résidait dans le fait que, pour des raisons inhérentes à ses propriétés physiques, il s'obtenait industriellement sous forme d'un mélange contenant 95 % d'alcool et 5 % d'eau. Or, ce produit, dénommé « alcool à 95° », n'est miscible à l'essence qu'à certaines températures ; autrement, le liquide décante en deux couches et, si ce phénomène a lieu dans le réservoir alimentaire, le moteur fonctionne mal.

Par contre, l'alcool pur, ou « absolu », se mélange à l'essence en toutes proportions. Sa préparation, étudiée industriellement par de nombreuses personnalités, a été résolue, en France, d'une façon tellement heureuse que le prix de revient de l'alcool absolu équivaut, ou même n'atteint pas, celui de l'alcool à 95°.

L'alcool absolu résout la question

Cette préparation mise au point, la logique indiquait d'étudier la valeur technique de l'alcool carburant.

Examinons avec le docteur Dietrich, de

que celle de l'essence ; le calcul indique que :

1 mètre cube du mélange explosif air-vapeurs d'essence (heptane) dégage 853 calories ;

1 mètre cube du mélange explosif air-vapeurs d'alcool dégage 860 calories.

Ces considérations se vérifient pratiquement par le fait qu'un moteur, construit pour employer l'essence, fournit une puissance égale, et même supérieure de 8 à 10 %, d'après Ricardo, quand il consomme de l'alcool pur, en utilisant un carburateur convenablement réglé. Ainsi, un moteur de 10 ch atteindrait 11 ch dans ces conditions. Par contre, pour effectuer un certain travail, par exemple pour parcourir 100 kilomètres si le moteur actionne une automobile, il faudra une quantité d'alcool bien supérieure à la quantité d'essence habituellement utilisée.

En définitive, l'alcool reste moins avantageux que l'essence. Mais on ne doit pas considérer seulement le pouvoir calorifique des carburants ; la valeur du pouvoir antidétonant, qui détermine le taux de compression maximum utilisable du mélange formé par les vapeurs de ces carburants et l'air, offre une importance considérable.

En effet, on sait que pour tous les car-

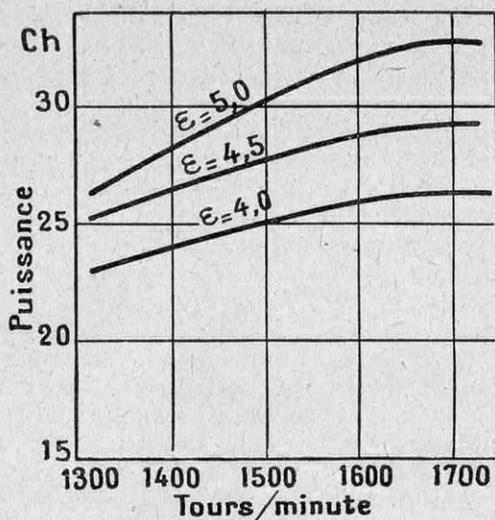


FIG. 2. — LA COMPRESSION AUGMENTE LA PUISSANCE DES MOTEURS

Les trois courbes ci-dessus montrent, pour un même carburant (essence tourisme), les puissances en chevaux, obtenues en fonction du nombre de tours, pour les taux de compression 4, 4,5 et 5. On voit, par exemple, qu'à 1.500 tours, la puissance passe de 25 ch, pour le taux de compression 4, à 31 ch pour le taux de compression 5.

burants la compression du mélange tonnant, avant l'explosion, améliore le rendement du moteur. Ainsi, les figures 2 et 3 indiquent l'influence du taux de compression sur la puissance (en chevaux) d'une part, et la consommation (en grammes par cheval-heure) d'autre part, pour un même carburant (essence tourisme), utilisé à différentes vitesses de rotation du moteur.

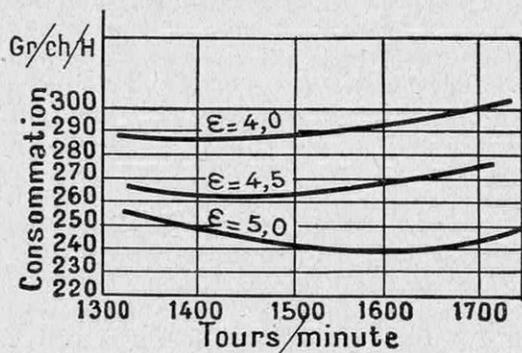


FIG. 3. — DE MÊME, LA COMPRESSION DIMINUE LA CONSOMMATION

Les trois courbes montrent, pour le même carburant, la consommation en grammes par cheval-heure, en fonction du nombre de tours, pour les taux de compression 4, 4,5 et 5. On voit, par exemple, qu'à 1.500 tours, la consommation est de 288 grammes, au taux de compression 4, de 264 grammes au taux 4,5, et de 242 grammes seulement au taux 5.

Par contre, la compression du mélange tonnant modifie profondément l'allure de la combustion de certains carburants; dans un moteur à taux de compression inférieur à une certaine valeur, déterminée pour chaque carburant, la vitesse de l'onde explosive ne dépasse pas quelques dizaines de mètres à la seconde, tandis qu'elle peut atteindre subitement 2.000 ou 3.000 mètres quand le moteur comprime le mélange explosif au delà de cette valeur critique (figure 4). Aussi, un moteur qui travaille dans ces dernières conditions, produit un son métal-

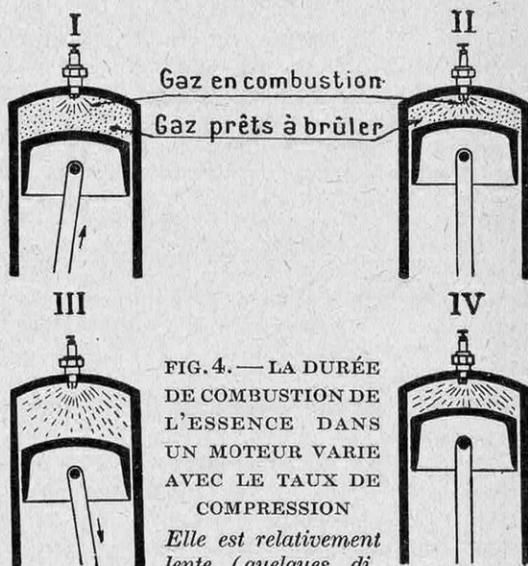


FIG. 4. — LA DURÉE DE COMBUSTION DE L'ESSENCE DANS UN MOTEUR VARIE AVEC LE TAUX DE COMPRESSION

Elle est relativement lente (quelques di-

zaines de mètres à la seconde) dans un moteur à taux de compression voisin de 4 (fig. I, II et III). L'étincelle enflamme le mélange quelques millimètres avant que le piston arrive à fond de course (fig. I). Quand il est à fond de course, la combustion n'est pas encore terminée (fig. II); elle ne se termine que pendant la descente du piston (fig. III). Elle est, au contraire, presque instantanée (2.000 à 3.000 mètres à la seconde) dans un moteur à taux de compression supérieur à 5 (fig. IV). L'explosion est alors brutale, la force expansive du gaz réagit d'un seul coup; on dit que le moteur « cogne ».

lique particulier: il « cogne ». Ce phénomène, extrêmement préjudiciable au rendement, provoque l'usure anormale des organes internes du moteur et empêche pratiquement de dépasser la valeur critique du taux de compression.

Les mélanges tonnants à base d'essence ne peuvent supporter, en général, une compression supérieure à 4 ou 5 kilogrammes par centimètre carré. On arrive bien à améliorer ce taux en ajoutant à l'essence du plomb tétraéthyle, mais la formidable toxicité de ce produit a ému les hygiénistes et les

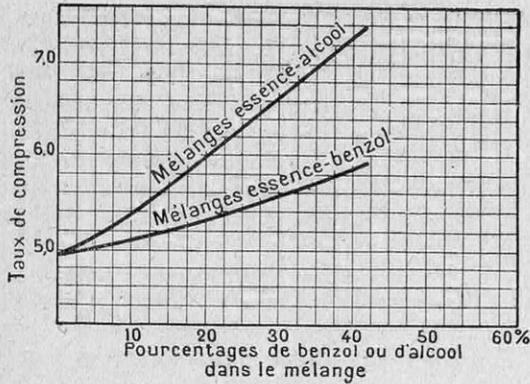


FIG. 5. — L'ALCOOL AJOUTÉ A L'ESSENCE AMÉLIORE DANS DE GRANDES PROPORTIONS SON POUVOIR ANTIDÉTONANT

Les deux courbes ci-dessus montrent le taux de compression que peuvent supporter, d'une part, un mélange essence-alcool, d'autre part, un mélange essence-benzol, en fonction du pourcentage d'alcool ou de benzol, dans le mélange. On voit, par exemple, que, alors que l'essence pure ne supporte qu'un taux de compression de 5, un mélange à 40 % benzol-essence supporte un taux légèrement inférieur à 6, et un mélange à 40 % alcool-essence, un taux supérieur à 7.

médecins, et son emploi a été proscrit dans plusieurs pays.

Au contraire, les mélanges tonnants à base d'alcool peuvent subir des pressions allant jusqu'à 12 kilogrammes par centimètre carré.

Il s'ensuit qu'un moteur *ad hoc*, alimenté à l'alcool, consomme beaucoup moins qu'un moteur à essence, environ 30 à 40 % pour produire le même travail.

Cependant, il est impossible d'envisager, dans un bref délai, l'utilisation de l'alcool seul. D'abord, la plupart des moteurs actuels utilisent l'essence. Leur taux de compression ne dépasse pas 5, et il ne viendrait pas à l'idée de mettre, du jour au lendemain, tous ces moteurs à la ferraille, sous prétexte d'utiliser un autre combustible plus avantageux.

Ensuite, la production d'alcool absolu pour carburant, actuellement bien trop faible, ne dépasse guère, en France, 5 % de la quantité d'essence consommée. D'où la nécessité d'un palliatif. Il vient, d'ailleurs, naturellement à l'esprit : mélanger les deux produits.

Les avantages du mélange alcool-essence

L'alcool valorise l'essence : il lui communique ses propriétés antidétonantes

L'essence alcoolisée, même à faible dose, 10 à 20 %, possède une résistance à la compression plus élevée que l'essence pure. La figure 5 indique les taux de compression que peuvent supporter les mélanges d'alcool

et d'essence étudiés à l'aide d'un moteur Ricardo à compression variable, tournant à 1.500 tours par minute; à titre de comparaison, nous mentionnons le même essai, effectué avec des mélanges d'essence et de benzol, qui passent cependant pour des carburants de valeur. La figure 6 fait ressortir la différence entre les rendements des moteurs à taux de compression respectifs de 4 et de 7.

L'alcool valorise l'essence, parce qu'il est anticalaminant

La calamine, qui se dépose surtout par l'usage des « supercarburants » actuels, contribue au « cognage » des moteurs à cause d'auto-allumage par points chauds (voir fig. 7 la comparaison entre la combustion de l'alcool et celle d'un mélange d'essence et de benzol). L'alcool évite radicalement le dépôt de calamine, et, partant, le rendement initial du moteur se maintient toujours identique à lui-même.

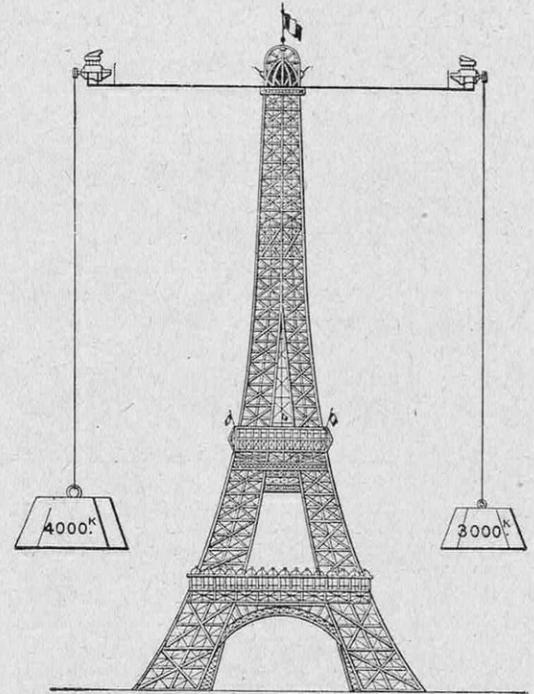


FIG. 6. — GRACE AU TAUX DE COMPRESSION SUPÉRIEUR QU'IL PEUT SUPPORTER, LE MÉLANGE ALCOOL-ESSENCE A UN MEILLEUR RENDEMENT QUE L'ESSENCE PURE

Le croquis montre le travail effectué par deux moteurs consommant chacun un litre de carburant, et fonctionnant, l'un (à gauche) avec un mélange alcool-essence au taux de compression 7, l'autre (à droite) avec de l'essence pure au taux de compression 5. Le premier moteur transportera 4.000 kilogrammes au sommet de la Tour Eiffel, tandis que le second n'en transportera que 3.000.

L'alcool évite le givrage

Il peut arriver que, dans certaines circonstances et du fait du refroidissement produit par l'évaporation du combustible, le carburateur se recouvre de givre. Ce givrage se manifeste à l'extérieur du carburateur et parfois à l'intérieur. Dans ces conditions, la section de passage des gaz diminue; le moteur faiblit. Cet inconvénient est un danger dans l'aviation.

Une quantité d'alcool égale à 10 %, ajoutée à l'essence, empêche totalement le givrage intérieur.

L'alcool rend l'essence électriquement conductrice

On a constaté que le mouvement de l'essence dans les tuyaux développe sur les parois une certaine charge d'électricité statique. Si, par hasard, la conduite se trouve isolée du sol, il se peut que le potentiel électrique croisse jusqu'au moment où éclate une

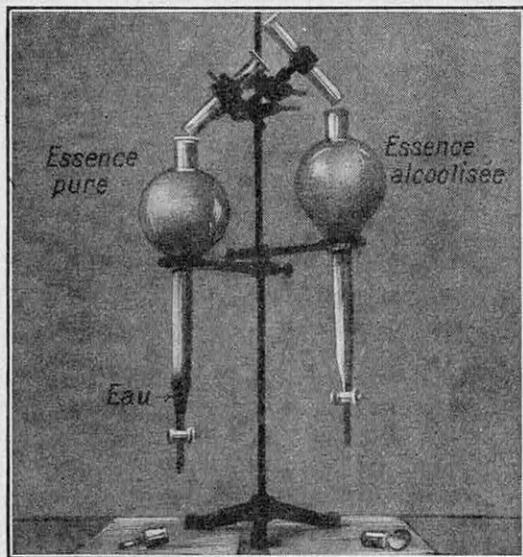


FIG. 8. — L'ÉTOUFFEMENT DU MOTEUR, PAR ARRIVÉE D'EAU AU CARBURATEUR, EST MOINS A CRAINdre AVEC UN MÉLANGE ALCOOL-ESSENCE QU'AVEC L'ESSENCE PURE

Lorsque, accidentellement, de l'eau est introduite dans un réservoir d'essence pure, elle « décante » (ballon de gauche) et, en pénétrant dans le carburateur, elle provoque l'arrêt du moteur. Si, au contraire, le carburant utilisé est de l'essence alcoolisée, l'eau s'y mélange (ballon de droite) et le moteur peut continuer à fonctionner.

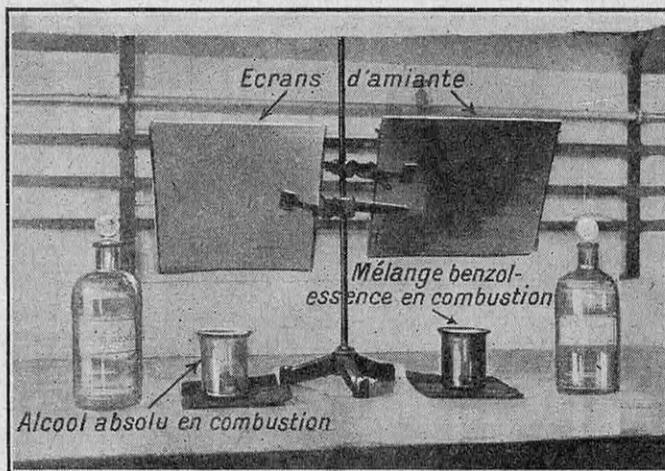


FIG. 7. — LA COMBUSTION DE L'ALCOOL DONNE MOINS DE CALAMINE QUE CELLE D'UN MÉLANGE ESSENCE-BENZOL. La combustion de l'alcool absolu ne noircit pas l'écran de gauche, tandis que le mélange benzol-essence, en brûlant, dépose de la suie (calamine) sur l'écran de droite.

étincelle entre la tuyauterie et la terre ou une autre pièce métallique; quelques gouttes d'essence viennent-elles à se répandre à cet endroit, elles s'enflamment; c'est la genèse d'incendies constatés dans les entrepôts.

L'adjonction d'alcool à l'essence évite ces graves inconvénients, parce qu'il rend l'essence électriquement conductrice.

Une petite quantité d'eau introduite dans le carburant ne cause pas d'ennui avec l'essence alcoolisée, car elle se mélange avec lui

On a beaucoup insisté sur la tendance à la décantation des carburants à base d'alcool. En effet, d'après les courbes donnant la stabilité des mélanges essence-éthanol à 0° et à 15°, 300 centimètres cubes d'eau ajoutée dans un réservoir contenant 30 litres d'essence alcoolisée à 25 % occasionnent une séparation du carburant en deux couches; mais, comme le signale le professeur Hubendiek, « la couche inférieure peut encore alimenter le moteur et le maintenir en action; bien entendu, le rendement n'est pas satisfaisant, mais il en est tout autrement lorsqu'on ajoute même une faible quantité d'eau à de l'essence pure contenue dans le réservoir d'une voiture. L'eau s'accumule dans le carburateur, de sorte que le véhicule s'arrête jusqu'à ce que toute l'eau ait été éliminée; avec l'essence alcoolisée il ne se produit pas de perturbation, mais seulement une légère diminution du rendement ».

Félicitons-nous de pouvoir utiliser l'alcool

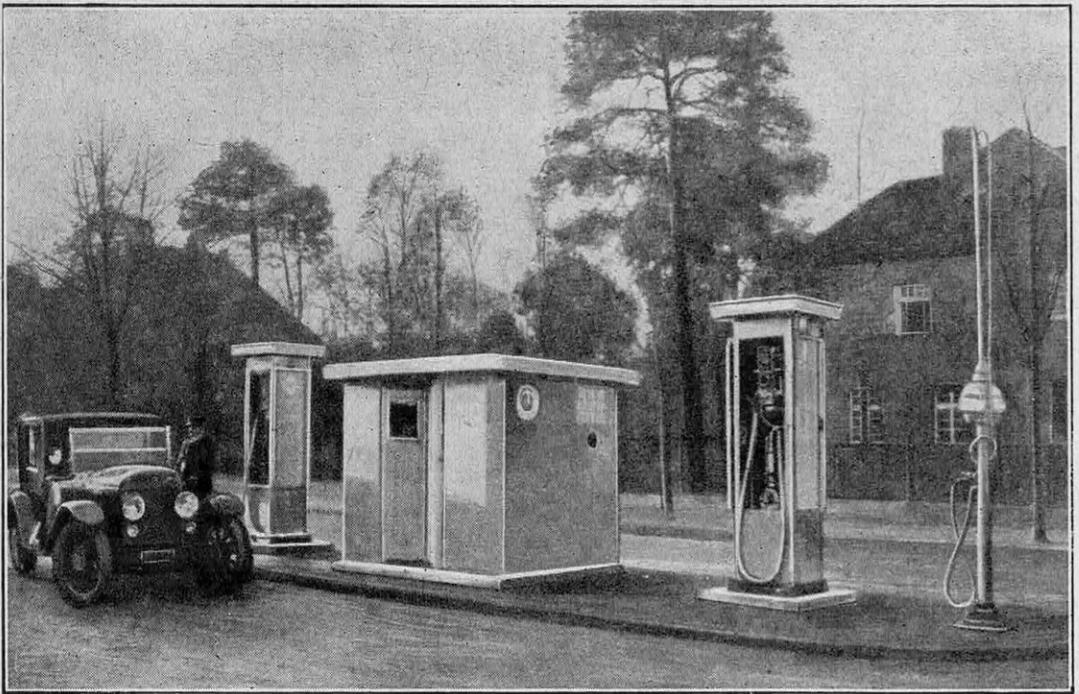


FIG. 9. — ON UTILISE EN GRAND, EN ALLEMAGNE, L'ESSENCE ALCOOLISÉE A 20 %, APPELÉE « MONOPOLIN », POUR L'ALIMENTATION DES MOTEURS AUTOMOBILES

D'importantes stations distributrices, comme celle représentée ci-dessus, et analogues aux distributeurs d'essences bien connus, sont destinées uniquement à l'essence alcoolisée pour automobiles.

carburant, qui nous évite les ennuis causés par l'introduction intempestive, et assez fréquente, de gouttes d'eau dans le carburant !

Enfin, M. Mariller a vérifié dans des expériences sévères que l'alcool absolu absorbe, à la longue, une quantité d'humidité tellement faible que, pratiquement, elle passe inaperçue.

Résultats pratiques : l'essence alcoolisée s'utilise de plus en plus dans le monde

Ces combustibles à base d'alcool, utilisés avec les moteurs actuels à taux de compression poussé à la limite permise pour employer

l'essence, produisent déjà un meilleur effet que l'essence seule. Le tableau suivant expose les résultats de quelques essais effectués au banc avec un moteur Adler P. K. W. de 10 à 28 ch, au taux de compression de 5, carburateur Pallas, type III.

La consommation de combustible diminue et la puissance augmente légèrement quand la richesse alcoolique du carburant croît de 0 à 30 % ; au delà de cette limite, les carburants à base d'alcool ne s'utilisent avec économie que dans les moteurs à taux de compression supérieur à 5.

L'usage de l'essence alcoolisée s'étend de

CARBURANT	Puissance utile en CV		Consommation moyenne de 800 à 2.000 t/m Kg/CV/H	Différence entre les consommations du carburant considéré et du carburant de comparaison — %
	à 800 t/m	à 2.000 t/m		
Essence.....	12,05	28,50	0,353	— 3,82 %
Essence/benzol, 60/40.....	12,25	28,45	0,367	Carburant de comparaison
Essence/alcool absolu, 90/10..	11,85	28,6	0,351	— 4,36 %
Essence/alcool absolu, 80/20..	11,70	29,55	0,348	— 5,18 %
Essence/alcool absolu, 70/30..	12,05	29,40	0,376	+ 2,45 %
Essence/alcool absolu, 60/40..	11,65	29,60	0,384	+ 4,64 %
Essence/alcool absolu, 50/50..	11,55	29,60	0,399	+ 8,73 %

RÉSULTATS D'ESSAI DE CONSOMMATION DE DIVERS CARBURANTS, SUR UN MÊME MOTEUR

plus en plus ; de nombreuses nations l'ont adoptée comme carburant. Signalons, en particulier, l'Allemagne, où le Reich oblige les importateurs à mélanger 4 % d'alcool à l'essence, mais où, de plus, la « Monopolin », carburant coloré en bleu contenant 20 % d'alcool et une certaine quantité de benzol dépendant de la qualité de l'essence utilisée, connaît un réel succès et est distribuée sur la voie publique ; la Suède, où la demande de « Lattbentyl » à 25 % d'alcool absolu et 75 % d'essence dépasse les moyens actuels de production ; l'Australie, le Natal, l'Amérique Centrale, la Tchécoslovaquie, la Hongrie, le Danemark, l'Italie, etc.

Vers l'utilisation rationnelle de l'alcool en France

Nous avons très tôt donné l'exemple, trop tôt peut-être, puisque notre formule 50 % d'alcool absolu et 50 % d'essence « poids lourd », si elle satisfaisait les besoins du moment, ne répondait pas à la composition requise pour un tel usage. Le « carburant national », trop riche en alcool, n'a pas eu le succès escompté. Néanmoins, on se dirige actuellement vers une meilleure utilisation de l'alcool. La loi du 4 juillet 1931, obligeant les importateurs à mélanger à 100 litres d'essence poids lourd 25 litres d'alcool absolu, possède comme intérêt pratique de

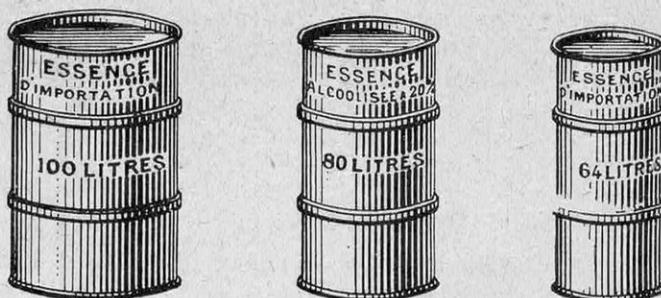


FIG. 11. — L'EMPLOI DE L'ESSENCE ALCOOLISÉE PERMET DE DIMINUER L'IMPORTATION DE PÉTROLE

80 litres d'essence alcoolisée à 20 % peuvent remplacer 100 litres d'essence pure. Or, ces 80 litres ne contiennent que 64 litres d'essence pure. D'où une économie de 36 % sur l'essence importée.

permettre à l'automobiliste moyen de trouver aisément de l'alcool. Le « carburant poids lourd » actuel est, comme le signale M. Dumanois, « remarquablement antidétonant ; le moteur qui l'utilisera sera plus souple, chauffera moins et ne se calaminera pas ». L'utilisation de ce carburant nécessite, cependant, un réglage du carburateur pour en tirer le maximum de profit. Une translation d'environ deux numéros de gicleur suffit largement, comme l'indique la figure 10. Par contre, en mélangeant deux bidons de « carburant poids lourd » et un bidon d'essence tourisme, on obtient un combustible contenant 16 % d'alcool. Il peut être utilisé sans aucune modification du carburateur. La consommation équivaut sensiblement à celle de l'essence ; le moteur, plus souple, chauffe moins, ne cogne pas et ne se calamine pas. Il serait souhaitable que, dès maintenant, le mélange d'alcool à l'essence tourisme, de pureté et de volatilité supérieures à celles de l'essence poids lourd, soit envisagé. Les constructeurs, sûrs de l'approvisionnement aisé de leurs voitures en carburant antidétonant, pourront augmenter le taux de compression des moteurs. Il s'ensuivra, soit une augmentation de la puissance du véhicule, sans accroissement de la consommation, soit une économie de combustible, dont l'usager sera enchanté. La demande d'alcool se fera plus intense et la production s'accroîtra. Une nouvelle élévation de la concentration alcoolique du carburant permettra aux constructeurs d'atteindre des taux de compression plus forts. Nous irons alors, insensiblement, mais certainement, à la fois vers une meilleure utilisation de l'essence, une consommation croissante d'alcool et, par conséquent, une diminution importante des achats d'essence à l'étranger.

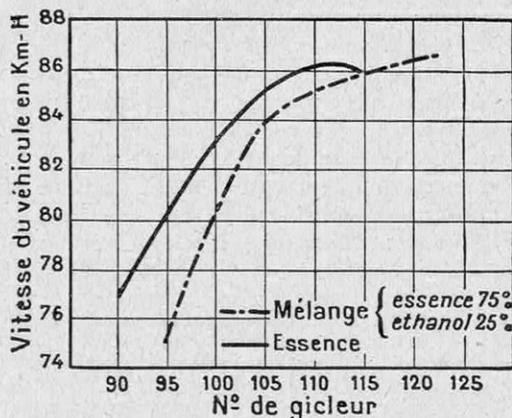


FIG. 10. — LE REMPLACEMENT DE L'ESSENCE PAR UN MÉLANGE ALCOOL-ESSENCE EXIGE, POUR MAINTENIR LE RENDEMENT, L'EMPLOI DE PLUS GROS GICLERS DE CARBURATEURS

Les courbes ci-dessus donnent les numéros de gicleurs qu'il faut employer aux différentes vitesses du moteur, quand on utilise, d'une part, de l'essence pure, d'autre part, un mélange alcool-essence à 25 %.

Un calcul très simple fait ressortir l'im-

portance de ce dernier avantage. Supposons qu'un moteur consomme 100 d'essence, il ne lui faudra que 80 lorsqu'il sera construit pour utiliser un carburant à 20 % d'alcool, par conséquent, il dépensera seulement 64 d'essence, soit une économie de 36 %, qui remboursera largement le prix des calories, d'ailleurs nationales, de l'alcool.

Une excellente formule de carburant : le mélange ternaire essence-benzol-alcool

Le benzol, produit de source nationale, peut contribuer, autant que sa production le permet, à diminuer l'importation d'essence. Tout en étant moins antidétonant que l'alcool, il l'est bien plus que l'essence. Ses propriétés calaminantes sont masquées quand il est utilisé en mélange avec l'alcool. M. Dumanois donne les résultats, représentés dans le graphique (fig. 12), d'essais comparatifs effectués à l'autodrome de Montlhéry, d'une part avec l'essence, d'autre part avec

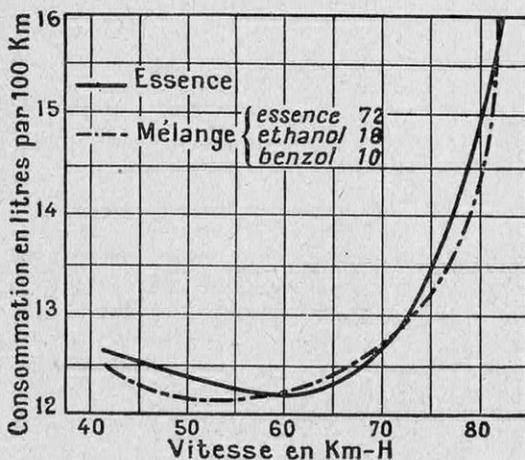


FIG. 12. — L'ESSENCE PURE N'EST PAS LE CARBURANT LE PLUS AVANTAGEUX

Des essais comparatifs faits à Montlhéry, avec de l'essence pure, d'une part, et un mélange d'essence-benzol-alcool, d'autre part, ont donné les résultats représentés par les courbes ci-dessus. La consommation, sensiblement la même dans les deux cas, aux environs du minimum de consommation, est nettement inférieure dans le cas du mélange, aux grandes puissances et aux grandes vitesses.

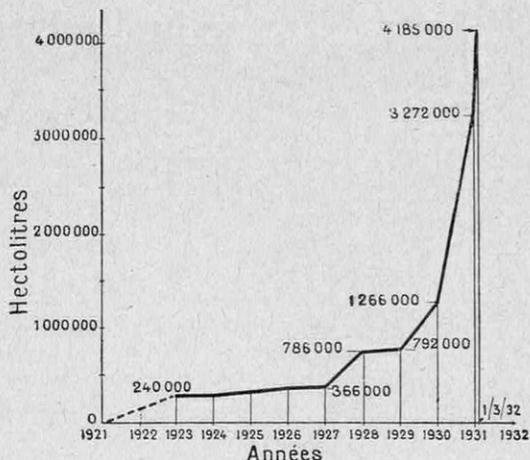


FIG. 13. — LA PRODUCTION D'ALCOOL ABSOLU POUR CARBURANTS, DANS LE MONDE, PROGRESSE A PAS DE GÉANTS

La fabrication de l'alcool absolu, qui, en 1921, n'était réalisée qu'au laboratoire, augmente dans d'énormes proportions, depuis deux ans surtout.

un mélange de 72 volumes d'essence, 18 d'alcool, 10 de benzol, qui peut se substituer à l'essence dans les moteurs courants.

La consommation volumétrique identique à celle de l'essence, pour les réglages voisins du minimum de consommation, est nettement inférieure pour les réglages correspondant au maximum de puissance.

L'alcool absolu carburant, même avec son faible pouvoir calorifique, peut donner de meilleurs résultats que l'essence à cause de sa valeur antidétonante et de son pouvoir décalaminant.

Ajouté à l'essence, il lui communique, en plus de ses qualités fondamentales, quelques avantages précieux au point de vue du virage et des traces d'humidité.

L'essence alcoolisée, employée avec succès dans les moteurs courants, conduit à des économies sensibles de combustible grâce aux moteurs « poussés » ; et, la construction de ces moteurs tendant à se généraliser, les nations non productrices d'essence bénéficient d'une économie appréciable dans l'usage de l'alcool carburant.

ARMAND COURTIER.

Les économistes affirment que la reprise des cours du blé sur le marché mondial est, en général, un indice favorable à la reprise des affaires industrielles. L'observation des phénomènes économiques nous apprend, en effet, qu'après la hausse du prix du blé, on enregistre celle du coton et, enfin, celle des métaux. Une esquisse dans ce sens vient de se manifester, pour les céréales, sur les grands marchés de Winnipeg (Canada) et de Chicago (Etats-Unis). A New York — l'un des plus grands centres de transactions du coton — on a constaté également une légère amélioration. Souhaitons que ces indices — quelque faibles qu'ils soient — se consolident, et que les métaux et autres matières premières « payent » enfin ceux qui les produisent.

UN NOUVEAU TYPE DE TURBINES A GAZ OU A VAPEUR

Par Jean MARIVAL

TOUTE machine à vapeur est fondée sur le principe suivant : si l'on met en communication une enceinte contenant de la vapeur à une certaine pression avec une autre enceinte où la pression régnante est plus basse, la vapeur se détend et se rend vers la deuxième enceinte. Dans son trajet, elle possède donc une énergie que l'on peut transformer en énergie mécanique, soit en utilisant uniquement la pression (machines à piston) ou l'énergie cinétique (turbines).

Voici cependant un nouveau type de turbine mise au point par M. Bertin, dans lequel l'inventeur ne fait plus intervenir l'énergie cinétique, sinon d'une façon accessoire. Si nous imaginons, en effet, un gaz sous pression en écoulement dans une conduite et si les parois de cette conduite sont extensibles, la pression exerce un travail contre les

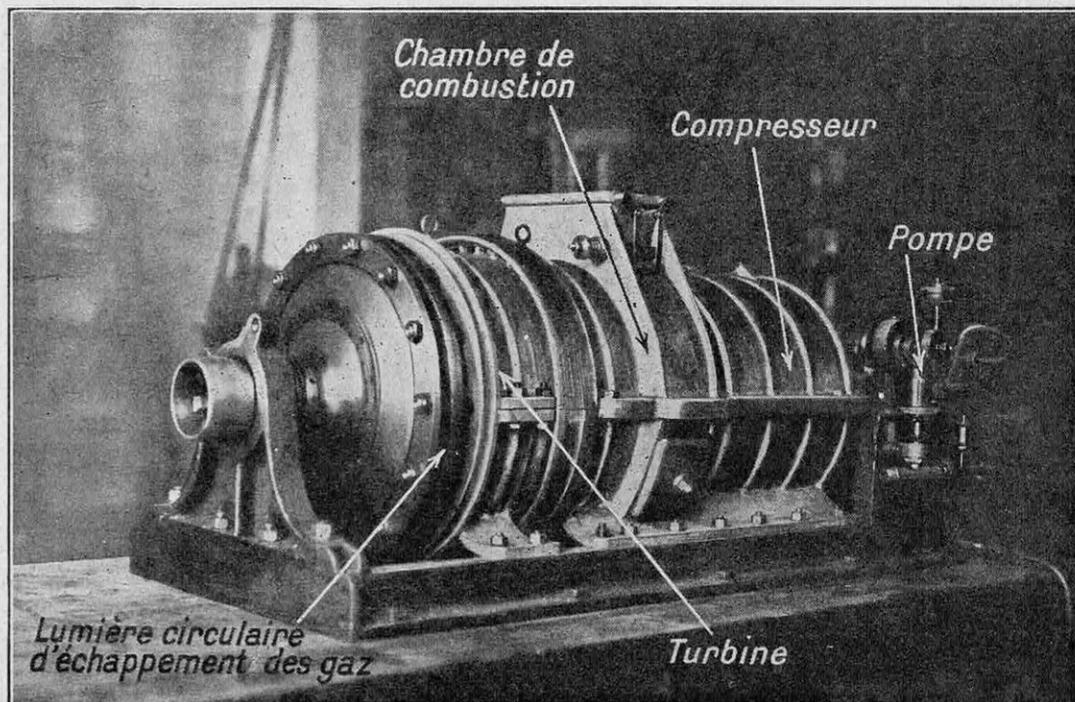
parois au détriment de l'accroissement de l'énergie cinétique, c'est-à-dire que la vitesse d'écoulement pourra rester constante, malgré la chute de pression.

On peut concevoir le dispositif suivant pour montrer la réalisation de ce principe.

Imaginons un disque plan, percé en son centre d'une large ouverture circulaire; sur la paroi plane sont creusés des canaux en spirale formant, en tout point, un angle de 45° avec le rayon du disque. De plus, la section de chaque canal va en croissant de la périphérie vers le centre.

Appliquons sur ce disque un autre disque exactement semblable — par exemple, un disque identique au premier, que l'on retournera face pour face. Les canaux des deux disques, appliqués l'un sur l'autre, se coupent tous à angle droit.

Si, maintenant, nous faisons tourner le



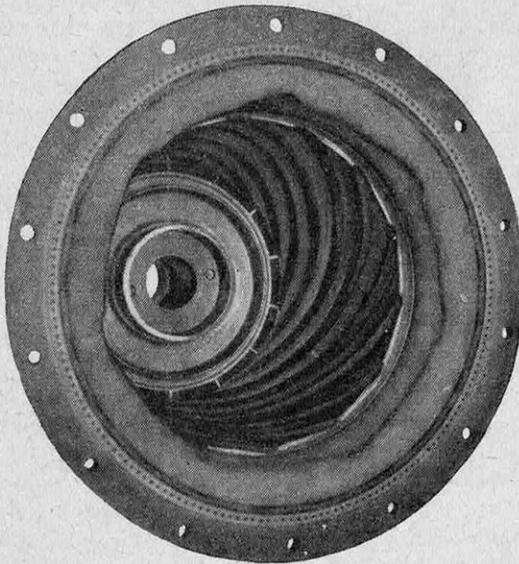
VUE EXTÉRIEURE DE LA TURBINE A GAZ G. BERTIN

disque supérieur (l'autre restant fixe), il est évident que les points où les canaux se coupent, se déplacent de la périphérie vers le centre. Comme la section des canaux croît précisément dans ce sens, il en résulte que le volume délimité par l'intersection des deux canaux croît également de la périphérie vers le centre. Si donc, nous supposons que les orifices de la périphérie sont mis en communication avec une enceinte contenant la vapeur sous pression, celle-ci pénètre dans les canaux et se détendra dans les intersections mobiles des canaux pour, finalement, s'échapper par les orifices débouchant dans l'ouverture centrale.

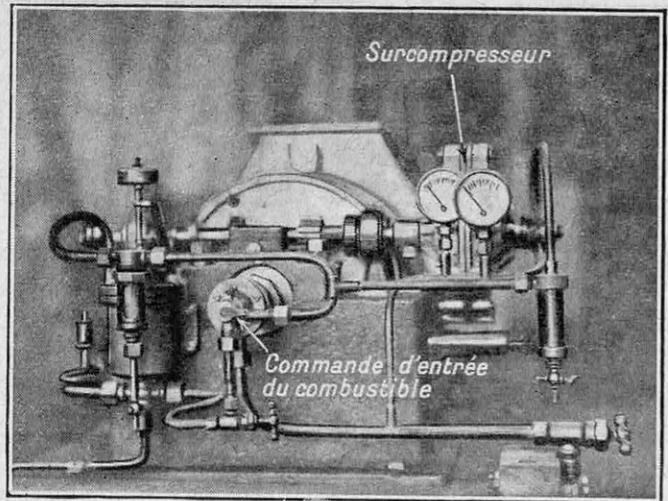
Dans cette détente, toute l'énergie disponible peut être transformée en travail utile, sans, par conséquent, que la vitesse d'écoulement de la vapeur augmente.

Il est évident qu'un tel dispositif ne donnerait que de fort maigres résultats à cause du frottement considérable résultant des grandes surfaces de frottement entre les parties planes des disques.

Aussi l'inventeur a-t-il modifié sa conception. Au lieu de disques plans, il utilise des surfaces en forme de troncs de cône, dont, d'ailleurs, un secteur du disque plan peut être considéré comme le développement, et, sur ces surfaces il trace les canaux spiraux



VUE INTÉRIEURE DE LA PARTIE TOURNANTE DE LA TURBINE



VUE EN BOUT DE LA NOUVELLE TURBINE A GAZ DU COTE DE L'ARRIVÉE DU COMBUSTIBLE

exactement comme le donnerait l'enroulement du disque.

Il obtient ainsi une véritable turbine dans laquelle le rotor est à l'extérieur et le stator, à l'intérieur. Comme ces canaux peuvent être creusés dans des matériaux réfractaires capables de supporter des températures élevées, cet appareil peut être directement appliqué sous forme de turbine à gaz.

Ainsi, aux essais, la machine, munie de matériaux réfractaires en silice fondue, a tourné très régulièrement à 5.250 tours par minute et en développant une puissance de 20 à 30 ch.

Ce nouveau principe d'utilisation s'applique également aux turbines à vapeur à haute pression, dont le rendement est amélioré du fait de l'expansion des parois.

Enfin, il est évident que la machine utilisée dans un sens inverse peut servir de turbo-compresseur donnant une pression plus élevée que celle fournie par la force centrifuge correspondant à la même vitesse périphérique. Ceci est dû à la contraction des parois qui se produit dans ce cas, contrairement à l'expansion utilisée dans la turbine.

Les essais entrepris jusqu'ici par M. Bertin ont répondu aux espoirs de l'inventeur. Mais la théorie nouvelle ne portera vraiment ses fruits que lorsque les différents types de machines auront pu recevoir un développement vraiment industriel. Ce n'est plus qu'une question de moyens matériels à mettre en œuvre pour établir, non plus une machine d'essais d'une trentaine de chevaux, mais de véritables turbines capables d'équiper une centrale thermique.

J. MARIVAL.

LES METHODES MODERNES DE TISSAGE ET DE PERFORATION DES MÉTAUX

Par Jean MARTON

Depuis les plus fines toiles métalliques, qui comportent près de 12.000 mailles par centimètre carré, jusqu'aux grillages larges et aux tôles perforées employées notamment pour le triage des minerais, il n'est guère aujourd'hui d'industrie qui n'utilise les métaux tissés ou perforés pour le filtrage, le tamisage ou la classification des éléments mis en œuvre dans les diverses fabrications. Mais, tandis que les toiles métalliques sont tissées sur des métiers établis sur le même principe que les métiers du tissage textile, la fabrication des tôles perforées a exigé la mise au point de puissantes machines de 300 tonnes, qui percent d'un seul coup, sur toute la largeur d'une tôle, des trous dont le diamètre peut varier de 0 mm 5 à 10 centimètres. Dans ce domaine, comme dans tous, la technique a su répondre aux besoins de l'industrie.

La toile métallique : ses usages, sa fabrication

Le tissage métallique a été copié sur le tissage textile. Les métiers sont construits sur le même principe : une chaîne se déroule, dans laquelle passe, avec un mouvement de va-et-vient, la navette de laquelle se dévide le fil de trame. Comme dans le textile, ces métiers sont munis de dispositifs perfectionnés arrêtant automatiquement la machine en cas de rupture d'un fil de chaîne ou de trame.

On peut ainsi tisser tous les fils métalliques, pourvu qu'ils aient la souplesse voulue.

Les toiles métalliques sont encore désignées par des considérations inspirées des anciennes unités de mesure : le numéro d'une toile correspond au nombre de fils contenus dans un pouce de 27 mm 7. Les plus fines que l'on sache obtenir ont le n° 300, ce qui correspond à 11.729 mailles au centimètre carré, et leur fil a 0 mm 04 de diamètre ! La forme habituelle des mailles est carrée, mais on fait également des toiles à mailles rectangulaires, pour des usages spéciaux, portant le nom de « toiles reps » ou « toiles chaînettes », suivant la forme de la maille.

Les toiles métalliques furent surtout employées, au début, par les industries chimiques, les mines, les faïenceries, les industries céramiques. Puis on les utilisa comme

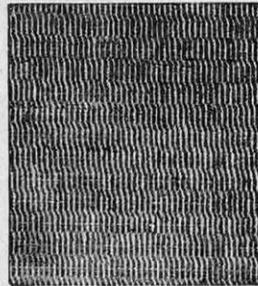
armature du verre, du caoutchouc, enfin du plâtre et du ciment.

La force demandée aux fils s'accrut progressivement, et certaines industries exigent que leur diamètre atteigne 20 millimètres. Or le métier à tisser devient trop faible pour lancer une navette à travers une chaîne de fils aussi gros ; 3 millimètres sont, généralement, pour le métier une limite qui ne peut être dépassée.

Pour cela, on a dû avoir recours à d'autres procédés : on découpe les trames à la longueur voulue et on les place, ondulées à l'avance, entre les fils de chaîne, également ondulés. On obtient ainsi une grosse toile ou plutôt un grillage, dit « grillage ondulé », qui ne se distingue des toiles tissées que par la dureté du fil employé et que par les lisières où la trame est interrompue. C'est ainsi, notamment, qu'est fait le robuste grillage dit « grillage bordure défensive ».

Une autre méthode de fabrication consiste à visser successivement les unes dans les autres une série de spires en forme d'hélices ; c'est par ce procédé que l'on produit le grillage à simple torsion et les tissus pour transporteurs mécaniques.

Le grillage simple torsion est très résistant et surtout très souple, étant donné le mode même de sa fabrication qui lui permet de subir des chocs sans former de poches, comme le fait le grillage hexagonal. D'autre part, sa longueur est indéfinie, puisqu'on



Etab. Gantois, Saint-Dié.
TOILE MÉTALLIQUE
REPS, N° 6/72, FILS 1/16

peut juxtaposer facilement les rouleaux en enlevant la dernière spire d'un rouleau et en la revissant en la faisant pénétrer dans la première spire du rouleau suivant.

Pour toutes ces raisons, le grillage à simple torsion jouit actuellement d'une grande vogue, d'ailleurs justifiée, et son emploi se généralise de plus en plus pour la clôture.

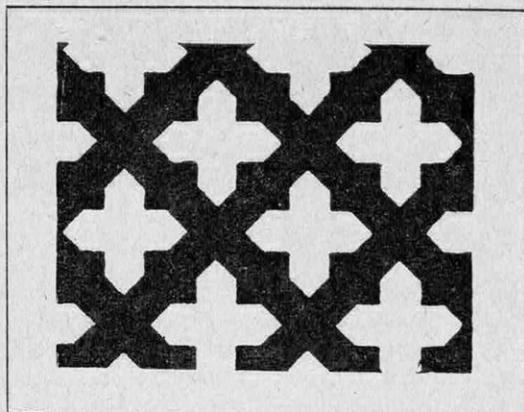
Ajoutons que l'emploi du grillage simple torsion ne se borne pas à la clôture ; les mines en font actuellement un grand usage pour le soutènement des galeries ; au lieu d'exécuter celui-ci en bois, on l'exécute, en effet, très souvent en grillage simple torsion, soutenu par des cadres métalliques.

La fabrication économique de la tôle perforée

Autrefois, les tôles perforées étaient préparées trou par trou, avec un poinçon unique. Même en dotant les poinçonneuses d'avances automatiques de la tôle dans les deux sens, la production était faible et le prix de revient élevé.

Mais, grâce aux progrès actuels de la construction mécanique, on dispose maintenant de presses puissantes de 200 ou 300 tonnes, qui perforent d'un seul coup toute la largeur d'une tôle. On peut ainsi obtenir une production rapide et économique.

Les trous peuvent présenter toutes les



Etab. Gantois, Saint-Dié.

TÔLE PERFORÉE DÉCORATIVE

formes et toutes les dimensions : de 5/10^e de millimètre à 100 millimètres.

Les tôles perforées sont surtout employées pour les industries de filtration, pour le criblage des produits agricoles, du charbon, des matériaux de construction, etc.

Le découpage de trous de formes variées permet de réaliser des tôles d'aspects très décoratifs, qui sont très goûtées actuellement dans la construction.

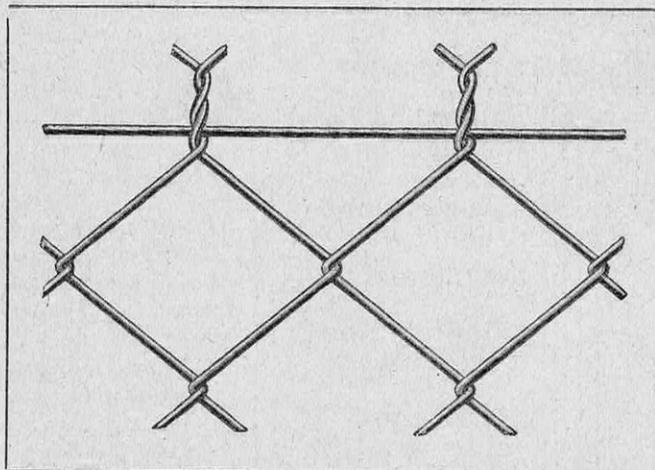
Le même principe de fabrication permet d'obtenir des tôles gaufrées, très utilisées pour les passerelles de navires, de ponts roulants, etc., dans tous les cas, enfin, où il est nécessaire d'avoir une grande adhé-

rence, que la tôle striée ne peut obtenir, ou de permettre un écoulement des eaux par l'emploi de tôles gaufrées et perforées.

La France possède, aujourd'hui, de puissantes usines de toiles métalliques ou de tôles perforées, dotées de l'outillage le plus moderne. Non seulement elles réalisent tout le cycle de la fabrication, depuis la matière première jusqu'au produit fini, mais encore elles ont organisé des services d'installation des grillages et de toute la serrurerie que nécessite cette pose.

C'est là un bel exemple de rationalisation d'une grande industrie.

JEAN MARTON.



Etab. Gantois, Saint-Dié.

GRILLAGE SIMPLE TORSION A PICOTS



UN NOUVEL ACCUMULATEUR LÉGER ET ROBUSTE

par Jean MARTIN

La recherche de l'accumulateur léger passionne depuis longtemps tous les techniciens de l'électricité. Dans ce domaine, un premier pas vient d'être franchi par M. François Boisier, qui a mis au point un nouvel élément dont le poids, à capacité égale, n'est que la moitié de celui de l'accumulateur au plomb. De plus, le nouvel élément ne nécessite aucun entretien et ne subit aucune usure. Enfin, l'absence de tout dégagement gazeux permet de rendre la batterie complètement étanche et de la transporter sans aucun danger. La fabrication industrielle qui se poursuit actuellement s'attache à résoudre certainement quelques points particuliers de mise au point, notamment la diminution de l'encombrement.

UN nouvel accumulateur électrique vient de naître. Résoudra-t-il le problème — qui, depuis si longtemps, a fait l'objet de nombreuses recherches — de l'accumulateur à la fois léger et robuste, de grande capacité sous un faible poids et d'un entretien à peu près nul? Certes, sa mise au point industrielle n'est pas encore terminée, mais les essais effectués sont suffisamment encourageants pour permettre d'espérer dans l'avenir du nouvel élément.

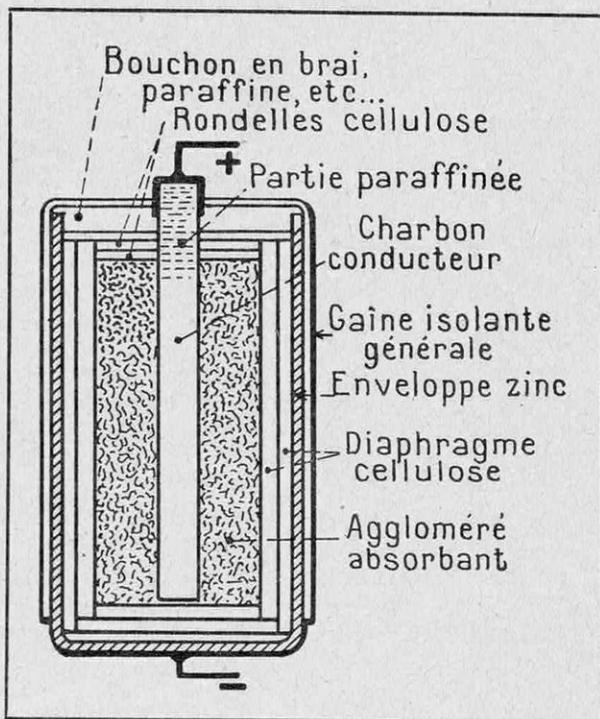
L'accumulateur à l'iode, imaginé par François Boisier (1), se présente extérieurement sous l'aspect d'une pile sèche de forme cylindrique. L'électrode positive, au centre, est constituée par un cylindre en charbon graphité, entouré d'une gaine de poudre de charbon absorbant ou d'aggloméré spécial très poreux; une enveloppe (diaphragme de cellulose), faisant corps avec le char-

bon et l'aggloméré, sert à la fois de diaphragme poreux et d'absorbant pour l'électrolyte. Le tout est renfermé dans un récipient cylindrique en zinc formant l'électrode négative.

L'électrolyte neutre (iodure de zinc) est entièrement immobilisé et ne donne lieu à aucun dégagement gazeux.

Voici le fonctionnement du nouvel élément. Pendant la charge, l'iodure de zinc est

décomposé. Le zinc se dépose sur l'électrode négative et l'iode sur l'électrode positive, une partie étant dissoute dans l'électrolyte et l'autre absorbée par la poudre de charbon ou par l'aggloméré. Pendant la décharge, l'iodure de zinc se reforme intégralement. La réversibilité est donc absolue; il n'y a pas de dégagement gazeux, puisque chaque élément ne donne que 1 v 2, tension trop faible pour décomposer l'eau de l'électrolyte. On peut donc donner à l'accumulateur une étanchéité complète. De



COUPE D'UN NOUVEL ÉLÉMENT D'ACCUMULATEUR
À L'IODE COMPLÈTEMENT ÉTANCHE

(1) En religion Frère
Ciro Francisco, des
Frères des Ecoles
Chrétiennes.

même, les électrodes n'agissant que comme récepteur de zinc (électrode négative) et comme récepteur d'iode (électrode positive) ne subissent aucune usure.

Quant au diaphragme de cellulose, bien que jouant un rôle passif, il est toutefois indispensable. En effet, d'une part, sa présence immobilise l'électrolyte; d'autre part, il empêche les particules d'iode de se rassembler à la partie inférieure des éléments, ce qui pourrait provoquer une attaque du zinc en circuit ouvert.

Il est évident que, complètement déchargé, le nouvel élément ne contient que de l'iodure

de zinc et qu'il peut rester ainsi sans danger un temps indéfini, aucune réaction chimique ne pouvant se produire. L'accumulateur abandonné chargé se décharge lentement sans inconvénient.

Par ailleurs, on sait que l'accumulateur au plomb ne peut supporter impunément des régimes de charges et de décharges

rapides. L'accumulateur à l'iode peut, au contraire, être rapidement chargé ou déchargé. Il suffit que, pendant la charge, la température ne s'élève pas au-dessus de 100°, afin d'éviter les effets de dilatation et l'évaporation de l'iode.

Les essais entrepris depuis plus de trois ans ont montré la possibilité de faire débiter à une batterie de 15 ampères-heure 80 à 100 ampères pendant six à huit minutes. C'est une qualité précieuse, notamment pour les accus d'automobiles, qui, au moment où ils actionnent le démarreur, doivent débiter une forte intensité pendant un temps très court.

Au point de vue de la capacité, voici les résultats obtenus. Pour une capacité de 1 ampère-heure, il faut compter 10 grammes d'iode (soit 25 grammes d'iodure de zinc), 10 grammes de charbon, 7 grammes de cel-

lulose, 4 grammes de zinc, plus l'enveloppe, ce qui fait en tout 52 grammes. L'accumulateur au plomb pèse de 100 à 150 grammes pour la même capacité de 1 ampère-heure. Si l'on considère l'énergie, on espère arriver à 50 ou 70 watts-heure par kilogramme. Le rendement atteint 70 à 80 %.

Deux facteurs seulement, en apparence du moins, défavorables à l'accumulateur à l'iode. Ce sont le prix et l'encombrement. L'accu à l'iode se situe, au point de vue du prix, entre l'accu au plomb et l'accu au fer-nickel. Mais son entretien nul doit compenser certainement, à l'usage, le prix d'achat. L'encombrement est évidemment

plus grand que celui de l'accu au plomb, mais les études en cours montrent que l'on peut attendre des perfectionnements de ce côté.

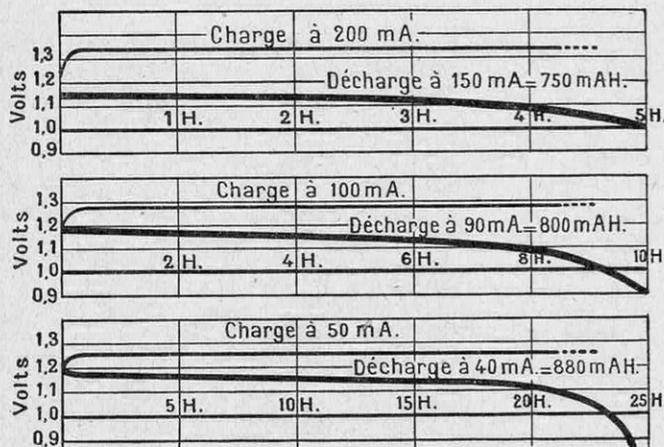
Il faut signaler également un autre inconvénient. Si le courant de charge est inversé, il y a transport du zinc sur le charbon et attaque

du bac (électrode négative en zinc). On espère, toutefois, en employant comme électrode négative un métal absolument neutre à l'action de l'iodure de zinc et de l'iode, surmonter cette difficulté.

Les applications de l'accumulateur à l'iode sont, évidemment, très nombreuses : batteries fixes (batteries-tampons, téléphone, signaux de chemins de fer); batteries semi-fixes (de traction, d'éclairage, de démarrage); batteries transportables (T. S. F., éclairage portatif).

Pesant deux fois moins que l'accumulateur au plomb, d'une robustesse remarquable, absolument étanche, l'élément à l'iode représente un fort intéressant progrès dans le domaine de ce transformateur d'énergie que constitue l'accumulateur électrique.

J. MARTIN.



COURBES DE CHARGE ET DE DÉCHARGE DU NOUVEL ACCUMULATEUR A L'IODE, SUIVANT TROIS RÉGIMES DIFFÉRENTS D'INTENSITÉ ET DE TEMPS

UNE MACHINE GÉANTE POUR LES ESSAIS DE MATÉRIAUX

Par Jean MARTON

Les constructions de plus en plus hardies, la recherche d'une légèreté toujours plus grande, grâce à l'emploi de matériaux nouveaux, notamment des alliages métalliques qui sont à la base de l'établissement des machines modernes à grande puissance, exigent, pour l'obtention d'une sécurité indispensable, que les matériaux soient essayés dans les conditions les plus sévères.

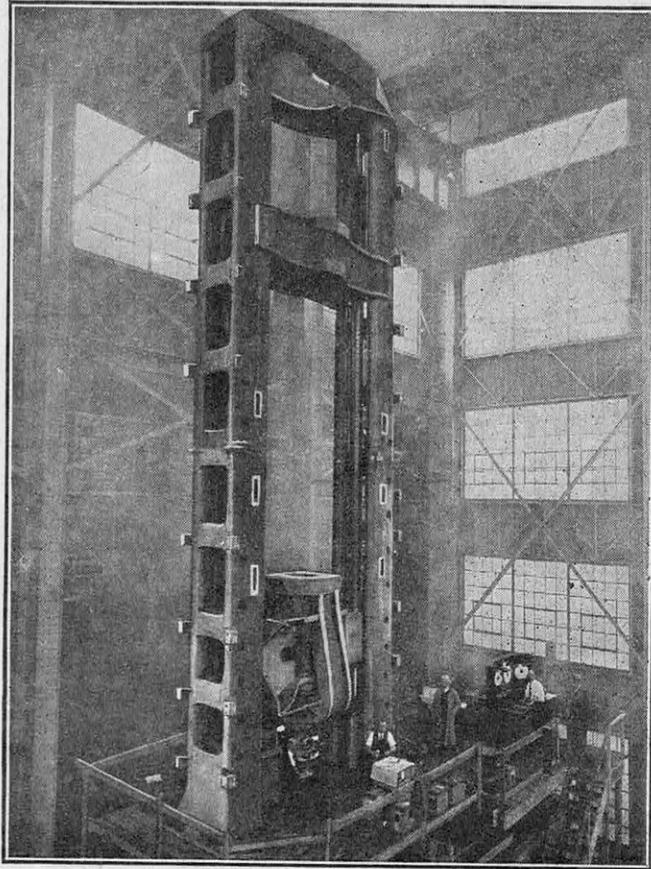
Il ne suffit pas, pour cela, d'effectuer des essais chimiques et physiques sur des échantillons de faibles dimensions, d'où l'on déduit ensuite, par le calcul, les caractéristiques de résistances de matériaux employés à l'échelle industrielle. Une erreur relativement faible, multipliée par l'extrapolation, peut provoquer des catastrophes et oblige les ingénieurs à s'imposer des coefficients de sécurité élevés, d'où une mise en œuvre exagérée de ces matériaux. Chacun sait qu'on ne construit pas un avion géant en multipliant purement et simplement les dimensions d'un avion moyen par un facteur déterminé, mais qu'il est indispensable d'éprouver pratiquement, par

des essais statiques, les pièces maîtresses de la structure de l'appareil.

Cette nécessité a amené les constructeurs à édifier des « machines à essayer » de plus en plus grandes. Voici la dernière du genre,

qui vient d'être terminée et montée à l'Université de Californie (Etats-Unis). Elle est la plus grande du monde parmi les « machines à essayer » verticales.

Elle est, en effet, capable de soumettre à la compression des colonnes mesurant jusqu'à 10 m 20 de haut sous une charge atteignant 1.820 tonnes. A la traction, elle peut soumettre des pièces de 10 m 20 de long à un effort de 1.360 tonnes. Comme le montre la photographie ci-contre, cette machine se compose de deux colonnes distantes de 3 mètres et



VUE D'ENSEMBLE DE LA MACHINE GÉANTE POUR L'ESSAI
DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION

d'une table de 3 m 65 de long. Celle-ci est placée au niveau du plancher du laboratoire, et un chariot peut circuler entre les colonnes. L'échantillon à essayer peut être directement soulevé du corps du chariot par la machine elle-même.

Bien entendu, c'est à une presse hydraulique que l'on demande de réaliser les efforts

énormes nécessaires aux essais que nous avons signalés plus haut. A cet effet, une pression de 175 kilogrammes par centimètre carré est mise en œuvre dans un cylindre dont le « plongeur » immobile est fixé à la table de la machine. Le cylindre constitue donc l'élément mobile de l'appareil. A ce cylindre sont fixées, par l'intermédiaire de deux parties en saillie, deux vis en acier au vanadium de 30 centimètres de diamètre et de 18 m 40 de long, que l'on voit sur la figure page précédente, à côté des montants de la machine. Au moyen de longs écrous en bronze logés dans la tête transversale inférieure (qui porte le dispositif d'accrochage pour les essais à la traction), les efforts sont transmis, par ces vis, à la tête transversale supérieure. La vis et leurs divers écrous ont pour but de placer la tête transversale inférieure à la position voulue, suivant la dimension de la pièce à essayer. Les essais de

compression s'exécutent entre la tête inférieure et la table fixe, tandis que les essais à la traction se font entre les têtes supérieure et inférieure. La course de la tête inférieure est de 1 m 20.

Le dispositif d'accrochage est exécuté en acier au chrome-nickel, taillé à la machine, et pèse 1.360 kilogrammes. La table, en acier fondu, repose sur des colonnes en acier fondu de 5 m 30 de long, et le tout pèse près de 23.000 kilogrammes.

La hauteur totale de la machine au-dessus du sol est de 14 m 30. Ses fondations atteignent 7 m 60 de profondeur et pèsent 115 tonnes. De la tête aux pieds, c'est donc 21 m 90 qu'il faut compter, soit la hau-

teur d'un immeuble de six étages environ.

Une telle machine, qui développe les efforts énormes que nous avons signalés, emmagasine en quelque sorte, pendant les essais, une énergie formidable. En cas de rupture de la pièce essayée, cette énergie, brusquement libérée, pourrait produire de véritables catastrophes. Aussi a-t-on prévu de puissants ressorts capables de l'absorber, de même que, dans un canon, le frein absorbe le recul de la pièce.

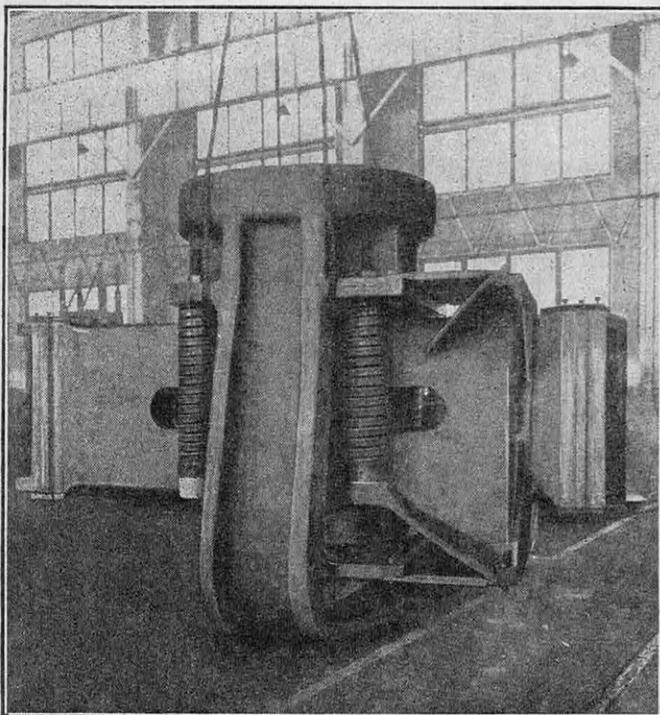
Signalons enfin que des dispositifs spéciaux permettent, soit de maintenir une charge constante aussi longtemps qu'on le désire, soit d'appliquer une charge progressivement croissante sur la pièce à essayer. Tous les appareils de contrôle, rassemblés sur une table, facilitent la conduite des essais.

Au cours de ceux-ci, on a réussi à rompre des pièces d'acier de 20 cm 4 de diamètre, sous une traction de

1.450 tonnes, après avoir obtenu un allongement de 19,6 %, soit 75 centimètres. De même un cylindre de béton de 75 centimètres de diamètre et de 1 m 50 de hauteur a été broyé sous une charge de 1.370 tonnes.

Ainsi les ingénieurs américains ont maintenant à leur disposition un outillage puissant, susceptible de leur permettre d'établir leurs projets les plus grandioses avec le maximum d'économie et de sécurité.

Signalons, enfin, qu'en Allemagne, est en service, depuis 1912, une machine à essayer *horizontale* qui permet de développer des efforts de 1.500 tonnes à la traction et de 3.000 tonnes à la compression, sur des échantillons de 7 à 11 m de long. J. MARTON.



DÉTAIL DE LA TÊTE TRANSVERSALE INFÉRIEURE MOBILE DE LA MACHINE A ESSAYER

Remarquer les puissants ressorts qui absorbent l'énergie emmagasinée en cas de rupture de l'échantillon essayé.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

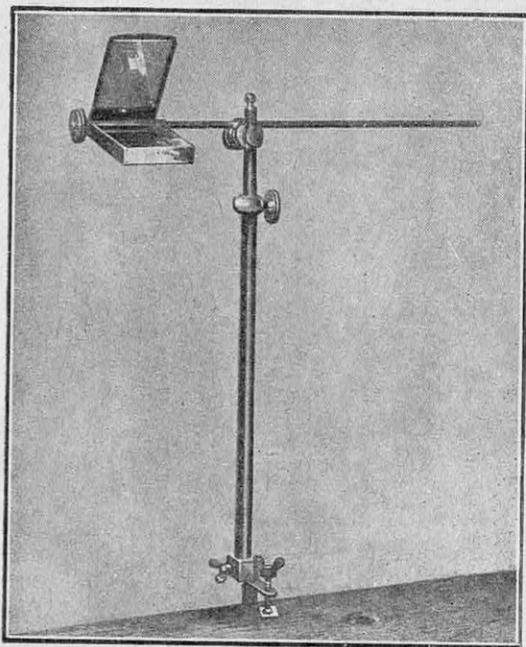
Par V. RUBOR

Tout le monde peut dessiner correctement

TOUT le monde connaît le principe de la « chambre claire ». Il consiste à superposer, en apparence, l'image d'un objet avec la pointe d'un crayon, par exemple, de sorte qu'il suffit de suivre, avec ce crayon, les contours de l'image pour obtenir un dessin exact de l'objet. Sur ce principe, d'intéressants appareils ont été établis. En voici un fort simple et fort pratique. La photo ci-contre le représente vu de face, c'est-à-dire vu de la position où serait placé l'objet à dessiner. Il se compose d'un miroir dont on peut régler l'inclinaison et d'un cadre métallique horizontal dans lequel est placée une plaque de verre teintée, polie sur les deux faces. L'objet étant placé devant l'appareil, les rayons lumineux se réfléchissent sur le miroir et forment sur le verre teinté une image de l'objet. En plaçant l'œil au-dessus de l'appareil, au bord du miroir, on voit donc, d'une part, cette image et, *par transpa-*



LA LAMPE A TRANSFORMATIONS



ENSEMBLE DE L'APPAREIL « PROJEX » POUR
LE DESSIN

rence, à travers le verre teinté, la feuille de papier placée sur la table. Avec un crayon, on peut donc suivre aisément les contours de l'image. Si celle-ci n'apparaît pas nettement, il suffit de remplacer la plaque de verre par une autre plus ou moins foncée. En plaçant le modèle à une distance plus ou moins grande de l'appareil, il est très facile d'obtenir, à volonté, un agrandissement ou une réduction.

Bien entendu, les tiges qui supportent le miroir et la plaque de verre peuvent être réglées pour donner le maximum de commodité au dessinateur.

Une lampe à transformations

D'UN style moderne, la lampe portable ci-dessus se prête à un certain nombre d'usages intéressants. Tout d'abord, signalons que, comme lampe de bureau, elle est facilement réglable, soit en faisant coulisser la potence horizontale supérieure dans sa glissière, soit en inclinant à volonté le réflecteur métallique.

Ensuite, il suffit d'en détacher le pied (en faisant glisser vers le haut les lames métalliques verticales) pour transformer la lampe en une applique élégante.

Enfin, ces lames métalliques peuvent

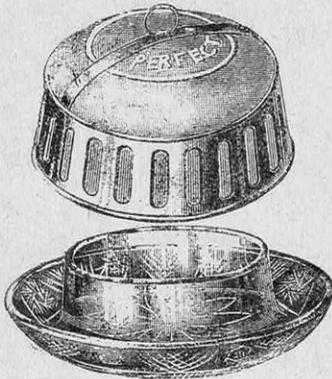
être aisément fixées au pupitre-support de musique et la lampe devient fort utile pour le pianiste.

On le voit, sans opérations compliquées, on peut utiliser la même lampe à plusieurs usages, suivant l'heure de la journée et le besoin de chaque instant.

Pour conserver le beurre frais en été sans glace

POUR refroidir un liquide ou un solide sans employer de glace, on se base généralement sur certains phénomènes chimiques qui permettent d'abaisser la température. Mais il est cependant un phénomène physique qui permet de réaliser un refroidissement appréciable en utilisant uniquement de l'eau. C'est, on l'a deviné, celui de l'évaporation. Il s'agit donc, afin d'activer ce phénomène, de donner à la surface de contact entre l'eau et l'air le maximum de superficie.

Le beurrier ci-contre est fondé précisément sur cette remarque. Il se compose de deux parties : l'une inférieure, en forme d'assiette et contenant le récipient à beurre ; l'autre, supérieure, est formée d'une cloche

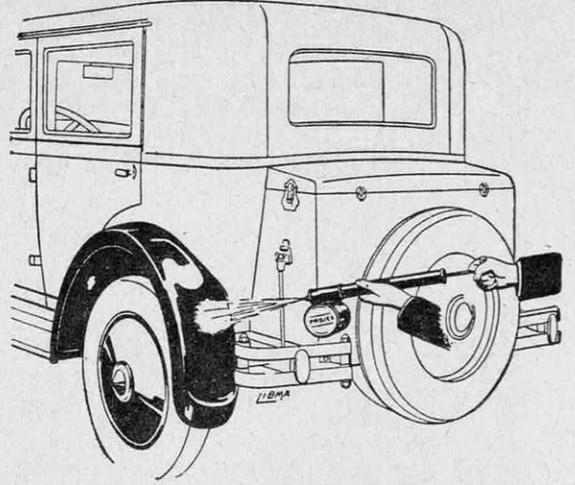


LE BEURRIER-GLACIÈRE

avec monture métallique en aluminium poli, percée de larges ouvertures. Dans cette monture se trouve une nouvelle matière à grande capillarité. Il suffit donc de mettre un peu d'eau dans le rebord de l'assiette pour que cette eau, montant par capillarité dans la cloche, s'évapore rapidement et rafraîchisse le beurre placé dans le récipient intérieur. Il va de soi que n'importe quel aliment peut prendre, sous la cloche, la place du beurre. Ce nouvel appareil constitue donc une petite glacière de ménage ne demandant aucun frais d'entretien, simplement un peu d'eau.

La peinture au pistolet... sans pistolet

LA peinture au pistolet, c'est-à-dire la pulvérisation de la peinture au moyen de l'air comprimé est de plus en plus utilisée. Bien exécutée, elle permet, en effet, d'obtenir une surface lisse, où, évidemment, toute trace de pinceau est inexistante. De plus, elle est économique, car elle exige une



COMMENT ON PEINT AVEC LE « PROJEX »

quantité de peinture assez faible. Cependant, son emploi nécessitant une source d'air comprimé, soit sous forme de bouteilles, soit sous forme de compresseurs d'air, est surtout réservé aux entreprises d'une certaine importance.

Aujourd'hui, grâce à l'appareil ci-dessus, tout le monde peut bénéficier des avantages de la peinture au pistolet. Comme on le voit, l'appareil se compose d'un récipient de peinture et d'une pompe à main. Après avoir garni le récipient, et donné sept à huit petits coups de pompe pour emmagasiner de l'air comprimé dans le réservoir, la peinture jaillit en un fin brouillard. Il suffit alors de maintenir la pression par quelques coups de pompe lents et mesurés, et de tenir l'appareil à 15 cm environ de la surface à peindre.

Signalons que la pompe peut être aisément remplacée par un dispositif permettant d'alimenter l'appareil avec de l'air comprimé fourni par un gonfleur de pneus, par exemple.

Tous les genres de peintures peuvent être utilisés : les laques nitrocellulosiques, qui donnent de si beaux brillants, les peintures grasses à séchage rapide, les peintures à l'huile ordinaires. Suivant le cas, la peinture sera mélangée avec un diluant convenable.

Mentionnons enfin que l'entretien de l'appareil est fort simple, car le réservoir possède un fond amovible simplement vissé.

Qu'il s'agisse de laque sur aile d'automobile, un meuble, ou de peindre n'importe quelle surface, nous pourrions désormais, sans difficulté, exécuter cette opération au pistolet, sans installation encombrante et coûteuse.

V. RUBOR.

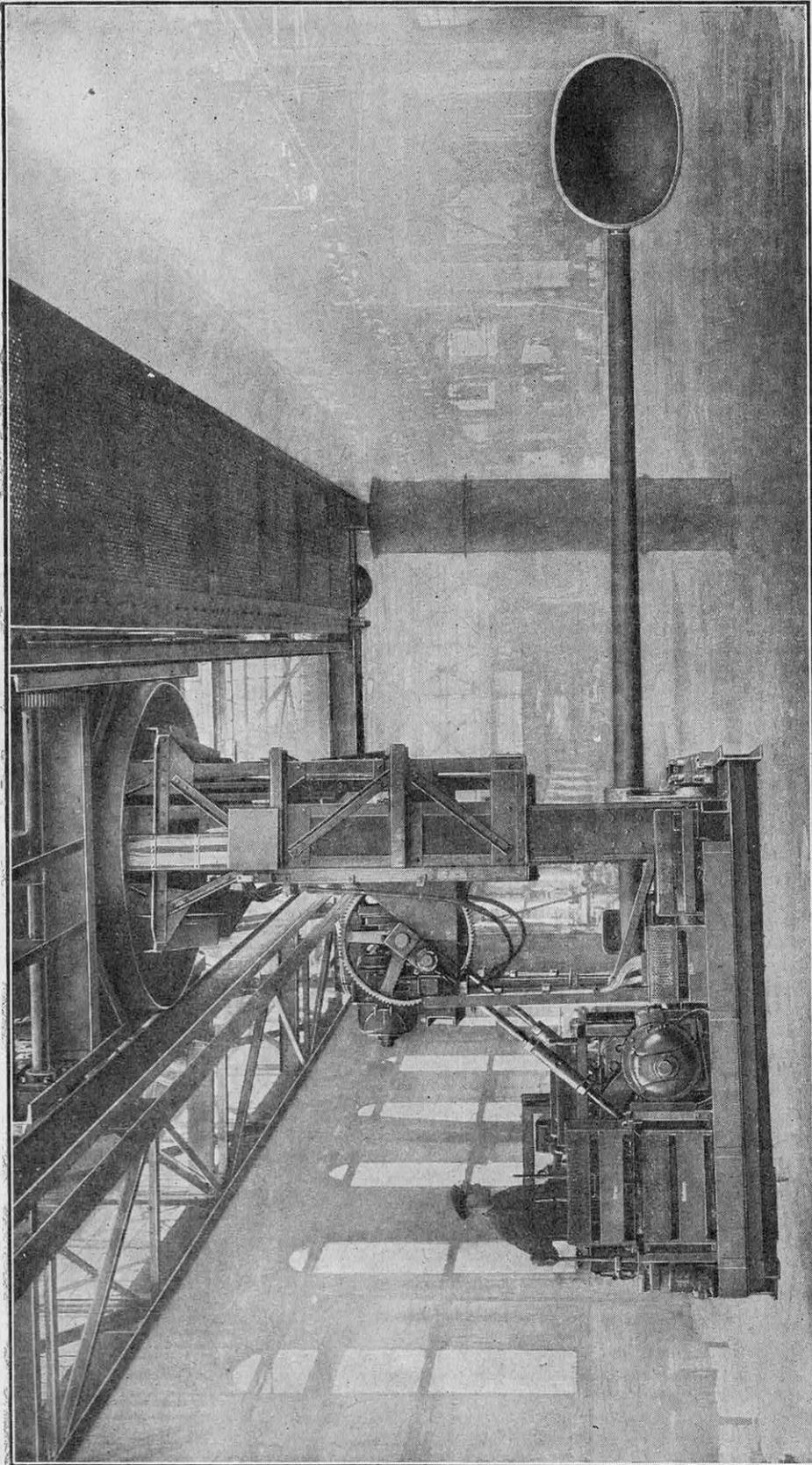
Adresses utiles pour les « A côté de la science »

Pour le dessin : M. FUCHS, 32, rue Kattenbachy, Thann (Haut-Rhin).

Lampe à transformations : M. ROBERT, 20, rue Keller, Paris.

Beurrier-glacière : M. SEIGLE, 23, square de Vergennes, Paris (15^e).

Peinture au pistolet : ETABLISSEMENTS PROJEX, 74, quai de Clichy, à Clichy (Seine).



LA MANUTENTION MÉCANIQUE DANS LES VERRERIES

La photographie ci-dessus représente un pont roulant combiné à prendre dans le four où le verre est en fusion une certaine quantité de verre liquide pour le transporter dans les moules de coulée. Le bras porte-cuiller étant mobile dans tous les sens (longitudinal, transversal, vertical) et pouvant tourner autour de son axe, quelle que soit sa position, l'employé préposé à la manœuvre peut prendre rapidement le verre dans les fours. D'un seul coup, 600 kilogrammes de verre en fusion sont ainsi transportés vers les moules.

CHEZ LES ÉDITEURS

AVIATION

CALCUL ET CONSTRUCTION DES AVIONS LÉGERS, par R.-G. Desgrandschamps. 2 vol. Prix franco : première partie, France, 11 fr. ; Etranger, 12 fr. 75 ; deuxième partie, France, 21 fr. 50 ; Etranger, 23 fr. 50.

L'avion de tourisme ne connaîtra l'essor auquel il peut prétendre que lorsque la construction d'appareils légers et sûrs sera mise au point. Dans la première partie, l'auteur expose le calcul aérodynamique de l'avion, et, dans la seconde, le calcul des efforts auxquels il est soumis en vol.

ÉLECTRICITÉ

LES EFFETS ÉLECTRIQUES DE LA LUMIÈRE, par P. Hémaréquier. 1 vol. Prix franco : France, 16 fr. 25 ; Etranger, 18 fr. 50.

Le cinéma sonore, la téléphotographie, la télévision n'existeraient pas sans la cellule photo-électrique, qui traduit en variations de courant électrique les variations du faisceau lumineux qu'elle reçoit. Cet ouvrage, d'ordre assez général, met à la portée de tous ce qu'il faut savoir pour comprendre le fonctionnement, l'emploi et les applications de ces traducteurs électriques de lumière.

GUIDE POUR L'ÉLECTRIFICATION DOMESTIQUE, par H. Courteix et H. Thésio. 1 vol. Prix franco : France, 72 fr. 50 ; Etranger, 75 fr. 50.

Les architectes, installateurs, ingénieurs électriciens trouveront dans cet ouvrage tout ce qui est nécessaire pour concevoir l'équipement électrique d'un appartement ou d'un immeuble. Les sujets abordés (éclairage, chauffage, applications mécaniques, cuisine, réfrigération, distribution) y sont traités à la fois au point de vue théorique et pratique.

PHYSIQUE

TRAITÉ DE PYROMÉTRIE OPTIQUE, par Gustave Ribaud. 1 vol. Prix franco : France, 98 fr. ; Etranger, 104 fr.

La chimie des hautes températures a reçu de nombreuses applications industrielles. Mais elle exige évidemment la mesure de ces températures. C'est là un problème délicat dont la solution n'a été mise au point que par l'étude du rayonnement, d'où le nom de *pyrométrie optique* donné à cette technique. L'auteur expose ici les méthodes les plus modernes utilisées dans ce but. Il étudie également les propriétés rayonnantes des divers corps solides, de sorte que son ouvrage intéresse également ceux qui effectuent les mesures de températures et ceux qui s'appliquent à la production de la lumière.

N. D. L. R. — Dans notre numéro 178 d'avril 1932, pages 333 et 334, nous avons attribué l'invention du *scyaliscope*, instrument de travail pour l'enseignement de la chirurgie moderne, à M. le professeur COSTANTINI, d'Alger. Celui-ci nous prie d'informer nos lecteurs que, s'il a été effectivement le parrain de cet appareil — qu'il a présenté lui-même à ses collègues de la Société de Chirurgie de Paris — c'est M. VÉRAIN, professeur à la Faculté des Sciences d'Alger, qui en est le véritable inventeur. C'est, d'ailleurs, M. VÉRAIN qui construisit les lampes scyalitiques actuellement en usage dans toutes les salles d'opérations du monde entier. C'est en partant du principe même du scyalitique (lampe sans ombre portée) que M. VÉRAIN a mis au point le scyaliscope permettant l'éclairage intense du champ opératoire et la projection sur un écran.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	{ 1 an 45 fr.	Envois recommandés	{ 1 an 55 fr.
chis.....	{ 6 mois... 23 —		

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.

Envois simplement affran-	{ 1 an 80 fr.	Envois recommandés	{ 1 an 100 fr.
chis.....	{ 6 mois... 41 —		

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	{ 1 an 70 fr.	Envois recommandés	{ 1 an 90 fr.
chis.....	{ 6 mois... 36 —		

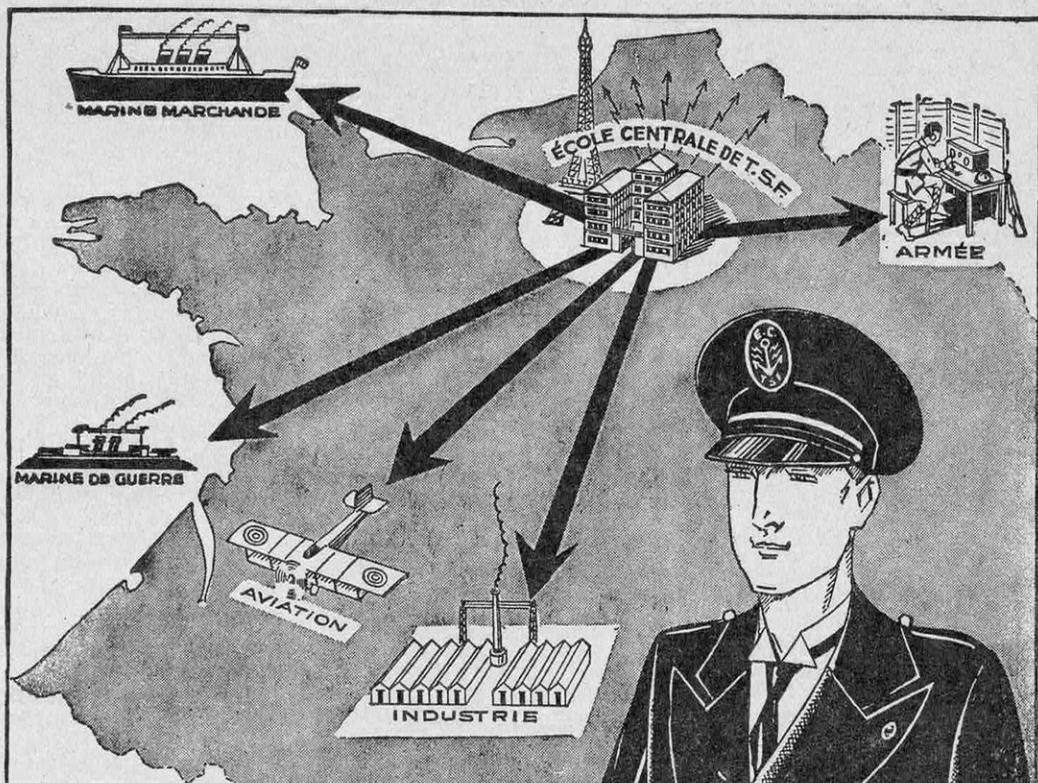
Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Directeur : G. BOURREY. — Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.

Dans votre intérêt, recommandez-vous toujours de *La Science et la Vie* auprès de ses annonceurs



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

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

Toutes les préparations

PROFESSIONNELLES. - Radiotélégraphistes des Ministères et Grandes Administrations ; Officiers-Radio de la Marine Marchande ; Sous-Ingénieurs-Radio ; Chefs-Monteurs ; Radio-Opérateurs des Stations de T. S. F. Coloniales.

MILITAIRES :

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

Aviation. - Breveté Radio.

Marine. - Breveté Radio.

*Durée moyenne des études 5 à 10 mois
Placement et incorporation assurés*

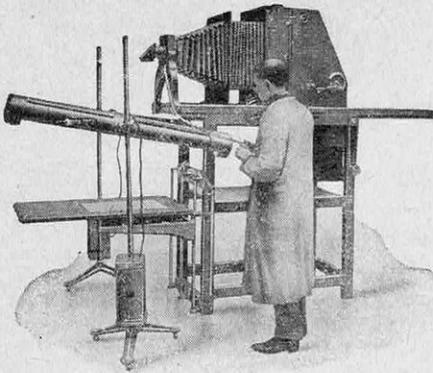
Cours du jour et du soir et par correspondance

Demander renseignements pour nouvelle session Juillet



F. Perceval

LE REPROJECTOR



DÉMONSTRATIONS, RÉFÉRENCES, NOTICES FRANCO

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

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

TRAVAUX D'ESSAI

aux firmes intéressées au tarif le plus réduit

DE LONGUEVAL & C^{ie}, constructeurs
17, rue Joubert — PARIS

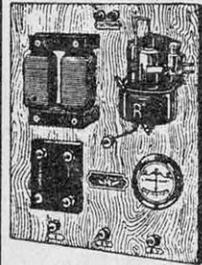


pour tous renseignements :
s'adresser aux gares du réseau

CHARGER soi-même ses ACCUMULATEURS
sur le Courant Alternatif devient facile
avec le

CHARGEUR L. ROSENGART

B. S. G. D. G.



MODÈLE N° 3. T. S. F.
sur simple prise de
courant de lumière
charge toute batterie
de 4 à 6 volts sous 5 ampères

**SIMPLICITÉ
SÉCURITÉ
ÉCONOMIE**

Notice gratuite sur demande
21, Champs-Élysées, PARIS

TELEPHONE : ELYSEES 66 60

8 ANS D'EXPÉRIENCE
25.000 APPAREILS
EN SERVICE

MANUEL-GUIDE GRATIS
INVENTIONS
BREVETS, MARQUES, Procès en Contrefaçon

H. Boettcher Fils
Ingénieur-Consultant PARIS
21, Rue Cambon

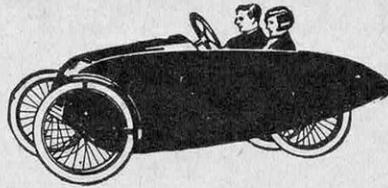


LE SOURD ENTEND avec le Sonophone

HUIT JOURS A L'ESSAI

Demandez Notice explicative N° 20
Ets J-PLISSON, 25, Bd Bonne-Nouvelle
PARIS

UN VÉLO-VOITURE



LE VÉLOCAR

Plus rapide et plus confortable qu'une bicyclette
2 PERSONNES, 3 VITESSES
Demandez notice détaillée (Envoyez timbre pour réponse)
MOCHET, 68, Rue Raque-de-Fillol, PUTEAUX (Seine)

Segments H. GRENIER

RECTIFIÉS

Segments traités "NOIRS"



Segments Racla graisseur REX

Notre stock, le plus important d'Europe,
est composé de 6.000 dimensions
de segments ordinaires rectifiés et
5.000 dimensions en segments traités "NOIRS"
4.000.000 de segments à votre disposition

Essayez l'EXACTITUDE et la RAPIDITÉ
de nos livraisons

MAGASIN DE VENTE

VINCENT PRIOTTI, Agent général
17, rue Carnot - LEVALLOIS

Téléphone : PEREIRE 13-14 et 20-13

Avoir
le gaz... comme à la
ville avec le

GAZOCONFORT MIRUS

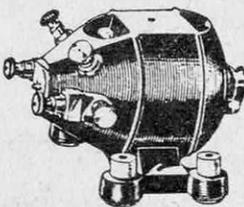


Vente au comptant et par mensualités
fonctionnement instantané
sécurité absolue
garantie de douze mois
Notice gratis

S. A. MIRUS, 94, rue St-Lazare, Paris

LE MICRODYNE

Le plus petit moteur industriel du monde



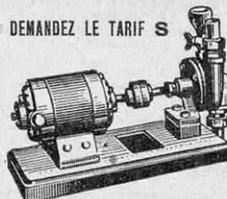
MOTEURS UNIVERSELS
DE FAIBLE PUISSANCE



L. DRAKE, Constructeur
240 bis, Bd Jean-Jaurès
BILLANCOURT
Téléphone : Molitor 12-39

VOICI le groupe MOTO-POMPE que vous attendiez

DEMANDEZ LE TARIF S



Construit avec des matières
premières en baisse, de pre-
mière qualité.

DES CONCEPTIONS MODERNES

A un prix inconnu à ce jour :

650 FR.

Pour 1.000 litres-heure à 20 mètres d'élévation totale.

Etablissements SNIFED

44, rue du Château-d'Eau, PARIS-X^e

CHEMINS DE FER D'ALSACE ET DE LORRAINE

LE PLUS PRÉCIEUX DES GUIDES...

C'est le guide officiel illustré 1932 des Chemins de fer d'Alsace et de Lorraine. Toujours soucieux de plaire aux touristes, ce réseau vient d'apporter, dans la nouvelle édition de son guide, des innovations qui en font un document complet en même temps qu'une œuvre artistique.

La couverture reproduit la belle affiche consacrée au Markstein, la reine des stations de sports d'hiver des Vosges.

Un texte magnifiquement illustré sur l'art du bien-manger en Alsace, une carte des centres intéressants du réseau (arts, histoire, sports, tourisme, thermalisme, climatisme), un texte et une carte sur les sports d'hiver en Alsace, une partie descriptive entièrement revue et amplifiée, des renseignements complets sur les services automobiles touristiques organisés de juin à septembre avec des exemples de voyages combinables en chemin de fer et en autocar, tels sont les éléments nouveaux qui viennent s'ajouter aux renseignements sur les tarifs, les horaires, les fêtes et manifestations prévues en 1932, aux cartes, plans, hors-textes et photos artistiques.

Mise en vente aux *Chemins de fer d'Alsace et de Lorraine*, 5, rue de Florence, et 2, avenue Portalis, Paris (3^e), à la *Maison de France*, 101, Champs-Élysées, à la gare de Paris-Est.

Prix : 3 fr. 50. — Expédition par poste contre versement de 4 fr. 35 au compte de chèques postaux *A. L.*, Paris n° 27988 (aucun envoi n'est fait contre remboursement).

CHEMINS DE FER PARIS-LYON-MÉDITERRANÉE

BILLETS D'EXCURSIONS A ITINÉRAIRES FIXES

Il est délivré, dans toutes les gares du réseau P.-L.-M., sur demande faite à l'avance, des billets d'excursions à itinéraires fixes à prix réduits, au départ des gares de Paris, Dijon-Ville, Lyon, Grenoble, Aix-les-Bains, Vichy, Chamonix-Mont-Blanc et Marseille-Saint-Charles.

Les billets qui comportent uniquement des parcours en chemin de fer sont délivrés toute l'année ; les billets comportant des parcours par fer et des parcours automobiles ne sont délivrés que pendant les périodes de fonctionnement des services d'autocars empruntés.

La réduction, qui porte seulement sur le prix du parcours en chemin de fer, est de 20 à 25 %.

Dans tous les cas, la validité des billets, qui est de 33 jours, peut être prolongée deux fois de 15 jours.

Le circuit fixé peut être effectué dans l'un ou l'autre sens, mais ce sens ne peut être changé en cours de trajet.

Les voyageurs partant d'une gare située en dehors de l'itinéraire fixé bénéficient de la réduction de 20 à 25 % pour leur voyage d'accès au circuit ; il en est de même au retour.

Pour tous renseignements concernant les principales dispositions du tarif et notamment les conditions de délivrance et le prix des billets circulaires, des billets complémentaires, les itinéraires de voyages, etc., s'adresser aux bureaux de renseignements et bureaux de ville du réseau P.-L.-M. et aux agences de voyages.



La "RéBo"

Petite Machine à Calculer

FAIT TOUTES OPÉRATIONS

Vite - Sans fatigue - Sans erreurs

INUSABLE - INDÉTRAQUABLE

En étui portefeuille façon cuir... **50 fr.**

En étui portefeuille beau cuir... 75 fr.

Socle pour le bureau... 18 fr.

Bloc chimique spécial... 8 fr.

Modèle en étui cuir, avec socle et bloc (Recommandé)... **100 fr.**

Envoi immédiat, franco contre remb., en France

Etranger: Paiement d'avance, port en sus, 4 fr. par machine ou par socle

S. REYBAUD, 37, rue Sénac, MARSEILLE

(CHÈQUES POSTAUX 90-63)

PROPULSEURS

ARCHIMÈDES

Moteurs utilitaires à régime lent
de 2 1/2 à 14 C.V.

.....

Les plus SIMPLES
Les plus ROBUSTES
Les plus ÉCONOMIQUES

— Garantit un an —

Adoptés par la Marine, les Ponts et
Chaussées et les Colonies.

Demander Notice 23 à
"ARCHIMÈDES"
27, Quai de la Guillotière — LYON



LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

SEUL QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

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

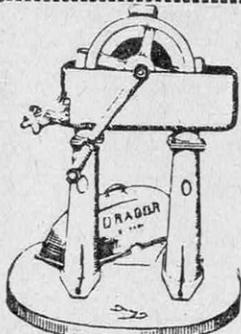
SPÉCIMEN FRANCO

sur demande

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

PRIMES GRATUITES

fort intéressantes



DRAGOR

Élévateur d'eau à godets
pour puits profonds et très profonds
À la main et au moteur. -
Avec ou sans refoulement. -
L'eau au premier tour de
manivelle. Actionné par un
enfant à 100 mètres de pro-
fondeur. - Ingelabilité
absolue. - Tous roulements
à billes. - Pose facile et rapide
sans descente dans le puits.
Donné deux mois à l'essai
comme supérieur à tout ce
qui existe. - **Garanti 5 ans.**

Élévateurs DRAGOR

LE MANS (Sarthe)

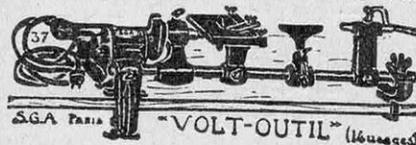
Pour la Belgique :

89, allée Verte - Bruxelles

Voir article, n° 83, page 446.

S. G. A. S. ingén.-const^s 44, rue du Louvre, Paris-1^{er}

NOS MACHINES ONT ÉTÉ DÉCRITES PAR « LA SCIENCE ET LA VIE »



UN ATELIER A TOUT FAIRE CHEZ SOI
Une petite machine auxiliaire d'usine.
Forme 20 machines-outils en une seule. Scie,
tourne, perce, meule, polir, etc... bois et
métaux pour 0.20 de courant par heure.

LES PLUS HAUTES RÉFÉRENCES

La révélation du Salon des Arts Ménagers
Le beurrier-glacière **FRIGA-PERFECT**



Brev. S. G. D. G. Marque déposée

Incassable et léger
Entièrement sans odeur

Réfrigération élevée qui garantit un beurre absolument frais et toujours de bon goût.

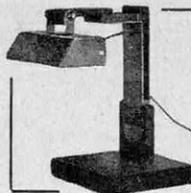
ÉLÉGANTE, SIMPLE
PROPRE ET PRATIQUE

FRIGA-PERFECT sera le succès de 1932

En vente dans les Grands Magasins et bonnes Maisons, ou, à défaut, expédition 1^{re} gare contre:
N^o 1, 250 grammes. **13 fr. 50**
N^o 2, 500 grammes. **20 fr. 50**

Aux Etab^{ts} **G. SEIGLE**

23, square de Vergennes, PARIS-15^e. Tél.: Vaug. 34-63



MUSILUX

Trois lampes en une seule !

Lampe de chevet - Lampe de bureau

100 Applique-lampe de piano

FRANCS AU LIEU DE 150

pour les lecteurs de *La Science et la Vie*

Envoi franco pour la France

Etab. ROBERT, 20, rue Keller, Paris-11^e



PINCE A COLLIER-LIGATURE

"LIGAREX"

Permet d'effectuer des ligatures avec bandes ou fil à double enroulement, supérieures aux meilleurs colliers de serrage.

Plus puissant et 50 % moins cher

LIGAREX, 39, r. d'Arthelon, MEUDON (S.-et-O.)



AVEC CET APPAREIL

d'un prix modique (modèle déposé). Tout le monde peut dessiner, agrandir, réduire objets, paysages, personnes, etc.

Description page 519. Notice franco sur demande.

Charles FUCHS, S. D., à THANN (Haut-Rhin)



LE PROJEX 920

Pulvérisateur de peinture, permettant

d'utiliser laques cellulosiques et peintures.

Fonctionne à la main et se branche sur

pompe, gonfleur, bouteille d'air, bougie

gonfleur. — Prix : 60 francs.

PROJEX, 74, quai de Clichy, CLICHY

CHEMINS DE FER PARIS-ORLÉANS

Billets circulaires à itinéraires fixes

(Chemin de fer et autocar)

au départ de **PARIS** pour

LA TOURAINE ET LE BLÉSOIS

Des billets individuels spéciaux de 1^{re}, 2^e et 3^e classes à prix réduits comportant des parcours par fer et par autocar, sont délivrés, du 15 mars au 15 octobre 1932, au départ des gares de Paris-Quai d'Orsay et Paris-Austerlitz aux groupes d'au moins 15 voyageurs (organisés par des Agences ou des Sociétés accréditées) pour la visite des Châteaux de la Loire par certains circuits de la Compagnie d'Orléans partant de Blois et de Tours.

Ces billets, qui comportent sur le parcours par fer une réduction de 40 % par rapport aux prix des billets simples, ont leur validité uniformément limitée à 4 jours, sans arrêts en cours de route autres que ceux aux points de jonction des parcours fer et autocar ; ils sont délivrés non seulement par les gares de Paris-Quai d'Orsay et Paris-Austerlitz, mais aussi par les Agences P. O., 16, boulevard des Capucines, et 126, boulevard Raspail, et par la Maison de France, 101, avenue des Champs-Élysées, à Paris.

Seuls les objets à usage personnel sont acceptés à l'enregistrement comme bagages et seulement pour les parcours par voie ferrée.

LE MEILLEUR
ALIMENT MÉLASSÉ

8 GRANDS PRIX
8 HORS CONCOURS
MEMBRE DU JURY
DEPUIS 1910

PAIL'MEL



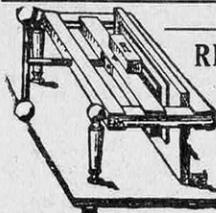
POUR CHEVAUX
ET TOUT BÉTAIL

USINE FONDÉE EN 1901 À TOURY 'EURE & LOIR,

Reg. Comm. Chartres B. 41

INVENTEURS
Pour vos
BREVETS

Adr. vous à: WINTHER-HANSEN, Ingénieur-Conseil
35 Rue de la Lune, PARIS (2^e) Brochure gratis!



RELIER tout SOI-MÊME

avec la RELIEUSE-MÉREDIEU

est une distraction

à la portée de tous

Outils et Fournitures générales

Notice illustrée franco contre 1 fr.

V. FOUGERE & LAURENT, à ANGOULÊME



- Tout l'équipage avait les gencives molles, mais ça ne dura pas, car on nous distribua du ^{nouveau} Dentol.

Le **DENTOL**, eau, pâte, poudre, savon, est un dentifrice à la fois souverainement antiseptique et doué du parfum le plus agréable. Créé d'après les travaux de Pasteur, il est tout particulièrement recommandé aux fumeurs. Il laisse dans la bouche une sensation de fraîcheur très persistante.



Dentol

Dépôt général :

Maison FRÈRE, 19, rue Jacob - Paris

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

CHEMINS DE FER PARIS-ORLÉANS

SI VOUS VOULEZ ALLER
AUX
GORGES DU TARN
PASSEZ PAR
ROCAMADOUR

Rocamadour, qui joint à sa situation merveilleuse et à son pèlerinage célèbre le privilège d'être un excellent centre d'excursions dans le Haut-Quercy, est le meilleur point de départ pour un voyage aux **Gorges du Tarn**. Un ensemble de sites pittoresques relie, en effet, le Haut-Quercy à cette région si curieuse, et le circuit ramène le voyageur par le beau pays de l'Albigeois et du Rouergue.

Le voyage pourra se faire agréablement en 6 jours par un circuit d'autocar fonctionnant du 5 juin au 13 septembre 1932 ; ce circuit permettra notamment la visite du Gouffre de Padirac, de Conques, de la vallée du Lot, des Gorges du Tarn entre Sainte-Enimie et Le Rozier, de la Grotte de l'Aven Armand, de Millau et Saint-Affrique, d'Albi, de Villefranche-de-Rouergue et Cahors, des décors changeants du panorama d'Ambialet et des vallées du Lot et du Célé.

PRIX DE TRANSPORT
POUR LE PARCOURS COMPLET : 445 FRANCS

.....
Supplément de **12** francs pour le trajet en
barque de la Malène au cirque des Baumes.
.....

Parcours partiels acceptés dans la mesure des places disponibles aux étapes.

Pour renseignements et billets, s'adresser notamment : aux Agences de la Compagnie d'Orléans, 16, boulevard des Capucines, et 126, boulevard Raspail, ou à la Maison de France, 101, avenue des Champs-Élysées, à Paris ; aux principales gares du réseau d'Orléans ; à M. LALO, à Gramat ou à Rocamadour-gare (Lot) ; aux principales Agences de Voyages.

Le Bain de Vapeur SURVAPORISÉE

A LA MAISON ET EN VOYAGE

Exposition Coloniale Internationale, Paris 1931 : Médaille d'Or

PARIS 1929-30, Section Hygiène, 3 Grands Prix, 3 Médailles d'Or
BELGIQUE 1930 : Hors Concours, Membre du Jury

Officiellement approuvé par le service de la Santé Publique du Royaume d'Italie (décret 971 du 7 janvier 1931).

La « **Sudation scientifique** » par le bain de vapeur **survaporisée** (simple, parfumée, iodée, camphrée, sulfureuse, oxygénée, etc., à votre choix)

PRÉVIENT, COMBAT ET GUÉRIT

Mauvaise circulation, obésité, constipation, dyspepsie, maladie de la peau, maladie du foie, goutte, grippe, influenza, lumbago, insomnie, intoxication, maux de gorge, névralgies, troubles nerveux, maux de reins, rhumatismes, acide urique, mauvaise assimilation des aliments, arthritisme, rides du visage, troubles de l'âge critique, douleurs.

Ce merveilleux appareil permet de prendre chez soi, sans tacher ni mouiller, sur sa descente de lit même, tout en respirant l'air de l'appartement, un bain de vapeur **survaporisée**, incomparablement plus efficace, plus rapide, plus commode, plus propre que le bain de vapeur ordinaire. Et chaque bain revient à 20 centimes! Les parfums ou les médicaments, à votre choix, que vous aurez mis dans les deux générateurs, portés par la survaporisation à plus de 400 degrés, **sans bouillir et sans pression**, sont réduits en molécules d'une finesse inimaginable, **sont respirés par la peau** et sont instantanément entraînés dans la circulation, qui est elle-même miraculeusement activée par le bain.

C'EST UN MERVEILLEUX RÉGULATEUR DE TOUTES LES FONCTIONS ET DE TOUTS LES ORGANES DU CORPS HUMAIN

Une vraie cure de rajeunissement !

Cet appareil provoque, en quelques minutes, **LA PLUS AGRÉABLE ET LA PLUS ABONDANTE SUDATION** que l'on puisse imaginer.

Le maniement de l'appareil est très simple : un enfant pourrait s'en servir. Aucune installation à faire. Se monte et se démonte en une minute. En voyage, il tient dans n'importe quelle valise. Pèse 1.900 grammes. Très solide, il est pratiquement inusable.

Remplace la salle de bains. Nettoie à fond la peau et la régénère

Toutes les Villes Thermales chez vous

(Formules spécialement établies par le service médical de la SUDATION SCIENTIFIQUE pour chaque traitement et pour chaque station thermale.)

Le **Traitement dépuratif-iodo-sulfo-végétal**. Le **traitement magnésien-reminéralisateur** par la vapeur survaporisée. Préventif et curatif. Le plus puissant et le plus rationnel. — Tous les traitements par les tisanes.

Les plus hautes et définitives références du Corps médical

Méfiez-vous des contrefaçons. Notre appareil est breveté dans le monde entier, y compris les pays à examen préalable : Allemagne, Amérique, Angleterre, etc. (Brevets déposés en mai 1929). — **TOUTE CONTREFAÇON SERA POURSUIVIE AUX TERMES DE LA LOI.** — **Deux contrefacteurs (anciens employés de la « Sudation Scientifique ») sont actuellement poursuivis par le Parquet de la Seine. (Juge d'instruction : M. Sausster.)** — Nos brevets sont exposés au public dans nos bureaux.

..... L'APPAREIL COMPLET, NOUVEAU MODÈLE B 2, AVEC
RÉGULATEUR DE SURVAPORISATION à 4 degrés : 150°, 200°, 300°, 400°
Franco contre **350 francs**, chèque, mandat ou remboursement.

Fonctionne indifféremment à l'alcool ou à l'électricité. — L'appareillage électrique interchangeable, à voltage universel, en plus, **50 francs**.

APPAREIL TR POUR **Bains TURCO-ROMAINS**, DONNANT A VOLONTÉ : **235 fr.**
Bains d'air **chaud sec**; d'air **chaud humide**; de vapeur; Bain mixte; Inhalations. Prix.

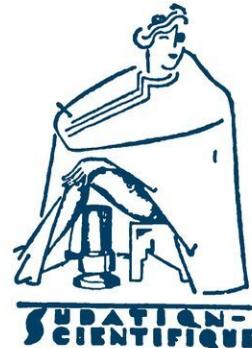
N. B. Tous nos modèles sont livrés avec le nouveau peignoir breveté **INSALISSABLE** cylindre protecteur en matière **isolante** et **ignifuge** et **inhalateur** breveté en **émail bleu**.

LA SUDATION SCIENTIFIQUE, 9, rue du Faubourg-Poissonnière

Téléphone : **Provence 51-40** (A côté du Journal « LE MATIN ») Chèque Postal **Paris 1407-74**

Brochure et tous renseignements gratuits et FRANCO sur demande

(Prière de ne pas joindre timbre pour la réponse.)





2 hélices qui tournent
en sens inverse et qui
brassent
énergiquement
le mélange
air = essence

C'EST LE PRINCIPE DU

Turbo-Diffuseur M. P. G.

MERVEILLEUX APPAREIL

s'adaptant à n'importe quel type de voiture, motocyclette, camion, tracteur, en l'espace de trois minutes et par la personne la plus inexpérimentée.



Posez-le sur votre auto ; vous aurez :

**Plus de vitesse en côte ;
Accélérations améliorées ;
Economie d'essence jusqu'à 30 %.**



FONCTIONNEMENT :

L'aspiration produite par le piston met en mouvement deux petites hélices de métal spécial (renfermées dans une calotte à grillage inoxydable) qui, **comme une turbine, tournent en sens inverse l'une de l'autre** et pulvérisent ou plutôt volatilisent le mélange d'air et d'essence. Les millions de molécules se distribuent d'une façon homogène dans la chambre d'explosion. Avec la plus faible étincelle, la combustion du mélange ainsi pulvérisé est totale.

Tout ceci est facile à comprendre, mais... vous voulez des faits. Voyez à l'intérieur de ce numéro, page VIII, notre offre d'essai.