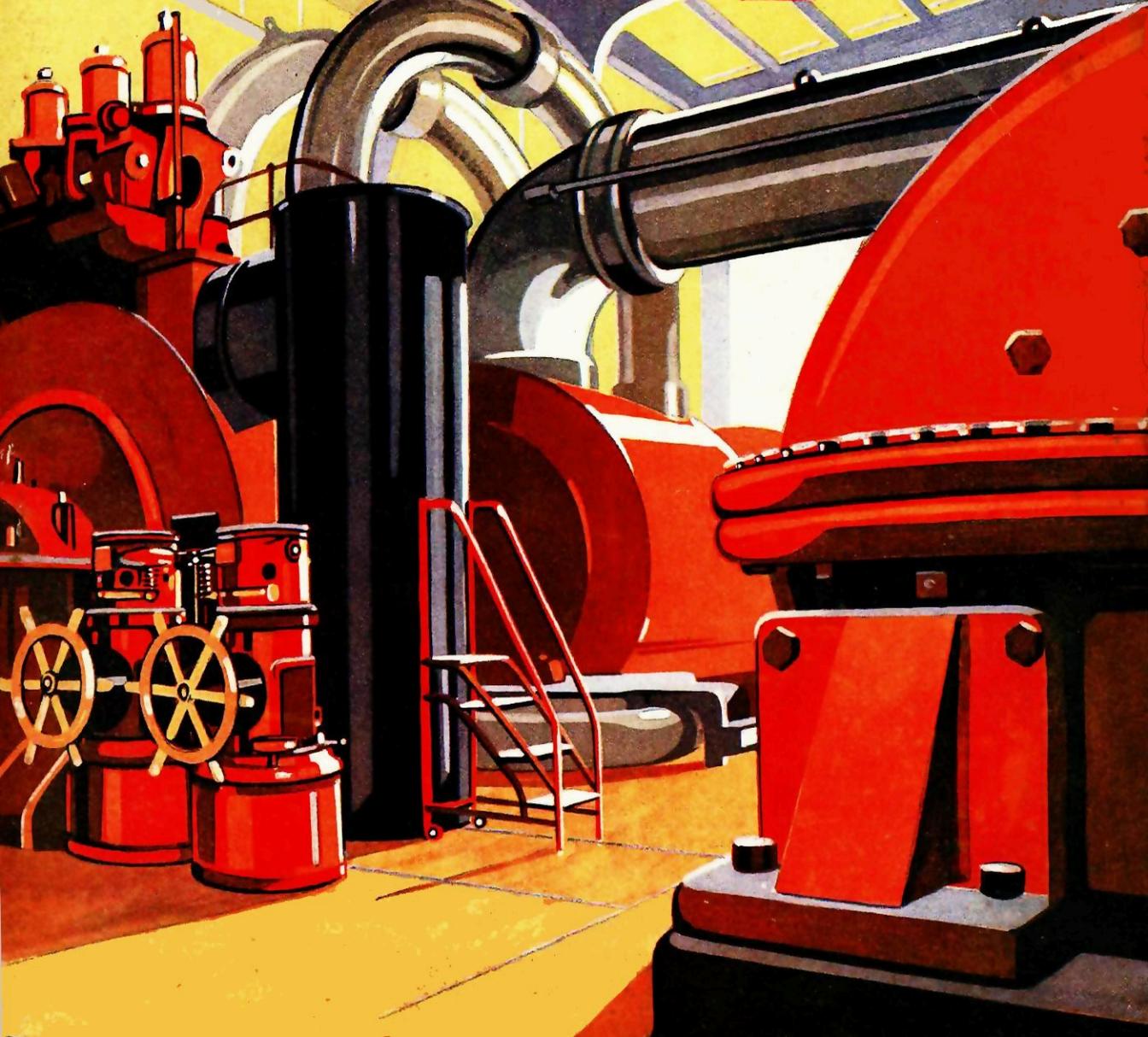
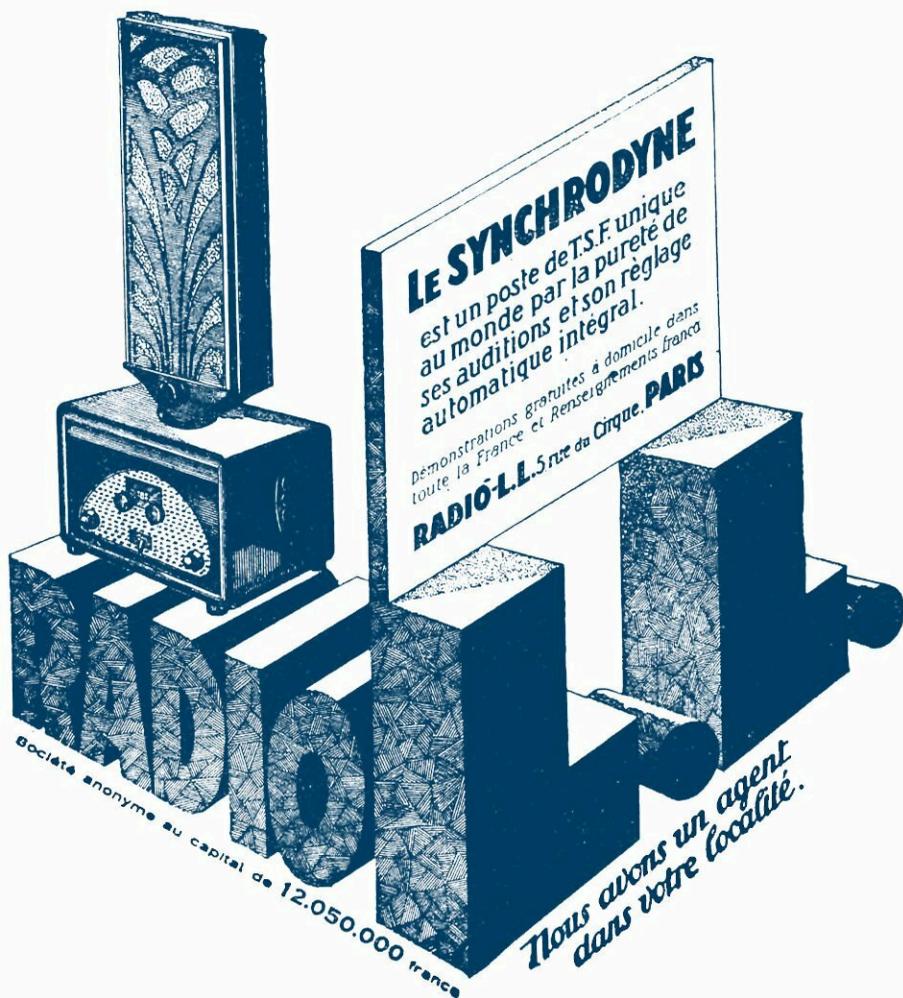


France et Colonies : 4 fr.

N° 146. - Août 1929

LA SCIENCE ET LA VIE





Nous avons créé un service qui se charge de l'entretien et du bon fonctionnement permanents de votre poste :

Le Service
RADIO.L.L.

L'ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE

DE

L'École du Génie Civil

Directeur : J. GALOPIN, *, I, Ingénieur Civil

PLACÉE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT (25^e Année)

152, Avenue de Wagram — PARIS (17^e)

permet à peu de frais
et sans perte de temps
d'acquérir les diplômes

**D'INGÉNIEURS
CHEFS DE TRAVAUX
DESSINATEURS
CONTREMAITRES, etc.**

TOUS LES TECHNICIENS PEUVENT PERFECTIONNER LEURS
CONNAISSANCES DANS LES DIVERSES BRANCHES INDUS-
TRIELLES, COMMERCIALES, AGRICOLES

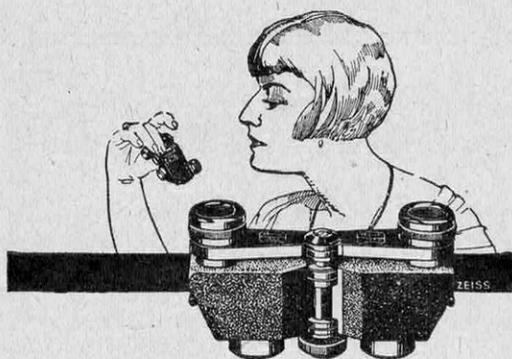
*L'ÉCOLE, fondée il y a 25 ans par des INDUS-
TRIELS, dirigée par des INGÉNIEURS, a fait
éditer 900 Cours Scientifiques ou Techniques.*

**Demandez-nous le PROGRAMME GRATIS de nos Cours sur place ou par
Correspondance, ou venez voir notre organisation et notre installation.**

Principales sections de l'École :

Électricité. — T. S. F. — Automobile et Aviation, — Mécanique Générale. — Machines Ther-
miques. — Agriculture et Motoculture. — Chimie. — Métallurgie. — Fonderie. — Chaudronnerie.
— Travaux Publics. — Architecture. — Bâtiment. — Chauffage Central. — Béton armé. —
Mécaniciens de la Marine. — Capitaines de la Marine Marchande. — Marine de Guerre. —
Examens Universitaires. — Carrières du Droit. — Armée et Emplois militaires. — Commerce,
Comptabilité et Organisation. — Banques. — Mines. — Pétrole. — Forêt, etc.

Brochure 807 gratis -:- Annuaire des Anciens Élèves : 10 fr.



UN VRAI BIJOU

si léger, menu et peu encombrant qu'il peut être glissé dans un sac à main ou dans le gousset, telles sont les caractéristiques de la TELITA ZEISS, jumelle miniature pour le voyage et les sports. Grossissement 6x. Mise au point par molette centrale, un des oculaires réglable indépendamment de l'autre.

JUELLE MINIATURE ZEISS

Telita 6x18, suivant figure et description, en étui cuir,

1.360 francs

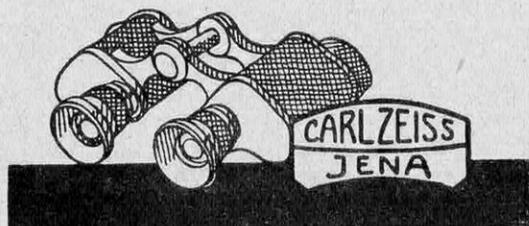
Stenotar 5x12, la plus petite et la plus légère des jumelles à prismes; ne pèse que 130 grammes en étui cuir ou en pochette souple,

1.080 francs

Ces modèles et quantité d'autres pour le voyage, les sports et le théâtre, depuis 1.000 francs, sont décrits dans la brochure illustrée T 77, envoyée gratis et franco sur demande adressée à

"OPTICA", 18-20, faubourg du Temple, PARIS

EN VENTE CHEZ TOUS LES OPTICIENS



UNE MAISON
QUI SUIT SON MAITRE

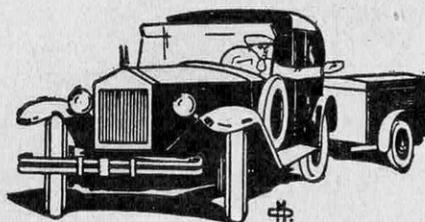
CHALET-REMORQUE

'STELLA'

BREVETÉ EN TOUS PAYS

3 Pièces

Armature duralumin - Traction nulle - Réservoir d'eau
:: Chauffage - Lit à sommiers élastiques ::



POUR

LA PLAGE - LA MONTAGNE
L'EXCURSION - LES COLONIES



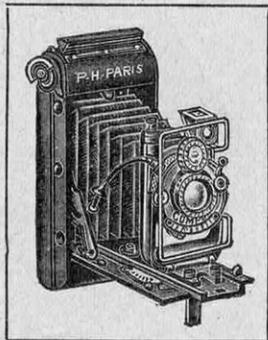
IMPERMEABILITÉ ABSOLUE
"STELLA"

Démunie de son contenu, peut transporter
500 kilos de charge utile pour livraison.

111, Faub. Poissonnière - PARIS (9^e Arrond.)
Envoi de la notice illustrée franco en vous recommandant de "La Science et la Vie"

LA MAISON DES RANDONNÉES

■ POUR VOS VACANCES ■



LE ROLLFILM VOIGTLÄNDER

Le VOIGTLÄNDER ROLLFILM est un appareil de haute précision, construit tout en métal gainé maroquin, employant des bobines de pellicules 6×9 , se chargeant en plein jour et permettant d'obtenir des clichés d'une grande finesse. Il est muni d'un soufflet peau, d'une poignée cuir, d'un objectif ultra-lumineux SKOPAR F : 4,5 à diaphragme iris, d'un obturateur de précision COMPUR faisant le 250^e de seconde.

Prix du ROLLFILM VOIGTLÄNDER 6×9 , 650 Frs

Nous livrons également cet appareil payable en 12 mensualités de

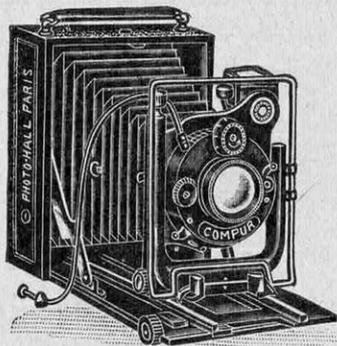
58

 Frs

LA FOLDING VOIGTLÄNDER

Appareil pliant de haute précision, construit tout en métal recouvert de maroquin premier choix, employant des plaques ou des pellicules FILM-PACK 9×12 , se chargeant en plein jour. Cet appareil est muni d'un objectif anastigmat ultra-lumineux SKOPAR F. 4,5, monté sur un obturateur de haute précision COMPUR.

Ce modèle est à double tirage, soufflet peau, muni de niveau d'eau, viseur clair réversible et viseur iconomètre.



85

Prix de la FOLDING VOIGTLÄNDER 9×12 , 960 Frs
ou payable

85 Frs à la commande et le solde en 11 mensualités de même²-somme.

PHOTO-HALL

5
rue Scribe
PARIS-OPÉRA

CATALOGUE GRATUIT

MONET GOYON

**GRAND
CHAMPION de la MOTOCYCLETTE**

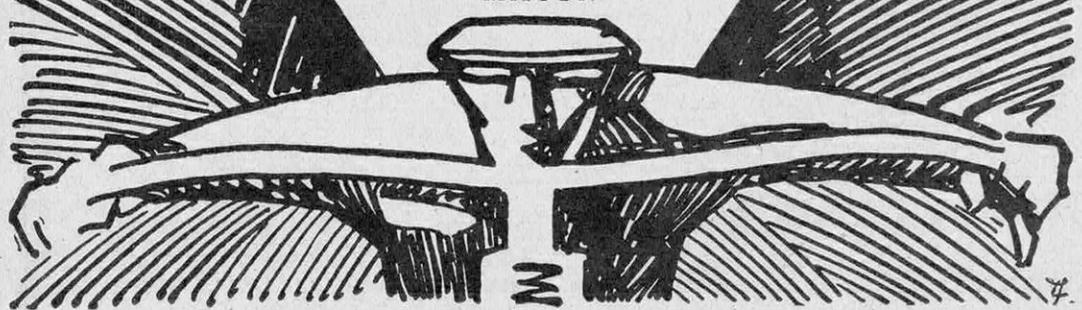
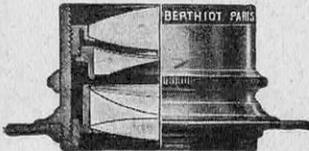
livre à lettre lue tous ses modèles 2 et 4 temps de 2 à 6 cv.

La notoriété de la marque
EST POUR VOUS
la meilleure et la plus sûre garantie de satisfaction.

Une MONET-GOYON
ne se déprécie pas à l'usage

CATALOGUE FRANCO

MONET-GOYON, 121, rue du Pavillon
MACON

Objectif 30 M. Berthiot Flor. f. 4-5.

SOM

SOCIÉTÉ D'OPTIQUE ET DE MÉCANIQUE
DE HAUTE PRÉCISION

(Anciens Établissements Lacour-Berthiot)

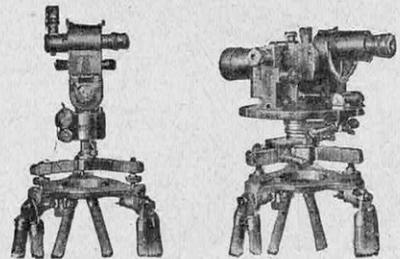
TÉLÉMÈTRES à coïncidence et stéréoscopiques.
APPAREILS MILITAIRES DE TIR
PÉRISCOPE DE SOUS-MARINS
GÉODÉSIE - SISMOLOGIE
APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES
OBJECTIFS SOM-BERTHIOT
MICROSCOPIE

SOM

FOURNISSEURS DES MINISTÈRES FRANÇAIS GUERRE
ET MARINE ET DES GOUVERNEMENTS ÉTRANGERS

125 à 135, boulevard Davout, Paris-20^e

Notice S envoyée sur demande.



Section de réglage par coups fusants hauts.

COMPRESSEURS LUCHARD

HAUTE PRESSION
BASSE PRESSION
COMPRESSEURS SPÉCIAUX

.....
Établ^{ts} LUCHARD

S. A. R. L.

au capital de 1 million de francs

INGÉNIEURS - CONSTRUCTEURS

20, rue Pergolèse - PARIS

Téléphone : Kléber 08-51, 08-52, 08-53

Les **Ét^{ts} Horace HURM** 14, r. J.-J.-Rousseau **PARIS** présentent :



1° LE MICRODION-MODULATEUR "**MINIMAX**"
à 5 lampes

En Microvalise, c'est le poste portatif LÉGER, PETIT, PUISSANT
POSTE UNIQUE pour le voyage et la maison

Catalogue général des " MICRODION " de 1 à 6 lampes : 2 fr. — Notices nouv. : 0 fr. 50.

2° **L'ÉLECTROLYTE P.V.**

RÉGÉNÈRE
les accus
les plus **SULFATÉS**

REND
tous les accus au plomb
INSULFATABLES

DONNE aux accus au
plomb toutes les qualités
de l'accu fer-nickel

Le **SEUL** dont l'action est garantie cinq ans, grâce aux produits spéciaux
exclusifs et brevetés qui entrent dans sa composition.

PRIX : 20 francs le litre — Envoi franco de port et emballage contre mandat

3° **EAU A SOUDER** supprimant l'acide et l'ammoniaque

RÉSULTATS INCOMPARABLES sans dégagement de gaz nocifs

ENVOI FRANCO DU FLACON-ÉCHANTILLON CONTRE 5 FRANCS

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'École Technique Supérieure de Représentation et de Commerce

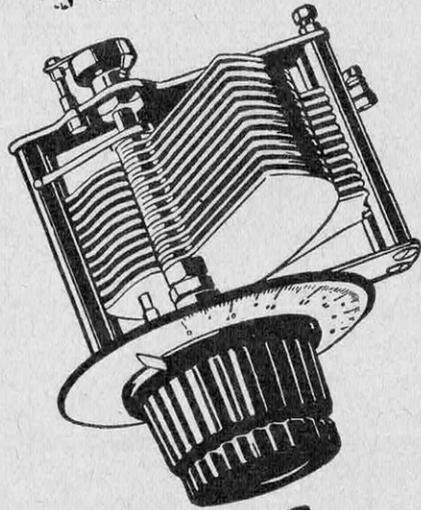
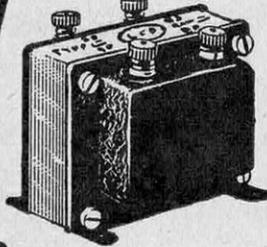
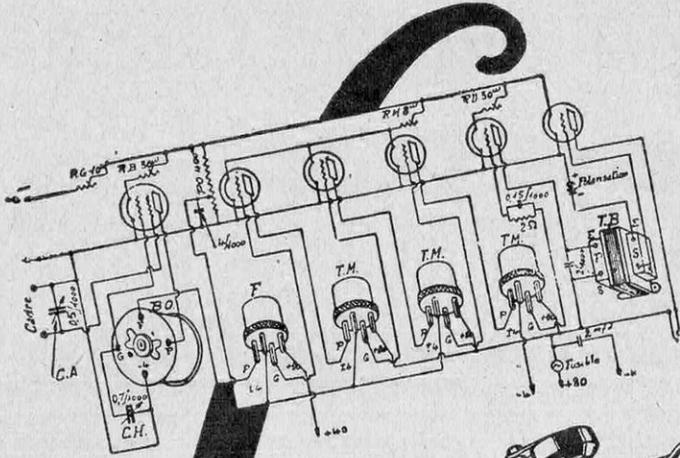
Fondée et subventionnée par " l'Union Nationale du Commerce Extérieur "
pour la formation de négociateurs d'élite.

Tous les élèves sont pourvus d'une situation

L'École 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'École T. S. R. C.

58 bis, Chaussée d'Antin, PARIS

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



schémas et pièces détachées

BARDON

donnent satisfaction

Vous pouvez monter un récepteur
"SUPERHÉTÉRODYNE"
 à 5, 6 ou 7 LAMPES
 avec nos bleus de montage et nos
 pièces détachées, dont tous les
 amateurs apprécient le rendement.

Franco sur demande schéma de principe et de montage et devis.

Établissements BARDON
 51, Boulevard Jean-Jaurès, CLICHY
 Téléphone : Marcadet 63-10, 63-11



MÉTALLISATION du fer
du bois
du ciment
des tissus

PAR PULVÉRISATION MÉTALLIQUE

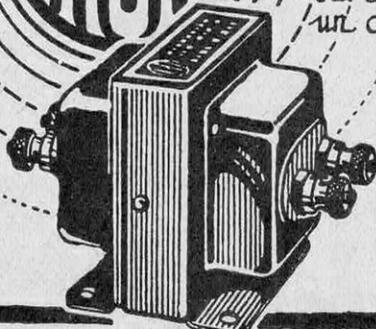
S'adresser à SOCIÉTÉ NOUVELLE DE MÉTALLISATION, 26, rue Clisson, Paris (13^e). Téléphone : Gob. 40-63

TRANSFORMATEURS B.F.



Maximum
de Pureté et
d'Amplification

Garanti
un an

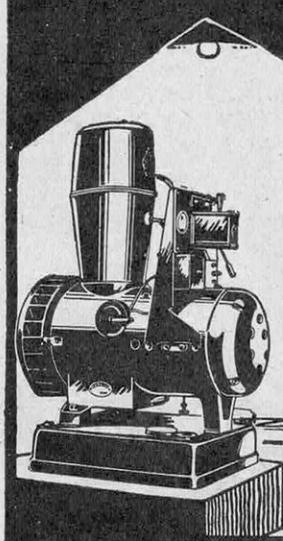


Constructions Électriques "CROIX"
3, Rue de Liège, 3 - PARIS
Téléph. : RICHELIEU 90-68 - Télégr. : RODISOLOR-PARIS

AGENCES

AMSTERDAM - BRUXELLES - BUDAPEST - COPEN-
HAGUE - LISBONNE - LONDRES - OSLO - PRAGUE
STOCKHOLM - VARSOVIE - VIENNE - ZURICH

**L'ÉLECTRIFIÈRE
RENAULT**



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

Dimension d'encombrement :

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

Notices et renseignements
adressés sur demande.

USINES RENAULT
Billancourt Seine



JUMELLES "HUET"
Stéréo - prismatiques
et tous instruments d'optique

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'OPTIQUE
76, boulevard de la Villette, PARIS

FOURNISSEUR DES ARMÉES ET MARINES FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES

EN VENTE CHEZ  TOUS LES OPTICIENS

Catalogue franco
sur demande mentionnant "La Science et la Vie"

Exiger la marque  R. C. SEINE 148.367

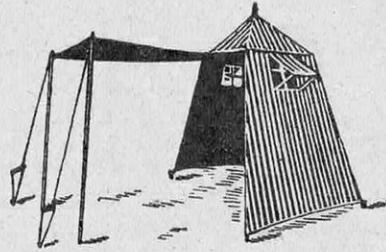
POUR VOS VACANCES A LA MER



PARASOL pour JARDIN et PLAGE

Article spécial, monture acier rond, pique cuivre fort, 10 branches, couverture coutil rayé, bavoLINE avec frange, rideaux fermant la moitié du parasol, agrafes dans le haut, ceilllets et cordes dans le bas, piquets, maillets..

Long. des branches..	0 m 80	0 m 90	1 m 00	1 m 10	1 m 25
Diam. du parasol ..	1 m 45	1 m 65	1 m 95	2 m 15	2 m 90
Prix du parasol	135. »	155. »	180. »	210. »	300. »
Prix du 1/2 rideau..	85. »	100. »	105. »	120. »	145. »



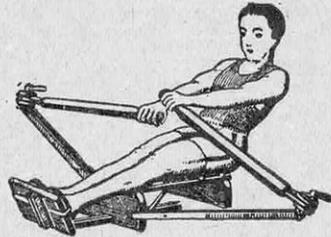
TENTE PARASOL, à mât central, en coutil métis. Base: 1 m 65 x 1 m 65 460. »



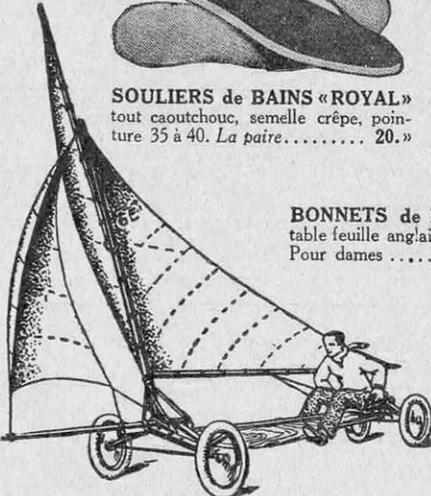
SOULIERS de BAINS «ROYAL» tout caoutchouc, semelle crêpe, pointure 35 à 40. La paire..... 20. »



BONNETS de BAINS «MEB», véritable feuille anglaise. Pour hommes. 9. »
Pour dames 8.50



MACHINE A RAMER «NEPTUNE», Appareil d'entraînement, développe la poitrine, forme chaque muscle, en entretenant le corps souple. Encombrement réduit. Construction robuste, démontable..... 525. »



Le SKIFF-PLAGE «EDÉ», longueur, 2 m 40; hauteur, 3 m 90; largeur, 1 m 40; superficie totale de la voilure, 4 m² 55; poids, 40 kgr. Prix 1.950. »

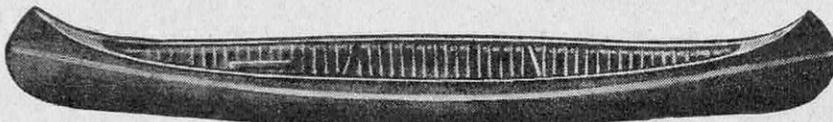
PROPULSEUR amovible «Johnson» Baby. 1 1/2 cv, 11 kilos, spécial p^r canoës .. 3.750. »



COSTUMES DE BAINS «JANTZEN» d'une seule pièce formant 2 pièces combinées, pour hommes ou dames 190. »

Grand choix d'animaux flottants, depuis 36. » jusqu'à.. 475. »

STABILITÉ
ÉLÉGANCE



LÉGÈRETÉ
RÉSISTANCE

Canoë genre INDIEN «SAFETY MEB» pour le SPORT, la PROMENADE, établi d'après les modèles de canoës indiens, construit en acajou tout 1^{er} choix. Livré avec 2 sièges fixes cannés, sans accessoire. Long. 4 m 40; larg. 0 m 72; prof. 0 m 29. 1.925. »

MESTRE & BLATGÉ 46-48, avenue de la Grande-Armée et 5, rue Brunel, PARIS

Tout ce qui concerne l'Automobile, la VélocePédie, l'Outillage, les Sports et la T. S. F.

Catalogue S. V. : SPORTS ET JEUX, 496 pages, 8.000 gravures, 25.000 articles; franco..... 5 francs
Catalogue ACCESSOIRES AUTOS S. V., 1.132 pages, 12.000 gravures, 60.000 articles; franco..... 10 francs
Catalogue QUINCAILLERIE POUR BATIMENT ET AMEUBLEMENT, 80 pages, sur demande

AGENCES : **Marseille**, 136, cours Lieutaud, et 63, rue d'Italie; **Bordeaux**, 14, quai Louis-XVIII; **Lyon**, 82, avenue de Saxe; **Nice**, rues Paul-Déroulède et de Russie; **Nantes**, 1, r. du Chapeau-Rouge; **Alger**, 30, boulevard Carnot; **Lille**, 18, rue de Valmy; **Dijon**, 11, boulevard Sévigné et 20, rue Mariotte; **Nancy**, 24-26, avenue du XX^e-Corps.



LE CRAYON
CARAN
D'ACHE
A BONNE MINE!

Demandez-le à votre fournisseur

"L'ONDÉE"
APPAREIL D'ARROSAGE
SANS PIÈCE PIVOTANTE
solide · inusable · garanti

Référence	Pour tuyau de diamètre intérieur de	Appareil seul	Support Trépied
N°1	15%	25.	25.
N°2	20%	32.	
N°3	25%	50.	35
N°4	30%	80.	
N°5	35%	110.	
N°6	40%	150.	

PORT & EMBALLAGE 5^{fr}.00
 Contre Versement : Cote
 chèque postal Paris 1334-78
 ou contre remboursement

Si cet appareil ne vous convient pas vous pouvez nous le retourner dans la semaine. Il vous sera remboursé.

"L'ONDÉE" SERVICE DES VENTES:
5. PLACE S^t PIERRE
 PARIS (XVIII^e)

Demandez la
MOTOCAMERA
 PATHÉ-BABY

avec objectif

HERMAGIS

1/3,5



CATALOGUE GÉNÉRAL DES
 Étab^{ts} **HERMAGIS**, 29, r. du Louvre, Paris
 FRANCO SUR DEMANDE



A VOUS QUI CALCULEZ
 "STYLOMINE"-RÈGLE A CALCUL (Breveté S.G.D.G.)
 EST INDISPENSABLE

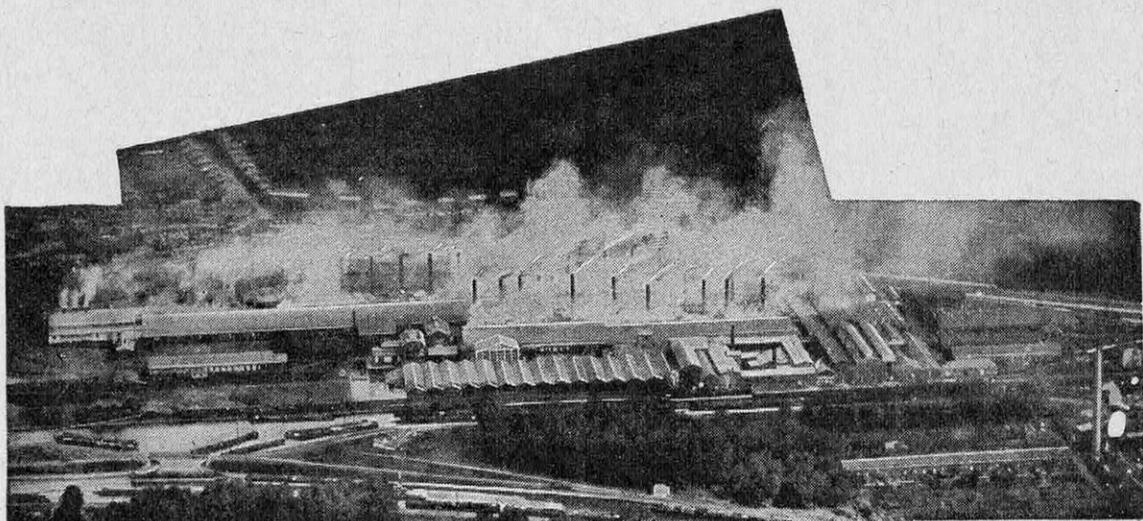
ARGENTÉ 25 f.

35 fr.

"ARGENTUL"
 INOXYDABLE

VENDU CHEZ VOTRE PAPETIER
 Gros : ZUBER, 2, rue de Nice, PARIS

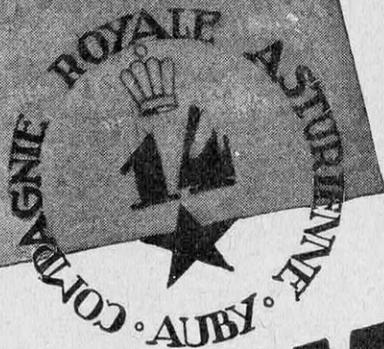




Usines d'AUBY
33
jours de réduction
13
trains de laminés

**LES PLUS PUISSANTES
FONDERIES DE ZINC
DE FRANCE ...**

Une production annuelle de 30.000 tonnes, garantie d'une large souplesse de livraison; une pureté quasi absolue (99 o/o), une parfaite homogénéité dans la fabrication, des possibilités de façonnage telles que toutes les suggestions ou architecturales peuvent être examinées dans les meilleures conditions de réussite, avec l'apport d'une expérience centenaire et des méthodes scientifiques et mécaniques extra-modernes.



ZINC

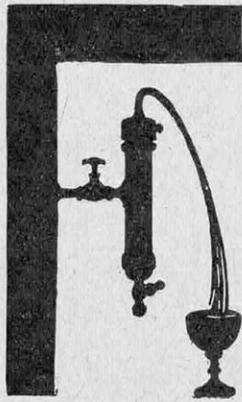
COMPAGNIE ROYALE ASTURIENNE DES MINES

1, Rue du Cirque, PARIS Tél. : Elysées 51-37 et 38, 51-60 — Inter 33

Dépositaire de "LA DÉCORATION MÉTALLIQUE"

WILL

WILLER



FILTRE MALLIÉ

Donne l'eau pure stérile et abondante

155, Faubourg Poissonnière, Paris
et dans les bonnes maisons d'articles de ménage

Sécurité absolue contre les maladies transmissibles par l'eau



Le problème des ondes courtes vous passionne

comme il passionne les amateurs du monde entier, car les émissions sur ondes courtes présentent les qualités des ondes normales, sans en avoir les défauts...

encore faut-il pouvoir les capter

vous y réussirez

sans aucune difficulté et sur petite antenne (même intérieure)

et vous obtiendrez

en haut-parleur : Eindhoven, Java, Nauen, Pittsburg, Melbourne, etc., etc.

avec les postes récepteurs d'ondes courtes



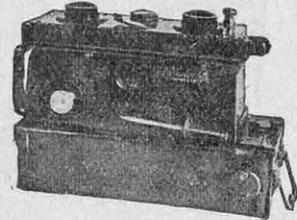
...que vous emploieriez seul ou devant votre super.

Etabl^{ts} DUJARDIN & CROZET
18, avenue de la République, PARIS - Tél. : Roq. 28-30

PUB. J. BEJANNIN - PARIS

VÉRASCOPIES J. RICHARD

Modèles 45×107, 6×13, 7×13



Le plus copié parce que le meilleur

POUR LES DÉBUTANTS

LE GLYPHOSCOPE

Formats 45×107 et 6×13

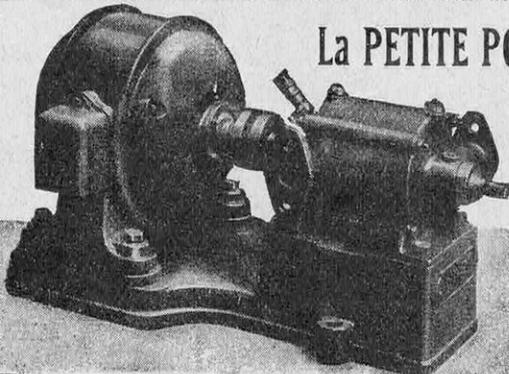
POUR LES DILETTANTES

L'HOMEOS

Appareil stéréoscopique permettant de faire 27 vues sur pellicules, se chargeant en plein jour.

CATALOGUE B SUR DEMANDE

Étab^{ts} J. RICHARD, 25, rue Mélingue, Paris
Magasin de vente : 7, rue La Fayette (Opéra)



La PETITE POMPE MULTICELLULAIRE DAUBRON

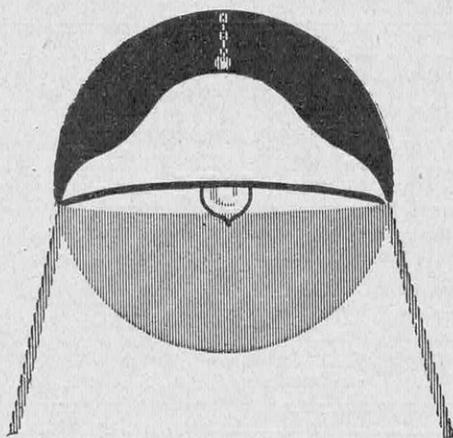
CENTRIFUGE : Débit de 1.000 à 4.000 l./h.
Élévation de 10 à 40 mètres

ENCOMBREMENT... 0^m500 × 0^m300
POIDS..... 30 KILOGR.
VITESSE..... 2.800 T./M.

PRIX : A PARTIR de 1.180 francs LE GROUPE
A essence : 3.200 francs

Pompes DAUBRON
57, Avenue de la République - PARIS

R. C. SEINE : 74.456



Eclairez-vous sur la question

Nulle part on ne se prive à plaisir de lumière électrique, à cause du redoutable danger d'incendie. Si vous n'avez pas l'électricité, c'est donc que vous n'avez pas de secteur et que vous redoutez, sans doute, la complication de faire votre électricité vous-même. C'était bon autrefois, mais aujourd'hui rien n'est plus simple : les groupes électrogènes Delco-Light ne demandent pas plus de soins que le secteur lui-même.

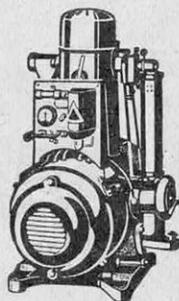
Extraordinairement simples, robustes et rustiques, ils n'exigent aucune main-d'œuvre spéciale. Automatiques ou semi-automatiques, il suffit de tourner un commutateur pour être inondé de blanche lumière produite au taux le plus économique.

Demandez notre brochure, éclairez-vous sur la question, vous ne vous doutez pas à quel point Delco-Light la simplifiera.

DELCO LIGHT

GROUPES ÉLECTROGÈNES
ET POMPES HYDRAULIQUES

DEPT. DE FRIGIDAIRE LTD.
46, RUE LA BOÉTIE, PARIS (8^e)





"PHONOVOX"

LE TYPE "DE LUXE" AVEC BRAS ÉQUILIBRÉ
EST LE MEILLEUR APPAREIL POUR SON PRIX

Toutes pièces détachées pour amplificateurs de puissance - Transformateurs
type G et type push-pull - Mégostats - Bobines de choc - Résistances bobinées -
Amplificateurs fonctionnant entièrement sur le secteur, etc...

Haut-Parleur électrodynamique "ZAMPA"

NOUVEAU TARIF
SUR DEMANDE



TOUTES PIÈCES VISIBLES CHEZ

L. MESSINESI

11, rue de Tilsitt - PARIS -
Téléphone : Carnot 53-04 et 53-05

Place de l'Etoile
R. C. Seine 224-643

LE FAMEUX MATÉRIEL



AUTOPOLARISEUR

polarise automatiquement les grilles
BF à la valeur optimum et rend la
réception pure et forte.

REDRESSEUR "CELO"

résout pratiquement l'alimentation
complète des postes sans surveillance.

HAUT-PARLEUR DYNAMIQUE ELCOSA

créé l'ambiance musicale

AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

ÉLECTRO-CONSTRUCTIONS S.A.

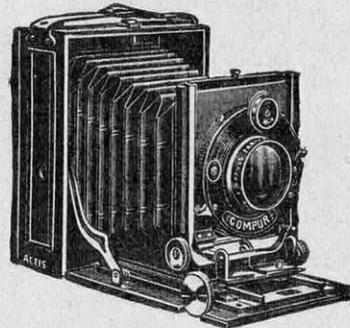
STRASBOURG-MEINAU

SOCIÉTÉ DES ÉTABLISSEMENTS

KRAUSS

OPTIQUE ET MÉCANIQUE
DE PRÉCISION

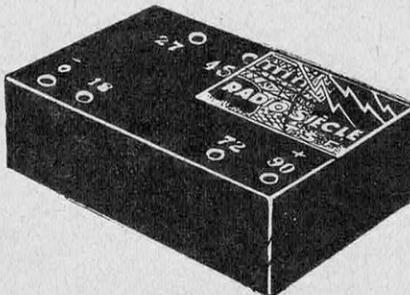
18-20, rue de Naples, Paris



APPAREILS PHOTOGRAPHIQUES
EKA, EKALEM, ACTIS

OBJECTIFS - JUMELLES A PRISMES

TARIFS ET CATALOGUES SUR DEMANDE



POUR VOTRE 6 LAMPES

DEMANDEZ A VOTRE FOURNISSEUR

La pile 90 volts M-80 RADIO-SIÈCLE

Débit : 30 milliampères

Prix : 104 fr. Vous serez surpris
de sa durée

Cie Industrielle d'Appareillage Radio-Électrique

27, rue des Sablons, Châtenay-Malabry (Seine). Tél. 192 Sceaux

CONCOURS DU 6 JANVIER 1930

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

Les Inspecteurs du Contrôle de l'État 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'Inspecteur 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 de police 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 **13.000 à 30.000 francs** par échelons de 2.400 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'École 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 prolongation des services militaires. Demander les matières du programme à l'École Spéciale d'Administration, 4, rue Férou, Paris (6^e).

La MOTOGODILLE

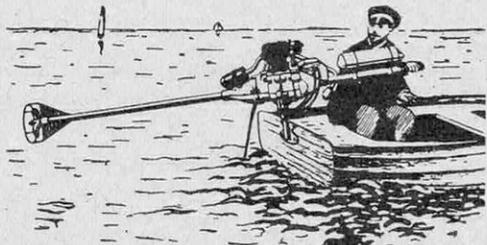
PROPULSEUR amovible (comme un AVIRON) pour tous BATEAUX
(Conception et Construction françaises)

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

Véritable instrument de travail
Plus de vingt années de pratique
Nos colons français l'utilisent de plus en plus

G. TROUCHE, 26, pass. Verdeau, Paris (9^e)

CATALOGUE GRATUIT — PRIX RÉDUITS



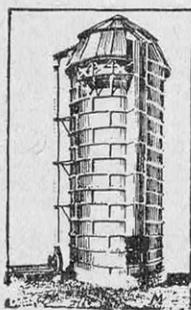
SILOS à FOURRAGE

■ LICENCE SAUNION ■

MACHINES
à ENSILER



MANUTENTION
MÉCANIQUE et
PNEUMATIQUE



SILOS à GRAINS

PEINTURES ANTIACIDES
RURO-LAQUE

SOCIÉTÉ F^o DES ATELIERS DE CONSTRUCTION

J.-J. GILAIN

12, rue Caumartin, Paris

R. C. SEINE 216.735 B.

ÉTABLISSEMENTS CIAMA

Constructions - Installations Electriques
Electromécaniques

T. S. F.

Galvanoplastie - Chromage - Nickelage

TOUT CE QUI CONCERNE
L'ÉLECTRICITÉ
LA MÉCANIQUE

CONSTRUCTION AUTOMOBILE

45 bis, allée Bayard — GARGAN
(SEINE-ET-OISE)

Téléph. : Adr. télégr. :
Raincy 11-46 Ciamateur-Gargan

UN VÉLO-VOITURE



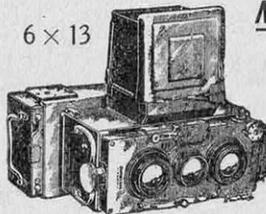
LE VÉLOCAR

Plus rapide et plus confortable qu'une bicyclette
2 PERSONNES, 3 VITESSES

Demandez notice détaillée (Envoyez timbre pour réponse)

MOCHET, 68, Rue Roque-de-Fillol, PUTEAUX (Seine)

6 x 13



NOUVEAUTÉ !!!

L'ONTOSCOPE

Faites de la Stéréoscopie

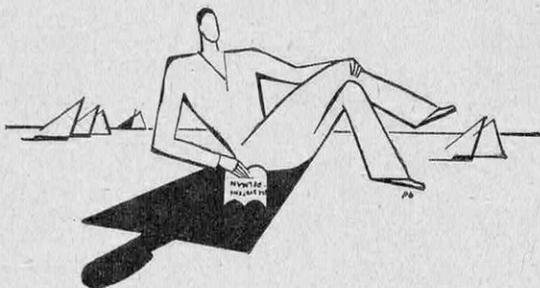
avec l'appareil photo-
graphique à REFLEX
de même conception que
les Ontoscopes précé-

dents, la supériorité de construction des Ontoscopes leur
ayant acquis une réputation mondiale.

..... CATALOGUE SUR DEMANDE

Étab^{ts} G. CORNU, 7, 9, rue Juillet, PARIS-20^e

Tél. : Roquette 01-13



VOILA LES VACANCES !...

**Revenez bronzé... et capable
d'élargir votre place au soleil...**

Vous allez refaire de longues et saines excursions en montagne, à moins que vous ne préférerez les joyeux ébats au bord de la mer. Vos heures de repos, sous les grands arbres ou sur la plage, vous les agrémenterez de lectures : d'abord, votre journal préféré, ... ensuite, un livre — sans doute hâtivement choisi entre deux trains.

Pourquoi ne mènerez-vous pas de front votre régénération physique et votre rétablissement moral? Le moment est propice : c'est pendant que le soleil baigne votre corps, pendant que votre organisme travaille au ralenti, qu'il vous faut accumuler des réserves d'énergie, aiguïser vos facultés, bref, vous découvrir un but accessible et rémunérateur. Ce rayonnement intérieur, grâce auquel vous vous tracerez une autre ligne de conduite, vous le trouverez dans la lecture des premiers livres Pelman.

Ces petits livres... connus sous le nom de *Livres du Succès...* tiendront peu de place dans votre malle. ILS EN TIENDRONT BEAUCOUP DANS VOTRE VIE.

Bientôt ils la transformeront radicalement. L'ardeur et l'aisance avec lesquelles vous aborderez, dès l'automne, les multiples problèmes de l'existence vous surprendront. Autour de vous, on ne manquera pas de remarquer votre changement moral et votre rajeunissement intellectuel.

Faites-vous adresser, par retour du courrier, la brochure gratuite de l'*Institut Pelman*. Vous aurez ainsi un aperçu clair et précis de ce que peut vous faire acquérir et gagner le Système Pelman.



Faites de vos prochaines vacances le point de départ d'une vie nouvelle. Revenez bronzé... et Pelmanisé, c'est-à-dire capable d'élargir votre place au soleil.

Institut Pelman
33, rue Boissy-d'Anglas, 33
PARIS-8^e

Institut Pelman
33, rue Boissy-d'Anglas, 33
PARIS-8^e



"Pygmy"
la nouvelle
lampe
de poche
à magnéto
inépuisable

Se loge dans une poche de gilet
dans le plus petit sac de dame
Poids : 175 gr.
Présentation de grand luxe
Fabrication de haute qualité
Prix imposé : 75 fr.

Demandez Catalogue B à :
MM. MANFREDI Frères & C^{ie}
Av. de la Plaine, Annecy (H.-S.)
GENERAL OVERSEA EXPORT C^o
14, rue de Bretagne, Paris-3^e
Téléph. : Télég. :
Archives 46-95 Genovieg-Paris

PUBL. JOSSE ET GIORGI



Concessionnaire pour l'Italie :
Roberto ULMANN, 1, Piazza Grimaldi, Genova 6

T.S.F.



Courant



T.S.F.



alternatif

Jim stator X

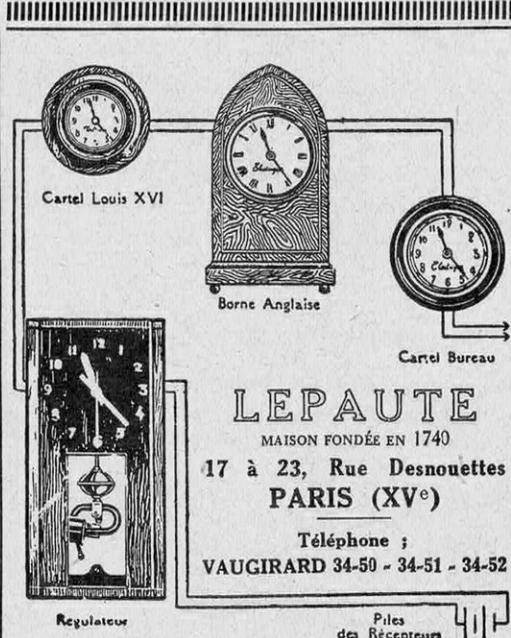
Nouveau chargeur d'accus
4 et 80 volts

peut être branché en une minute par n'importe
qui ; consomme moins qu'une lampe de 16 bou-
gies ; ne comporte ni valve, ni liquide, ni oxyde ;
dure indéfiniment.

ABSOLUMENT COMPLET, avec volt-
mètre 6-120 v. de précision, indicateur de charge,
fiche et cordons pour prise de **Frs 195**
courant et batteries.

Voir description dans le Numéro de Septembre

Ateliers P. LIENARD, 7, r. Chaudron, Paris-X^e
Téléph. : Nord 55-24 - Chèques postaux : Paris 580-46



Cartel Louis XVI

Borne Anglaise

Cartel Bureau

Regulateur

Piles des Récepteurs

LEPAUTE

MAISON FONDÉE EN 1740

17 à 23, Rue Desnouettes
PARIS (XV^e)

Téléphone ;
VAUGIRARD 34-50 - 34-51 - 34-52

REMISE A L'HEURE PAR T. S. F.
(Article documentaire page 155)

TOUT A CRÉDIT

Avec la garantie des fabricants
**PAYABLE EN
12 MENSUALITÉS**
appareils T.S.F.
appareils
photographiques
phonographes
motocyclettes
accessoires auto
machines. écrire
armes de chasse
vêtements de cuir
Des Grandes Marques

meubles de bureau
et de style
orfèvrerie
garnitures de cheminée
carillons Westminster
aspirateurs et poussières
appareils d'éclairage
et de chauffage
Des Meilleurs Fabricants
CATALOGUE N^o 27
FRANCO SUR DEMANDE

L'INTERMÉDIAIRE

17, Rue Monsigny, Paris
MAISON FONDÉE EN 1894

ÉTUDES CHEZ SOI

Vous pouvez faire chez vous, sans déplacement, à peu de frais, en utilisant vos heures de loisirs, et avec autant de profit que si vous suiviez les cours d'un établissement d'enseignement oral, des études complètes conformes aux programmes officiels de

L'ENSEIGNEMENT PRIMAIRE

et de **L'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE.**

Les programmes de *l'Ecole Universelle par correspondance de Paris*, la plus importante du monde, embrassent les **classes complètes** de ces deux ordres d'enseignement.

Si vous avez déjà fait des études primaires ou secondaires, vous pouvez en obtenir la consécration officielle en vous préparant chez vous à subir à bref délai, avec toutes les chances de succès, les examens des

BREVETS et BACCALAURÉATS.

Vous pouvez vous préparer, dans les mêmes conditions, aux concours d'admission aux **GRANDES ÉCOLES**

et à tous les concours d'accès aux

CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

L'efficacité des cours par correspondance de

l'Ecole Universelle

PLACÉE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT

est garantie par des **MILLIERS DE SUCCÈS** aux divers examens et concours publics.

L'Ecole Universelle vous adressera **gratuitement** et par retour du courrier celles de ses brochures qui vous intéressent. Vous y trouverez des renseignements complets sur toutes les études et carrières:

Brochure n° 5302 : *Classes primaires complètes* (Certificat d'études, Brevets, C.A.P., Professorats, Inspection primaire);

Brochure n° 5307 : *Classes secondaires complètes, Baccalauréats, Licences* (Lettres, Sciences, Droit);

Brochure n° 5315 : *Toutes les Grandes Ecoles spéciales* (Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies);

Brochure n° 5325 : *Toutes les Carrières administratives* (France, Colonies);

Brochure n° 5347 : *Langues vivantes* (anglais, espagnol, italien, allemand, portugais, arabe, esperanto);

Brochure n° 5352 : *Orthographe, Rédaction, Rédaction de lettres, Versification, Calcul, Calcul extra-rapide, Dessin, Ecriture*;

Brochure n° 5360 : *Carrières de la Marine marchande*;

Brochure n° 5366 : *Solfège, Piano, Violon, Flûte, Saxophone, Accordéon, Harmonie, Transposition, Contrepoint, Composition, Orchestration, Professorats*;

Brochure n° 5377 : *Arts du Dessin* (Dessin d'illustration, Caricature, Composition décorative, Aquarelle, Travaux d'agrément, Figurines de modes, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire, Métiers d'art et professorats);

Brochure n° 5380 : *Les Métiers de la Coupe et de la Couture* (petite main, seconde main, première main, couturière, vendeuse-retoucheuse, représentante, modéliste, coupeur, coupeuse);

Brochure n° 5387 : *Journalisme* (Rédaction, Fabrication, Administration); **Secrétariats.**

Ecrivez aujourd'hui même à l'Ecole Universelle. Si vous souhaitez, en outre, des conseils spéciaux à votre cas, ils vous seront fournis très complets, à titre absolument gracieux et sans aucun engagement de votre part.

ÉCOLE UNIVERSELLE, 59, boulevard Exelmans, PARIS-16°

L'eau sous pression chez soi

par la pompe rotative à vis

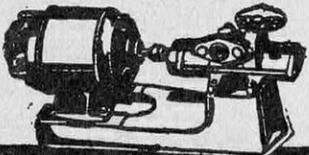
"HÉLIBLOC-ELVA"

ASPIRANTE ET FOULANTE

Groupes Électro et Moto-Pompes
Pompes à main

Pour toutes applications domestiques ou industrielles, produits chimiques, etc...

NOTICE SPÉCIALE N° 10 envoyée gratuitement
Voir description dans le numéro de mai



POMPES. MACHINES ELVA
10 rue du Debarcadere Paris.17

EXTINCTEURS

Dévisser... Appuyer... Pomper...
C'est vieux !!! C'est long !!!

"ASSURO"

Extincteur pour :: Automobiles

à déclenchement et fonctionnement automatiques, vous signale l'incendie, l'éteint tout seul, sans même vous obliger à arrêter votre voiture !

PARE-FEU

"ASSURO"

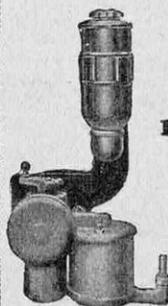
Le Premier Le Seul
Extincteur

se déclanchant sous
l'action du feu

Prix : 220 francs

Recharge : 25 francs

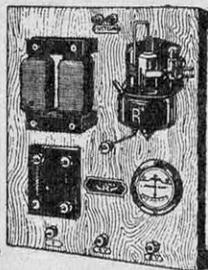
EN VENTE dans les bons Garages et
Maisons d'accessoires d'automobiles.



CHARGER soi-même ses ACCUMULATEURS
sur le Courant Alternatif devient facile
avec le

CHARGEUR L. ROSENGART

B⁷⁵ 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

5 ANS D'EXPERIENCE...
15.000 APPAREILS
EN SERVICE

Publicité H. DUPIN. P. 5

T. S. F.

TUNGSRAM



LA LAMPE AU

BARYUM MÉTALLIQUE

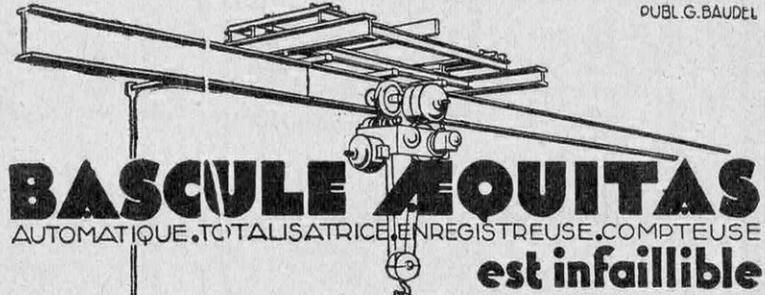
2, rue de Lancry. PARIS. Botzaris 26-70

DEMANDEZ LE CATALOGUE
contenant caractéristiques et
courbes de tous les modèles.

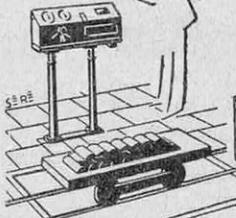
PUBL. G. BAUDEL



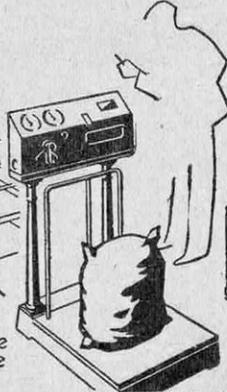
Tout le monde peut
se tromper...
seule la



BASCULE AQUITAS
AUTOMATIQUE. TOTALISATRICE. ENREGISTREUSE. COMPTEUSE
est infaillible



Pont Bascule



Bascule mobile



Equipée sur monorail ou birail



Ces deux cadrans permettent une lecture facile

Seule elle permet
l'ENREGISTREMENT
des pesées sur piquet
le COMPTAGE des opérations
la TOTALISATION des poids



SECTION MÉCANIQUE DE LA MANUFACTURE D'HORLOGERIE DE BETHUNE
13. RUE RICHER. PARIS. (IX^e). • • • Téléphone : Provence 81.12

1878-1929

l'ÉCOLE

BERLITZ

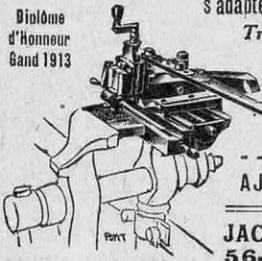
31, boul. des Italiens

N'enseigne que les
Langues vivantes
mais...
les enseigne BIEN !

ÉCOLE OUVERTE TOUTE L'ANNÉE — LEÇONS PARTICULIÈRES
ET COLLECTIVES — DÉBUTANTS ET PERFECTIONNEMENT
NOTICE FRANCO

LA RAPIDE-LIME

Diplôme d'Honneur Gand 1913



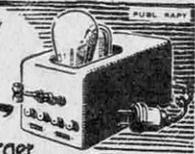
s'adapte instantanément aux ÉTAUX
Travaille avec précision
l'Acier, le Fer, la Fonte,
le Bronze
et autres matières
Plus de Limes!
Plus de Burins!

-- TOUT LE MONDE --
AJUSTEUR-MÉCANICIEN

NOTICE FRANCO

JACQUOT & TAVERDON
56-58, rue Regnault
Paris (13^e)

à manoeuvrer



pour recharger vos accus de 4 et 80 volts
avec le recharger JUNON
sans avoir aucun fil à débrancher

Vendu complet avec ses valves: 180!
Notice R sur demande

ETABLISSEMENTS JEANNIN
43 bis boulevard Henri IV - PARIS-BASTILLE

R. C. Paris 14.697 Ch. Postaux 329.60



La Verrerie Scientifique

Adr. télégr.: SCIENTIVER-PARIS
Code télégr.: AZ

Téléphone: LITTRÉ 94-62
— 01-63

Etab^{ts} MOLLIER
67, rue des Archives, Paris
Magasin de vente: 26, avenue de la Grande-Armée

L'ÉLECTROGRAPHE "REX"

NOUVELLE MACHINE A TIRER LES BLEUS A TIRAGE CONTINU



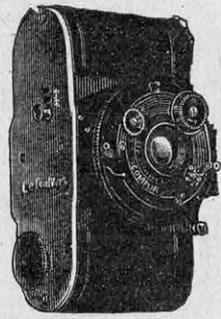
ÉCONOMIE
SIMPLICITÉ

DOONNE
DANS LE
MINIMUM
DE TEMPS
AVEC LE
MINIMUM
DE DÉPENSE
DES
REPRODUCTIONS
D'UNE
NETTÉTÉ
INCOMPARABLE

DÉMONSTRATIONS:
12, Avenue du Maine, Paris

Catalogue S franco

Le "CENT-VUES"



Appareil photographique utilisant le film cinématographique normal perforé, par bandes de 2 mètres, soit 100 vues pouvant être projetées ou agrandies.

Nouveau modèle gainé à chargement simplifié et muni d'un obturateur Compur.

MODÈLE 1928

Prix de revient du cliché: 10 centimes

"L'ÉBLOUSSANT"

Éclairage intensif pour PATHÉ-BABY

APPAREILS CINÉMATOGRAPHIQUES
pour Familles, Enseignement, Patronages

LUTETIA MODÈLES 1929

GROUPES AMOVIBLES POUR TOUS USAGES
de 12 à 55 kilomètres à l'heure
GROUPES FIXES LÉGERS
CANOTS LÉGERS à GRANDE VITESSE
CANOTS DE PROMENADE 5 à 6 places



M. ÉCHARD, Ingénieur-Contr., 31, boulevard de Courbevoie
Tél.: MAILLOT 15-51 - NEUILLY-SUR-SEINE



MACHINE À CALCULER
REBO

Fait toutes opérations
Vite, sans fatigue, sans erreurs
INUSABLE — INDETROUABLE

En étui portefeuille, façon cuir **40 fr.**

En étui portefeuille, beau cuir: 65 fr. — SOCLE pour le bureau: 15 fr. — BLOC chimique perpétuel spéc. adaptable: 8 fr.

Franco c. mandat ou rembours^t Etrang., paiem. d'av. port en sus

S. REYBAUD, ingénieur
37, rue Sénac, MARSEILLE
CHÈQUES POSTAUX: 90-63

**Chauffez,
Couvrez,
l'allumage
est instantané**



**LE FOURNEAU
SECIP**
à
pétrole gazéifié

est

**le plus moderne
des appareils de cuisine
pour la campagne**

**ÉCONOMIE
SÉCURITÉ ABSOLUE**

**LA PLUS GRANDE SIMPLICITÉ
POUR L'ALLUMAGE**

DÉPOSITAIRES PARTOUT EN FRANCE
Liste sur demande — Franco Notice S.V.

SÉCIP

18, rue du Président-Krüger, 18
COURBEVOIE (Seine)

FOURNISSEUR DES COMPAGNIES DE CHEMINS
DE FER POUR TOUS APPAREILS AU PÉTROLE



Leiss Ikon

Ma plus grande joie,
c'est mon appareil

Leiss Ikon

Faites de la photo !

Chaque photo préserve de l'oubli
une heure du passé et vous fait
revivre vos plus beaux souvenirs.

Même avec des appareils bon marché,
comme l'ICONETTE (4 × 6 1/2 cm., prix : 195 fr.)
ou le BOX TENGOR (6 × 9 cm., prix : 120 fr.)
vous obtiendrez de très bons résultats.

Nos appareils sont en vente dans tous les
magasins d'articles photographiques.

CATALOGUE Ph. 77

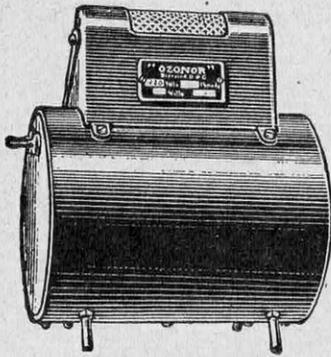
gratis et franco sur demande adressée au concessionnaire exclusif

Iconta

18-20, faub. du Temple, 18-20 - PARIS - XI^e

Employez nos pellicules et film-packs !

Leiss Ikon A.G. Dresden A. 21



PURIFIEZ L'AIR QUE VOUS RESPIREZ

Pour 1 centime de l'heure

Vous pouvez assainir l'air dans votre habitation, en le purifiant avec

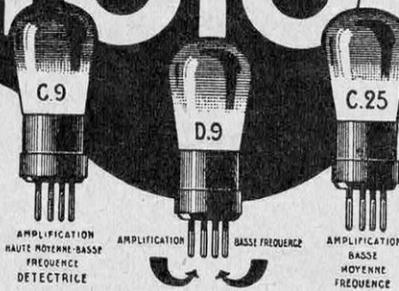
L'OZONOR

Dissipe les mauvaises odeurs — Détruit les germes de maladies
Fonctionne sur tous courants — NOTICE FRANCO

Etablissements OZONOR (CAILLIET, BOURDAIS & C^{ie}), 12, rue St-Gilles, Paris-3^e.
Téléphone : Turbigo 85-38

LAMPES DE T.S.F.

FOTOS



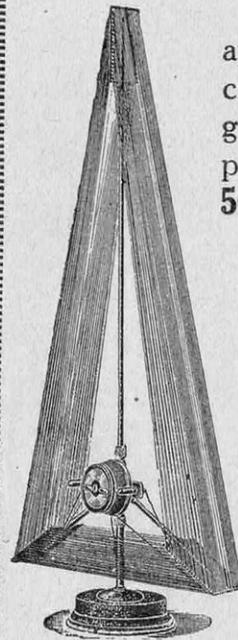
AMPLIFICATION
HAUTE MOYENNE-BASSE
FREQUENCE
DETECTRICE

AMPLIFICATION
BASSE FREQUENCE

AMPLIFICATION
BASSE
MOYENNE
FREQUENCE

NOUVELLE SÉRIE
DE LAMPES DE RÉCEPTION A TRÈS FORTE
ÉMISSION ÉLECTRONIQUE
FABRICATION
GRAMMONT

Le nouveau cadre TRIGONIO



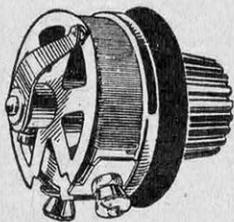
appliquant le prin-
cipe des ondes diri-
gées, rend votre
poste de T. S. F.
50 fois plus sélectif.

○ ○ ○

DEMANDER
NOTICE FRANCO

○ ○

Étab^{ts} LÉNIER
Constructeur
43, rue Magenta
ASNIÈRES
(SEINE)



Ne demandez pas un rhéostat !...

EXIGEZ

un **REXOR** (BREVETÉ
tous pays)

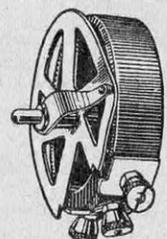
C'est une fabrication GIRESS

Mieux que la publicité, un essai vous convaincra !

Catalogue général SV franco

GIRESS 40, boul. Jean-Jaurès, CLICHY (Seine)
Téléphone : Marcadet 37-81

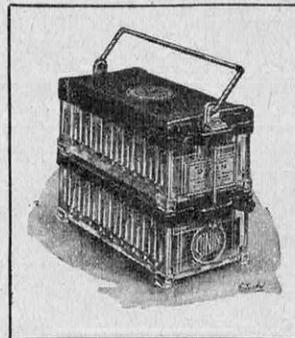
Pour la Belgique : J. VUCOBU, 69, rue Ambiorix, LIÈGE



ACCUMULATEURS DININ



Adoptés par toutes
les Grandes Compagnies
d'Exploitation de T. S. F.



Modèles spéciaux
pour Postes d'Amateurs

SOCIÉTÉ DES ACCUMULATEURS ÉLECTRIQUES

(Anciens Établissements Alfred DININ)

Capital : 15 millions

R. C. SEINE 107.079

NANTERRE (Seine)

CYCLES

ROUTE
COURSE
SPORT
GRAND
TOURISME

CATALOGUE FRANCO



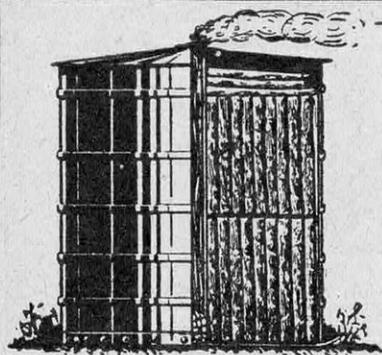
MOTOS

2 cv - 175 cc
3 cv - 250 cc
4 cv - 350 cc
5 cv - 500 cc

CATALOGUE FRANCO

Etablissements TERROT, 2, rue André-Colomban — DIJON

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



ÉTS C. DELHOMMEAU, A CLÉRÉ (I.-&L.)

APPAREILS POUR LA FABRICATION ÉCONOMIQUE DU
CHARBON DE BOIS

Modèles 1 à 500 stères de capacité, à éléments démontables instantanément, pour la carbonisation de tous genres de bois : bois de forêts, débris de scierie, bois coloniaux, etc...

FOURS FIXES EN MAÇONNERIE, 25 à 250 mètres cubes
FOURS POUR BOURRÉES, FIXES OU PORTATIFS

Catalogue S sur demande.



Pompes centrifuges
B. J. M.

BERGER & MARTIN
19, rue de la Réunion
PARIS - 20^e
Tél. : Roq. 79-44

CATALOGUE ET DEVIS
SUR DEMANDE
R. C. SEINE 85.862

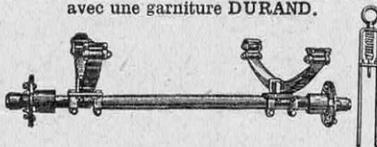


**BIBLIOTHÈQUES EXTENSIBLES
ET TRANSFORMABLES**

Demandez le Catalogue 71, envoyé gratuitement
avec le tarif complet

**BIBLIOTHÈQUE M. D., 9, rue de Villersexel, 9
PARIS-VII^e** Téléph. : Littre 11-28

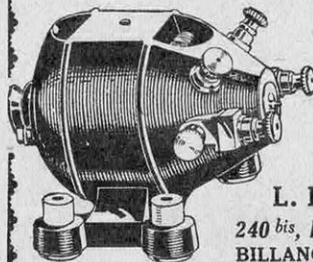
**INDUSTRIELS, COMMERÇANTS,
AGRICULTEURS, TOURISTES,**
Montez vous-mêmes la remorque dont vous avez besoin
avec une garniture DURAND.



N ^o 1	charge utile	250 kgs.	pour Roues Michelin	4 trous
N ^o 2	—	500	—	4 —
N ^o 3	—	1.000	—	6 —
N ^o 4	—	1.500	—	8 —

ÉMILE DURAND
80, Avenue de la Défense, COURBEVOIE (Seine)
Téléphone : Défense 06-03

Le Microdyne



LE PLUS PETIT MOTEUR
INDUSTRIEL DU MONDE

MOTEURS UNIVERSELS
DE FAIBLE PUISSANCE

L. DRAKE, Constructeur
240 bis, *Boulev. Jean-Jaurès*
BILLANCOURT - Molitor 12-39

Les Stéréoscopes Auto-Classeurs

MAGNÉTIQUES

45×107 **PLANOX** 6×13

Breveté France et Etranger

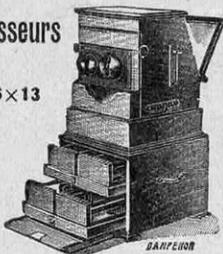
PLANOX ROTATIF

Super-classeur à paniers interchangeables
100 clichés 6×13 ou 45×107,
sans intermédiaires, en noir ou cou-
leurs, prêts à examiner ou projeter.

Stéréos à mains PLANOX

Les mieux faits. — Tous genres. — Tous formats.

Etab. A. PLOCCQ, 26-28, r. du Centre, Les Lilas (Seine)



Le PLANOX

GROUPE FINANCIER

s'intéresse
à achat ou exploitation de toutes
**INVENTIONS OU DÉCOUVERTES
NOUVELLES**
susceptibles de donner des rapports

Ecrire à *La Financière Commerciale et Indus-
trielle, Département M.L., 5, rue Dumont-
d'Urville, Paris-16^e.*



Avec les batteries de piles

MAZDA

(Procédés THOMSON)

les auditions sont
D'UNE
PURETÉ IRRÉPROCHABLE.

CAPACITÉ - CONSERVATION



**EN VENTE
PARTOUT**

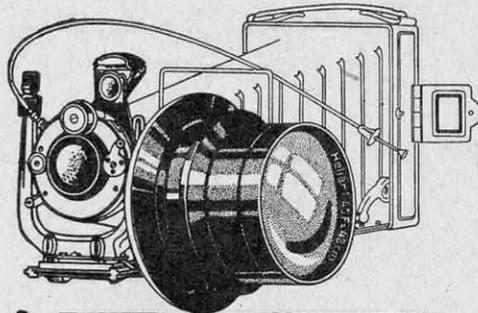
**COMPAGNIE FRANÇAISE
THOMSON-HOUSTON**

POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 100000000 FR
SIÈGE SOCIAL: 175, BOULEVARD HAUSMANN, PARIS 17^e
TELEPHONE: 51-75-76 - 50-75 - 50-76 - 50-77 - 50-78 - 50-79 - 50-80 - 50-81 - 50-82 - 50-83 - 50-84 - 50-85 - 50-86 - 50-87 - 50-88 - 50-89 - 50-90 - 50-91 - 50-92 - 50-93 - 50-94 - 50-95 - 50-96 - 50-97 - 50-98 - 50-99 - 50-100

L'opinion des gens avisés

Il n'y a plus, pour moi, d'hésitation possible : l'appareil que vous m'avez engagé à essayer m'a satisfait en tous points et je le conserve.

Bien que je sois particulièrement difficile, j'estime que vous avez su créer des modèles irréprochables à des prix intéressants et, dorénavant, mon appareil est un



Voigtlander

VOIGTLÄNDER

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

L'AGRICULTURE NOUVELLE

REVUE ILLUSTRÉE BIMENSUELLE.
PARAISSANT
LES 2^e ET 4^e SAMEDIS DE CHAQUE MOIS

Elle enseigne les méthodes les plus modernes et les plus économiques applicables à

TOUTES LES CULTURES et à
TOUS LES ÉLEVAGES.

Êtes-vous embarrassé sur une question de législation rurale, de médecine vétérinaire ou toute autre concernant l'agriculture ? Consultez-la, elle vous répondra gratuitement dans ses rubriques spéciales.

Le numéro de 32 pages, abondamment illustrées, sous couverture en couleur
En vente partout : 75 centimes

ABONNEMENTS

Un an... .. 18 fr. | Six mois... .. 9 fr.
à l'Administration,
18, rue d'Enghien, Paris (10^e)

DIMANCHE-AUTO

automobile  tourisme

TOUT
ce qui intéresse l'automobiliste !

TOUT
ce qui peut lui être utile !



DIMANCHE-AUTO

instruit
défend
renseigne

20 pages - 5.500 lignes de texte
60 illustrations ou cartes

En vente partout le samedi : 1 franc

SPÉCIMEN FRANCO SUR DEMANDE

13, rue d'Enghien, 13 - PARIS-10^e

DIMANCHE-ILLUSTRÉ

SPÉCIMEN FRANCO SUR DEMANDE
20, Rue d'Enghien, PARIS



MAGAZINE ILLUSTRÉ EN COULEURS
POUR LES GRANDS ET LES PETITS
AMUSANT - DOCUMENTAIRE - INSTRUCTIF
16 pages - PRIX : 50 cent.



ABONNEMENTS

	3 mois	6 mois	1 an
France, Colonies et Régions occupées.	6 frs	12 frs	24 frs
Belgique.	9 frs	18 frs	35 frs
Étranger.	15 frs	28 frs	55 frs

La femme moderne
qui veut être au courant
de tout ce qui se fait
de tout ce qui se porte

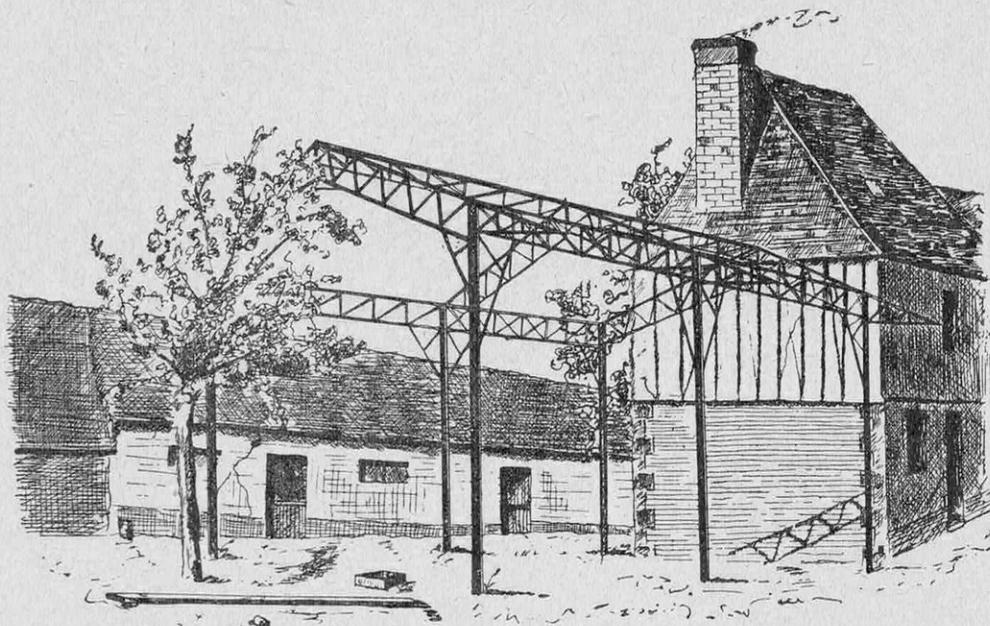
est une lectrice
de

NOS LOISIRS

Des contes, des articles, une sélection de modes de la grande couture font, de cette publication luxueusement illustrée, la plus élégante revue familiale française.

.....
PRIX DU NUMÉRO :
4 francs

LA SÉRIE 39 à HÉNOUVILLE (Seine-Inférieure)



AUX ÉTABLISSEMENTS JOHN REID, ROUEN.

Je viens vous informer que le hangar que vous m'avez fourni est complètement terminé. Quoique n'étant pas du métier, deux jours ont suffi à trois personnes pour son montage. Ce genre de travail ne présente aucune difficulté, le tout s'est ajusté comme un jeu de meccano. Il est élégant et paraît très solide. C'est avec plaisir que je vous exprime mon entière satisfaction. Je me félicite d'avoir eu l'heureuse idée de commander un hangar de la SÉRIE 39.

LEBRETON (Séverin),

Hérouville, par Saint-Martin-de-Boscherville (S.-I.).

M. LEBRETON est propriétaire d'une gentille ferme, près de Saint-Martin-de-Boscherville, sur la route de Rouen à Duclair. C'est avec plaisir que nous nous permettons de soumettre à nos estimés lecteurs la reproduction du hangar que notre honoré client vient d'édifier dans son verger.

M. LEBRETON a trouvé le mot juste pour caractériser la SÉRIE 39 : *un jeu de meccano*. Cette assertion suffira sans doute à rassurer de nombreux propriétaires et agriculteurs redoutant les complications de montage. En effet, les faits sont là : « Quoique n'étant pas du métier, trois personnes ont mis deux jours pour le montage ».

Nous sommes heureux que le bel esprit d'initiative et de courage dont notre honoré client a fait preuve ait été couronné d'une réussite parfaite. S'il veut bien excuser notre indiscretion, nous nous permettrons de révéler à nos lecteurs les dimensions, ainsi que le coût, du hangar complet : d'abord, pour les dimensions qui sont comme suit :

Longueur totale, y compris le prolongement de toiture à chaque extrémité.....	10 m. 66
Portée entre les poteaux	6 mètres
Largeur totale, avec un auvent	8 —
Hauteur sous auvent	4 —
— faite	5 m. 75

Pour lui permettre de réaliser son projet, M. LEBRETON a choisi, dans notre brochure n° 84, les éléments suivants :

3 fermes n° 13 bis, avec auvent d'un côté, au prix unitaire de 615 francs.....	1.845 francs
2 séries d'entretoises à treillis, au faux de 416 francs la série de 5 mètres ...	832 —
Toiture en tôle ondulée galvanisée de 6/10° d'épaisseur	1.807 —
Pannes en sapin du Nord pour la pose des tôles	500 —
TOTAL.....	4.984 francs

Bien entendu, la construction complète ne mesure que 85 mètres carrés. Nous avons fabriqué des bâtiments dix fois plus grands que celui de M. LEBRETON, pourtant ils ne nous ont pas donné dix fois plus de satisfaction. Ce qui nous plaît, ce n'est pas la grandeur de la construction : *c'est le contentement que nous avons le privilège de partager avec ceux de nos estimés lecteurs qui nous confient le travail qui fait marcher notre usine.*

Ce sera avec plaisir que nous enverrons un exemplaire de notre brochure n° 84 à tout lecteur désireux de se renseigner sur la SÉRIE 39.

Etablissements JOHN REID, Ingénieurs-Constructeurs, 6^{bis}, quai du Havre, ROUEN

Fabrication en série de bâtiments métalliques pour la culture et l'industrie

Tôles ondulées galvanisées de premier choix

Expéditions directes de notre usine de banlieue

TECHNIQUE DE PUBLICITE

PERCEUSE

R.V.

TYPE FC 2

Ne pèse que 5 Kgs. et perce des trous de 15^{mm} dans l'acier.

PARIS-XII°
RENÉ VOLET

ING. E. C. P. ET E. S. E.
20, avenue Daumesnil, 20
Téléph. : Diderot 52-57
Télégrammes :
Outilervé-Paris

MAGASINS DE VENTE :
LILLE
Société Lilloise
RENÉ VOLET

(S. A. R. L.)
28, rue du Court-Debout
Téléph. : n° 58-09
Télégr. : Outilervé-Lille

BRUXELLES
Société Anonyme Belge
RENÉ VOLET

65, rue des Foulons, 65
Téléph. : n° 176-54
Télégrammes :
Outilervé-Bruxelles

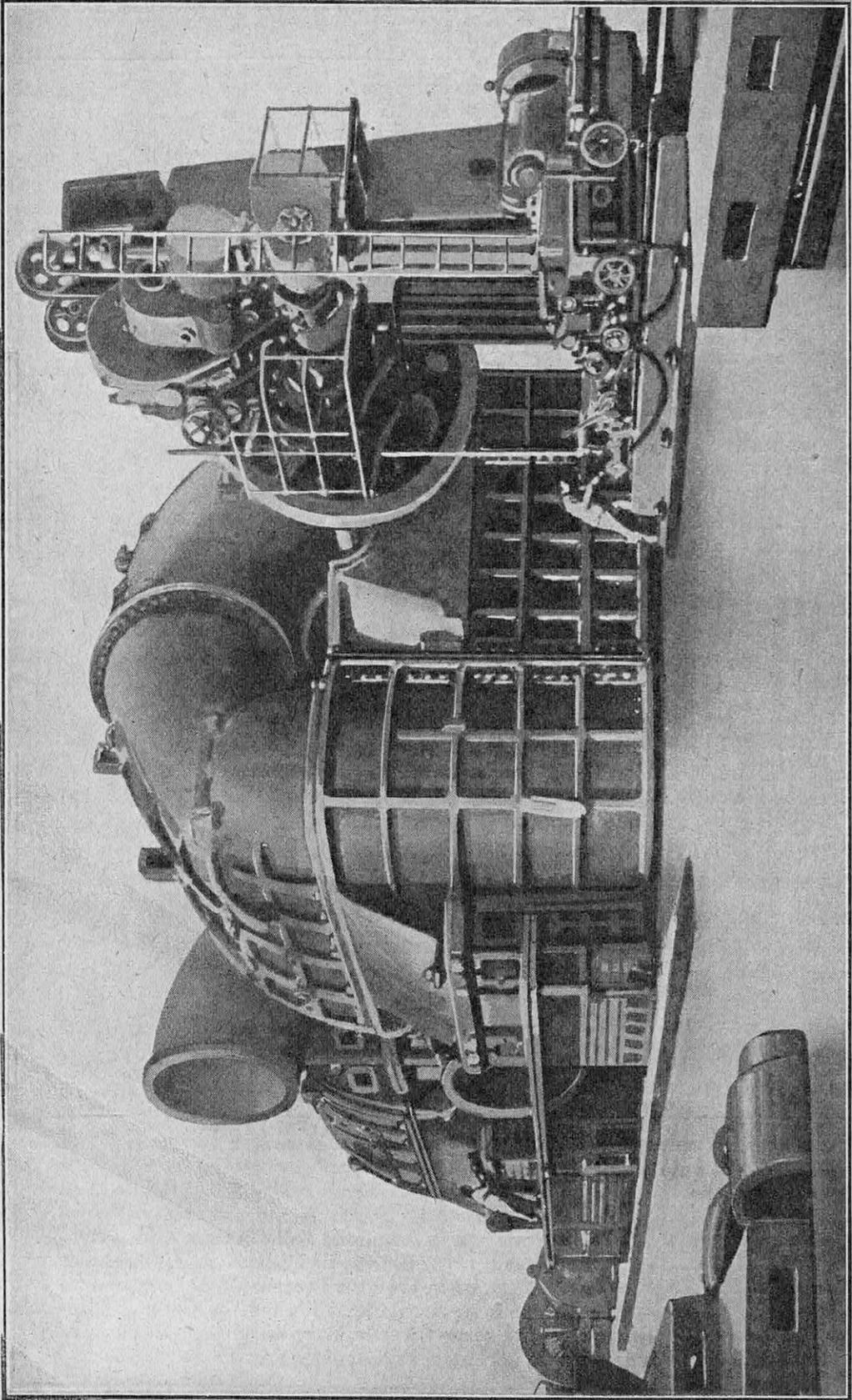
LONDRES E. C. 1
RENÉ VOLET

LIMITED
242, Goswell Road
Ph. Clerkenwell : 7.527
Télégrammes :
Outilervé Barb-London

AGENTS : ESPAGNE, S. A. M. Fenwick, Bruch 96 y Aragon 314, Barcelone. — HOLLANDE, N. V. v. h. B. Pfälzter, Spui 12, Gebouw Eensgezindheid, Amsterdam. — ITALIE, S. A. Italiana Fratelli Fenwick, 1, Via San Anselmo, Turin. — TCHÉCOSLOVAQUIE, V. Weiss, Stresovice 413, Prague. — AFR. DU NORD, A. Georgier, 7, R. Drouillet, Alger. — MADAGASCAR, L. Teilliet et L. Labrousse, R. Colbert, Tananarive. — INDOCHINE, Poinard et Veyret, Comptoirs d'Extrême-Orient, Saigon, Pnom-Penh, Haiphong, Hanoi. — AUSTRALIE, Messrs Gerard & Goodman, 14-16, Synagogue Place, Adélaïde. — JAPON, Kobe : Alsot-Brissaud et C^{ie}, Tokiwa Bg, n° 30, Akashi-Machi. — CANADA, The Dominion Machinery Supply Co Ltd, 177, Wellington Street, Toronto, Ontario. — MEXIQUE, Clement Z., 28, Avenida Morelos, Mexico. — CHILI, Simon Hermanos, Santo Domingo, 1107, Santiago. — GRÈCE, P. M. C. O'Caiffrey, 4, Aristides St., Athenes. — HONGRIE, « Adria » V. Vac-Ut, 24, Buda-Pest V. — NORVEGE, O. Houm, Skippergaten, 4, Oslo. — POLOGNE, Polskie Towarzystwo Dzia Handlu Z Francja, Ks Skorupki, 8, Varsovie. — YOUgoslavie, L. Piedzicki, Strahinitcha Bana, 42, Belgrade. — PORTUGAL, Joao Felix da Silva Capucho, 121, Rua de S. Paulo, 129 Lisbonne. — SUISSE, Arthur-V. Paget, 8, boulevard de Grancy Lausanne. — CALCUTTA, The Oriental Electric & Engineering Co, 19, Bow Bazar Street, Calcutta. — MADRAS, The Automobile & Accessories Co Ltd., Mount Road, Madras. — BIRMANIE, Messrs Stewart Raeburn & Co., Rangoon.

Comment la turbine à vapeur est passée, en trente ans, de 600 chevaux à 280.000 chevaux	Charles Brachet 91
L'écran courbe peut-il donner du relief aux projections cinématographiques ?	J. M. 100
La radiophonie ne serait pas née sans l'étude préalable de l'émission thermoélectronique : comment fonctionnent les lampes de T. S. F. et les tubes à rayons X ?	Marcel Boll 101 <small>Agrégé de l'Université, Docteur ès sciences.</small>
Le remarquable essor de l'utilisation pratique de l'énergie du vent au Danemark. Les types modernes de moulins à vent et les centrales aéroélectriques	Raymond Sancery. 112
L'état colloïdal de la matière donne lieu, aujourd'hui, à de multiples applications industrielles	Paul Bary 119
Les progrès récents réalisés dans la fabrication de la pâte à papier « de bois ».	G. Dupont 129 <small>Professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux.</small>
Il y a trois cents ans, naissait le grand savant hollandais Christian Huygens. Son œuvre le place au premier rang des savants du siècle de Louis XIV	L. Houlléviq.ue. 137 <small>Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.</small>
On sait mesurer, aujourd'hui, en plein vol, les efforts subis par les ailes d'avions. Le véritable avion-laboratoire de trois savants français	Jean Labadié 141
Les « freins à voie » permettent d'arrêter automatiquement les wagons isolés	L. F. 148
La XXI ^e Foire de Paris. D'intéressantes nouveautés industrielles y furent exposées	René Doncières 149
L'aération des locomotives sous les tunnels est un facteur nouveau de sécurité	J. B. 162
Le phonographe et la vie	F. Faillot 163
La T. S. F. et les Constructeurs	J. M. 167
Les A côté de la science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor 169
Une invention de M. Santos-Dumont : le premier moteur à dos d'homme appliqué au ski	L. F. 173
A travers les revues	J. M. 175
Chez les éditeurs	J. M. 176

A l'Exposition universelle de Paris de 1900, les turbines à vapeur atteignaient à peine 600 ch. Aujourd'hui fonctionne, en Amérique, une turbine de 217.000 ch, et une autre machine du même genre, qui développera 280.000 ch, est en construction. Les énormes progrès réalisés depuis trente ans sont dus à la fois aux perfectionnements apportés à la technique de la turbine et aux traitements métallurgiques modernes qui ont permis de réaliser ces formidables machines. La couverture de ce numéro représente l'ensemble du corps haute et moyenne tension d'une turbine à vapeur de 800.000 ch de la Central Klingenberg, près de Berlin, qui est, à l'heure actuelle, l'une des plus perfectionnées du monde. (Voir l'article sur la turbine à vapeur, à la page 91 de ce numéro.)



VUE D'ENSEMBLE DE LA TURBINE DE 160.000 KILOWATTS PRISE PENDANT L'ALÉSAGE DE SON CORPS BASSE PRESSION
On voit, à droite, l'immense tour dont le chariot sur rails travaille dans l'axe de la turbine.

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, Août 1929 - R. C. Seine 116.544

Tome XXXVI

Août 1929

Numéro 146

COMMENT LA TURBINE A VAPEUR EST PASSÉE, EN TRENTE ANS, DE 600 CHEVAUX A 280.000 CHEVAUX

Par Charles BRACHET

Si la turbine fut la première machine utilisant la vapeur comme fluide moteur, elle fut délaissée bientôt pour la machine à pistons, plus facile à construire et plus robuste. Cependant, aujourd'hui, la turbine a repris la place qui lui revient, car elle constitue le moteur idéal à vapeur, ne présentant pas d'organes en mouvement alternatif. On sait que les turbines se rangent en deux grandes classes (réaction ou action), suivant que la partie mobile « réagit » sur le jet de vapeur ou que ce jet « agit » sur les arbres du rotor. En 1900, les turbines exposées à Paris atteignaient à peine 600 ch. Aujourd'hui, une turbine de 217.000 ch fonctionne en Amérique, et une autre, de 280.000 ch, est en construction. Il est curieux de constater que c'est l'application simultanée des deux principes d'action et de réaction qui a permis d'obtenir des puissances aussi formidables. Grâce, en effet, au prélèvement de la vapeur en des points judicieusement choisis de la turbine pour réchauffer l'eau d'alimentation, on peut, en quelque sorte, intervenir dans la chute de la pression. Ainsi, dans la turbine américaine de 110.000 kW, qui comprend deux corps, l'un à haute pression, l'autre à basse pression, il existe à la fois des roues à action et des roues à réaction. Nos lecteurs trouveront ci-dessous l'exposé précis, et mis à la portée de tous, des problèmes dont la solution a abouti à l'établissement des machines géantes modernes.

QUAND nous arrive d'Amérique l'image concrète, la photographie, d'une turbine réalisant 160.000 kilowatts (217.600 ch), on est tenté de croire qu'il s'agit d'un monstre exceptionnel. Mais on lit aussitôt qu'une seconde machine du même genre est déjà mise en chantier sur le devis de 208.000 kilowatts (282.880 ch). Et l'on soupçonne, alors, qu'une évolution, peut-être fondamentale, est en voie de transformer ces sortes de machines et de faire de chacune d'elles l'équivalent de ce qui, hier encore, constituait une très grande centrale.

De semblables turbines, ayant mission d'alimenter chacune, en courant électrique, des milliers d'immeubles, supportent, en effet, individuellement, les mêmes responsa-

bilités qu'une usine normale : elles n'ont pas le droit d'avoir une défaillance. Leur construction et leur fonctionnement doivent, par conséquent, relever de calculs impeccables.

Essayons de faire le point actuel de cette technique d'autant plus admirable qu'elle est à peine l'œuvre des trente dernières années.

Réaction et action : l'éolipyle de Héron et la roue de Branca

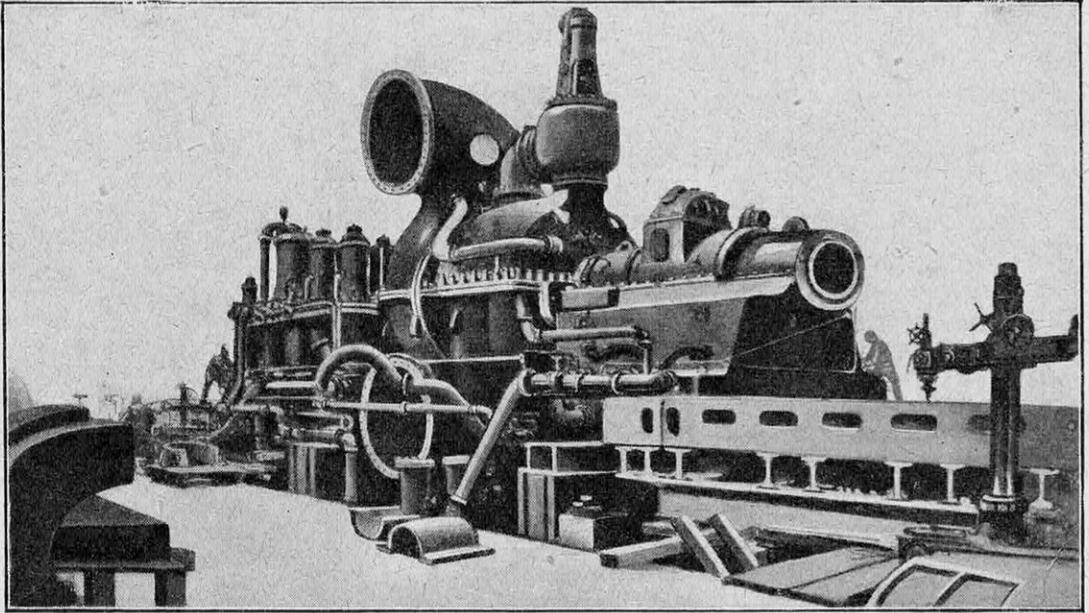
La turbine est tellement la machine à vapeur rationnelle que c'est par elle qu'ont débuté les inventeurs.

Au deuxième siècle avant notre ère, naquit la turbine à réaction, sous le nom d'éolipyle, entre les mains de Héron d'Alexandrie. Une sphère creuse à demi-pleine d'eau, mobile sur deux tourillons, comportait deux

orifices diamétralement opposés dans un plan perpendiculaire à l'axe de rotation. Chaque orifice, muni de soupapes intérieures convenablement agencées, se recourbait extérieurement par un tube coudé. Placée au-dessus d'un foyer, la sphère devenait chaudière et la vapeur, en s'échappant par les orifices coudés, *tangentielllement* à la sphère, assurait sa rotation exactement comme un double jet d'eau divergent actionne un tourniquet d'arrosage. Tel est

la roue tandis que, dans le cas précédent, c'était la roue qui « réagissait » sur le jet qu'elle formait elle-même. Tel est le principe de la turbine à action. Dès 1629, l'Italien Branca essaya de l'appliquer, dans cette belle et naïve simplicité, à l'entraînement des tournebroches.

Cette présentation historique des deux turbines d'après la merveilleuse intuition de leurs créateurs n'est pas seulement pittoresque, elle contient tout l'essentiel des phé-



LA TURBINE A VAPEUR GÉANTE DE 160.000 KILOWATTS PENDANT L'OPÉRATION DE L'ALÉSAGE DE SON CORPS A HAUTE PRESSION

De part et d'autre du corps de la turbine, les tours au travail. Les deux bouches de conduite (supérieure et inférieure) sont destinées à l'échappement de la vapeur. L'admission se fera par trois canalisations inférieures. Surmontant l'ensemble, la soupape régulatrice.

le principe de la turbine à *réaction*. Qu'est-ce à dire ?

La vapeur formée à l'intérieur de l'éolipyle prend, par sa détente à travers les orifices coudés, une certaine *vitesse*, d'où une certaine énergie cinétique. Cette énergie s'exerçant de l'intérieur à l'extérieur de la machine, entraîne une réaction en sens inverse — réaction qui se traduit par la rotation de la machine, étant donnée l'orientation tangentielle des tuyères.

La turbine à action est tout autre chose. *Le jet de vapeur est fixe*, mais il frappe une roue à aubes qui se met à tourner sous l'impulsion de la masse vaporisée, animée d'une grande vitesse. L'énergie cinétique de la vapeur est, ici, dirigée de l'extérieur à l'intérieur de la machine. Le jet « agit » sur

nomènes mis en jeu dans les turbines modernes. Dans le premier cas (éolipyle de Héron), la vapeur *se détend à l'intérieur du rotor*. Dans le second (roue de Branca), *elle arrive détendue sur le rotor*. Ce sont là leurs deux dispositifs et les seuls (mais le plus souvent combinés) par lesquels procèdent les turbines modernes.

Charles Parsons et Gustave de Laval

Pourquoi, si pressée d'apparaître dans le monde, la turbine fut-elle tout d'abord éclipsée, sur le terrain industriel, par les machines à pistons ?

Simple question de technique, de métallurgie et d'ajustage.

Pour établir une turbine à vapeur réellement industrielle, il faut, d'abord, savoir

ajuster ses organes, au dixième de millimètre. Or James Watt s'estimait heureux quand le cylindre et le piston de sa machine ne comportaient pas plus de « trois huitièmes de pouce » (à peu près 1 mm.) « de faux-rond ». Cette faculté de fonctionner, malgré l'imperfection du montage, fit donc la force de la machine alternative.

Ensuite, il faut obtenir des métaux capables de résister aux hautes températures et de supporter d'énormes forces centrifuges, à cause des grandes vitesses de rotation exigées.

Troisième point capital : il fallait savoir plier ces mouvements ultra-rapides à des travaux industriels. Ceux-ci procédaient rarement avec de telles vitesses. Seul l'accouplement de la turbine avec le générateur électrique pouvait remplir cette dernière condition.

C'est Charles Parsons qui, en 1884, construisit la première turbine à vapeur méritant le nom de machine : elle était encore — comme son ancêtre de l'antiquité — à réaction. Cependant, à la même époque, le Suédois Gustave de Laval montait, à Stockholm, la première roue tournant sous l'action d'un jet de vapeur. La turbine de Parsons comportait trente roues motrices échelonnées sur le même arbre : la vapeur arrivait au milieu de la brochette des roues et se détendait de part et d'autre, par degrés successifs, dans les aubages des roues étagées. L'appareil tournait à 17.000 tours par minute ; son diamètre n'excédait pas 75 millimètres. Il donnait une puissance de 10 ch.

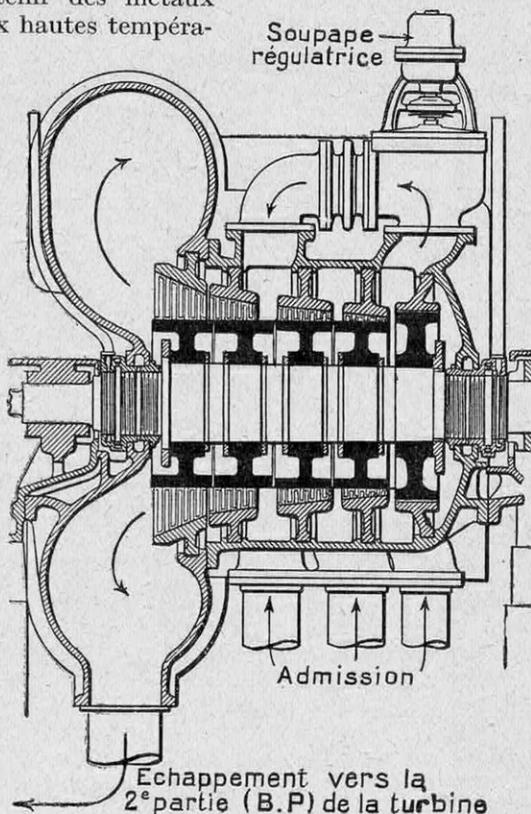
La turbine de Laval était faite, par contre, d'un disque ou roue unique, large de 15 centimètres et tournant à 26.000 tours. La vapeur projetée sur ses aubes, par une série

de tuyères fixes disposées sur son pourtour, arrivait complètement détendue, c'est-à-dire animée de toute son énergie cinétique (et, par conséquent, dénuée de pression). La roue de Laval tourne donc dans une atmosphère à pression constante, qui peut être voisine de la pression (infime) du condenseur. L'atmosphère intérieure de la turbine

Parsons comporte, au contraire, toute une suite d'étages à pressions différentes.

L'arbre de Laval, à roue unique, tournant à 26.000 tours, vibrerait comme une corde. Il fallut le construire flexible afin de lui permettre de franchir sans se rompre le passage difficile de la « vitesse critique ». Cette fragilité seule donnait l'avantage industriel immédiat à la turbine de Parsons plus massive, aux efforts mieux répartis sur l'arbre. C'est pourquoi celle-ci trouva, la première, son emploi à bord des navires, aussitôt qu'on put réaliser des engrenages assurant la démultiplication de sa rotation.

Enfin, l'Exposition universelle de 1900 vit les premières turbines appliquées à la génération de l'électricité. Ce premier turboalternateur donnait 500 kilowatts. La seconde étape, en 1905, portait ce genre d'appareils à 5.000 kilowatts. En 1913, ils atteignaient 7.500 (50 périodes par seconde, 1.500 tours-minute). En 1914, on réalisait l'unité de 10.000 kilowatts, ce qui apparut un maximum indépassable. Cependant, en 1922, l'on inaugura, à Genève, des turboalternateurs de 40.000 kilowatts. En 1923, l'Amérique lançait ceux de 50.000 ; en 1926, ceux de 80.000 ; en 1928, 110.000 ; en 1929, 165.000. Et 1930 verra le turboalternateur de 208.000 kilowatts.



LA COUPE DU CORPS A HAUTE PRESSION DE LA TURBINE DE 160.000 KILOWATTS

La vapeur parvient à la machine par trois conduites placées au-dessous du plancher général. La soupape régulatrice a pour fonction de laisser la vapeur s'écouler jusqu'à la dernière série de roues à aubes (à gauche), quand la charge est faible, ou de l'obliger, au contraire (en se fermant), à parcourir toute la série des étages quand le travail exigé du turboalternateur atteint le maximum.

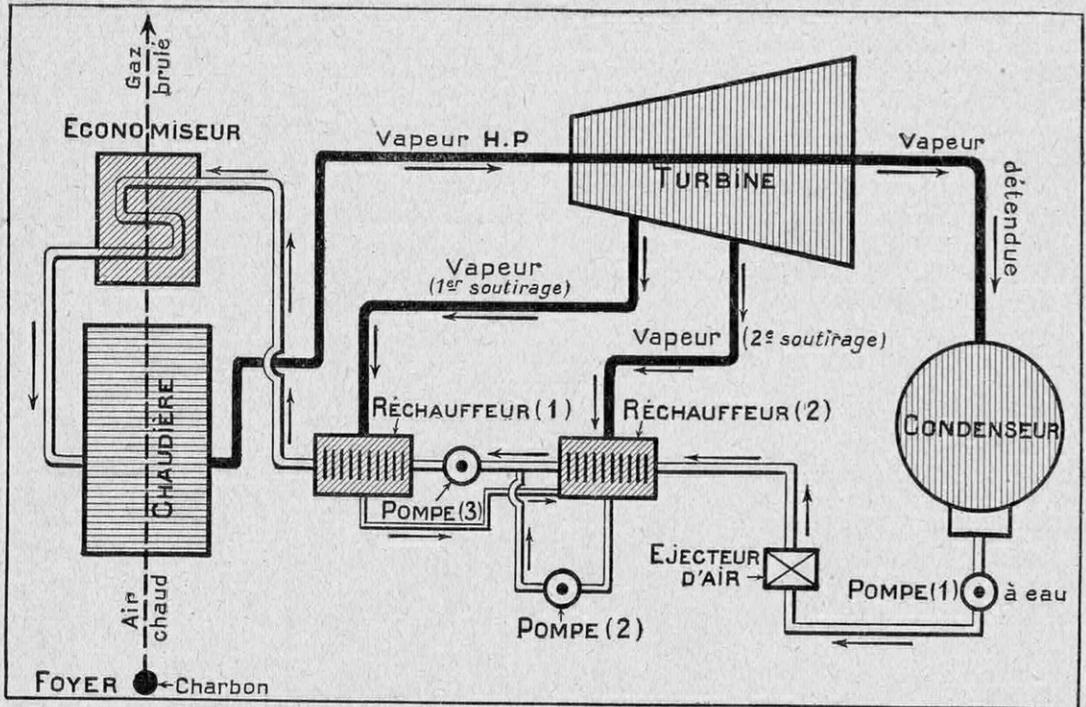


SCHÉMA GÉNÉRAL DE LA CIRCULATION DE L'EAU ET DE LA VAPEUR, DANS L'INSTALLATION DE 110.000 KILOWATTS (BROOKLYN, EDISON CO.)

Le circuit de la vapeur est indiqué en trait plein ; celui de l'eau, en clair. Le trajet des gaz à travers la chaudière et l'économiseur est figuré par un trait interrompu. La vapeur parvient à la turbine H.P. à 28 kilogrammes par centimètre carré de pression et 370°C de température. Un premier soutirage prélève, sur la turbine, 37 tonnes et demie de vapeur à l'heure (à 137°C et 3 kg 5) ; cette vapeur vient au réchauffeur (1) élever la température de l'eau d'alimentation canalisée vers l'économiseur. Un second soutirage prélève, aux étages de B.P. de la turbine, 50 tonnes de vapeur à l'heure (à 1 kilogramme de pression). Ce second flot de vapeur vient réchauffer l'eau d'alimentation sur le circuit général, dans le réchauffeur (2), en amont du réchauffeur (1). A droite, le condenseur recueille la vapeur résiduelle de la turbine. Un « éjecteur d'air » entretient le vide dans le condenseur. Des pompes placées en (1) (2) (3) assurent la circulation de l'eau qui, sans elles, serait refoulée dans le vide du condenseur. Finalement, il sort de la chaudière 512 t 5 de vapeur à l'heure (H.P.), tandis que le même poids d'eau déjà réchauffée y pénètre à une température de 133° centésimaux.

La turbine moderne

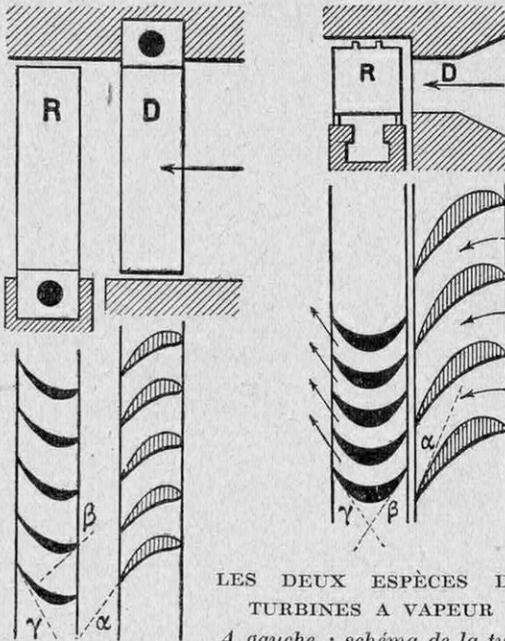
Que sont devenues, dans cette progression vertigineuse, l'action et la réaction ? Construit-on d'après Parsons ou d'après de Laval ?

Dès avant guerre, la turbine à action s'était industriellement adaptée en se donnant, elle aussi, plusieurs étages de roues. Les turbines de 40.000 kilowatts de Genèvevilliers sont à action. Elles semblaient donner la formule définitive. Mais voici qu'avec les nouvelles turbines géantes, le système Parsons rentre de nouveau en scène en se combinant avec le précédent. Les turbines deviennent mixtes. En vérité, elles n'ont plus de nom catalogué. C'est qu'une révolution fondamentale est intervenue dans leur aménagement, dont nous avons déjà dit un mot ici (1) : le prélèvement de la vapeur à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 140, page 109.

divers étages de la turbine en vue du réchauffage de l'eau d'alimentation.

Il est évident que cette opération modifie profondément le régime d'écoulement du fluide moteur et, par conséquent, la manière dont ce fluide peut être utilisé par les aubages. A première vue, elle constitue un moyen d'intervenir dans la chute de pression, entre les divers étages de la turbine. D'autre part, le prélèvement de chaleur, sous forme de vapeur, qu'on reporte à l'eau d'alimentation, semble paradoxal si l'on s'en tient au principe théorique de Carnot, établissant le rendement des machines sur un fluide parfait ; mais il apparaît justifié si l'on établit le rendement réel d'une machine à vapeur d'eau, avec tous les caractères spécifiques de l'eau. Cette dernière manière d'envisager le travail de la vapeur (à partir de la chaudière jusqu'au condenseur inclu-



LES DEUX ESPÈCES DE TURBINES A VAPEUR

A gauche : schéma de la turbine à réaction. En D, l'aube du distributeur fixe. En R, l'aube du rotor. La disposition et le profil des deux espèces d'aubes D et R (dessinés dans le bas de la figure) montrent que la vapeur trouve sur le rotor plus d'espace libre qu'elle n'en quitte sur le distributeur. Donc, elle se détend dans le rotor, en l'obligeant à se mouvoir. A droite : schéma de la turbine à action. Ici, le profil et le nombre respectif des aubes du distributeur D montre que la vapeur arrive détendue sur ce dernier. Elle en sort dans une direction de sortie qui forme avec la direction d'entrée un angle plus aigu que le même angle considéré dans la turbine à réaction.

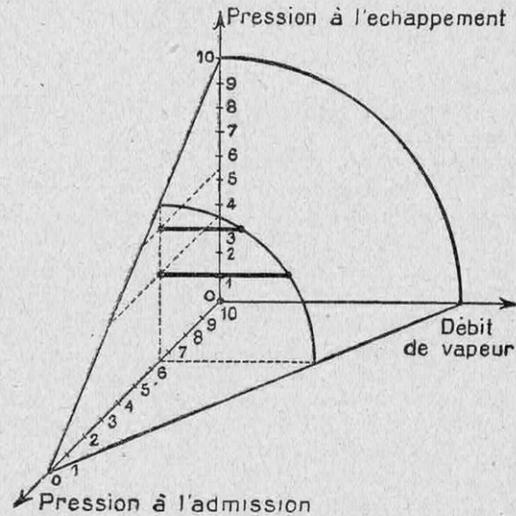
sivement) est celle dite du « cycle de Rankine ». Nous l'avons esquissée pour montrer les avantages des hautes pressions. N'y revenons pas. Considérons plutôt comment se présentent l'écoulement et le travail du fluide dans la succession des « étages » de la turbine.

Chaque étage comporte un disque distributeur fixe et une roue à aubes tournante. Si la vapeur se détend (plus ou moins complètement) dans le distributeur, la roue fonctionne « à action » ; si la vapeur est donnée sous pression par le distributeur à la roue ou, ce qui revient au même, si la détente s'effectue dans les aubages de la roue, celle-ci est « à réaction ».

Qu'il soit question de l'un ou de l'autre cas, il est une loi simple qui relie le débit de la vapeur à travers un élément de turbine, la pression de cette vapeur à l'admission dans l'élément et sa pression à l'échappement. Ce sont là, en effet, les trois facteurs essentiels dont l'ingénieur dispose pour établir

un élément de turbine. De même qu'un bâtiment de volume fixé d'avance peut prendre mille formes, de même une turbine de puissance donnée peut se réaliser suivant mille formules. Mais ceci ne signifie pas que l'arbitraire fait loi : s'il s'est donné la hauteur de son édifice à volume fixe, l'architecte constate que la longueur et la largeur du bâtiment ne sont arbitraires que dans la mesure où elles fournissent un triple produit constant. De même, si les circonstances imposent au constructeur de turbines l'un des trois facteurs énumérés ci-dessus, les deux autres sont reliés entre eux par une condition immuable. C'est cela qu'exprime le graphique à trois dimensions ci-dessous : la relation entre le débit de vapeur, la pression d'admission et la pression d'échappement se représente par un cône circulaire droit (pour des échelles convenables).

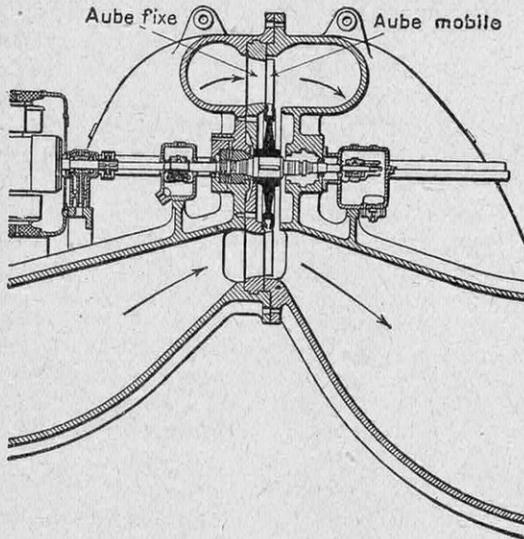
Dans les limites représentées par ce schéma géométrique, l'ingénieur est libre d'imaginer toutes les machines ou, plus exactement, tous les éléments de turbine dont il a besoin pour répondre aux circonstances, toujours particulières, d'un devis d'usine.



GRAPHIQUE A TROIS DIMENSIONS MONTRANT LA RELATION DU DÉBIT DE VAPEUR AVEC LA PRESSION A L'ADMISSION ET LA PRESSION A L'ÉCHAPPEMENT, DANS UNE TURBINE BIEN CONSTRUITE

Pour une pression donnée de la vapeur à l'admission (en amont d'un étage), l'ingénieur évalue (sur la section correspondante du graphique) quel sera le débit de la vapeur d'après la pression qu'il compte lui laisser à l'échappement. Pour un vide élevé (pression d'échappement nulle), le débit du condenseur est directement proportionnel à la pression d'admission. Ceci est exprimé par ce fait que la base horizontale du graphique est un triangle.

C'est ainsi qu'une usine peut exiger de ses turbines qu'elles marchent à « contre-pression », afin d'utiliser la vapeur d'échappement pour un service de chauffage. D'autres, au contraire, demandent l'utilisation de la vapeur d'échappement de machines à piston. D'autres disposent d'appareils générateurs de vapeur spéciaux : faut-il rappeler le projet Claude-Boucherot, destiné à utiliser, dans des turbines, de la vapeur extraite des mers tropicales à trois centièmes d'atmosphère ? Et puis l'ingé-



COUPE DE LA TURBINE A ACTION (UNE SEULE ROUE A AUBES) CONSTRUITE PAR MM. CLAUDE ET BOUCHEROT POUR LEURS ESSAIS A TRÈS BASSE PRESSION

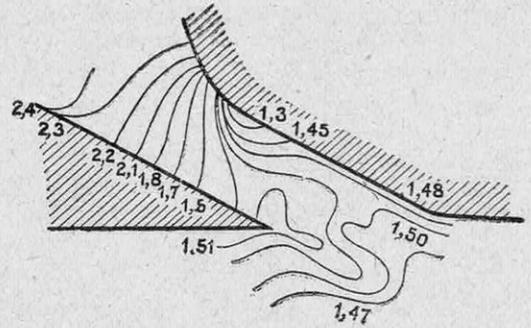
Cette turbine, de 50 ch, a fonctionné aux usines d'Ougrée-Marhage. La vapeur arrivait sur la roue à aubes à un trois centième d'atmosphère et se condensait à un centième. On voit, par cet exemple aujourd'hui célèbre, quelle pression minimale suffit pour actionner une turbine du type de Laval, (qui est le type choisi par les inventeurs pour leurs usines à vapeur d'océan).

nier doit tenir compte de la place disponible pour l'installation de turbines d'une puissance donnée.

Les turbines américaines de 110.000 kilowatts

C'est précisément le cas de l'usine située dans le grand faubourg de New-York (Brooklyn) qui dut porter sa production de courant, en sept ans, de 140.000 kilowatts à 600.000 (dernier devis), et cela sans possibilité d'agrandir les locaux proportionnellement aux nouveaux besoins.

La Brooklyn Edison Company, propriétaire de cette usine, envisagea donc des



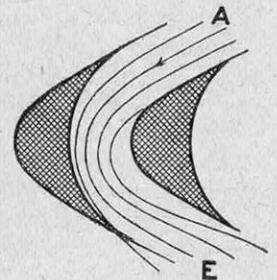
EXEMPLE CARACTÉRISTIQUE DE LA TURBULENCE OU TOURBILLONNEMENT DE LA VAPEUR S'ÉCHAPPANT D'UN ORIFICE

La vapeur qui circule ici, de gauche à droite, passe, durant ce court trajet, par les différences de pression qu'indiquent les isobares, dont les sinuosités dépendent du profil de la tuyère.

turboalternateurs de plus en plus puissants : mais les premières turbines installées, de 50.000 kilowatts, durent céder le pas, dans les devis suivants, à des turbines de 80.000, puis de 110.000 kilowatts. Ces machines tournent à 1.800 tours par minute, seulement. Mais, étant donné le grand diamètre des roues, les aubes parcourent des vitesses linéaires très grandes. La « puissance massique », c'est-à-dire la puissance ramenée à l'unité de poids, se trouve finalement aussi réduite que si l'on construisait des turbines plus petites et tournant vite. Celles-ci absorberaient moins de vapeur et seraient plus fragiles.

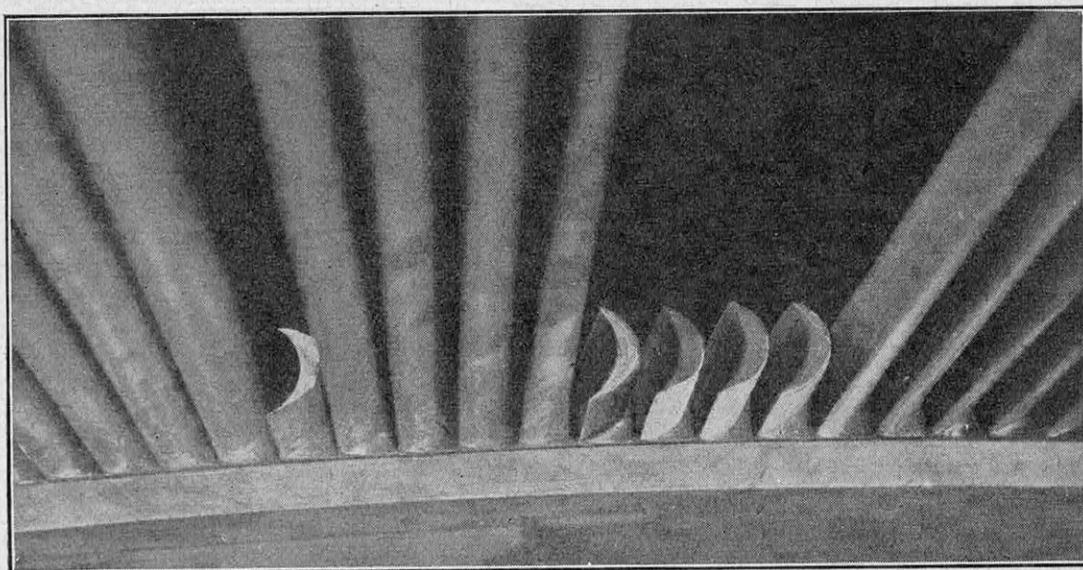
La turbine de 110.000 kilowatts est composée de deux corps. L'un à haute pression (28 kgs par cm², température : 377° C.) comporte une roue à action à deux rangées d'aubes et dix-neuf roues à réaction. La pression considérable supportée par les éléments à réaction est équilibrée par deux puissants pistons que la vapeur actionne en passant dans l'arbre central de la machine — ce qui maintient l'arbre à température constante.

Sortant du corps à haute pression, la vapeur finit de se détendre dans un corps à basse pres-



LA FORME D'UN FILET DE VAPEUR DANS LES AUBAGES D'UNE TURBINE A ACTION

La vapeur entre en A et sort en E. On distingue un « vide » qui se réalise en arrière de l'aube et, d'autre part, une ligne brisée très nette qui délimite le filet, à l'échappement,



AUBES EN ACIER A 5 % DE NICKEL

Trois mois d'usage ont suffi à casser ces ailettes et à nécessiter l'entière révision de la roue.

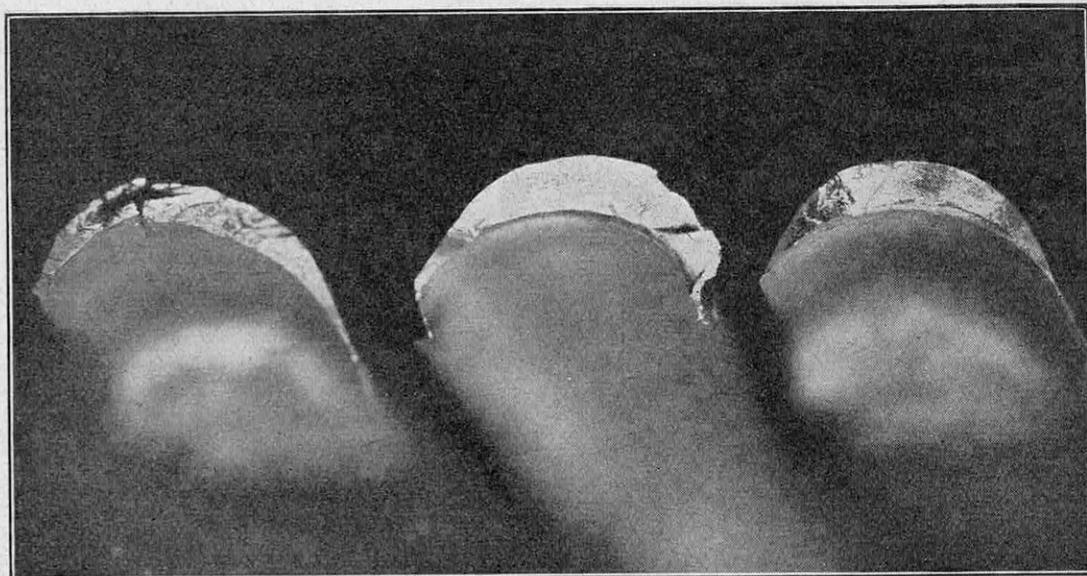
sion, dont les aubages fonctionnent à réaction, et s'échappe dans le condenseur à la pression de 25 millimètres de mercure seulement.

Chacun des corps de turbine actionne un alternateur de 55.000 kilowatts.

La turbine de 160.000 kilowatts

La turbine la plus récente et la plus puissante, celle de 160.000 kilowatts, vient

d'être mise en service par une autre compagnie américaine : la *United Electric Light and Power Company*. Ici encore, nous trouvons deux compartiments séparés : celui à haute pression comporte vingt-deux étages et reçoit la vapeur à 18 atmosphères seulement (portée, par surchauffe, à 300° environ). On aperçoit, ici, le souci des constructeurs d'éviter les très hautes températures afin de prolonger la durée des



CASSURES DES AUBES DE LA FIGURE PRÉCÉDENTE

Les cassures proviennent d'un défaut remontant au traitement thermique de l'acier. Les cassures décèlent, en effet, des amorces de criques dont un bon traitement les eût préservées.

aubages. La turbine est à réaction. Ses étages sont groupés en trois séries distinctes. La première série comporte *six étages* ; la deuxième, *sept* ; la troisième, *neuf*. La rotation, dans ce compartiment, est fixée à 1.800 tours par minute.

Le compartiment à basse pression, composé de seize étages, travaille de même à réaction — mais avec une pression moyenne d'une atmosphère et demie seulement. Son arbre tourne à 1.200 tours par minute.

La partie la plus intéressante du dispositif réside dans la distribution de la vapeur. Elle s'effectue par la voie de sept soupapes chargées de régler : les unes, l'arrivée de la vapeur de la chaudière au compartiment haute pression ; les autres, l'écoulement de vapeur du compartiment H. P. au compartiment B. P. ; d'autres, encore, le soutirage éventuel du fluide entre les *groupes d'étages*, à l'intérieur d'une même turbine. Grâce à ces régulateurs, le travail demandé à

l'ensemble de la machine peut passer par trois degrés successifs : 50.000, 90.000 et 160.000 kilowatts. Ce dernier cas se produit quand les sept soupapes sont simultanément. A ce moment, la turbine consomme, par heure, soixante-dix-sept tonnes de vapeur. Si la turbine ne doit fournir que 90.000 kilowatts, les soupapes régulatrices suppriment la vapeur au troisième groupe d'aubages (neuf étages) du compartiment H. P. Si elle doit travailler à 50.000



AUBE EN ACIER A 5 % DE NICKEL D'UNE TURBINE ALIMENTÉE PAR DE LA VAPEUR CONTENANT DES TRACES DE CHLORE

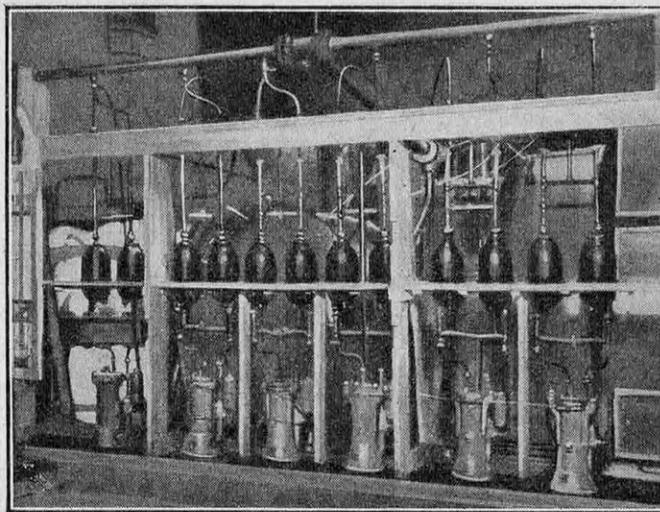
La forte corrosion subie montre l'importance de la pureté de l'eau d'alimentation destinée aux turbines.

kilowatts, la vapeur est supprimée au second groupe (sept étages), de sorte que le premier groupe d'aubages (six étages) reste seul en service.

Cette régulation complexe du courant de vapeur se double d'une seconde : celle des rotations qui doivent être maintenues rigoureusement constantes. Elle s'effectue au moyen de transmissions hydrauliques à huile, fonctionnant à haute pression sous la commande des régulateurs de vitesses, eux-mêmes engrenés sur l'un et l'autre des deux arbres (haute et basse pression). Ces conduites commandent les soupapes régulatrices.

Quant au graissage, il exige une circulation d'huile dépassant 3.000 litres à la minute. Il comporte des radiateurs (d'une surface totale de plusieurs centaines de mètres carrés) destinés à refroidir le lubrifiant.

La turbine de Hell Gate accuse un rendement de 29 % (autrement dit, elle transforme en énergie électrique 29 % de l'énergie chimique contenue dans le charbon). C'est là un bon rendement, car il comprend toutes les transformations de l'énergie, du charbon à l'arbre de la turbine.



BATTERIE DE COMPTEURS MESURANT L'ÉCOULEMENT DE LA VAPEUR AUX DIFFÉRENTS ÉTAGES D'UNE GRANDE TURBINE A VAPEUR

Ces appareils enregistrent avec précision les moindres variations du débit de la vapeur dans la turbine en marche.

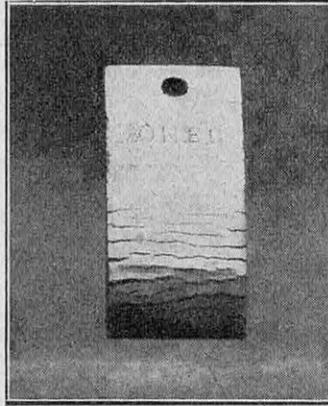
La nature des matériaux limite seule le développement des turbines

L'expérience acquise par le fonctionnement des grandes unités précédemment mises en service tant en Europe qu'en Amérique, a conduit la Compagnie Brown-Boveri (filiale américaine) à adopter certains aciers (stainless) pour

les aubes et à monter celles-ci suivant des dispositifs originaux dans le détail desquels nous ne saurions entrer. Sachons seulement que, pour éviter les dangers de choc, un jeu assez grand a été laissé entre roues motrices et roues directrices. Par contre, les aubes aiguilées sur leurs bords en véritables lames de rasoir possèdent le meilleur profil utile pour recevoir la vapeur.

Nous touchons là au point sensible des turbines, duquel tout leur avenir dépend. Quelques exemples de corrosions d'ailettes sont présentés ici : nous les devons à un spécialiste éminent, M. Albert Bodmer. Ils nous montrent ce que devient une ailette après quelques mois de travail à haute température. La turbine fera certainement encore un pas de géant dès que l'on possédera des métaux spéciaux capables de résister à des températures supérieures à 500 degrés.

Si, même, l'on parvenait à recevoir utilement sur des

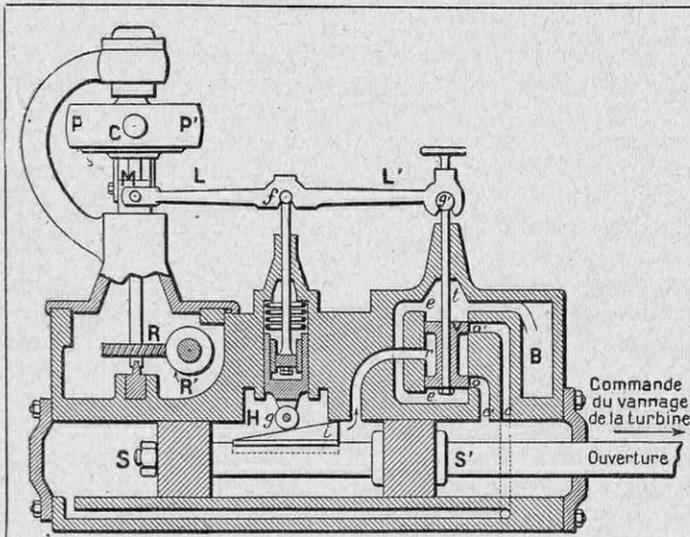


EXEMPLE DE DÉSAGRÉGATION DES MÉTAUX DANS LA VAPEUR SURCHAUFFÉE

La figure représente une plaque en nickel-cuivre ayant séjourné un mois seulement dans la vapeur à 400° C. Il a suffi de la plier légèrement pour révéler sa désagrégation.

ailettes de turbine les gaz de combustion, soit du pétrole, soit du charbon pulvérisé, nul doute que la turbine « thermique » ne renonce à la vapeur pour devenir une machine à combustion interne, la plus simple de toutes, se passant de chaudière et de condenseur. Une turbine à gaz (Holtzwarth) a été construite en Allemagne et fournit, paraît-il, un service industriel normal. La turbine à pétrole serait également au point et l'on travaillerait à celle qui absorberait directement du charbon pulvérisé. Mais de quoi seront faites ses ailettes ? de cristal de roche ? Il le faudrait, et si l'industrie de la silice fondue nous apporte un jour ce présent, on pour

rait espérer construire des machines qui simplifieraient le problème de la consommation du charbon. L'économie ainsi réalisée, jointe à celle résultant de l'exploitation rationnelle des forces hydrauliques, nous mettrait à l'abri de toute disette.
C. BRACHET.



RÉGULATEUR D'UNE TURBINE A VAPEUR

Le régulateur à force centrifuge P P' (commandé par les axes et engrenages R R') soulève le levier L quand la vitesse croît. Le levier L' s'abaisse, ouvrant le tiroir V. La vapeur (située en B) s'introduit dans le cylindre où se meut le piston S S' : celui-ci, actionné par la vapeur, actionne à son tour les vannes de la turbine dans le sens de la fermeture. Si la vitesse de la turbine tombe, le régulateur centrifuge agit en sens inverse.



L'ÉCRAN COURBE

PEUT-IL DONNER DU RELIEF

AUX PROJECTIONS CINÉMATOGRAPHIQUES ?

On sait que la sensation du relief est provoquée par la vision binoculaire, car chaque œil nous donne des objets une image légèrement différente, et c'est dans la superposition de ces deux images que résulte la perception du relief.

Il semble donc que, pour réaliser au cinéma le relief intégral, il soit indispensable d'appliquer la méthode utilisée déjà en photographie, c'est-à-dire l'emploi simultané de deux objectifs placés à une distance voisine de celle des yeux. Des essais de ce genre, tentés au cinéma, n'ont pas donné, jusqu'à présent, d'excellents résultats, et cette technique ne paraît pas encore au point.

Dans une intéressante conférence qu'il a faite dernièrement, le docteur Couchaud a exposé comment, selon lui, on pouvait franchir une première étape vers le cinéma en relief, en se basant uniquement sur la vision monoculaire.

Le docteur Couchaud a remarqué, en effet, que si, lorsqu'on ferme un œil, le relief diminue dans de grandes proportions, il n'en reste pas moins plus apparent que, par exemple, sur une simple image photographique. Cette sensation encore appréciable de relief, il pense qu'elle provient de la forme même de l'œil, dans lequel toutes les surfaces sont courbes : courbe la cornée, courbe le cristallin, courbe la rétine ; et c'est dans la forme plane de la plaque photographique qu'il voit la raison de la disparition totale du relief.

De plus, non seulement les distances en profondeur sont déformées, mais encore les valeurs des lumières perdent leurs proportions exactes.

Avant d'atteindre au relief intégral donné par la vision binoculaire, le docteur Couchaud pense donc que l'on peut déjà résoudre en partie ce problème en essayant de faire donner au cinéma la même impression que la vision monoculaire.

Dans ce but, il a imaginé de faire établir un écran présentant une forme analogue à celle de la rétine, c'est-à-dire sphérique. L'écran qu'il a fait construire et qu'il a présenté à sa conférence est, par conséquent, une portion de sphère coupée suivant un rectangle de 3 m 20 de large sur 2 mètres de haut, la diagonale ayant 4 mètres et la flèche, au centre, 0 m 76.

Après avoir projeté le film sur l'écran ordinaire, il a fait passer à nouveau ce film sur son écran courbe, et, effectivement, en de nombreux passages de la projection, un relief plus saisissant encore que celui que donne déjà aux vues animées le mouvement des acteurs est apparu. De même, les lumières prennent des valeurs plus proches de la vérité, en même temps que les profondeurs s'accusent davantage.

Le cinéma est certainement loin d'avoir atteint la perfection à laquelle il peut prétendre, et, déjà, le film sonore le rapproche de la vie réelle. Or, si, à la rigueur, l'écran plan peut très bien suffire au film muet, il semble bien que le film sonore exige d'une façon assez impérieuse la sensation du relief. Nul doute que les patientes recherches des savants de tous les pays n'arrivent à résoudre cet important problème.

D'ailleurs, on annonce d'Amérique que l'ingénieur suédois Berggreen vient de faire une démonstration réussie du film en relief. M. Berggreen, par un jeu de lentilles et des calculs optiques dont il garde le secret, a résolu le problème de la sensation du relief avec un seul appareil de prise de vues et de la projection panoramique sur un écran qui couvre l'ensemble d'une scène de théâtre. Le nouvel appareil, comme les yeux humains, capte deux images et les réduit en une seule sur le film. La projection, de même, traverse deux lentilles et le mécanisme exécute le travail de nos rétines, à l'aller comme au retour.

J. M.



LA RADIOPHONIE NE SERAIT PAS NÉE SANS L'ÉTUDE PRÉALABLE DE L'ÉMISSION THERMOÉLECTRONIQUE

Comment fonctionnent les lampes de T. S. F. et les tubes à rayons X ?

Par Marcel BOLL

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR D'ÉLECTRICITÉ A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

Jusqu'en 1914, la télégraphie sans fil, qui se bornait à peu près à l'envoi des signaux horaires de la Tour Eiffel, était surtout un sujet de curiosité pour le public et d'étude pour les savants. La diffusion des communiqués pendant la guerre en fit entrevoir à tous les merveilles possibles et, enfin, la radiodiffusion nous fait assister, aujourd'hui, à son remarquable essor. Or la plupart des progrès réalisés en télégraphie comme en téléphonie sans fil sont dus à la petite lampe — encore mystérieuse pour beaucoup de ses usagers — qui s'illumine plus ou moins faiblement sur nos postes récepteurs. Et le fonctionnement de cette lampe est lui-même fondé sur l'émission d'un flux d'électrons par son filament porté au rouge. Nos lecteurs étant maintenant au courant de nombreuses questions dans lesquelles l'électron joue un rôle capital, il nous a paru opportun de demander à M. Marcel Boll d'exposer ici le problème de l'émission thermoélectronique qui leur permettra de pénétrer plus avant dans la vie intime des appareils de T. S. F., aussi bien pour l'émission que pour la réception des rayonnements hertziens.

POUR tout esprit réfléchi, la brusque apparition de la radiophonie est un sujet fertile en enseignements. On pourrait mentionner quatre découvertes, qui, toutes quatre, furent indispensables à la naissance de ces installations, où, malheureusement, tant de personnes, autour de nous, ne distinguent que du métal, un peu de verre, beaucoup de bois et quelque peu d'ébonite...

1° En 1831, l'illustre Anglais Faraday découvre les deux sortes d'induction électromagnétique, et on sait que l'induction permet de réaliser le transport d'énergie d'un circuit métallique à un autre, indépendant du premier ;

2° Ce fut encore un Anglais, J. C. Maxwell, qui, aux environs de 1870, prévint mathématiquement l'existence d'un rayonnement, analogue à la lumière, et qui pourrait être lui-même produit par un

circuit traversé par un courant électrique ;
3° L'Allemand H. Hertz, en 1888, mit ce rayonnement expérimentalement en évidence ; nous avons reconnu, depuis, qu'il s'agissait alors d'oscillations « amorties » ;

4° En 1901, — reprenant une simple constatation empirique d'Edison, que ce dernier n'avait pas approfondie —, le physicien anglais O. W. Richardson étudia l'expulsion de l'électricité par les métaux chauffés ; c'est là le principe des lampes de T. S. F., merveilleux instruments pour la réception, qui se prêtent, en outre, avec une souplesse extraordinaire, à la production des oscillations « entretenues », sans lesquelles la radiophonie ne serait pas née.

Faraday, Maxwell, Hertz, Richardson : tels sont certainement les savants dont les recherches désintéressées contribuèrent le plus à l'éclo



O. W. RICHARDSON
Savant anglais.

Prix Nobel (Physique) 1928.

sion de la radio. Nos vulgarisateurs ont tort de soutenir que c'est une découverte française : nous comptons, en France, trop d'admirables savants pour nous parer de titres auxquels nous n'avons pas droit et, si nous voulions citer des branches de la physique auxquelles les Français ont, plus que n'importe qui, collaboré, c'est au calcul des probabilités, à l'électromagnétisme, à la radioactivité, avec Laplace, Ampère, Curie, qu'il faudrait songer.

Les sauts d'électrons à l'intérieur des métaux

Le fonctionnement des lampes de T. S. F. exige, pour sa compréhension, qu'on ne perde pas de vue la constitution des métaux (qui se retrouve aussi dans certains oxydes). Ces corps sont des *émulsions* assimilables à de la colle de bureau très épaisse : dans la colle, il y a juxtaposition de grosses micelles de colle et de petites molécules d'eau ; dans un fragment de tungstène, par exemple, il y a de gros atomes de tungstène et de petits électrons (libres). On admet qu'il existe autant d'atomes métalliques que d'électrons (fig. 1), mais quelle différence dans leur dimension et dans leurs mouvements !

1° Les atomes de tungstène ont un diamètre 150.000 fois plus grand que celui des électrons : nous retrouvons à peu près le même rapport, quand nous comparons la Tour Eiffel à un moustique. Il faut, approximativement, quatre millions d'atomes, les uns à la suite des autres, pour couvrir un millimètre (voir l'échelle de la figure 2). Notre figure 1 représente ces atomes par des cercles noirs, non pas parce qu'ils sont pleins — loin de là — mais pour indiquer leur « volume de protection », c'est-à-dire l'espace qui est interdit à l'intrusion des autres atomes. Ajoutons que l'atome de tungstène est 350.000 fois plus lourd que l'électron ; il faut rassembler 30 milliards de milliards de ces atomes pour obtenir un *milligramme* de tungstène (un milliard de milliards est

vraiment un grand nombre, puisqu'il n'y a que 3 milliards de secondes dans un siècle et que, par suite, pour compter jusqu'à 30 milliards de milliards, à raison d'un nombre par seconde, il faudrait disposer de dix milliards de siècles) ;

2° Cette dissemblance dans les grosseurs respectives se retrouve dans les mouvements *spontanés*. Les atomes de tungstène dansent sur place, et les électrons volent à grande distance. Les oscillations atomiques sont extrêmement rapides : c'est de la « haute fréquence », bien plus élevée encore que celles de la T. S. F. (1) ; les fréquences des atomes sont toutes plus ou moins voisines d'une fréquence maximum, dite « fréquence

caractéristique » du métal ; en d'autres termes, les atomes de tungstène ne font jamais plus de... 8.000 milliards d'oscillations par seconde. Ces oscillations ont, d'ailleurs, une amplitude qui augmente en même temps que la température : un fragment de tungstène est chaud, lorsque les fourmillements sur place sont énergiques. Au contraire, les électrons se déplacent en ligne droite, dans tous les sens : indépendamment du passage du courant électrique, ils ont une vitesse rectiligne considérable : 1.000 kilomètres par seconde pour les électrons du tungstène, soit plus de mille fois la vitesse d'une balle de fusil Lebel au départ. Ainsi que l'a montré, tout récemment, le physicien

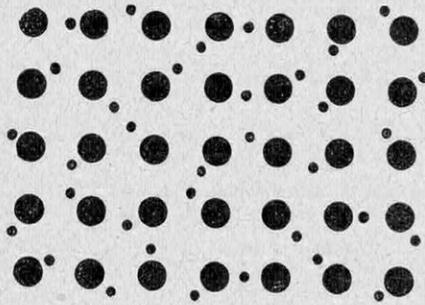


FIG. 1.

LES ÉLECTRONS DANS UN MÉTAL

Nous prendrons comme exemple particulier le tungstène (qui constitue les filaments des lampes à incandescence). Les gros cercles (atomes du métal) dansent sur place à raison de huit mille milliards d'oscillations par seconde, tout au plus. Les points, qui, en réalité, devraient être cent cinquante mille fois plus petits que les cercles, représentent les électrons libres, qui, à n'importe quelle température, font des bonds spontanés, avec une vitesse, toujours la même, de 1.000 kilomètres par seconde ; ces bonds se produisent uniformément dans toutes les directions.

allemand Arnold Sommerfeld, la *vitesse d'agitation* spontanée des électrons dans les métaux reste la même pour n'importe quelle température (tout au moins dans les limites des températures réalisables sur la Terre).

Il est du plus grand intérêt, pour le sujet qui nous occupe, de préciser les *trajets* des électrons à diverses températures (fig. 2, 3 et 4). Nous considérerons un *grain de poussière en tungstène*, tout juste visible au microscope : chacune de ses trois dimensions

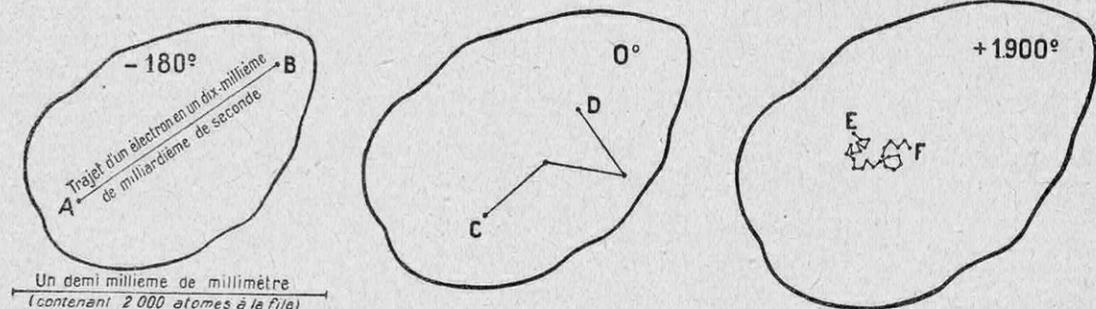
(1) On se reportera au *tableau complet des fréquences*, que j'ai fait dresser pour *La Science et la Vie* (n° 139, p. 16) : le tungstène se situe entre le plomb et le diamant (plus près du premier que du second).

renferme plus d'un milliard d'atomes, ce qui donne en tout quelques milliards d'atomes (notre grain ne pèse donc pas un milliardième de milligramme), et nous nous placerons dans trois cas différents : trois électrons, situés initialement en *A*, en *C* et en *E*, sautent pendant un instant que nous choisissons naturellement très petit (puisque la vitesse est énorme) ; ce sera la dix-millième partie d'un milliardième de seconde.

a) Si notre grain de poussière est dans l'air liquide (-180°C), l'électron *A* (fig. 2) sautera directement de *A* en *B* (1) : en nous reportant à l'échelle du bas, on constate que son bond lui permet d'« enjamber » d'un

des atomes, qui se sont considérablement amplifiées (2), deviennent une gêne réelle pour les électrons. Le parcours *EF* (fig. 4), qui est au total, est à nouveau égal à *CD* ou à *AB*, est maintenant sectionné en vingt-cinq zigzags, de telle sorte que les bonds partiels s'opèrent seulement sur 60 atomes ; il est bien évident (3) que ces bonds sont vingt-cinq fois plus nombreux à cette température élevée que dans l'air liquide.

Retenons bien cette influence de la température sur les sauts spontanés des électrons à l'intérieur d'un métal : au fur et à mesure qu'on envisage des températures plus hautes, les sauts deviennent à la fois plus petits et



LES SAUTS D'ÉLECTRONS DANS UNE PARCELLE MICROSCOPIQUE DE TUNGSTÈNE

On considère une parcelle dont les dimensions sont une fraction du millième de millimètre et on représente, pour trois températures différentes, où s'est déplacé un électron au bout d'un temps qui est choisi égal au dix-millième d'un milliardième de seconde.

FIG. 2

A la température de l'air liquide, l'électron saute, d'une seule traite, de *A* en *B*, c'est-à-dire d'un atome au quinze-centième d'après.

FIG. 3

A la température de la glace fondante, le parcours s'est sectionné en trois : chaque bond porte sur cinq cents atomes.

FIG. 4

Au blanc éblouissant, l'électron *E* ne couvre la longueur *AB* qu'après vingt-cinq zigzags ; à chaque saut, il passe d'un atome au soixantième.

seul coup 1.500 atomes. Nous voyons donc qu'aux très basses températures, les trajets directs sont relativement longs.

b) Passons maintenant à la température de la glace fondante (0°C) : les atomes de tungstène s'agitent déjà un peu plus (2), et ce fourmillement a pour effet de raccourcir les trajets directs. Le parcours *CD* (fig. 3) porte toujours sur 1.500 atomes (3), mais, comme il a lieu en trois fois, chaque saut ne porte l'électron que d'un atome au 500^e d'après.

c) A 1900°C , c'est-à-dire à une température voisine de celles qui sont atteintes dans les lampes à incandescence (4), les oscillations

plus fréquents, mais la vitesse des électrons reste constante.

Les sauts d'électrons hors des métaux

Y a-t-il moyen de faire sortir ces électrons du métal où ils sont emprisonnés ou, comme on dit dans un style imagé, de les « vaporiser » dans l'espace ambiant ? Le problème est d'importance, car il sert de base aux tentatives de télévision et une de ses solutions nous a déjà dotés d'une radiophonie pratique. Nous ne mentionnons ici que pour mémoire la méthode qui consiste à accroître la vitesse des électrons dans un métal froid, en envoyant un rayonnement (une lumière, par exemple) sur la surface du métal : c'est là le principe de la cellule photoélectrique, sur laquelle nous reviendrons un jour dans ces colonnes, car son étude sommaire nécessiterait, à elle seule, un article entier.

(1) Plus exactement : au bout de la durée choisie, il sera quelque part sur une sphère de centre *A* et de rayon égal à *AB*.

(2) C'est pour cela que la parcelle est devenue plus grosse.

(3) Puisque nous considérons le même temps total et que la vitesse de l'électron ne change pas.

(4) Ces températures sont généralement comprises entre 2.200°C et 2.700°C .

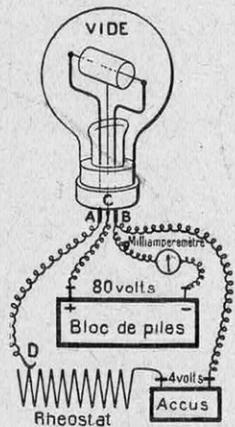
L'autre procédé est précisément l'émission *thermoélectronique*, dont nous voulons nous occuper aujourd'hui.

Jetons un dernier coup d'œil sur les figures 2, 3 et 4, en supposant notre « poussière » de tungstène entourée de *vide*. Sans entrer dans des détails qui exigeraient des développements mathématiques, nous pouvons dire que, au fur et à mesure que la température s'élève, le métal s'oppose davantage aux mouvements spontanés des électrons, autrement dit — si on veut bien excuser cette comparaison anthropomorphique — les électrons, dans un métal, s'y trouvent moins bien à chaud qu'à froid ; et, s'ils s'y trouvent moins bien, ils le quitteront plus volontiers, à la condition, bien entendu, qu'on sache s'y prendre. Au voisinage de la température ordinaire (fig. 3) —

et, à plus forte raison, à celle de l'air liquide (fig. 4) —, la surface du métal forme un obstacle infranchissable à toute « velléité » de vagabondage ; mais, à température élevée, la « vaporisation » s'effectue sans peine, comme nous allons le voir.

Puisqu'il s'agit de chauffer du tungstène dans le vide, le plus simple consiste à y faire passer un courant électrique (dit « courant de chauffe » ou « de chauffage ») (1). Le filament de tungstène (dessiné horizontalement en perspective, fig. 5) est relié par ses deux extrémités aux deux broches A et B, qui communiquent aux deux pôles d'une batterie d'accus par l'intermédiaire d'un

(1) Nous ne reviendrons pas ici sur le mécanisme du dégagement de chaleur par le courant électrique, ayant eu l'occasion d'en reparler récemment (*La Science et la Vie*, n° 142, p. 280, 2^e colonne).



LA LAMPE A DEUX ÉLECTRODES (DIODE) :
FONCTIONNEMENT A TENSION CONSTANTE

FIG. 5

La tension plaque-filament (entre C et B) est maintenue constante (80 volts) et on augmente progressivement la température du filament en déplaçant le curseur D du rhéostat (de la gauche vers la droite); on compte les électrons qui sautent à travers le vide au moyen du milliamperemètre.

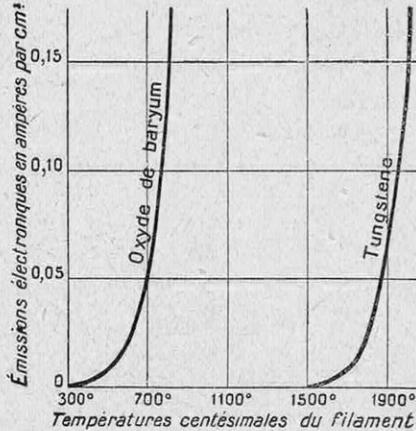


FIG. 6

Ces deux graphiques représentent, en fonction de la température, le nombre des électrons, comptés dans l'expérience ci-contre : 1° le filament est en tungstène (graphique de droite) : c'est le cas des lampes ordinaires de T.S.F. ; 2° le filament est recouvert d'oxyde de baryum (graphique de gauche) : c'est le cas des « lampes micros » ; la même émission thermoélectronique n'exige qu'une température beaucoup plus basse.

rhéostat : lorsqu'on déplacera le curseur D de gauche à droite, le courant de chauffe deviendra plus intense, et la température du filament s'élèvera.

Pour extraire les électrons du filament, on a entouré ce dernier d'un cylindre de nickel, appelé « plaque » (1) ; on s'arrange alors pour que la plaque comporte un défaut d'électrons : dans ce cas, les électrons qui ont tendance à quitter le filament incandescent se précipiteront sur la plaque « pour boucher les trous ». Ce résultat est obtenu avec un bloc de piles, par exemple de 80 volts, dont

le pôle + (raréfaction d'électrons) (2) est relié à la plaque par la broche C et le pôle — (surabondance d'électrons) à la broche B, en introduisant dans le circuit un milliamperemètre, qui remplit l'office d'un « compteur » des électrons qui passent.

Nous venons de décrire la lampe à deux électrodes, par abréviation diode, dont le principe fut découvert par le physicien anglais Fleming, vers 1890.

Indiquons — cette remarque

nous servira — que la tension de 80 volts est suffisante (3) pour que, à n'importe quelle température, tous les électrons émis par le filament soient accaparés par la plaque ; on dit qu'on a obtenu le « courant de saturation ».

La diode : influence de la température du filament

Ceci posé, nous allons d'abord rechercher comment varie le nombre des électrons,

(1) Et parfois *anode*. Le filament est alors désigné sous le nom de *cathode*.

(2) Car les électrons, ne l'oublions pas, sont électrisés *négativement*.

(3) Ou, si l'on préfère, que les « trous » à boucher dans la plaque sont assez nombreux.

qui, à chaque seconde, sautent à travers le vide, du filament à la plaque, quand, *laissant constante la tension plaque-filament* (80 volts), nous modifions, en déplaçant le curseur *D* (fig. 5), la température du filament.

Les résultats sont représentés par les deux graphiques de la figure 6 : lorsque la température croît (curseur *D* se déplaçant de gauche à droite), l'émission thermoélectronique augmente *extrêmement vite* (1). Pour retrouver le nombre d'électrons qui, à chaque seconde, abandonnent le filament, il suffit de se rappeler qu'un ampère correspond à 6.290.000.000.000.000 électrons.

C'est le graphique de droite, marqué « tungstène » (fig. 6) qui correspond au cas de la figure 5, tel que nous l'avons décrit ci-dessus. Quant au graphique de gauche, il concrète la découverte du savant allemand Wehnelt (1903), qui remarqua que, lorsqu'un métal est recouvert d'un oxyde — tel que l'oxyde de baryum, corps très analogue à la chaux vive —, l'émission thermoélectronique est augmentée

dans des proportions fantastiques (2) : l'oxyde de baryum à 700° (rouge sombre) émet autant d'électrons que le tungstène à 1900° (blanc éblouissant). Ce principe trouve son application dans les lampes micros de T. S. F.,

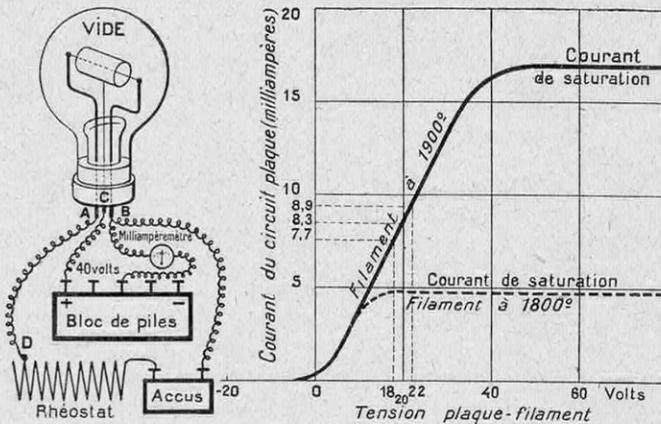
qui, consommant un courant très faible, peuvent être chauffées par des piles ou par de petits accus, qu'on rechargera rarement. Bien peu de sans-filistes qui profitent de ces inestimables avantages savent que c'est à Wehnelt qu'ils les doivent...

La diode : influence de la tension plaque-filament

L'étude scientifique d'un phénomène consiste à utiliser des appareils, dont on fait varier, de toutes les façons possibles, les conditions de fonctionnement. En ce qui concerne la diode, on peut :

1° Maintenir fixe la tension plaque-filament et modifier la température du filament (en déplaçant le curseur *D*, fig. 5); c'est ce que nous venons de faire;

2° Laisser invariable la température du filament (en fixant le curseur *D*, fig. 7) et utiliser des tensions différentes (en branchant sur le circuit un nombre plus ou moins grand de piles du bloc) : la figure 7 représente plusieurs bornes



LA LAMPE A DEUX ÉLECTRODES (DIODE) : FONCTIONNEMENT A TEMPÉRATURE CONSTANTE

FIG. 7

La température du filament est maintenue constante (en fixant le curseur *D* du rhéostat) et on fait varier la tension plaque-filament en utilisant un plus ou moins grand nombre de piles du bloc : on compte les électrons qui sautent à travers le vide au moyen du milliampèremètre.

FIG. 8

Ces deux graphiques (relatifs au filament de tungstène) représentent le nombre des électrons, comptés dans l'expérience ci-contre, en fonction de la tension plaque-filament. — Le graphique en trait plein correspond tout entier à la température de 1.900° C; le graphique, qui se prolonge en pointillé, à 1.800°.

auxquelles on peut successivement attacher le fil de droite, celui qui communique au filament par la broche *B*. Si la température du filament de tungstène est, par exemple, 1900° C, on obtient, points par points, le

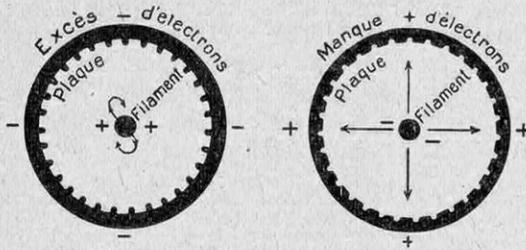
(1) Les lecteurs de *La Science et la Vie* savent avec quelle minutie nous évitons toute formule mathématique. Néanmoins, vu l'importance des phénomènes décrits, et pour aider ceux qui, munis de rudiments d'algèbre, auraient besoin de renseignements quantitatifs, nous donnons les deux formules suivantes, la première relative au tungstène métallique, la seconde à l'oxyde de baryum :

$$\log. N = 20,38 + 2 \log. (t + 273) - \frac{22.800}{t + 273},$$

$$\log. N = 15,64 + 2 \log. (t + 273) - \frac{5.300}{t + 273},$$

où *N* représente le nombre maximum d'électrons qui peuvent être émis, pendant chaque seconde, par un centimètre carré de surface, lorsque la température est *t* degrés centésimaux. (Le symbole log. représente les logarithmes vulgaires, qui se trouvent dans les *Tables* bien connues). On pourra vérifier, par ces formules, que l'émission est la même pour le tungstène à 1.883° C et pour l'oxyde de baryum à 700° C.

(2) On emploie aussi des filaments recouverts de thorium ou de baryum métalliques.



FONCTIONNEMENT DE LA DIODE A TEMPÉRATURE CONSTANTE (SUITE)

FIG. 9. — LA TENSION PLAQUE - FILAMENT EST NÉGATIVE

Autrement dit, la plaque comporte un excès d'électrons. Comme les électrons se repoussent mutuellement, cet excès s'oppose à toute émission d'électrons par le filament.

Est-il besoin de préciser que ces protubérances et ces trous sont invisibles ?

CONCLUSION : La diode ne laisse passer les électrons que dans un sens (principe des lampes-valves ou kénotrons).

graphique dessiné en traits pleins sur la figure 8 (1).

Nos figures 9 et 10 donnent un autre mode de représentation, qui nous servira à comprendre le cas, plus complexe, de la triode :

a) Si, par une erreur de montage, le filament (dessiné en coupe, fig. 9) était réuni au pôle + du bloc de piles et la plaque, au pôle —, cette plaque comporterait un excès d'électrons, schématisés conventionnellement par des protubérances noires. Comme les électrons se repoussent mutuellement, la surabondance d'électrons sur la face interne de la plaque empêchera les électrons de sortir du filament ; le milliampèremètre (fig. 8) restera au zéro et nous retrouvons bien ce fait, qui ressort de l'examen de la figure 8, qu'une tension plaque-filament négative constitue un obstacle infranchissable pour les électrons à travers le vide.

b) Dans le cas du montage normal (fig. 10, correspondant aux connexions de la fig. 7), la plaque comporte un manque d'électrons et, comme nous le disions plus haut, les électrons s'échappent du filament (suivant les flèches, fig. 10), pour tenter de « boucher les trous », trous qui, d'ailleurs, réapparaissent à chaque instant, par suite du fonctionnement même du bloc de piles.

(1) Si la température n'était que 1.800° C, le graphique correspondant monterait moins haut (traits pointillés).

FIG. 10. — LA TENSION PLAQUE-FILAMENT EST POSITIVE

Autrement dit, la plaque comporte un manque d'électrons. Les électrons se précipiteront hors du filament incandescent, pour « boucher les trous » qui existent dans la plaque.

Le système filament-plaque, qui ne laisse passer les électrons que dans un sens, constitue un redresseur parfait pour le courant alternatif (lampe-valve ou kénotron). Si la distance du filament à la plaque est un centimètre et la tension, 100 volts, les électrons franchissent le « fossé de vide » en un milliardième de seconde : les variations du courant dans le circuit-plaque suivent instantanément les variations de la tension plaque-filament, même s'il s'agit des hautes fréquences utilisées en radiophonie (entre 100 et 1.000 kilocycles, soit entre 100.000 et 1.000.000 périodes par seconde). En donnant au filament incandescent une surface suffisante, on a construit des kénotrons, qui redressent des courants d'un ampère sous 200 volts. Enfin, nous signalerons les redresseurs « tungar », filament de tungstène dans du gaz argon (à 1/20^e d'atmosphère) avec plaque en graphite : la présence d'un gaz inerte rend le fonctionnement plus régulier ; l'appareil peut laisser passer jusqu'à 30 ampères (avec des rendements compris entre 40 et 70 %) et sert pour la charge des accus sur le secteur alternatif.

Nous ne quitterons pas la diode (fig. 10) sans préciser ce qu'il y a dans le « vide » compris entre le filament et la plaque, lorsque la diode fonctionne (fig. 5 ou 7). A l'intérieur de la lampe règne un vide très poussé (de l'ordre d'un milliardième d'atmosphère), de telle sorte que les molécules du gaz résiduel ne se rencontrent, en moyenne, qu'après avoir parcouru cent mètres. Si la plaque a un centimètre de rayon et quatre centimètres de hauteur, le volume intérieur (douze centimètres cubes et demi) contient encore 300 milliards de molécules. Tandis que les molécules se déplacent en tous sens, tous les électrons sont émis par le

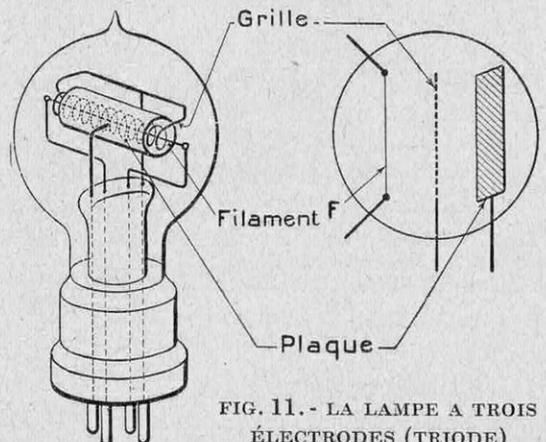


FIG. 11. — LA LAMPE A TROIS ÉLECTRODES (TRIODE)

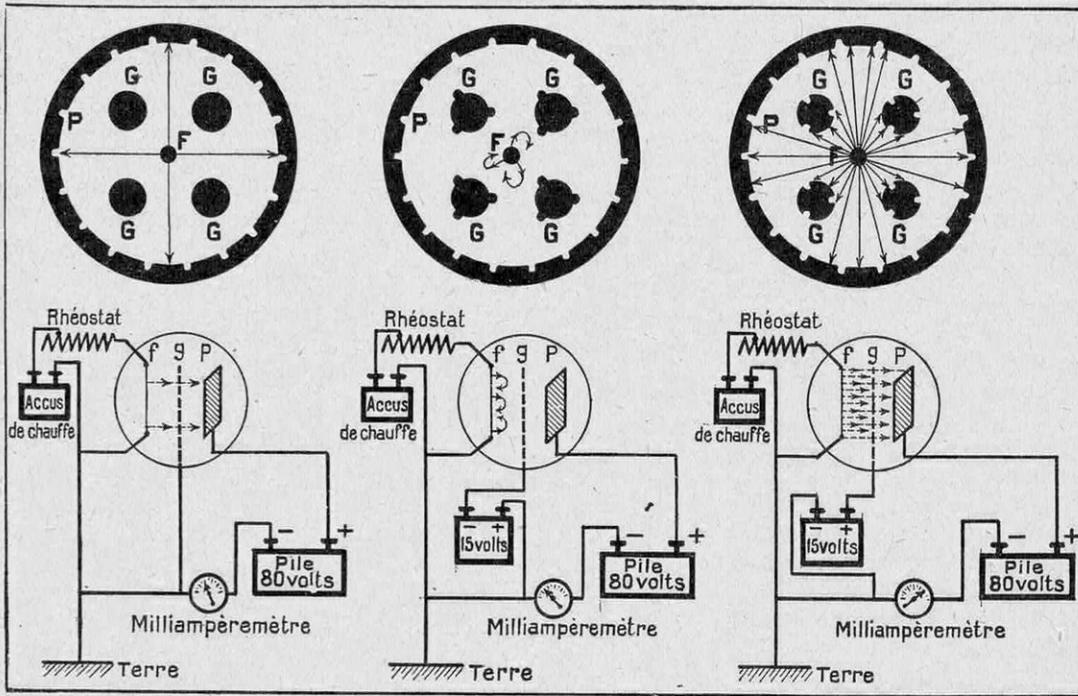
Figure schématisée (à gauche) et représentation conventionnelle (à droite).

filament et gagnent tous la plaque ; dans les conditions habituelles, les électrons sont plusieurs centaines de fois plus rapides que les molécules, puisque leur vitesse (dans le « vide ») dépasse sans peine 5.000 kilomètres par seconde. Etant incomparablement plus petits que les molécules, ils franchiront en ligne droite ce centimètre de vide sans jamais rencontrer de molécules sur leur route.

Mais il ne faudrait pas croire qu'on réus-

Adjonction d'une grille : la triode

Avec deux électrodes — le filament et la plaque —, nous ne disposons que de deux facteurs (la température du filament et la tension plaque-filament) pour faire varier l'émission thermoélectronique, c'est-à-dire le courant qui passe dans le circuit - plaque (le courant débité par le bloc de piles, fig. 5



ROLE DE LA GRILLE DANS LA TRIODE

FIG. 12

Si la grille G ne comporte ni excès ni défaut d'électrons (si la tension grille g-filament f, est nulle), tout se passe comme si la grille n'existait pas : nous nous retrouvons dans le cas de la figure 10. Ce cas est représenté par le point A du graphique 15.

FIG. 13

Si la grille G est affligée d'un excès d'électrons (si la tension grille g-filament f, est négative), la grille s'oppose à l'influence de la plaque et les électrons émis du filament F vont rebrousser chemin. Ce cas est représenté par le point B du graphique 15.

FIG. 14

Si la grille G souffre d'un manque d'électrons (si la tension grille g-filament f, est positive), la grille pourra favoriser l'action de la plaque, qui, alors, sera atteinte par une foule d'électrons. Ce cas est représenté par le point C du graphique 15.

sisse à introduire dans le gaz résiduel autant d'électrons qu'il comptait initialement de molécules. Loin de là : il y a, par exemple, production d'un électron pour dix mille molécules présentes. On fabrique, si l'on veut, de l'électricité libre, mais non de l'électricité pure, dans le sens où est pur le cuivre des fils électriques (qui ne renferme qu'un millième de matière étrangère). Au contraire, l'électron est plutôt une impureté dont on souille le vide, mais c'est sur cette impureté que repose l'intérêt de la diode, ainsi que de la triode, qui va retenir notre attention.

et 7) ; l'influence de ces deux facteurs, considérés isolément, est résumée par les deux graphiques 6 et 8.

En adjoignant une troisième électrode — appelée grille (car elle était primitivement constituée par un treillis métallique) et formée, aujourd'hui, d'une hélice de nickel —, l'ingénieur américain Lee de Forest, en 1910, au prix d'une légère complication, a accru dans des proportions considérables la souplesse de l'appareil et le domaine de ses applications : c'est la lampe à trois électrodes, par abréviation triode, dont le culot

comporte naturellement quatre broches (fig. 11) On conçoit tout de suite — ce qui ne nous empêchera pas de préciser ce point dans quelques instants — que la tension grille-filament agira sur l'émission thermo-électronique du filament bien plus efficacement que la tension plaque-filament, puisque la grille est *plus rapprochée* du filament que la plaque : c'est ainsi qu'une variation d'un volt dans la tension grille-filament pourra fort bien avoir le même effet qu'une variation de 10 volts dans la tension plaque-filament.

Puisque nous disposons d'un troisième facteur — la tension grille-filament —, nous laisserons les deux premiers facteurs fixes, et, comme précédemment pour la diode, nous compterons (au moyen d'un milliampèremètre) les électrons qui passent dans le circuit-plaque, lorsque nous emploierons toutes les tensions possibles entre la grille et le filament.

Pour bien comprendre ce qui se passe dans la triode, nous considérerons trois cas extrêmes, que nous désignerons par les lettres A, B, C.

A La grille *g* (fig. 12, bas) est directement reliée au filament *f* et on applique entre la plaque *p* et le filament la tension habituelle de 80 volts. La figure 12 (haut),

de tous points analogue à la figure 10, montre que la plaque *P* souffre d'un manque d'électrons ; quant à la grille *G*, elle est neutre (ni défaut ni excès d'électrons). Les électrons, émis par le filament incandescent *F*, vont se précipiter sur la plaque *P*, sans se préoccuper de la grille (puisque celle-ci n'agit pas sur eux) : tout se passe ici *comme si la grille n'existait pas*, et les phénomènes seront les mêmes que sur la figure 10. Si nous prenons deux axes rectangulaires (fig. 15), en portant horizontalement les tensions grille-filament et verticalement les courants dans le circuit-plaque (c'est-à-dire les électrons que compte le milliampèremètre, fig. 12, bas), la tension grille-filament est nulle et le courant du

circuit-plaque est, par exemple, 5 milliampères : le point représentatif est *A* (fig. 15).

B. La grille *g* (fig. 13, bas) est reliée au pôle négatif d'un bloc de piles de 15 volts, dont le pôle positif communique avec le filament incandescent *f*. Sur la figure 13 (haut), la grille *G* est affligée d'une surabondance d'électrons, qui vont repousser les électrons s'échappant du filament *F* : la grille s'oppose à l'attraction de la plaque *P*.

Si cet excès en *G* est suffisant — et c'est effectivement ce qui se passe pour les valeurs (15 et 80, fig. 13, bas) choisies pour les deux tensions —, tous les électrons qui sortent de *F* vont rebrousser chemin, car la grille, plus voisine, l'emporte : le courant du circuit-plaque s'annule, et le milliampèremètre reste au zéro. Sur le graphique 15, nous obtenons le point *B*, qui correspond à une tension grille-filament de — 15 volts et à un courant nul.

C. La grille *g* (fig. 14, bas) communique avec le pôle positif du bloc de piles de 15 volts, dont le pôle négatif est relié au filament incandescent *f*. Sur la figure 14 (haut), la grille *G* comporte un manque

d'électrons : les électrons émis par *F* vont chercher à « boucher les trous », non seulement de la plaque *P*, mais encore de la grille *G* ; celle-ci favorise donc l'effet de la plaque (1). La plaque sera atteinte par une foule d'électrons et le courant qui traverse le milliampèremètre (fig. 14, bas) sera donc intense, par exemple de 14 milliampères ; et nous obtenons (fig. 15) le point *C* (2).

(1) A la condition naturellement que les « trous » de *G* ne soient pas trop nombreux (que la tension grille-filament ne soit pas trop grande), ce que nous supposons explicitement ; sinon, la plupart des électrons sortis de *F* seraient happés au passage par *G*, qui, alors, contrecarrerait *F*.

(2) Il y a, à nouveau, un « courant de saturation » (fig. 15), qui est obtenu lorsque tous les électrons (que le filament est capable d'émettre) parviennent à la plaque.

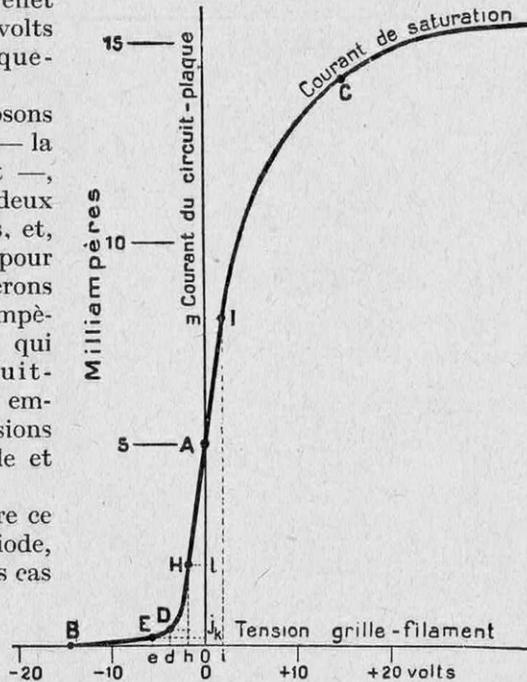


FIG. 15. — LA CARACTÉRISTIQUE (DE PLAQUE) DE LA TRIODE

La tension plaque-filament est maintenue constante et la température du filament est invariable. Les points A, B et C sont obtenus comme il est dit aux figures 12, 13 et 14. A remarquer le coude brusque en D et la quasi-verticalité en A.

Les détails, un peu longs, mais indispensables, que nous venons de fournir, nous ont fourni les points *B, A, C*; on opérerait de façon analogue pour obtenir d'autres points intermédiaires, tels que *E, D, H, I...*, ce qui donne une courbe continue qu'on appelle la *caractéristique* (1) de la triode. Sa forme suggère deux remarques, dont on ne va pas tarder à comprendre tout l'intérêt.

1° La caractéristique subit un *coude brusque* aux environs du point *D* ;

2° Elle est rectiligne et *presque verticale* autour du point *A*.

Applications de la triode

1° *La lampe détectrice.* Dans le langage des sans-filistes, le mot « détection » signifie « redressement », redressement des oscillations électriques ou courants alternatifs de haute fréquence (mille kilocycles, par exemple).

Comme il s'agit de comprendre une bonne fois le principe de la détection, nous nous placerons dans le cas le plus simple, ce qui permettra au lecteur de se faire une idée précise du rôle des lampes détectrices

(1) Plus précisément : la « caractéristique de plaque ».

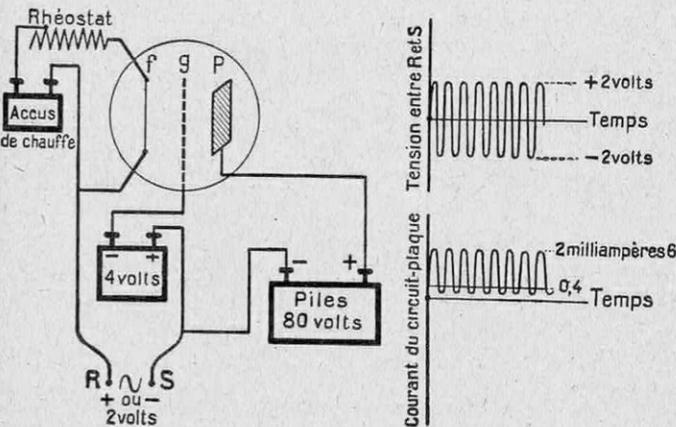


FIG. 16. — LA LAMPE DÉTECTRICE

Lorsqu'on applique entre *R* et *S* une tension alternative variant entre + 2 volts et - 2 volts (représentés en haut et à droite), le courant du circuit-plaque oscille entre + 2 milliampères 4 et + 0 milliampère 2 (représentés en bas et à droite), mais il se maintient toujours dans le même sens.

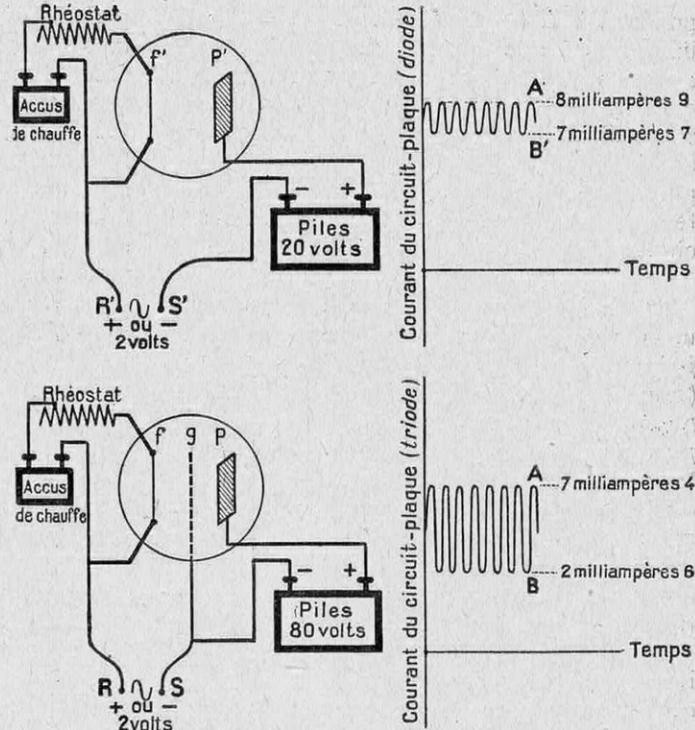


FIG. 17. — LA LAMPE AMPLIFICATRICE

Cette figure montre l'avantage de la triode (en bas et à gauche) sur la diode (en haut et à gauche). La même tension appliquée entre *R'* et *S'*, d'une part, entre *R* et *S*, d'autre part, donne, dans les courants de plaque des écarts respectifs *A'B'* et *AB*, qui sont dans le rapport de 1 à 4. (Le coefficient d'amplification est égal à 4; les écarts se déduisent de l'examen des figures 8 et 15.)

dans les mille et un « montages » de T. S. F. Référons-nous à la caractéristique de plaque (fig. 15), où le point *D* est défini par une tension grille-filament $O d = - 4$ volts

et par un courant du circuit-plaque $O j = 0$ milliampère 4; cette tension sera réalisée par un bloc de piles de 4 volts, dont le pôle négatif est à la grille *g* (fig. 16, gauche). A cette tension de 4 volts, nous superposons une tension alternative de 2 volts (entre *R* et *S*), dont les variations, en fonction du temps, sont représentées en haut et à droite de la figure 16. Dans ces conditions, la tension entre *g* et *f* oscille entre $O e = - 6$ volts et $O h = - 2$ volts, ce qui correspond aux points *E* et *H* de la caractéristique (fig. 15). Etar+ donné la très forte courbure (en *D*) de cette caractéristique, le courant correspondant à *E* (- 6 volts) sera $O k = 0$ milliampère 2 et le courant corres-

pendant à H (-2 volts) sera $O l = 2$ milliampères 6 : le courant du circuit-plaque restera variable (fig. 16, en bas et à droite), mais il circulera toujours dans le même sens ; si on le « module », c'est-à-dire si on applique, entre R et S , une tension d'amplitude variable, il pourra agir sur un écouteur téléphonique, qu'on introduira dans le circuit-plaque.

2° *La lampe amplificatrice.* Puisque nous nous proposons de faire comprendre le principe de l'amplification (des courants), nous considérerons à nouveau le cas le plus simple, afin que le lecteur, en face des multiples « schémas » de T. S. F., acquière une idée nette du rôle des lampes amplificatrices (en haute fréquence ou en basse fréquence, peu importe).

Le mieux, c'est de comparer ce qui va se passer lorsqu'on applique la même tension alternative ($+ ou - 2$ volts) :

D'une part, entre R' et S' (fig. 17, en haut et à gauche), c'est-à-dire entre la plaque et le filament d'une diode ;

D'autre part, entre R et S (fig. 17, en bas et à gauche), c'est-à-dire entre la grille et le filament d'une triode.

Dans le premier cas, nous nous reporterons à la figure 8, qui nous montre que la tension à choisir sera, par exemple, 20 volts, ce que nous obtenons avec le bloc de piles (fig. 17, en haut et à gauche). La tension totale entre la plaque et le filament oscillera ainsi entre 18 et 22 volts, ce qui, d'après la figure 8, fournit un courant variant entre 7 milliampères 7 et 8 milliampères 9, soit 1 milliampère 2 d'écart (fig. 17, en haut et à droite).

Dans le second cas, nous jetterons un coup d'œil sur la figure 15 : la tension alternative est appliquée directement entre la grille et le filament (sans piles). Lorsqu'elle est -2 volts (longueur $O h$), le courant du circuit-plaque est $O l$, soit 2 milliampères 6, quand elle est $+2$ volts (longueur $O i$), le courant du circuit-plaque est $O n$, soit 7 milliampères 4, ce qui représente un écart de 4 milliampères 8 (fig. 17, en bas et à droite).

Conclusion : l'adjonction de la grille permet d'amplifier le courant du circuit-plaque dans le rapport de 1 à 4 (avec les nombres que nous avons choisis) (1).

Signalons, en passant, qu'on améliore l'appareil en le munissant d'une seconde grille ou grille auxiliaire, comme l'a proposé l'Allemand Schottky en 1918 : c'est la lampe *bigrille*, qui ne fait appel à aucun phénomène nouveau (2). La grille auxiliaire est dite « neutralisatrice » (3), lorsqu'on la dispose entre f et g (fig. 11) ; dans le cas contraire, elle est dite « protectrice ».

3° *La lampe génératrice.*

Enfin, la triode est capable d'entretenir des oscillations électriques (4), qui, sans elle, seraient amorties et impropres à émettre les « ondes porteuses » de la radiophonie. Ce qui intervient ici, par-dessus tout, c'est la grande vitesse (5.000 kilomètres par seconde, et plus) des électrons émis par le filament et la plaque, un milliardième de seconde, par exemple : ils obéissent instantanément aux sollicitations extérieures, même si celles-ci s'inversent 400.000 fois par seconde (poste de la Tour Eiffel) ou 1.800.000 fois par seconde (poste du Petit Parisien).

Pour expliquer le fonctionnement d'une lampe génératrice, autant prendre comme exemple un poste d'émission radiophonique (fig. 18), réduit à ses organes essentiels. Comme pour l'amplification, nous opérons au voisinage du point A du graphique 15 : la tension grille-filament reste nulle en moyenne (il

n'y a pas de pile entre la bobine B' et le filament f). L'ensemble terre - bobine B - antenne constitue un « circuit oscillant », c'est-à-dire un circuit dans lequel les électrons ne peuvent osciller qu'avec une fré-

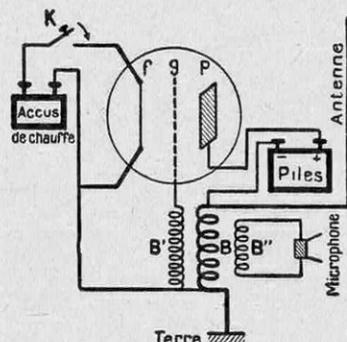


FIG. 18

LA LAMPE GÉNÉRATRICE

Quand on ferme le commutateur K , le filament f est porté à l'incandescence : il émet alors des électrons qui atteignent la plaque p , ce qui a pour effet de faire osciller les électrons du « circuit oscillant » (terre - bobine B - antenne). D'elles-mêmes, ces oscillations s'annuleraient vite ; mais elles provoquent dans la bobine B' des oscillations, qui produisent une tension alternative entre la grille g et le filament f . En jetant un coup d'œil sur la figure 15, on voit que cette tension $O i O k O \dots$ provoque un courant $A m A l A \dots$, c'est-à-dire des oscillations entretenues. Le microphone et la bobine B'' ne sont là que pour moduler ces oscillations.

(1) On pourra se reporter à ce que nous avons dit sur l'amplification dans le n° 125 de *La Science et la Vie*, p. 362-363.

(2) Il y a naturellement cinq broches, au lieu de quatre (fig. 11).

(3) Elle neutralise l'influence gênante des électrons qui avoisinent le filament.

(4) C'est-à-dire des courants alternatifs de haute fréquence.

quence bien déterminée (200.000 allées et venues par seconde, soit une fréquence de 200 kilocycles par exemple).

Les trois bobines B , B' et B'' sont couplées : elles réagissent l'une sur l'autre, ce qui signifie que les oscillations électroniques dans l'une d'entre elles influencent les électrons d'une des autres. Quand on ferme le commutateur K , les électrons qui sautent de f en p' ont pour effet de déplacer les électrons de la bobine B , et l'ensemble terre-bobine B -antenne est le siège d'oscillations électroniques, qui s'annuleraient rapidement si la bobine B' n'existait pas.

Mais les oscillations dans B engendrent des oscillations dans B' , de telle sorte que la tension grille-filament devient immédiatement alternative : elle est représentée par la suite des points $O i O k O \dots$, avec 200.000 allers et retours par seconde (fig. 15); il s'ensuit que le courant du circuit-plaque sera pareillement $A m A l A \dots$, avec 200.000 allers et retours par seconde : les oscillations électroniques dans la bobine B seront ainsi entretenues, et il suffira de les moduler, grâce au microphone et à l'action de B'' sur B (fig. 18), c'est-à-dire de faire varier l'amplitude de ces oscillations, pour que l'antenne émette un rayonnement hertzien, qui, reçu par une antenne réceptrice, donnera des oscillations électroniques dans le poste de l'amateur ; ces oscillations, amplifiées au besoin (fig. 17, bas), puis détectées (fig. 16), agiront sur un écouteur ou sur un haut-parleur, qui reproduiront les sons reçus par le microphone (fig. 18).

Et c'est ainsi qu'à l'émission, le plus souvent amplifiée, comme à la réception (amplifications suivies de détection), le sort de la radiophonie est lié à celui des phénomènes thermoélectroniques, dont sont le siège les filaments incandescents.

La production des rayons X

Il m'est impossible de passer sous silence les applications de l'émission thermoélectronique à la production des rayons X. On sait que ceux-ci accompagnent le choc violent des électrons sur un obstacle ; pour cela, on lance ces électrons (au moyen d'une ten-

sion de 12 kilovolts, par exemple), à une vitesse de l'ordre de 60.000 kilomètres par seconde. Mais, avant de les lancer, il faut les produire, et le moyen le plus pratique, c'est de les faire émettre par un filament incandescent F (fig. 19), comme l'Américain W. D. Coolidge l'a proposé en 1913. L'obstacle AC , dit anticathode, est en tungstène massif, et il peut lui arriver d'être porté au rouge blanc rien que par la rafale d'électrons qu'il reçoit à travers le vide.

Les ampoules Coolidge (et leurs succédanées) ont une constance, une intensité et une souplesse extraordinaires. Ainsi, quand on déplace le curseur D vers le haut, on augmente le nombre d'électrons émis, ce qui accroît la puissance du rayonnement X.

Lorsqu'au contraire on porte la tension de 12 kilowatts à quelques centaines de kilovolts, la vitesse des électrons est accrue, les propriétés des rayons X sont modifiées ; en particulier, ils deviennent plus pénétrants.

En plus de leurs applications scientifiques (détermination de la position des atomes dans les cristaux) et industrielles (examen interne des produits manufacturés), les rayons X ont surtout des applications médicales.

Si, après les efforts de Faraday (1831), de Maxwell (1870) et de Hertz (1888), la radiophonie a pu naître, ce n'est pas parce que certains industriels ou certains autodidactes pensaient qu'il serait avantageux de substituer l'atmosphère aux lignes téléphoniques pour la transmission de la parole, voire de la musique ; ce n'est même pas parce que l'humanité aurait pu le désirer intensément. C'est parce qu'il y eut des savants — entre autres O. W. Richardson — qui, sans chercher autre chose, se sont demandé ce qui allait se passer quand on chauffe un métal, et qui avaient pour but de savoir en quoi consiste ce qu'on appelle aujourd'hui l'émission thermoélectronique : ce phénomène est devenu, par surcroît, la source d'oscillations entretenues qui, seules, se prêtent à la modulation, à la réalisation d'un rayonnement électromagnétique capable d'engendrer ultérieurement des sons. Il y a là une idée essentielle : en science, ce qu'on trouve est presque toujours plus important que ce qu'on cherche.

MARCEL BOLL.

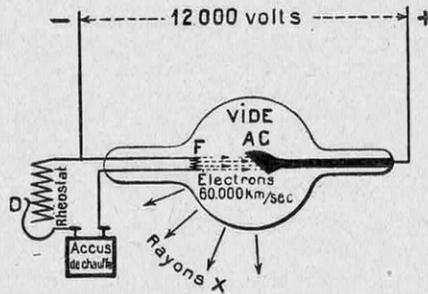


FIG. 19. — L'AMPOULE COOLIDGE

C'est par émission thermoélectronique que les électrons quittent le filament incandescent F , pour se précipiter sur l'obstacle AC , et leurs chocs sont accompagnés de production de rayons X.

LE REMARQUABLE ESSOR DE L'UTILISATION PRATIQUE DE L'ÉNERGIE DU VENT AU DANEMARK

Par Raymond SANCERY

Nous avons montré ici même (1) comment les progrès réalisés dans l'établissement des appareils destinés à capter l'énergie du vent pour la transformer en énergie électrique avaient permis de concevoir des installations vraiment pratiques. Longtemps, en effet, la centrale aéroélectrique a été considérée comme peu sûre, en raison des variations du vent. Cependant, au Danemark, il existe environ quatre-vingt-dix centrales de ce genre, constituées par des « moulins » entraînant des dynamos spéciales qui fournissent l'énergie électrique à de nombreuses communes. Nos lecteurs trouveront ci-dessous les caractéristiques des appareils employés, dont les usagers (communes ou particuliers) sont unanimes à reconnaître le bon fonctionnement et l'économie qu'ils permettent de réaliser pour la production de l'énergie.

C'est au Français Paul La Cour qu'est dû l'essor de la science aérodynamique au Danemark

LONGTEMPS, la production de l'électricité par le vent a été considérée comme une expérience relevant plutôt du labora-

toire que de la pratique, et elle a été envisagée avec une certaine méfiance. Il faut avouer qu'en France, en particulier, jusqu'à ces dernières années, les possesseurs de telles installations, qui sont encore trop peu nombreux, n'en ont pas tous obtenu complète satisfaction. Les batteries d'accumulateurs, absolument nécessaires, n'étant jamais chargées complètement, se

(1) V. La Science et la Vie, n° 120, page 489.

trouvaient rapidement détériorées ; aussi l'opinion a-t-elle été maintes fois exprimée que la production d'électricité par le vent exigeait une installation coûteuse dont il fallait se garder. Il importe, aujourd'hui, de s'élever contre une telle opinion, qui, maintenant, n'est plus justifiée.

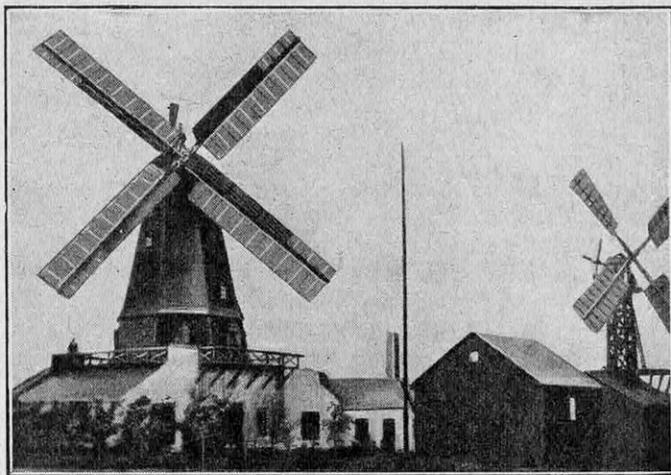


FIG. 1. — LA STATION EXPÉRIMENTALE D'ASKOV (JUTLAND), FONDÉE EN 1920

C'est là que le professeur La Cour détermina les premiers principes fondamentaux de la technique du moulin à vent. Il établit : 1° que le moulin à quatre ailes donne une puissance plus élevée, par mètre carré de voilure, qu'un moulin de la même construction avec un plus grand nombre d'ailes ; 2° qu'il existe un rapport optimum entre la longueur et la largeur de chaque aile, dont la variation de courbure doit, en outre, suivre une loi déterminée. On voit, à droite de la photographie, un moulin expérimental à quatre ailes et à volets mobiles, ancêtre des « Mammouths » utilisés aujourd'hui.

Le Danemark, où les installations aéroélectriques, particulières ou communales, fonctionnent de façon si satisfaisante depuis plusieurs années que leur nombre va sans cesse croissant, fournit une preuve tangible des indiscutables résultats pratiques qu'on peut obtenir dans cette voie, pour peu que les projets soient conçus scientifiquement et réalisés avec un matériel éprouvé.

Comprenant quelles richesses énormes

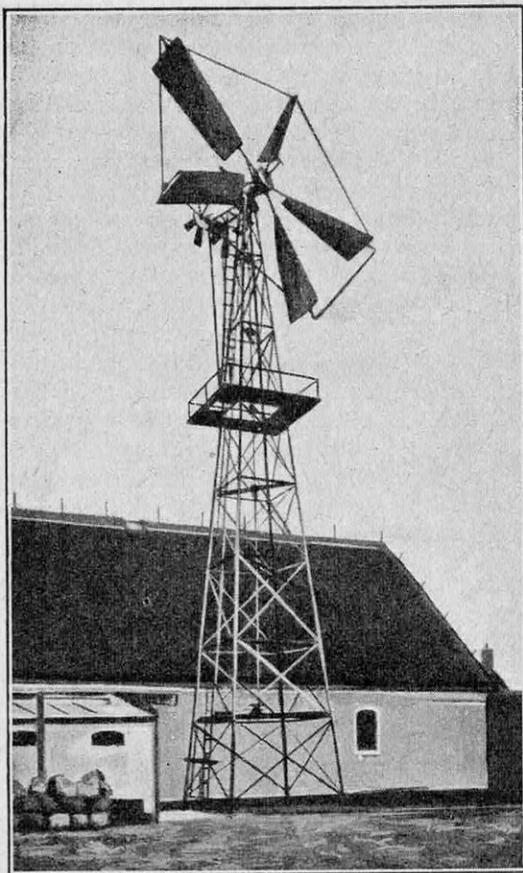


FIG. 2. — MOULIN A AILES ÉPAISSES PIVOTANTES

Cet appareil mesure 6 m 50 de diamètre. La régulation s'effectue par pivotement, autour de son longeron, de chaque aile, qui vient, quand le moulin est complètement effacé, se placer à l'angle de portance nulle.

étaient contenues en puissance dans l'énergie du vent, le gouvernement danois chargea, en 1891, un physicien d'origine française, le professeur Paul La Cour, de déterminer lequel, parmi les types existants de moulins à vent, était susceptible de transformer le plus économiquement l'énergie éolienne en valeur commerciale, et d'établir les principes de la construction d'un nouveau type de moulin capable de fournir cette puissance dans des conditions meilleures que tous les autres modèles connus. A cet effet, la station expérimentale d'Askov fut mise à sa disposition, et une subvention annuelle lui fut accordée. Les expériences, commencées en 1897 et poursuivies pendant dix-sept ans, jusqu'à sa mort, en 1908, permirent à La Cour d'établir son « moulin idéal », qui devait, avec une construction économique et des frais d'entretien minimes, assurer le rendement maxi-

mum. Dès 1900, La Cour avait résolu le double problème qui lui était posé, et, en 1903, son installation d'Askov pouvait alimenter 450 lampes à incandescence, 2 lampes à arc et 2 moteurs.

A l'époque de La Cour, la science aérodynamique était dans l'enfance ; elle a fait des progrès considérables depuis sa mort ; mais son « moulin idéal » inspire encore la plupart des constructeurs danois d'aujourd'hui.

Quelques mots sur les différents types de moulins danois

Les moulins à vent danois se rattachent à trois types principaux : la roue à pales multiples, dite « roue américaine », que La Cour appelait « rose éolienne » ; le moulin à volets mobiles et le type à ailes épaisses, en général pivotantes, dit « propeller ».

Des premiers, nous ne dirons rien ici ; semblables à ceux qu'on voit partout, ils sont de moins en moins utilisés. Les appareils de ce type, qui donnent d'excellents résultats, en raison de leur grande sensibilité, quand ils sont utilisés pour le pompage et dans les faibles diamètres, sont infiniment moins inté-

ressants quand il s'agit d'entraîner une dynamo un peu puissante et difficilement utilisables,

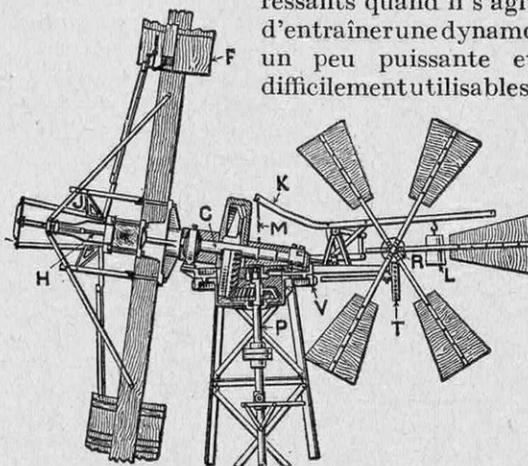


FIG. 3. — MÉCANISME DU « MAMMOUTH »

Le contrepois L, suspendu au levier K, commande l'ouverture des volets F, par le moyen des leviers J et de la tige-poussoir H qui passe à l'intérieur de l'arbre creux C. Le contrepois maintient fermés les volets que le vent tend à ouvrir. Pour arrêter le moulin, on fait ouvrir les volets en opérant, de la base du pylône, une traction sur le câble M, ce qui a pour effet de renverser l'action de la tige H. Les moulins d'orientation R, par l'intermédiaire du pignon T et de la vis sans fin W (non représentée), commandent la table de rotation V qui porte le moulin. On voit comment se fait la transmission du mouvement à l'arbre vertical P dans le pylône, au moyen d'un renvoi d'angle multiplicateur sous carter à bain d'huile.

en raison de leur poids prohibitif et du délicat problème technique que pose leur sécurité, dès que leur diamètre atteint une grande dimension.

Les moulins à volets mobiles représentent une réalisation moderne de l'ancien moulin hollandais. La forme de leurs ailes, la courbure et l'incidence des pales sont basées sur les formules établies à Askov ; l'aile a une forme angulaire, dans laquelle l'angle est d'environ 165 degrés, les longueurs de ses côtés étant dans le rapport de 3 à 1. Cette forme, suggérée par La Cour, a donné de beaucoup les meilleurs résultats, pourvu que le nombre des ailes ne dépasse pas six pour les grands moulins, quatre ou cinq pour les plus petits ; on a constaté, en effet, que si on adoptait un plus grand nombre d'ailes, à cause de leur interaction mutuelle, le faible gain de puissance obtenu ne compensait pas l'augmentation de poids. Construits en acier et en fonte pour la partie mécanique, en bois pour la voilure, ces appareils joignent à l'avantage d'un poids relativement peu élevé, malgré leurs grandes dimensions, celui d'une parfaite rusticité et d'une construction très simple. Leur puissance

atteint des valeurs importantes, qui permettent de les utiliser pour résoudre la plupart des problèmes pratiques.

Les moulins à ailes épaisses sont basés sur des recherches aérodynamiques plus modernes. Le profil de l'aile, inspiré des profils de pales d'hélice, est établi de façon à assurer un écoulement sans choc des filets d'air. Cette solution est évidemment très séduisante, car elle assure un rendement très élevé de la voilure et certainement supérieur à tous les autres. Alors que la puissance spécifique d'une voilure de moulin américain n'est que de 20 à 25 grammemètres par seconde, par mètre carré et pour une vitesse de vent de

1 mètre-seconde, l'aile La Cour développe, dans les mêmes conditions, une puissance de 60 à 65 grammemètres et l'aile épaisse du « propeller », une puissance supérieure d'environ 50 %.

Le moulin à ailes épaisses représente vraisemblablement le type du moulin à vent de l'avenir. Il faut malheureusement avouer que les recherches, dans le domaine de l'utilisation du vent, n'ont pas encore été poussées avec assez de rigueur et que la construction des voilures épaisses, en particulier, s'est parfois appuyée sur une technique insuffisante pour permettre à ce genre d'appareil de fonctionner actuellement d'une façon satisfaisante. Les difficultés de la régulation et de l'effacement très délicat dans un moulin à ailes épaisses, la multiplicité des organes, nécessitant un entretien constant, font perdre trop souvent le gain de puissance acquis, d'autre part, par la supériorité aérodynamique de la voilure.

Or la simplicité et la rusticité sont deux conditions essentielles du bon fonctionnement

d'un appareil qui, comme le moulin à vent, doit travailler automatiquement, avec le minimum de surveillance et d'entretien. C'est pourquoi ce type d'appareil est actuellement très peu employé au Danemark, où la plupart des appareils à ailes épaisses qui avaient été instalés, ont dû être

peu à peu remplacés par leurs concurrents à volets mobiles, plus simples, plus sûrs et, finalement, d'un travail meilleur.

Les moulins à volets mobiles sont aujourd'hui les plus répandus

Nous décrirons donc succinctement ici ces moulins modernes à volets mobiles, qui équipent la majorité des installations communales ou particulières danoises, et nous prendrons pour modèle l'un des plus répandus, le « Mammouth » Lykkegaard.

Ce moulin, qu'on rencontre avec un diamètre variant de 7 à 20 mètres, est, d'ailleurs, très fréquemment utilisé pour le pompage.



FIG. 4. - COUPE SCHEMATIQUE D'UNE CENTRALE

Par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages à bain d'huile A, le moulin entraîne une dynamo spéciale B. Cette dynamo, pouvant supporter une augmentation de vitesse de 100 %, est d'une construction telle que, quand la vitesse du vent augmente, l'ampérage croît, tandis que le voltage reste pratiquement constant ; mais l'intensité maxima ne dépasse pas celle du courant de charge le plus élevé que peut supporter la batterie. Une batterie ainsi chargée par le moulin à vent a sa durée prolongée, parce que le moulin ne fournit pas le courant maximum d'une façon continue, comme le fait un moteur, mais répartit la charge sur une longue période. Le levier L permet l'arrêt du moulin en produisant l'ouverture de tous les volets des ailes. Le moteur Diesel D entraîne sa dynamo indépendante.

Le mouvement de rotation de l'arbre de la voilure est alors transformé en mouvement alternatif au moyen d'un excentrique calé sur l'arbre. Mais le cas le plus général est celui du moulin à arbre vertical rotatif, qu'il s'agisse d'actionner des machines, une vis d'Archimède ou une dynamo ; l'arbre de la voilure, monté sur roulements à billes, porte une couronne dentée qui engrène avec un pignon conique claveté sur l'arbre vertical tournant dans le pylône ; ces organes sont le plus souvent enfermés dans un carter étanche, permettant une lubrification par bain d'huile.

L'orientation du moulin est assurée par deux moulinets auxiliaires, qui maintiennent automatiquement le moulin face au vent. Le plan de ces moulinets est normal au plan du moulin ; quand celui-ci fait face au vent, les moulinets attaqués par la tranche offrent très peu de prise et ne tournent pas ; quand le vent change de direction, les moulinets, subissant une pression, se mettent en mouvement et, au moyen d'une vis sans fin, chacun d'eux agit sur un pignon, à l'extrémité de l'arbre duquel est claveté une seconde vis sans fin. Ces vis, engrenant avec la denture extérieure d'une table de rotation qui porte le moulin, font tourner celui-ci jusqu'à ce que s'annule la pression du vent sur les moulinets, c'est-à-dire jusqu'à ce que le moulin soit de nouveau face au vent. Ce mécanisme d'orientation est, comme on voit, d'une très grande simplicité et peut être réalisé avec toute la robustesse désirable.

Un des problèmes essentiels, en matière de moulin à vent, est celui de la régulation et de l'effacement ; il s'agit, en effet, de conserver une vitesse à peu près constante si la charge du moulin est brusquement supprimée, et même par les plus violentes tempêtes. Il est, ici, résolu de la façon la plus heureuse.

La voilure est complètement en bois — en sapin de Norvège, — ce qui permet de réduire au minimum son poids. Elle est constituée par deux poutres en croix, sans haubans ni contre-fiches portant un certain nombre de volets.

Quand ceux-ci sont fermés, l'ensemble de leurs surfaces forme le plan de l'aile ; ces volets ont une forme angulaire spécialement étudiée, comme il a été dit plus haut, et l'aile est gauchie suivant les formules de La Cour, de façon que l'angle d'incidence aille en augmentant de la périphérie vers le centre du moulin, pour tenir compte des différentes vitesses linéaires qui animent, en un même instant, les différents points de

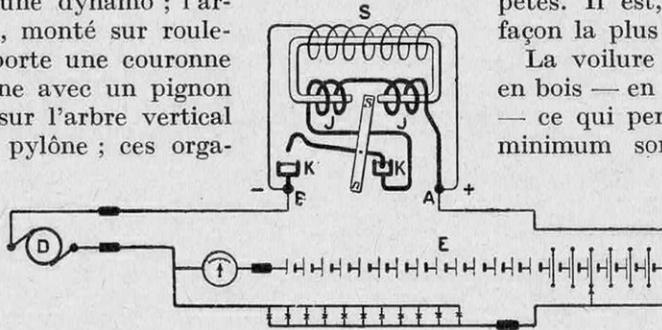


FIG. 5. — SCHÉMA DE CONJONCTEUR-DISJONCTEUR AUTOMATIQUE, SYSTÈME LA COUR

Un aimant permanent N S est mobile autour d'un axe de façon qu'un des pôles puisse osciller entre les armatures d'un électroaimant portant deux enroulements : un enroulement shunt en fil fin parcouru par un courant proportionnel à la différence de potentiel aux bornes de la dynamo, et un enroulement série en gros fil parcouru par le courant fourni par la dynamo. Une tige de cuivre, dont les extrémités ont la forme de crochet, est fixée rigidement à l'aimant N S, de façon qu'un des crochets K plonge constamment dans un godet rempli de mercure, tandis que l'autre crochet K' est soulevé au-dessus d'un second godet de mercure, dans lequel il peut néanmoins plonger quand l'aimant permanent oscille. L'appareil est intercalé dans le circuit dynamo-batterie et, comme le montre la figure, le circuit shunt réunit les bornes A et B. En raison de la popularité de l'appareil, quand, la dynamo étant en marche, sa tension devient supérieure à celle de la batterie, l'enroulement shunt attire l'aimant ; le contact se produit en K' et le circuit est formé suivant A J K K' B, sans résistance appréciable. A ce moment, commence la charge de la batterie. Lorsque, pour une cause quelconque, ralentissement ou arrêt, la tension de la dynamo devient inférieure à celle de la batterie, la force attractive de l'électroaimant diminue et le courant qui parcourt l'enroulement série change de sens, passant alors de la batterie à la dynamo ; ce courant, qui, au début, est très faible, attire l'aimant permanent du côté opposé, et le circuit de la dynamo est ouvert. La conjonction, comme la disjonction, en K', se produit toujours par un courant voisin de zéro, de sorte qu'il n'y a pas à craindre de détérioration du contact à mercure.

l'aile tournant sous l'action du vent.

Les volets peuvent osciller autour d'un axe, de façon que chacun d'eux puisse pivoter jusqu'à être dans le lit du vent ; mais ils sont réunis entre eux par une tringle, de sorte qu'ils ne peuvent s'ouvrir qu'ensemble, comme les volets d'une jalousie. Quand le moulin travaille, les volets sont maintenus plus ou moins fermés selon la vitesse du vent, grâce au mécanisme de régulation. Celui-ci consiste en un contrepoids suspendu à l'ex-

trémité d'un levier agissant sur une tige-poussoir axiale qui passe à l'intérieur de l'arbre creux du moulin ; par l'intermédiaire d'un système très simple de leviers, la tige-poussoir commande les volets des ailes. Quand la pression du vent dépasse la contre-pression exercée par le poids, les volets s'ouvrent, et le moment où se produit cette ouverture peut être réglé d'après la position du contrepoids sur son levier. Lorsque la vitesse du vent décroît, le poids ramène les volets à la position de fermeture.

Pour éviter que le moulin ou les machines entraînées par lui ne soient endommagés, les volets doivent s'ouvrir peu à peu, à mesure que la vitesse du vent augmente, de façon à empêcher la vitesse du moulin de croître au delà d'une certaine limite.

L'ouverture des volets commence normalement par vent de 8 mètres à la seconde, et comme la vitesse de 11 m 4 est celle qui donne au moulin une vitesse de rotation proche de la vitesse maxima compatible avec sa sécurité, la régulation doit être telle que plus la vitesse du vent dépasse 11 m 4 à la seconde, plus les volets doivent s'ouvrir et s'ouvrir d'une façon telle que la vitesse du moulin et, par suite, sa puissance n'augmentent plus. La vitesse périphérique du moulin est alors voisine de 2,5 fois la vitesse du vent.

Lorsque le moulin actionne une pompe, on dispose le contrepoids de régulation de telle sorte que l'ouverture des volets commence plus tôt que lorsque le moulin doit entraîner une dynamo ; la pompe, en effet, ne doit pas travailler à une vitesse très supérieure à celle pour laquelle elle est construite ; autrement dit, les volets étant mis à la position d'ouverture pour une pression plus faible qu'à l'ordinaire, la vitesse du vent peut dépasser 11 m 4 avant que soit atteinte la vitesse-limite de rotation.

Quand le moulin est attelé à une dynamo, il peut démarrer avec un vent d'environ 2,5 mètres-seconde, c'est-à-dire une brise

insensible, mais la dynamo ne produit de courant que quand le vent atteint 4 mètres-seconde environ, la dynamo ayant naturellement besoin d'une certaine vitesse pour être mise en tension.

Le moulin est supporté par un fort pylône en cornières d'acier, dans lequel l'arbre vertical est guidé simplement dans des paliers en bois imprégné d'huile.

L'équipement électrique d'un appareil utilisant l'énergie du vent

Pour la transmission du mouvement à la

dynamo, l'entraînement par courroie est presque complètement abandonné maintenant. De nombreuses expériences ont montré, en effet, que, dans les installations de grands moulins, la courroie sautait lorsque se produisaient de brusques coups de vent. On a adopté la transmission par une boîte d'engrenages formée par un carter étanche à bain d'huile, en fonte, dans lequel tournent un renvoi d'angle et un double train de pignons multiplicateurs montés sur billes. La rotation de l'arbre vertical est ainsi transmise à l'arbre horizontal de la

dynamo avec le minimum de pertes par frottement.

Les dynamos sont généralement des dynamos spéciales à enroulement anti-compound, pouvant supporter une augmentation de vitesse de 100 % ; on évite ainsi le régulateur compliqué et coûteux nécessaire avec une dynamo ordinaire.

Il est naturellement indispensable qu'une installation aéroélectrique, munie d'une telle dynamo avec une batterie d'accumulateurs, comporte un conjoncteur-disjoncteur automatique. Le rôle d'un tel appareil est double. D'une part, il protège la batterie contre toute surcharge en coupant le circuit dynamo-batterie quand celle-ci est complètement chargée ; il empêche, d'autre part, un reflux du courant des accumulateurs vers la dynamo, dans le cas d'une chute brusque du vent ; ce qui revient à dire que le

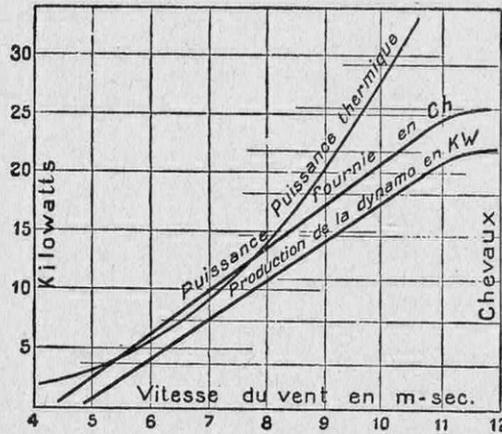


FIG. 6. — COURBES DE PUISSANCE D'UN MOULIN DE 16 MÈTRES DE DIAMÈTRE

Ces courbes mettent en évidence l'influence du dispositif de régulation. Avec le réglage habituel, la puissance du « Mammouth » n'augmente plus quand la vitesse du vent dépasse 11,4 mètres à la seconde. La surface totale de voilure de ce moulin est de 48 mètres carrés et comporte cinquante-deux volets.

circuit n'est fermé entre la dynamo et la batterie que lorsque la première a atteint une vitesse suffisante pour la charge, et ouvert dès que cette vitesse est tombée au-dessous de la limite voulue.

Le plus grand nombre des installations aéroélectriques danoises est équipé avec le conjoncteur-disjoncteur automatique La Cour, construit au laboratoire d'Askov. On trouvera le principe de cet appareil dans la légende de la figure 5.

Comment il faut comprendre une centrale aéroélectrique

Lorsqu'il s'agit de la production exclusive de l'électricité à grande échelle, il est difficile, la plupart du temps, de réaliser une installation plus économique que celle qu'on peut équiper avec un moteur à huile lourde. C'est ainsi qu'au Danemark, en particulier, le prix de l'huile lourde et de l'huile de Diesel est très bas. Presque tous les grands moulins générateurs d'électricité ont été installés comme moteurs auxiliaires pour les centrales communales indépendantes, munies d'un moteur à huile lourde, et qui possédaient déjà leur batterie d'accumulateurs. Mais, dans tous les cas, quand la puissance d'une centrale rurale a été augmentée au moyen d'un moulin à vent, le prix du kilowatt a baissé considérablement ; et partout le moulin est devenu le moteur principal, tandis que le moteur à huile devenait moteur de secours. En moyenne, on peut admettre que le moulin fournit environ 75 % de la puissance totale demandée par les usagers à la centrale ; cependant, il arrive souvent que le moulin suffit à lui seul pour

la consommation tout un mois durant.

Nous citerons, par exemple, les caractéristiques d'une grosse installation rurale, prise entre beaucoup d'autres. La commune de Marslev, en Fionie, possède depuis 1923 un moulin à vent Mammouth, qui assure, avec un moteur de secours, son alimentation

en électricité. Le moulin mesure 18 mètres de diamètre et son pylône, 22 mètres de hauteur. L'appareil, du type rotatif, entraîne, par l'intermédiaire d'une boîte d'engrenages à bain d'huile, une dynamo spéciale 220-300 volts, 0-100 ampères, à 400-800 tours-minute. Cette dynamo charge une batterie I-12 de 324 ampères-heures. Un moteur de secours à huile lourde de 28 ch, avec sa dynamo indépendante, permet de pallier les pannes de vent et fournit le surplus de puissance nécessaire.

Cette centrale, prévue lors de sa construction pour l'alimentation de 1.100 lampes à incandescence et de 218 ch de force, assure actuellement, par suite d'une extension du réseau, l'alimentation de 1.200 lampes et 235 ch de force, répartis sur 84 compteurs de lumière et 58 compteurs de force motrice. La vente totale, pendant l'année 1926, a été de

21.000 kilowatts de force et 9.000 kilowatts de lumière. Le moulin seul, même dans les circonstances présentes où l'extension du réseau oblige à faire intervenir le moteur plus souvent qu'il n'avait été prévu, suffit à fournir près des trois quarts de l'énergie consommée (22.000 kilowatts fournis en 1926).

D'ailleurs, même dans les cas où, par suite de l'importance du réseau, la production du moulin ne peut atteindre ce chiffre, des cen-

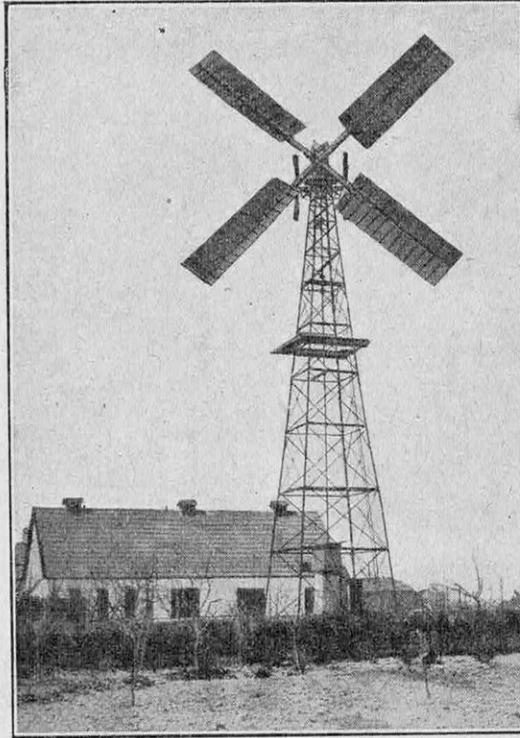


FIG. 7. — CENTRALE AÉROÉLECTRIQUE DE GISLEV (NORVÈGE)

Ce moulin « Mammouth », installé en 1920, mesure 16 mètres de diamètre ; il entraîne une dynamo spéciale 220-300 volts, 0-70 ampères, chargeant une batterie 220 volts, type I-8, de 216 ampères-heure. Le moteur de secours est un Diesel de 30 ch, entraînant sa dynamo indépendante. La centrale sert à l'alimentation de 1.700 lampes et de moteurs d'une puissance totale de 155 ch, répartis entre 97 compteurs de lumière et 31 compteurs de force. La vente totale, en 1926, a été de 10.000 kW de lumière et 13.000 kW de force. Le moulin seul en a fourni 70 %, soit plus de 16.000 kW.

trales rurales plus puissantes par le nombre total des chevaux mis en œuvre, ne négligent pas l'appui d'un moulin, qui permet une forte économie de combustible.

La centrale de Kvoerndrup, par exemple, possède 2 moteurs Diesel développant, au total, 100 ch et entraînant 2 dynamos fournissant ensemble 70 kilowatts, et un moulin à vent « Mam-mouth » de 14 mètres de diamètre, attelé à une dynamo spéciale 440-600 volts, 0-25 ampères. La batterie est une batterie I-6, 440 volts de 218 ampères-heures. Le réseau comporte 2.250 lampes et 300 ch de force motrice, répartis entre 165 compteurs de force et 65 compteurs de lumière. La vente totale, en 1926, a été de 17.000 kilowatts-an de lumière et 17.000 kilowatts-an de force ; sur ce chiffre, le moulin a produit 12.000 kilowatts-an.

Les photographies ci-jointes montrent deux autres importantes centrales rurales, dont elles donnent les caractéristiques.

Actuellement, le Danemark compte environ quatre-vingt-dix centrales aéroélectriques en fonctionnement dans les villages et les petites stations. Le nombre des installations privées est difficile à citer avec pré-

cision, mais on peut affirmer sans aucun doute que la majorité des 90.000 fermiers qui utilisent de grands moulins pour actionner des broyeurs de farine, des concasseurs, des scies, des pompes, etc., ont également une dynamo entraînée par le moulin pour assurer leur éclairage.

Au cours des deux dernières années, envi-

ron vingt grandes centrales aéroélectriques ont été installées ; mais il faut naturellement tenir compte du fait que le Danemark est un des pays du monde où l'électrification est la plus développée.

De tels exemples sont une preuve indéniable de l'intérêt que présente une grande installation aéroélectrique établie sur des données sérieuses et équipée avec un appareil rustique d'un bon rendement. Il n'y a aucune raison pour que de telles installations couronnées de succès

au Danemark ne soient pas réalisées ailleurs. Le régime des vents, dans ce pays, n'est pas tellement différent de celui qui règne en France, surtout dans les régions côtières, qu'on ne puisse considérer comme souhaitable l'établissement, dans bien de nos communes, de semblables centrales autonomes.

R. SANCERY.

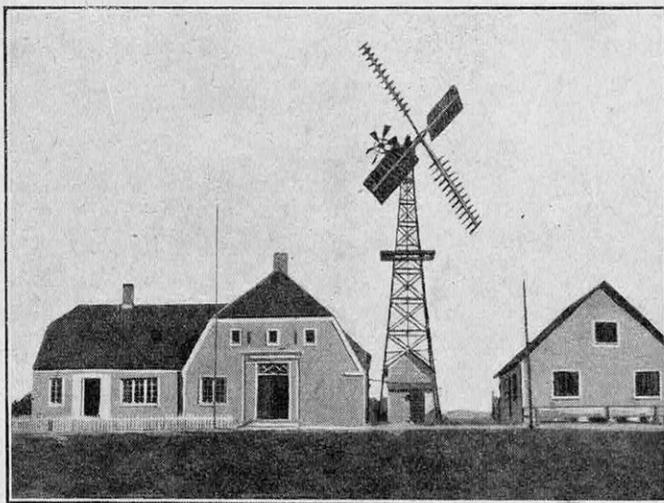


FIG. 8. - CENTRALE AÉROÉLECTRIQUE DE RUDME (FIONIE)

Cette centrale rurale possède deux moteurs Diesel, donnant au total 100 ch, entraînant chacun une dynamo indépendante, d'une puissance globale de 83 kW. Le moulin, moteur auxiliaire, de 16 mètres de diamètre, développant une puissance maxima de 38 ch, avec une dynamo spéciale 440-600 volts, 0-35 ampères, charge une batterie de 290 ampères-heure. Le réseau comporte 5.000 lampes et 600 ch, répartis entre 225 compteurs de lumière et 125 compteurs de force. La consommation totale, en 1926, a été de 25.000 kW-an de lumière et 40.000 kW-an de force, chiffre dans lequel la production du moulin entre pour plus de 15.000 kW-an. On voit, ici, très nettement le mécanisme de l'effacement : le moulin à vent est à l'arrêt, tous les volets des ailes étant ouverts, de façon à ne plus offrir de prise au vent.

NE PERDONS PAS DE VUE QUE :

Aux États-Unis d'Amérique, on achète une automobile avec le prix de 60 journées de travail, alors qu'en France il en faut 400 !

L'ÉTAT COLLOÏDAL DE LA MATIÈRE DONNE LIEU, AUJOURD'HUI, A DE MULTIPLES APPLICATIONS INDUSTRIELLES (1)

Par Paul BARY

Les corps naturels ou les produits artificiels se classent en deux grandes catégories : les cristalloïdes et les colloïdes. Les premiers, tels que l'eau des mers ou des rivières, le sel, le quartz, sont de beaucoup les moins nombreux. On rencontre, en effet, surtout la matière à l'état colloïdal (c'est-à-dire divisée en particules extrêmement fines, de 2 à 100 millièmes de millimètre de diamètre) dans les tissus des animaux et des végétaux, dans l'humus des terres arables, dans le caoutchouc et les gommés, la cellulose, la caséine, la gélatine, les résines synthétiques, le verre, le papier, etc... Cette simple énumération suffit à montrer que de nombreuses industries sont intéressées par la chimie des colloïdes. Il faut, d'ailleurs, mentionner également les industries toutes nouvelles des matières plastiques, telles que la fabrication du celluloid et de la soie artificielle, qui ont pris, depuis une vingtaine d'années, un essor prodigieux. M. Bary, qui a étudié tout spécialement les colloïdes, nous rappelle ici, rapidement et clairement, leurs principales propriétés, souvent fort curieuses, et nous montre la place qu'ils ont prise aujourd'hui dans l'industrie.

Les matières colloïdales

LA colloïdité est un état particulier de la matière qui n'est, à proprement parler, ni l'état solide ni l'état liquide. Il se rapproche fréquemment de l'état solide, au point qu'on peut le confondre avec lui, car il a, dans ce cas, des qualités comparables de dureté et d'indéformabilité ; mais l'état solide, réellement défini, est la propriété exclusive des matières cristallisées. Ces dernières sont principalement caractérisées par le fait qu'elles ont des formes géométriques déterminées ; qu'elles sont clivables et qu'en les brisant les morceaux gardent les mêmes formes géométriques à une échelle plus petite et, enfin, qu'elles ont une température de fusion définie, en deçà et au delà de laquelle la substance est solide ou liquide, sans que l'on observe aucun état intermédiaire. Ces matières, plus ou moins bien cristallisées, ou cristalloïdes, sont assez peu répandues dans la nature, comparées à toutes les autres substances solides que l'on y rencontre. La plus grande partie des substances cristalloïdales sont à l'état liquide dans nos climats, soit qu'elles forment l'eau des mers et des rivières, dont la cristallisation donne la glace et



AL.-ED. BAUDRIMONT
(1806-1880)

Savant français qui étudia les colloïdes en 1844, soit dix-sept ans avant le savant anglais Th. Graham.

la neige, soit qu'elles se trouvent dissoutes dans l'eau. Cependant, le sel gemme, la potasse et certains minerais ont l'état cristallin.

Les conditions de température et de pression de notre globe sont donc particulièrement favorables à l'état colloïdal, et c'est à ces conditions qu'on doit également la vie des animaux et des plantes, dont la constitution est entièrement colloïdale et dont la subsistance, en dehors de l'air et de l'eau, est formée de substances animales et végétales.

La plupart des industries, fondées sur la transformation des matières naturelles, sont donc tributaires de la chimie colloïdale : la verrerie, la céramique, la teinture, le filage des fibres textiles, la préparation des vernis et des peintures, les colles, la papeterie, le tannage des cuirs, la préparation des aliments (panification, fromagerie, etc.), le caoutchouc, etc. Certaines de ces industries remontent à des milliers d'années.

A cette catégorie d'industries, il faut ajouter celles, toutes modernes, de la fabrication des matières plastiques, qui ont pris un développement considérable depuis une vingtaine d'années. Elles utilisent des matières d'origines extrêmement diverses, dont les cinq grandes classes principales sont :

A) La cellulose, provenant du bois ou de certains éléments végétaux, coton, kapok, lin,

(1) Voir l'article : « Qu'est-ce qu'un colloïde », dans *La Science et la Vie*, n° 114, page 519.

chanvre, alfa, etc., qui, par des traitements chimiques, produisent la viscosité, les éthers de cellulose, le cellulose et les soies artificielles;

B) La *caséine*, extraite du lait, qui fournit les matières plastiques du type galalithe;

C) La *gélatine*, obtenue par le traitement des os, des peaux, etc., dont on prépare les gélatines insolubles servant à faire les paillettes multicolores employées dans les vêtements féminins et beaucoup d'autres articles analogues;

D) Les *résines synthétiques*, dont la variété et le nombre constamment croissant fournissent des isolants électriques, qui se substituent peu à peu à tous les autres dans la construction des machines et permettent la préparation de matières plastiques variées et de vernis;

E) Les *matières mucilagineuses*, provenant de l'exsudation de certains arbres : gommés arabique, adragante, mastic, etc. ; celles extraites des algues, telles que agar-agar, carragène, algine, etc. ; enfin, celles provenant de graines ou de fruits ou de racines : amidons, féculs, dextrines, pectine, etc. Les applications de toutes ces matières s'étendent constamment.

La chimie colloïdale embrasse toutes ces industries, dont l'énumération seule, même incomplète, tiendrait trop de place pour être faite ici.

Le but de ce qui va suivre sera donc seulement de montrer le lien qui existe entre des produits aussi différents apparemment et de compositions chimiques si diverses. Ce lien repose sur les propriétés communes à la classe entière des substances colloïdales dont ces produits font partie.

La plasticité des gelées

La propriété la plus frappante, et aussi la plus caractéristique, des matières colloïdales est le pouvoir qu'elles ont de dissoudre les cristalloïdes, liquides ou en solution dans un liquide, pour fournir des produits de gonflement, ou *gelées*, à la fois élastiques et plastiques.

L'*élasticité* est, comme l'on sait, la propriété que possèdent les corps de pouvoir subir des déformations plus ou moins grandes, sous certains efforts, sans se briser d'abord, et en reprenant, en outre, leur forme initiale, quand les efforts cessent d'y être appliqués.

La *plasticité* est, au contraire, la propriété des corps de garder d'une façon permanente la forme qui leur a été donnée quand on les a soumis à un effort de pression avec, généralement, le concours de la chaleur.

C'est de la réunion de ces deux propriétés, opposées au premier abord, mais qui peuvent exister dans un même corps à deux températures différentes, parfois assez voisines, que les gelées tirent toutes leurs applications.

Prenons l'exemple bien connu de la gelée de gélatine, qui est le prototype des gelées et qui a donné son nom à toutes les autres. Quand on place un petit morceau de gélatine dans l'eau, à la température ordinaire, il se gonfle jusqu'à augmenter de douze à treize fois de volume (fig. 1). Mais ce gonflement n'est rien à côté de celui qu'on obtient si l'on ajoute à l'eau environ 3 pour 10.000 de sa masse d'acide chlorhydrique : l'augmentation est alors de quatre-vingts fois environ le volume d'origine (fig. 1). L'addition à l'eau d'un acide autre que l'acide chlorhydrique aurait produit des effets analogues ; de même, l'addition de bases, comme la soude, ou de sels ; mais les proportions nécessaires pour donner le maximum d'effet varient avec les corps dissous dans l'eau.

En même temps que la gélatine subit ces variations de volume, et au fur et à mesure qu'elle se gonfle, ses propriétés mécaniques se transforment. Tout d'abord, quand elle est sèche ou qu'elle contient très peu d'eau, c'est une matière cornée, dure et cassante, puis, par le gonflement, ses propriétés élastiques vont rapidement en augmentant et sa rigidité en diminuant. De plus, la gelée est d'autant plus fusible qu'elle est plus gonflée.

La pression agit sur les gelées dans le même sens que l'échauffement, c'est-à-dire que la fusion de la gelée se produit à une température d'autant moins élevée que la pression est plus grande.

Or, l'état de plasticité commençant avec la fusion, c'est par la chaleur et la pression qu'on agit sur les matières plastiques pour les mouler. Dans des conditions déterminées pour chacune d'elles, ces matières sont capables de fluier, c'est-à-dire, sinon de se comporter tout à fait comme des liquides, qu'elles ne sont pas, du moins de réparer automatiquement les ruptures internes qui se produisent dans leurs masses, par suite des propriétés adhésives qu'elles ont acquises par un commencement de fusion.

Le moulage n'est pas, en général, une simple déformation que la substance doit subir dans le sens de son épaisseur, sans que celle-ci varie ; il y a, la plupart du temps, à produire des déformations beaucoup plus grandes, et la matière en excès, à certains endroits, est obligée de fluier pour remplir les parties du moule où elle fait défaut. C'est ce que montre la figure 2.

Les gelées simples ou mélangées

La partie plastique d'une matière à mouler doit donc être une gelée, c'est-à-dire une substance colloïdale gonflée, ou plastifiée, par un corps liquide ou solide à l'état de solution dans le colloïde. Les quantités relatives de colloïde et de plastifiant étant telles que, par l'action combinée de la chaleur et de la pression, ou de l'un seulement de ces facteurs, la gelée prenne un état pâteux assez fluide et des propriétés adhésives suffisantes pour que le broyage produit par les grandes déformations qu'on lui fait subir soit compensé par un collage parfait de toutes les parties qui entrent en contact.

Dans la pratique courante, les matières plastiques ne sont pas toujours des gelées simples. Ce sont, très fréquemment, des mélanges formés d'une gelée et de matières diverses, insolubles dans la gelée, qui ont pour but, soit de les rendre opaques, soit de leur donner une couleur ou une apparence déterminée, soit enfin d'en réduire le prix de revient par addition de corps bon marché. La gelée agit alors comme une colle qui unit ensemble d'une manière fixe tous les grains insolubles de la substance additionnelle employée comme « charge ».

Cependant, certains colloïdes, sans intervention de plastifiants, se comportent, par eux-mêmes, comme des gelées. De même que nous avons pris la gélatine comme type de matière se transformant en gelée par gonflement, nous indiquerons le caoutchouc comme type de colloïdes ayant naturellement les propriétés d'une gelée, colloïdes auxquels on a donné le nom d'*isocolloïdes*. Le caoutchouc a bien, en effet, la constitution d'une gelée, en ce sens qu'il est formée de deux composants qui diffèrent par leur degré de cohésion, l'un étant plutôt solide et l'autre plutôt liquide, mais tous deux ayant la même composition chimique.

Beaucoup de métaux et, en particulier, ceux qui peuvent se forger, s'estamper, se laminier ou s'étirer en fils, sont des *isocolloïdes*, c'est-à-dire des colloïdes autoplastifiés susceptibles, soit à froid sous de fortes pressions, soit à une température plus ou moins élevée avec des efforts moindres, de subir et de garder les déformations qu'on leur a imposées. On sait que ces propriétés appartiennent à un grand nombre des métaux usuels, tels que le fer, le cuivre, le plomb, le zinc, l'argent, l'or, etc. Leurs alliages font partie, suivant les cas, ou des isocolloïdes, ou des colloïdes ordinaires gonflés par une combinaison souvent cristallisable des métaux formant l'alliage.

Il existe, enfin, une catégorie de matières colloïdales qui n'ont pas l'homogénéité des gelées, ce qu'on peut juger par la transparence, sauf, naturellement, dans le cas des métaux, et qui se rapprochent des composés formés par addition de matières pulvérulentes insolubles à une gelée; ce sont des corps qui, lorsqu'ils étaient à l'état de poudres fines, ont été gélifiés partiellement, par l'eau ou tout autre plastifiant, sans qu'on ait laissé le contact subsister assez longtemps pour que le gonflement gagne toute la masse en profondeur. Chaque grain de matière colloïdale est alors recouvert d'une couche plus ou moins épaisse de cette matière gonflée qui leur permet de se coller ensemble. Le type de ces matières est la porcelaine, formée de grains de kaolin gélifiés superficiellement par de l'eau et formant ainsi une pâte qui peut être moulée. La cuisson de cette pâte, après séchage sommaire, a pour but d'atteindre la température de fusion de la surface gélifiée des grains de kaolin et de souder ceux-ci ensemble pour en faire une masse désormais indéformable.

Le gonflement superficiel des argiles se retrouve dans des matières bien différentes, telles que la cellulose dont l'hydratation superficielle permet le collage des fibres entre elles pour la fabrication du papier, ou la laine qui, traitée d'une manière analogue, devient apte à fournir le feutre.

La polymérisation et la condensation des matières colloïdales

A quelles causes certaines matières doivent-elles d'exister sous l'état colloïdal ou le pouvoir le prendre dans certaines conditions? C'est à la propriété qu'elles possèdent de pouvoir se *polymériser* ou se *condenser*.

Nous devons expliquer ce que l'on entend par ces mots.

On sait que, dans la longue liste des composés chimiques connus, il en existe qu'on appelle « corps saturés » et d'autres non saturés.

Les composés saturés sont des corps dont les affinités chimiques sont en totalité satisfaites et auxquels il n'y a pas possibilité d'ajouter d'autres constituants sans en éliminer une partie équivalente appartenant au corps initial. Tous

les composés de cette espèce sont des cristal-loïdes (1).

Les corps non saturés, au contraire, s'ils ne sont pas toujours colloïdaux, sont les seuls qui le puissent devenir sous certaines influences. Pour préciser, considérons un corps *A* non saturé; on pourra le représenter (fig. 3) par un cercle pourvu de deux tirets figurant les liens d'affinité non satisfaite de la molécule (*a*), ces deux affinités pouvant s'unir ensemble, par un jeu des liaisons internes d'atome à atome dans la molécule (*b*). Cependant, on conçoit comme possible que les liaisons internes des molécules (*b*) soient moins solides, dans certaines conditions, que celles qui pourraient unir plusieurs molécules *A* entre elles suivant la forme (*c*). On dit dans ce cas qu'il y a polymérisation colloïdale.

Toutefois, quelle que soit la longueur de la chaîne formée par l'addition successive de molécules *A*, il reste toujours aux deux points extrêmes des affinités libres qui ne peuvent subsister dans cet état. Deux possibilités se présentent alors: ou, comme en (*c*), un déplacement des liaisons internes permet de figurer la molécule par réunion de ses liaisons extrêmes, ou, comme le montre (*d*), la molécule est saturée par deux groupements *M* et *N* qui prennent place aux extrémités de la chaîne moléculaire et en limitent la longueur.

Si l'on est en milieu aqueux, les deux groupements *M* et *N* peuvent être les constituants de l'eau (*e*). L'eau ainsi ajoutée au colloïde est appelée le corps de *solvatation*; nous avons pris l'eau comme exemple par raison de simplicité, mais aussi parce que l'exemple en est très fréquent pour toutes les matières solubles ou seulement gonflables dans l'eau pure. Les constituants de l'eau peuvent être d'ailleurs remplacés par d'autres, tels que ceux de l'acide chlorhydrique dans le cas, en particulier, de la gélatine dont nous avons parlé plus haut, et l'on a vu que ces groupes terminaux de solvatation modifient considérablement les propriétés de gonflement du colloïde. Ainsi, la matière colloïdale (soit la gélatine pour garder le même exemple), dès qu'elle commence à se gonfler, se transforme par solvatation en hydrate de gélatine, si l'eau est pure, ou en chlorure de gélatine, si elle contient de l'acide chlorhydrique, ou en gélatinat de sodium, si elle contient de la soude.

Il existe enfin un autre mode de polymérisation qu'on appelle parfois plus spécialement *condensation*. C'est celui qu'on observe quand plusieurs molécules, polymérisées ou non, sont en présence et que l'addition de molécules autres *B* (fig. 4), possédant deux liens de jonction libres, produit le groupement des molécules *A* par l'intermédiaire des molécules additionnelles.

(1) On peut voir à cette règle quelques exceptions, probablement plus apparentes que réelles; citons, comme exemple, certaines paraffines.

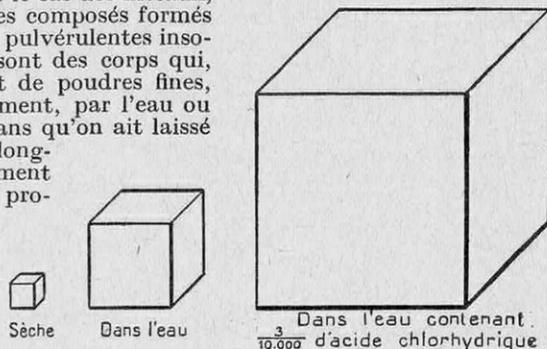


FIG. 1. — UNE CURIEUSE PROPRIÉTÉ D'UN COLLOÏDE : LA GELÉE DE GÉLATINE

La gelée de gélatine augmente de treize fois son volume si on la plonge dans l'eau et de quarante-deux fois son volume dans de l'eau contenant une faible quantité d'acide chlorhydrique.

Les exemples de ce cas sont très nombreux ; nous citerons l'insolubilisation ou la pectisation que produit la formaldéhyde sur de nombreux corps organiques, celles que produisent le soufre et le chlorure de soufre sur le caoutchouc, et l'action de l'oxygène sur l'huile de lin.

Plastification et solvatisation

D'une manière tout à fait générale, on doit considérer que les matières colloïdales sont formées de molécules très grosses, produites par l'addition de molécules identiques entre elles, mais plus petites.

Si l'addition de ces molécules se fait directement, on dit que le colloïde est produit par *polymérisation* ; si cette addition se produit à la faveur d'un composé intermédiaire, le colloïde est un produit de *condensation*. Dans tous les cas, les chaînes moléculaires obtenues sont limitées à leurs extrémités par des groupes de solvatisation, qui saturent la molécule.

Une matière colloïdale n'est donc jamais un corps pur, au sens habituel donné à ce mot ; elle contient toujours un produit d'addition qui est indispensable à sa stabilité. Ce produit d'addition doit même se trouver en excès dans la matière pour lui permettre de se ramollir à la chaleur, puisque ce phénomène est un effet de dépolymérisation et que celle-ci entraîne toujours une solvatisation croissante du colloïde.

Le corps nécessaire à la solvatisation est fréquemment l'eau, qu'il est impossible d'enlever en totalité dans bien des cas et qui peut être empruntée à l'atmosphère.

Quand, cependant, les conditions sont telles que le solvatisant n'existe pas dans le milieu, on peut se demander comment se produira la fusion même partielle, ou le ramollissement de la substance colloïdale. La chaleur produit alors dans la matière une décomposition moléculaire réversible ou irréversible, suivant les cas. Il y a ou bien fusion avec retour par refroidissement au corps solide, ou décomposition pyrogénée de la substance et production de nouveaux composés.

Si nous cherchons à fondre, par exemple, de la gélatine, de l'albumine ou de la cellulose (à l'abri de l'air pour écarter l'action de l'oxygène), nous observons qu'il est impossible d'empêcher la décomposition de ces corps et que l'on n'observe de ramollissement, dans le cas en particulier de la gélatine, qu'après avoir détruit une partie de cette matière dont les éléments servent à la solvatisation du restant. Mais, même dans ce cas, le retour à la substance d'origine est impossible par simple refroidissement. C'est ce qui se passe avec toutes les matières colloïdales qui n'existent que sous cet état et que l'on ne connaît pas cristallisées.

Dans le cas du soufre, qui est habituellement cristallisé et qui n'existe à l'état colloïdal (soufre mou) que dans des cas particuliers, il

suffit de le chauffer (quand il est dans cet état) pour le ramener à l'état cristallin par fusion.

Pour qu'une matière colloïdale soit plastique, c'est-à-dire pour qu'elle puisse, par échauffement, perdre sa rigidité et commencer à fondre, il faut donc lui ajouter les éléments de solvatisation qui lui seront nécessaires quand cette fusion, c'est-à-dire la dépolymérisation, commencera à se produire. Ces éléments de solvatisation sont ce qu'on nomme les *plastifiants*.

Les colloïdes dans l'industrie

Les diverses formes de plastification des matières colloïdales sur lesquelles nous avons été obligés de donner quelques détails, vont nous permettre de parler des applications industrielles de ces matières non pas en les

classant, comme on le fait habituellement, par catégories chimiques, mais en n'utilisant que leurs propriétés colloïdales. Cette classification a l'avantage de placer côte à côte des industries très différentes les unes des autres, mais dans lesquelles se retrouvent les mêmes phénomènes colloïdaux ; on opérera ainsi des rapprochements que les propriétés des substances considérées

imposent, mais qui ne sont pas évidents au premier abord.

Industries basées sur les matières plastiques irréversibles

Nous commencerons par une grande classe de matières colloïdales qualifiées d'*irréversibles*.

Les colloïdes irréversibles sont ceux qui, après avoir été mis en solution par gonflement, subissent dans cette solution une modification telle qu'ils se coagulent dans une forme insoluble, ou qui prennent cette même forme par évaporation du solvant.

La coagulation est, dans ce cas, accompagnée d'une réaction chimique du colloïde avec certains constituants de la solution ou du coagulant. Ces réactions chimiques peuvent, d'ailleurs, se produire dans bien des cas, sur la matière colloïdale à l'état sec ou à l'état de gelée ; elles se traduisent finalement par une insolubilisation de la substance dans les milieux où elle était préalablement soluble. Il y a formation, dans tous les cas,

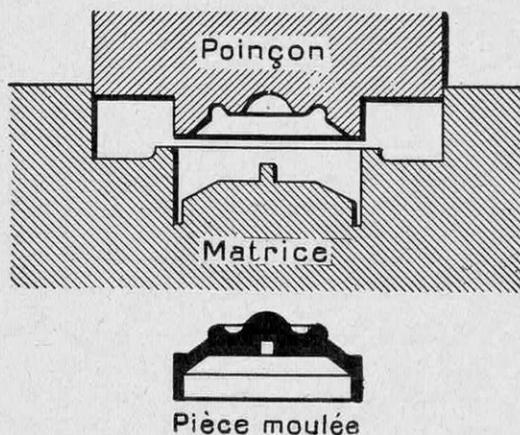


FIG. 2. — LE MOULAGE EST BASÉ SUR LA PLASTICITÉ DES COLLOÏDES

de composés stables, dans lesquels le corps additionnel est l'agent de condensation qui produit une polymérisation plus générale et plus solide.

Gélatine. — Au delà de 35° ou 40°, la gélatine est soluble dans l'eau en donnant des liquides plus ou moins visqueux, suivant la concentration et la température ; mais cette gélatine est insoluble dans l'alcool qui peut être employé comme coagulant. La gélatine ainsi coagulée et séchée a repris les propriétés qu'elle avait avant dissolution.

Si la même solution, au lieu d'être traitée par l'alcool, avait été additionnée de formaldéhyde (formol), la coagulation aurait donné une gélatine dite *pectisée*, en réalité un composé de gélatine et de formol insoluble dans l'eau et même très peu gonflable. C'est ce corps qu'on nomme la *gélatine insoluble*, dont nous avons dit quelques mots plus haut.

Le tanin et différentes matières analogues ont la même propriété que le formol de se combiner à la gélatine en donnant un composé insoluble. Les peaux d'animaux, qui contiennent une forte proportion de gélatine ou de collagène, sont transformées en cuirs, par la réaction du tanin ; c'est la base même de la *tannerie*. Certains sels tels que ceux de chrome, ont une action analogue avec le concours de la lumière. Cette réaction, connue depuis longtemps, a été utilisée en photographie et en héliogravure. Appliquée au traitement des peaux, cette méthode donne les *cuirs chromés*.

Caséine. — Cette matière, albuminoïde du lait, appartient, comme la gélatine, à la classe nombreuse des protéines et elle se comporte de la même manière vis-à-vis du formol. Cette propriété a donné naissance à une matière analogue à la gélatine insoluble, mais dont le succès industriel a été considérablement plus grand ; on la nomme la *galalithe*, mais elle porte souvent d'autres noms servant de marques commerciales : *sicalite*, *lactolite*, *cornalite* et autres. L'im-

portance actuelle de cette fabrication en France dépasse plusieurs milliers de tonnes par an. Ce sont ces matières qui donnent les plus belles imitations de l'écaille et de la corne.

Résines phénol-formaldéhyde. — La réaction du formol sur le phénol, dans certaines conditions, donne naissance à un produit colloïdal qui fait partie de la liste de plus en plus longue des résines artificielles. Ce corps est soluble dans les mélanges d'alcool et d'acétone et les solutions séchées à basse température, montrent que c'est un colloïde réversible.

Cependant, lorsqu'on le chauffe à une température suffisante et, de préférence, sous pression, il se pectise et donne une matière transparente, allant, suivant la préparation, du jaune pâle au rouge brun, dont les applications sont devenues considérables. Sous les noms de *bakélite*, *formite*, *cérite* et bien d'autres, on fabrique, dans le monde, environ 13.000 tonnes par an (1926) de ces résines ; mais la France ne représente que 8 % de ce total.

Dans les réactions successives de condensation du phénol

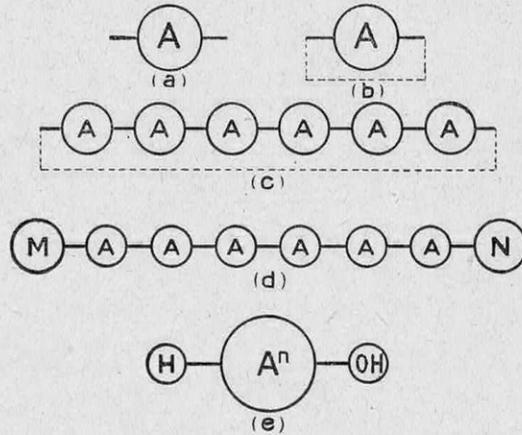


FIG. 3. — CE QUE L'ON DOIT ENTENDRE PAR POLYMERISATION ET SOLVATISATION

Une molécule (a), d'un corps A non saturé, peut s'unir à d'autres molécules (b) de A et former une molécule (c). C'est la polymérisation. Cette molécule (c), non saturée, peut s'unir à deux groupements M et N. Si les deux groupements M et N sont les constituants de l'eau H-OH, on obtient la molécule (e). L'eau est le corps de solvatisation.

par le formol, les soudures des molécules se font avec élimination d'eau à chaque accroissement de dimension. Quand ces molécules sont encore assez courtes, le produit est liquide et son solvatisant, c'est-à-dire l'eau, reste en quantité notable. En continuant à le chauffer, le corps devient de plus en plus visqueux et se solidifie au refroidissement. C'est la forme sous laquelle cette résine est connue comme fusible et soluble dans certains liquides et qu'elle est employée pour faire des vernis. C'est aussi sa forme plastique, sous laquelle elle est employée à faire des moulages soit seule, soit mélangée à des poudres inertes diverses, et, en particulier, à la poudre de bois.

Si le chauffage est poursuivi plus loin, jusqu'à 200° environ, il y a encore une nouvelle perte d'eau et la substance est devenue infusible.

Viscose. — La viscose est obtenue par solubilisation de la cellulose, provenant du bois ou du coton, dans un mélange de soude caustique et de sulfure de carbone. On prépare ainsi un *xanthate* ou xanthogénate de cellulose. Ce produit, en présence d'un excès de soude, se transforme, peu à peu, avec le temps, en composés de plus en plus riches en cellulose. C'est la période de maturation. Lorsque celle-ci a atteint le degré convenable de plasticité, suivant l'application qu'on en veut faire (soie artificielle ou matière plastique), on lui donne la forme que l'on désire et on coagule dans un bain de sel. Le produit final, nommé *viscose*, est une cellulose régénérée.

La viscose est, depuis quelques années, la base d'une industrie extrêmement importante et qui croît tous les jours. Son application principale est la fabrication de la *soie* qui porte son nom. Les *soies « viscose »* représentent, à l'heure actuelle, plus de 85 % de la fabrication totale des soies artificielles.

La production des soies artificielles dans le monde subit, depuis quelques années, un accroissement considérable que montre le graphique de la figure 6, où cette production est comparée à celle de la soie naturelle. On y voit que la production mondiale a atteint environ 105.000 tonnes par an. La production française est comprise dans ce nombre pour un peu moins de 9.000 tonnes.

Huiles oxydées et vulcanisées. — Les huiles végétales, en général, et principalement l'huile de lin, sont des corps sur lesquels l'oxygène joue le rôle d'agent de liaison ; cette opération se fait avec le concours de la chaleur et l'oxydation transforme l'huile en produits solides, transparents, qui sont employés sans mélange pour la fabrication des *taffetas gommés* (pharmacie, isolants électriques...). Mélangées à des poudres de bois ou de liège, des résines et des pigments colorés, ces huiles oxydées ou linoxynes servent à fabriquer les *toiles cirées* et les *linoléums*.

Ce phénomène de condensation de l'huile de lin par l'oxygène est la base de l'emploi de cette huile dans les *peintures* ; l'oxydation naturelle de l'air est habituellement facilitée par l'action de certains sels de

plomb, de manganèse et autres qui agissent comme catalyseurs.

Dans ces réactions de condensation des huiles, l'oxygène peut être remplacé par le soufre ; on obtient alors des huiles vulcanisées qui sont très largement employées comme *factices* du caoutchouc et qui entrent dans les mélanges pour une part quelquefois assez importante.

Autres résines. — En dehors des nombreuses résines artificielles obtenues par une réaction analogue à celle du phénol sur le formol, soit par remplacement du phénol par des composés de même nature, comme les crésols, la résorcine ou les naphthols, soit en substituant à la formaldéhyde, l'aldéhyde benzoïque ou d'autres, il existe un certain

nombre de composés qui se polymérisent dans certaines conditions et donnent des matières solides prenant la forme des vases dans lesquels la polymérisation s'est produite ; ces matières peuvent alors être travaillées à la lime, au tour ou à la raboteuse, de la même manière que les métaux ou le bois. Elles offrent l'intérêt d'être peu fragiles, souvent transparentes ou ambrées et de pouvoir prendre des colorations diverses.

Les propriétés particulièrement intéressantes du formol comme agent de condensation de nombreux composés

organiques ont été appliquées également à l'urée et ont permis d'obtenir un produit fabriqué en France sous le nom de *prystal*. C'est une matière qui se distingue des autres résines dont nous avons parlé par une absence complète de coloration et une transparence comparable à celle du verre.

D'autres matières se transforment en produits solides et souples par simple polymérisation ; parmi celles-ci nous signalerons le *métastyrol*, assez anciennement connu ; le cinamène, ou styrol, est un hydrocarbure liquide, qui, dans des circonstances non encore définies, peut se solidifier brusquement en donnant une matière cornée translucide. C'est un phénomène de polymérisation qui peut être obtenu par chauffage à 200° en tube scellé. On ne connaît aucun moyen de transformer le métastyrol pour reproduire le cinamène. Ce corps n'a pas d'applications industrielles.

Certains brais, comme le *brai de stéarinerie*,

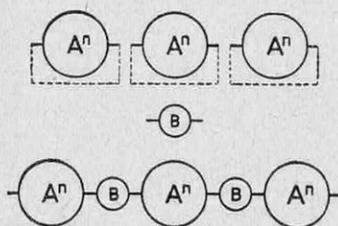


FIG. 4. — CE QU'IL FAUT ENTENDRE PAR CONDENSATION

C'est un mode particulier de polymérisation que l'on observe quand plusieurs molécules A, polymérisées ou non, sont en présence et que l'addition d'autres molécules B produit le groupement des molécules A par l'intermédiaire des molécules B.

sont susceptibles de se polymériser aussi par la chaleur. Ce brai est un produit mou à la température ordinaire, soluble dans les hydrocarbures et leurs dérivés chlorés. On en peut donc faire des vernis qui ont été employés pour les métaux, sur lesquels ils laissent une couche brillante d'un beau noir. Lorsqu'on chauffe les pièces ainsi enduites vers 210°, il se produit une transformation dans la matière qui devient insoluble et infusible, sans avoir perdu son brillant et qui a gardé une élasticité suffisante pour que l'on puisse plier les échantillons sans produire de craquelures.

Citons encore le produit obtenu par polymérisation de l'acroléine et découvert pendant la guerre par M. Moureu. Cette matière, dénommée commercialement *orca*, est de couleur très claire, infusible et insoluble, et peut se travailler avec tous les outils ordinaires.

Industries basées sur les matières plastiques réversibles

Par opposition à ce que nous venons de rappeler, les matières colloïdales réversibles sont celles qui se mettent en solution quand on les

plonge dans une quantité suffisante de solvant et qui, par coagulation et évaporation du solvant, gardent leurs propriétés primitives et peuvent être dissoutes à nouveau dans les mêmes conditions. Ce résultat est obtenu non seulement lorsque les qualités du colloïde le permettent, mais aussi en n'utilisant, pour la coagulation, que des agents n'ayant pas une action chimique trop importante sur le colloïde.

Peuvent faire partie des matières plastiques réversibles dans certaines conditions : la gélatine, le caoutchouc, l'albumine, les éthers de cellulose (nitrate, acétate, butyrate, etc.), les résines naturelles et même, à un certain état, les résines artificielles, les savons, les gommés et beaucoup d'autres corps.

Nous allons dire quelques mots des produits qui ont des applications industrielles.

Les colles. — Employées à l'état de solutions visqueuses, toutes les matières de cette catégorie sont susceptibles de fournir des colles. Celles de gélatine et d'albumine sont connues de longue date et il n'y a rien de spécial à en dire. Celles de caséine, de silicate de sodium, de gomme arabique, de caoutchouc, etc..., rentrent dans le même cas. Pour ces différentes matières, on a dit souvent que leur action provenait uniquement de la suppression de l'air entre les deux parties collées ensemble et que l'adhésion provenait de la pression atmosphérique qu'il faut vaincre pour séparer les pièces, comme on le démontre en physique pour les clas-

siques hémisphères de Magdebourg. Un bon collage exige des efforts beaucoup trop grands pour que cette cause puisse intervenir plus que pour une part. Il faut ajouter à l'action de la pression atmosphérique le phénomène chimique qui provient de ce que l'évaporation du solvant laisse libre des affinités de solvation du colloïde et qu'une réaction chimique de même ordre s'exerce entre le colloïde et la substance superficielle des pièces à coller. C'est ce qui explique que

toutes les colles ne sont pas également capables de coller des matières quelconques.

On ne peut, en particulier, coller ensemble que des pièces faites de matières colloïdales, ou en contenant au moins superficiellement. Il est intéressant de citer à ce sujet l'expérience qui consiste à laisser sécher sur du verre ou de la porcelaine une solution colloïdale de silicate de sodium ou de gélatine. On observe alors que le retrait, ou la synérèse, du colloïde en s'opérant, arrache à la surface du vase des débris du verre ou de la porcelaine qui le forme, prouvant ainsi que l'adhésion de la colle à ces matières est plus forte que leur propre cohésion, cependant très grande. Toutefois, si l'on opère de la même manière, en remplaçant le verre ou la porcelaine par du spath d'Islande ou du mica, rien de semblable ne se produit.

Les vernis. — Beaucoup de vernis préparés avec les gommés ou résines naturelles,

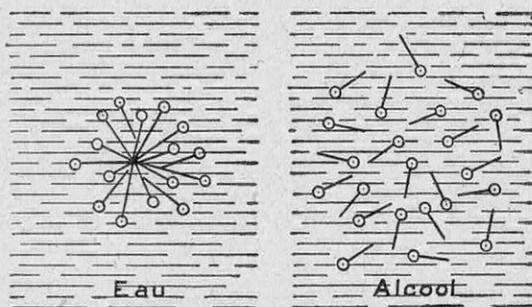


FIG. 5. — SOLUTIONS DE SAVON DANS L'EAU ET DANS L'ALCOOL

Dans l'eau, les molécules de savon sont solubles par une extrémité et insolubles par l'autre ; elles se groupent donc par leurs extrémités insolubles en formant des sortes d'étoiles comme celle qui est représentée à gauche. Au contraire, dans l'alcool, les molécules sont solubles à leurs deux extrémités et elles se présentent comme indépendantes ainsi qu'il apparaît sur la figure de droite.

contiennent non seulement le solvant de ces gommes, mais encore de l'huile de lin ou des corps analogues, qui, à la dessiccation, donnent, à la couche complexe déposée sur la surface à vernir, des qualités d'irréversibilité qui les rapprochent des peintures dont il a été question plus haut.

Depuis quelques années, les vernis de colloïdes réversibles se sont extrêmement répandus, par suite de leur facilité d'emploi et de leur faible prix de revient.

Une des qualités principales des vernis est de donner une surface lisse et brillante aux objets sur lesquels on les applique et qui ne l'ont pas eux-mêmes à un degré égal. Cet effet provient du phénomène de rétraction ou de synérèse, qui se produit quand la matière colloïdale du vernis se repolymérise au fur et à mesure que les groupes de solvatisation disparaissent avec le solvant qui s'évapore. Cette rétraction est parfois considérable, et une des premières applications des vernis d'acétate de cellulose était leur emploi dans l'aviation. A cause de cette propriété, les toiles recouvrant les ailes d'avion, après l'application du vernis, sont énergiquement tendues et ainsi se trouve écarté tout flottement possible, en même temps que la surface, devenue lisse, n'offre que peu de résistance au vent.

Les vernis de nitrocellulose sont aujourd'hui très répandus et employés, en particulier en grande quantité dans la carrosserie courante.

Les vernis de gomme laque dans l'alcool, utilisés autrefois en électricité, sont remplacés en grande partie par ceux de bakélite ou d'autres résines artificielles équivalentes. Ces dernières ont l'avantage d'être insolubilisées ultérieurement par la chaleur. Cette insolubilisation se produit d'ailleurs généralement d'elle-même avec le temps, même à la température ordinaire.

Soies Chardonnet et soies d'acétate. — La première fabrication de soies artificielles est celle du procédé de Chardonnet. Elle consiste à préparer une solution de nitrate de cellulose dans un solvant volatil. Cette solution, assez épaisse (ou collodion), est forcée dans des filières ; les fils formés sont séchés par évaporation du solvant ou reçus dans du liquide coagulant. Les fibres ainsi obtenues sont donc constituées par de la nitrocellulose avec toutes ses propriétés primitives, et, en particulier, sa solubilité et son inflammabilité. Différents perfectionnements ont eu pour but la dénitrification de ces fibres, avec retour plus ou moins complet à la cellulose.

La soie d'acétate est préparée de la même manière que la précédente en partant d'un collodion d'acétylcellulose, mais sans qu'aucune opération ne suive le filage et n'intervienne pour modifier la nature du produit qui garde la solubilité qu'il avait auparavant.

Cette soie a des qualités supérieures à celles de viscosse et de cellulose dénitrée en ce qui concerne son comportement vis-à-vis de l'eau. Son gonflement insignifiant dans ce liquide en a même, pendant un temps, rendu la teinture assez difficile. Les nombreuses recherches faites à ce sujet dans les dernières années, ont résolu complètement le problème de sa teinture, et la soie d'acétate, plus chère que celle de viscosse, tend à se développer pour les articles de luxe.

Celluloïd. — Le celluloïd est formé de nitrocellulose plastifiée par le camphre, où il entre dans une proportion de 30 ou 35 % (1). Le camphre est dissous dans l'alcool, et cette solution est ajoutée, dans une proportion convenable, à la nitrocellulose, qui s'en gonfle jusqu'à devenir presque un liquide, mais encore très visqueux. Cette matière est laminée à la calandre, et les feuilles obtenues sont superposées les unes aux autres ; le tout est comprimé sous la presse hydraulique. Les feuilles se collent ensemble jusqu'à ne former qu'un bloc unique. On chauffe alors la presse à 80° pour évaporer la plus grande partie de l'alcool. On met ensuite les blocs dans l'eau froide et on peut alors les découper à la forme et à l'épaisseur désirées, au moyen de raboteuses spéciales.

Les applications du celluloïd sont innombrables et, ce qui limite son emploi, c'est son odeur de camphre et sa combustibilité qui en fait un corps dangereux, surtout quand il est accumulé en assez grande quantité. En dehors des celluloïds en planches, en bâtons ou en tubes qui sont travaillés à l'outil et peuvent ainsi prendre les formes les plus variées, on vient d'innover, depuis quelques années, les objets en celluloïd soufflé, bien connus. La facilité que garde le celluloïd de pouvoir se coller à lui-même par l'emploi de collodion, permet d'en faire des petites boîtes et des bacs tels que ceux qu'on emploie pour les accumulateurs.

La France a exporté, en 1926, près de 700 tonnes de celluloïd valant plus de 15 millions de francs ; mais l'importation, dans la même année, atteignait plus de 400 tonnes, représentant un total de 10 millions de francs.

(1) Voir dans *La Science et la Vie*, n° 59, page 449, l'article sur la fabrication du celluloïd.

Caoutchouc, verres et matériaux de construction

Pour finir notre exposé des matières colloïdales utilisées pour leurs qualités plastiques, nous parlerons de diverses matières qui diffèrent un peu de celles que nous avons passées en revue précédemment et qui ont des caractères spéciaux qui leur sont propres.

Le caoutchouc. — Cette matière, à l'état naturel, a la constitution d'une gelée, ainsi que nous l'avons vu plus haut ; elle est formée de deux substances de même nature, ne différant que par leur degré de polymérisation. Il suffit de chauffer le caoutchouc aux environs de 60° ou 70° pour qu'il soit plastique, qu'il puisse prendre la forme qu'on lui impose et qu'il la garde après refroidissement.

La gutta-percha, qui est proche parente du caoutchouc, ne s'emploie que de cette manière ; on la plastifie en la mettant dans l'eau chaude. D'autres manières naturelles, telles que la corne, se comportent également ainsi.

Les Indiens n'employaient autrefois le caoutchouc que sous sa forme naturelle, mais elle est alors assez facilement altérable à la lumière par oxydation et elle supporte mal la chaleur. On n'utilise guère sous cette forme, aujourd'hui, que la *feuille anglaise*.

Les principales applications du caoutchouc, en particulier les pneumatiques, reposent sur la transformation du caoutchouc en composé insoluble par la *vulcanisation*. Cette opération consiste à le mélanger avec du soufre en poudre fine, d'une façon très intime, vers 60° ou 70°. A cette température, le mélange est plastique, comme le caoutchouc ordinaire, et peut être façonné par pression. Il suffit alors de le chauffer entre 135° ou 140°, sous pression, pour le transformer en composé sulfuré qui, par condensation, donne un nouveau produit beaucoup plus résistant mécaniquement et d'une stabilité supérieure aux agents atmosphériques et à la chaleur.

Les verres. — Les verres courants sont formés par la fusion d'un mélange de sable (silice), de chaux et de soude (ou de potasse). Une fois fondu, ce mélange est le siège de réactions chimiques qui produisent des silicates de calcium et des silicates alcalins (de sodium ou de potassium). Nous disons des silicates, car chacun de ces composés est de nature colloïdale et est formé de produits polymérisés. En réalité, il y a production de silice polymérisée qui se trouve solvatisée, suivant les conditions de température, soit par de la chaux, soit par un alcali. Ces deux genres de composés sont, colloïdalement

parlant, très distincts ; la chaux dispose de deux affinités (1) qui la font un agent possible de condensation, alors que la soude ou la potasse ne sont que des solvatisants.

La fusion du verre est donc une solvatisation progressive des silicates colloïdaux de calcium par les silicates plus simples des métaux alcalins. Au refroidissement, au contraire, l'opération inverse se produit et le verre, sous la forme que nous lui connaissons ordinairement, est une gelée de silicates condensés de

calcium gonflée de silicates alcalins.

Cette transformation, qui s'opère pendant la période de ramollissement du verre, demande un temps appréciable pour se produire, et un refroidissement insuffisamment progressif ne permet pas à ces réactions de se faire en totalité ; elles peuvent alors se continuer beaucoup plus lentement à froid, mais elles sont souvent cause que les pièces se brisent d'elles-mêmes, quelques mois après leur fabrication. On pare à cet inconvénient par le recuit.

Des exemples nombreux de ces modifications chimiques, qui s'opèrent pendant le durcissement du verre, sont donnés par les verres colorés (verres rubis, par exemple), dans lesquels le métal qui les colore est, dans

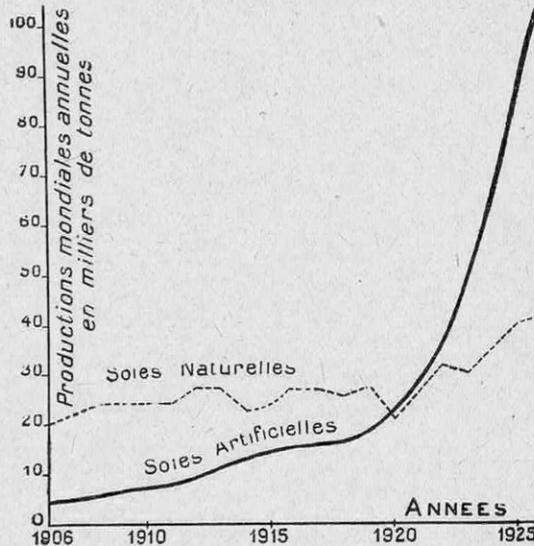


FIG. 6. — PRODUCTIONS COMPARÉES DE LA SOIE NATURELLE ET DE LA SOIE ARTIFICIELLE DEPUIS VINGT ANS

(1) La molécule de chaux (Ca O) possède une double liaison (Ca = O) et peut, par suite, former des composés de polymérisation, tels que : Ca - O - Ca - O... ou d'autres.

le verre fondu, à l'état de silicate à peu près incolore et se trouve libéré pendant un refroidissement lent.

Ces phénomènes sont, d'ailleurs, les propriétés de toutes les gelées, dont la fusion présente les mêmes caractères généraux que celle du verre.

Céramique et matériaux de construction. — Ces matières nombreuses et diverses sont formées de gelées (à base de silicate d'aluminium) mélangées de substances non gonflées (ou non gonflables) dans l'eau, et pouvant être de même nature ou d'une nature différente de celle des composants de la gelée. Ces corps sont opaques, ainsi que le sont, plus ou moins, toutes les gelées mélangées, suivant la proportion de matières étrangères qu'elles contiennent.

Le kaolin et, d'une manière générale, toutes les argiles, sont des silicates d'aluminium plus ou moins hydratés que l'on trouve dans la nature à un état de pureté variable. Les plus pures sont tout à fait blanches; elles sont fréquemment jaunes ou verdâtres. L'impureté qui agit le plus sur leur coloration est celle de sels de fer qui, verts à l'état de sels ferreux, deviennent rouges par oxydation pendant la cuisson. C'est ce qui produit la couleur des briques, des tuiles et des poteries diverses.

Les argiles, avant d'être employées à la fabrication des pièces de *céramique*, subissent habituellement un pourrissage lent qui correspond à une transformation en gelée des grains de la matière gonflable. Les parties non gonflables, généralement en quantités suffisantes, restent à l'état de grains dispersés dans la masse plastique, qui forme le tout. Une fois moulée ou mise à la forme voulue par un moyen quelconque, la masse est séchée, puis chauffée à une température telle que la partie gélifiée subisse un commencement de fusion. Il y a alors soudure, par une sorte de verre, des grains non gonflés.

Dans les produits de qualités très ordinaires (briques, tuiles, poteries), les matières étrangères non gonflables forment une partie très importante de la masse totale, et la gelée qui lie les grains n'est qu'en quantité faible. C'est ce qui leur donne une fragilité relative assez grande et aussi cette porosité qui exige, si les objets doivent être étanches, qu'on les munisse d'une couverture formée d'un verre très fusible ou *émail*.

Les ciments et les chaux hydrauliques, qui jouent un rôle si important dans la construction moderne, doivent leurs propriétés à la transformation colloïdale qui s'opère lorsqu'ils sont additionnés d'eau. On sait que ces matières sont formées par un mélange de chaux vive et d'argile. Lorsque la proportion d'argile est comprise entre 65 et 35 %, on obtient ce qu'on appelle le *ciment*, à prise plus ou moins rapide, et lorsqu'elle se tient entre 15 et 25 %, on lui donne le nom de *chaux hydraulique*. Ces mélanges sont cuits et ainsi transformés en gelées de silicates calciques, gonflés d'aluminates calciques. Par addition d'eau, les silicates, qui sont colloïdaux, se gonflent d'eau et la cèdent ensuite peu à peu aux aluminates qui cristallisent avec douze molécules d'eau.

Quand la quantité d'eau qui a été ajoutée en faisant le mortier a été bien proportionnée, la prise du ciment se produit sans qu'aucune évaporation ne soit nécessaire. Toute l'eau du mélange est fixée par l'aluminate cristallisé, et la gelée de silicate, desséchée par cette absorption, reste entre les cristaux et les scelle les uns aux autres.

Ce tableau rapide des applications industrielles des colloïdes suffit pour montrer leur extrême importance. On n'oubliera pas cependant que, quelle que soit leur diversité au point de vue du produit final, elles dérivent toutes de la réaction chimique de polymérisation ou de condensation de la matière.

PAUL BARY.

N'OUBLIONS PAS QUE :

Les charbonnages du Nord et du Pas-de-Calais ont presque doublé leur production par rapport à celle d'avant guerre. Cela tient surtout à l'outillage moderne perfectionné et scientifiquement appliqué, que les houillères françaises, détruites par l'invasion étrangère, ont adopté pour leur reconstitution et leur exploitation. Les houillères anglaises, qui n'ont pu modifier leurs conditions d'exploitation, peuvent difficilement concurrencer les marchés extérieurs. La Pologne, par exemple, a pu livrer en Angleterre même des charbons extraits de son sol, en dépit des frais de transport.

LES PROGRÈS RÉCENTS RÉALISÉS DANS LA FABRICATION DE LA PÂTE À PAPIER « DE BOIS »

Par G. DUPONT

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BORDEAUX
DIRECTEUR DE L'INSTITUT DU PIN

Chaque année, plus d'un million et demi de tonnes de bois sont nécessaires pour fabriquer la pâte à papier dont la France a besoin. Ce simple chiffre suffit à montrer le prodigieux développement de l'industrie papetière moderne. C'est pourquoi, depuis longtemps déjà, le chiffon — matière première originale du papier — est réservé à la fabrication de luxe. La chimie trouva d'ailleurs rapidement des succédanés du chiffon, dont la paille, le lin et surtout le bois sont les principaux. On sait, en effet, que le papier est constitué par de la cellulose contenue dans le coton des chiffons, comme dans les fibres du bois. Pour transformer ce dernier en matière susceptible de remplacer le coton dans la fabrication du papier, il suffit de séparer les fibres accolées dans la tige. Dans ce but, on s'adresse, soit à des méthodes mécaniques, soit à des procédés chimiques, ceux-ci permettant d'ailleurs de préparer une pâte à papier presque semblable à celle provenant du coton. Notre collaborateur, M. G. Dupont, spécialiste éminent de toutes les questions concernant le bois, a bien voulu rédiger, à l'intention de nos lecteurs, l'article ci-dessous, où il expose avec une grande clarté les méthodes les plus modernes de l'industrie papetière, ainsi que les procédés utilisés en vue de la récupération des réactifs employés qui, s'ils étaient perdus, diminueraient considérablement le rendement de l'exploitation.

Importance industrielle et économique de l'utilisation des végétaux pour la fabrication du papier

LE papier est devenu l'une des matières les plus indispensables à la vie des nations civilisées.

Son emploi est, cependant, assez récent en Europe, puisque l'on n'y trouve guère de documents écrits sur papier de coton avant le XII^e siècle. Jusqu'au dernier quart du

siècle passé, le papier fut exclusivement fait de chiffons ; mais, à partir de cette époque, les besoins s'élevèrent tellement par suite du développement de l'imprimerie (livres, journaux, affiches, etc.) qu'il devint indispensable de trouver des matières premières abondantes susceptibles de remplacer les chiffons trop rares.

Ces succédanés, on les a trouvés dans les végétaux divers : la paille, le lin, mais surtout le bois. Aujourd'hui, l'emploi de ces

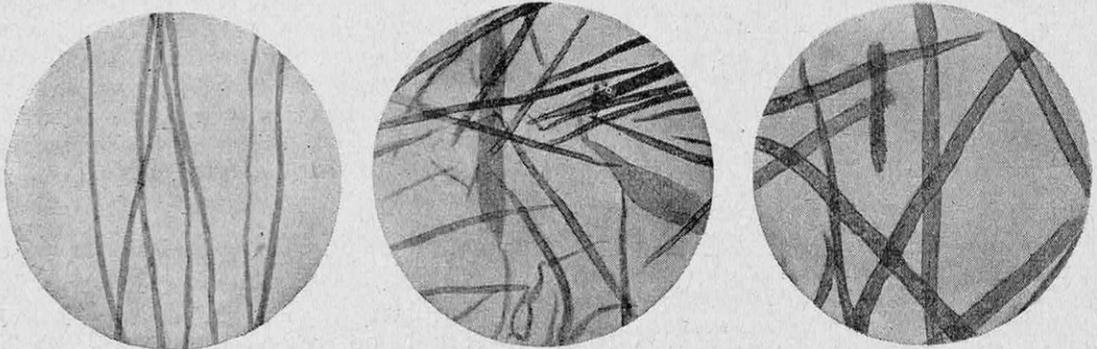


FIG. 1, 2 ET 3. — ASPECT COMPARÉ DE DIVERSES FIBRES VUES AU MICROSCOPE

Fig. 1 : coton, fibres longues et fines ; fig. 2 : tremble, fibres courtes ; fig. 3 : pin (*tsuga Canadensis*), fibres longues et grosses.

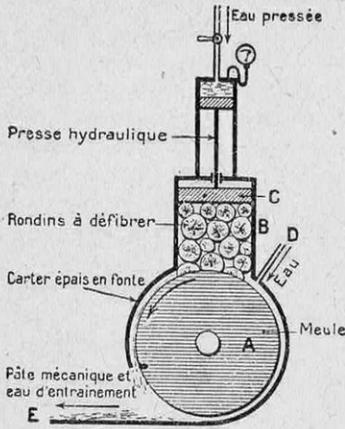


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN DÉFIBREUR POUR LA FABRICATION DE LA PÂTE MÉCANIQUE

La meule A tourne autour d'un axe horizontal; le bois, qui a été préalablement écorcé et débarrassé de ses nœuds, est enfermé dans un caisson B et pressé, par le piston hydraulique, contre la périphérie de la meule. Les

fibres de bois, arrachées et entraînées par l'eau introduite en D, s'écoulent à la base et s'échappent en E.

matières premières s'est si formidablement développé que les chiffons n'entrent plus que pour une part extrêmement faible dans l'ensemble des matières fibreuses utilisées par l'industrie de la papeterie. Pour la France seule, on peut évaluer à environ 1 million et demi de tonnes le bois nécessaire annuellement pour la fabrication de la pâte à papier dont elle a besoin (1).

(1) Les importations annuelles de la France en cellulose de bois dépassent 500.000 tonnes, dont 60 % de pâte chimique et 40 % de pâte mécanique environ; ces importations correspondent à plus de 2 millions de mètres cubes de bois en grume

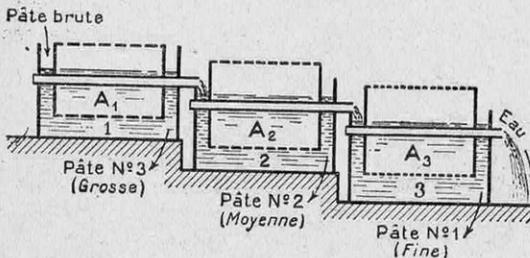


FIG. 5. — SCHÉMA D'UN ASSORTISSEUR

Il comporte une suite de tamis cylindriques tournants A_1, A_2, A_3 à toiles de plus en plus fines. Dans le bac 1 est introduit la pâte brute; les fibres fines passent au travers du tamis avec l'eau d'entraînement et viennent se déverser dans le bac 2, où le tamis A_2 les sélectionne à nouveau, pour n'envoyer dans le bac 3, que les fibres les plus fines. Enfin, A_3 , qui est très fin, laisse seulement partir l'eau en excès.

Aperçu sur la constitution des végétaux

La possibilité de remplacer le coton dans la fabrication du papier par les fibres végétales se conçoit aisément quand on compare la composition de ces matières. Le coton est essentiellement constitué par des fibres longues et fortes de cellulose à peu près pure; les tiges des végétaux sont, elles aussi, formées de fibres cellulosiques généralement plus courtes que celles de coton et imprégnées d'une matière de composition chimique encore mal définie, que l'on désigne sous le nom de lignine.

Cette lignine remplit un double but: elle renforce les parois cellulosiques des fibres, et colle celles-ci les unes aux autres, pour don-

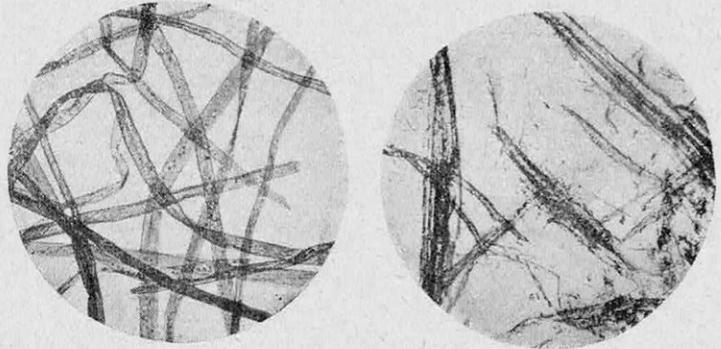


FIG. 6. — ASPECTS COMPARÉS DE LA PÂTE CHIMIQUE ET DE LA PÂTE MÉCANIQUE (ÉPICÉA)

A gauche, pâte chimique: les fibres sont intactes; à droite, pâte mécanique: les fibres sont déchirées et broyées par le défibrage.

ner à la plante de la solidité et de l'élasticité.

En dehors de ces deux constituants, la cellulose et la lignine, les végétaux contiennent: des hydrates de carbone, qui ne diffèrent de la cellulose que par un état de condensation moindre et une résistance moindre à la dissolution; des tanins, des résines, etc. La proportion de fibres contenues dans les végétaux et leurs dimensions sont très variables avec la nature de ces derniers: alors que les fibres des bois feuillus par exemple, sont courtes et fines, celles des bois résineux sont, en général, longues et assez grosses.

Principe de la fabrication de la pâte à papier

Pour obtenir à partir du bois une matière susceptible de remplacer le coton dans la fabrication du papier, il suffira de séparer les fibres accolées dans la tige. On peut procéder, soit mécaniquement en arrachant les fibres du bois et l'on obtient ainsi la pâte

mécanique, ou soit, chimiquement, par des réactifs susceptibles de dissoudre la lignine ; on obtient alors la *pâte chimique*. Nous allons préciser rapidement les caractéristiques de ces méthodes.

I. La pâte mécanique

Pour arracher mécaniquement les fibres du bois, on applique celui-ci sur la surface d'une meule tournant à grande vitesse, de façon que ses fibres soient parallèles aux génératrices de la meule ; celle-ci, en silex ou en grès, les arrache par les aspérités de sa surface ; un courant d'eau empêche l'échauffement par frottement et entraîne la pulpe formée. La figure schématisée 4 permet de comprendre le fonctionnement de cet appareil.

Aujourd'hui l'industrie utilise des meules de grandes dimensions munies de trois presses ou plus, ou bien elle tend à substituer aux caissons, qu'il est nécessaire de recharger souvent, des magasins munis d'un dispositif rendant la marche continue.

La pâte mécanique ainsi obtenue est d'abord tamisée sous un courant d'eau pour la débarrasser des éclats de bois, puis dirigée sur un assortisseur (fig. 5), qui sépare trois degrés de finesse.

D'une préparation peu coûteuse, car elle n'exige d'autre dépense que la force motrice, cette pâte renferme à peu près tous les éléments du bois ; le rendement de la méthode est, par suite, très élevé,

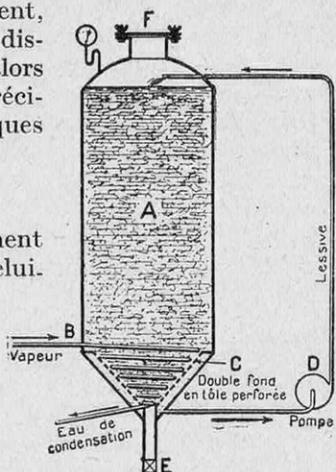


FIG. 7. — SCHÉMA D'UN LESSIVEUR

A, grand autoclave en tôle d'acier éprouvée à 14 kilogrammes, dont la capacité atteint couramment 30 mètres cubes. Les copeaux (17 mètres cubes) et la lessive (12 mètres cubes) sont introduits par le trou d'homme F dans l'autoclave de vapeur, qui est chauffé à la base par un serpentin B. Un double fond perforé C supporte la masse de bois ; une pompe D vient soutirer la lessive au-dessous du double fond et la renvoie à la partie supérieure, assurant ainsi le brassage parfait de la masse. Quand la cuisson est terminée, l'ouverture d'une vanne inférieure E permet de chasser à l'extérieur le contenu de l'autoclave.

sera cependant utilisable, additionnée ou non de charges blanches, pour la confection de papiers d'imprimerie communs. Il entre jusqu'à 80 % de pâte mécanique dans la fabrication du papier de journal ; c'est là un débouché considérable pour cette qualité de pâte.

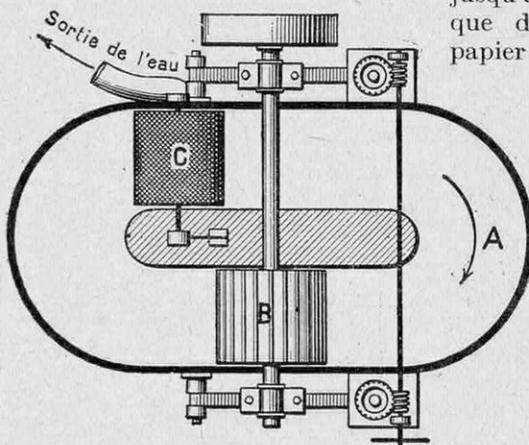


FIG. 8. — PILE RAFFINEUSE

A, auge en fonte ou en ciment armé ; B, cylindre tournant ; C, tamis rotatif permettant la sortie de l'eau, mais empêchant celle des fibres. Le cylindre B est muni, suivant ses génératrices, de lames d'acier ou de bronze qui viennent frôler, pendant la rotation, des lames disposées au fond de l'auge A. La pâte disposée dans l'auge est entraînée par le cylindre tournant et vient subir, entre les lames, un frottement qui dissocie les particules et isole les fibres.

mais il faut, normalement, 75 chevaux-vapeur pour obtenir 1 tonne de pâte par jour. Cette fabrication s'est donc développée dans les pays où la force motrice hydraulique est bon marché, c'est-à-dire, principalement, dans les pays de montagnes.

La pâte mécanique n'est qu'un succédané grossier de la cellulose, car ses fibres sont courtes, hachées par le défilage (voir fig. 6) ; elle constitue donc plutôt une matière de remplissage qui ne donne

pas de solidité au papier et ne peut être utilisée pure que pour la fabrication du carton. En outre, comme elle est chargée de lignine, elle ne peut généralement pas être blanchie ; si elle provient d'un bois blanc, elle

sera cependant utilisable, additionnée ou non de charges blanches, pour la confection de papiers d'imprimerie communs. Il entre jusqu'à 80 % de pâte mécanique dans la fabrication du papier de journal ; c'est là un débouché considérable pour cette qualité de pâte.

On facilite beaucoup le défilage mécanique du bois en soumettant, au préalable, celui-ci à l'action prolongée de l'eau ou de la vapeur dans un autoclave (entre 120 et 150°). On obtient ainsi des fibres beaucoup plus longues mais colorées en brun. Les pâtes qui servent à faire les forts cartons bruns, utilisés aujourd'hui pour l'emballage dans le commerce, sont ainsi préparées.

II. La pâte chimique

En dissolvant la lignine qui imprègne et unit les fibres cellulosiques du bois, on peut, nous l'avons dit, isoler ces fibres les unes des autres et, par une purification convenable, obtenir une cellulose presque semblable à celle du coton, susceptible de se blanchir et de donner, non seulement du papier, mais encore la gamme précieuse des divers dérivés chimiques de la cellulose.

Les réactifs sont de deux sortes : les alcalis (le plus souvent la soude) et les bisulfites. De là deux grands groupes de procédés utilisés actuellement pour la fabrication de la pâte chimique à partir du bois : les procédés alcalins et les procédés sulfiteux.

La préparation de la pâte chimique par les procédés alcalins

La lignine n'est pas soluble à froid dans les alcalis, mais elle peut s'y dissoudre, soit en élevant la température suffisamment, soit en chlorant la lignine. Trois méthodes sont surtout utilisées dans la pratique : le procédé à la soude, le procédé dit au sulfate, les procédés au chlore.

Les unes et les autres donnent des qualités assez différentes de cellulose avec une même variété de bois.

Le procédé à la soude. — La lignine, qui n'est pas soluble à froid dans la soude, le devient, pour une concentration suffisante en alcali, à l'autoclave. Dans la pratique, le

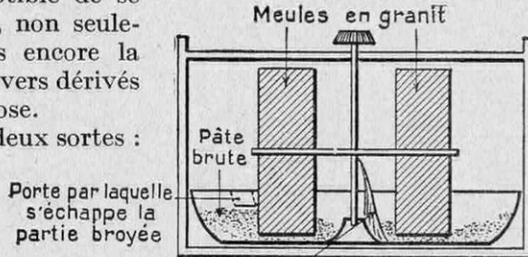
bois est d'abord découpé en morceaux de la dimension du pouce. Ces copeaux sont ensuite traités par une solution de soude contenant 20 à 25 parties de soude pour 100 parties de bois. L'opération se passe dans de grands autoclaves (voir fig. 7) où la température est élevée progressivement jusqu'à ce que la pression de la vapeur atteigne 8 kilogrammes. L'opération dure de quatre à six heures. Par l'action de la soude, la lignine est plus ou moins complètement dissoute et les fibres décollées; les copeaux se désagrègent alors très aisément par simple pression entre les doigts, laissant se séparer les unes des autres des fibres plus ou moins longues sui-

vant la qualité du bois. La lessive, par suite de la dissolution de la lignine, est devenue brun foncé ; on lui donne le nom de *liqueur noire*.

La pâte brute, séparée de la liqueur noire par égouttage, puis lavée, subit ensuite, sur des tamis, une épuration destinée à séparer les fibres des nœuds et des copeaux mal cuits.

Puis elle est soumise au *raffinage* (fig. 8), qui a pour but de bien séparer les fibres encore associées en faisceaux, afin de permettre un feutrage meilleur et plus régulier.

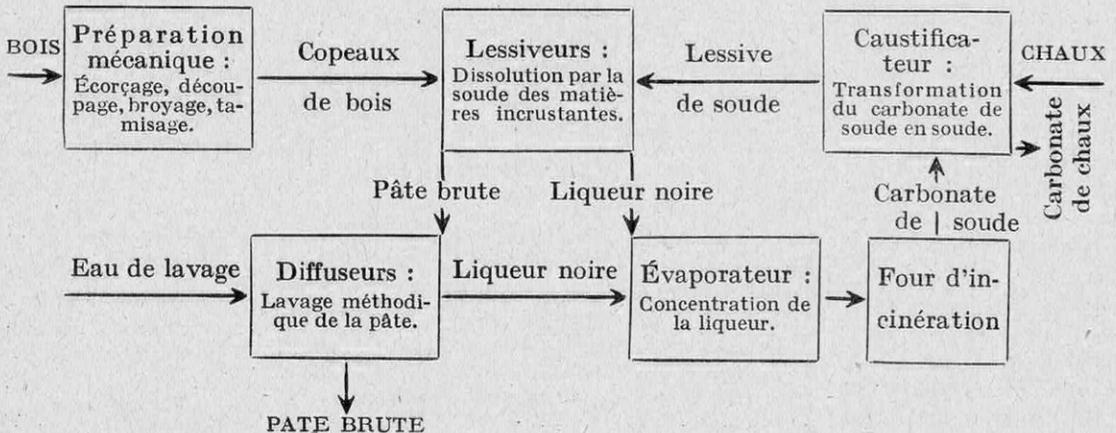
La pâte est d'un brun d'autant plus foncé que le traitement par la soude a été moins énergique. Si elle doit être blanchie, on pousse assez loin l'action de l'alcali pour délignifier suffisamment la fibre et écono-



Charrue ramenant la matière sous les meules

FIG. 9. — MEULE A AXE HORIZONTAL POUR LA DÉSINTÉGRATION DE LA PATE KRAFT

La pâte brute, séparée au préalable des nœuds et des monts, passe d'une meule à l'autre en subissant une désintégration progressive.



ENSEMBLE DE LA FABRICATION DE LA PATE DE PAPIER A PARTIR DU BOIS

miser les agents de blanchiment ; c'est là ce que l'on appelle la « pâte facile à blanchir ».

Mais on traite souvent, par le procédé à la soude, les bois résineux, qui ont des fibres particulièrement longues et fortes, dans le but d'obtenir des pâtes à papier brunes très résistantes qui servent à la fabrication de ce fort papier d'emballage qui, sous le nom de « papier Kraft » (du mot allemand Kraft = force) est devenu d'un emploi si général aujourd'hui chez tous les commerçants.

ceux que nous avons décrits, dans un article précédent, au sujet de la concentration des jus pyroligneux (1).

La liqueur concentrée est ensuite brûlée dans un four généralement rotatif et laisse comme résidu du carbonate de soude. Ce carbonate est enfin transformé en soude, suivant la méthode habituelle, par l'action d'un lait de chaux sur sa solution ; la lessive finalement obtenue rentre dans le cycle de fabrication. L'économie du procédé de fabrica-

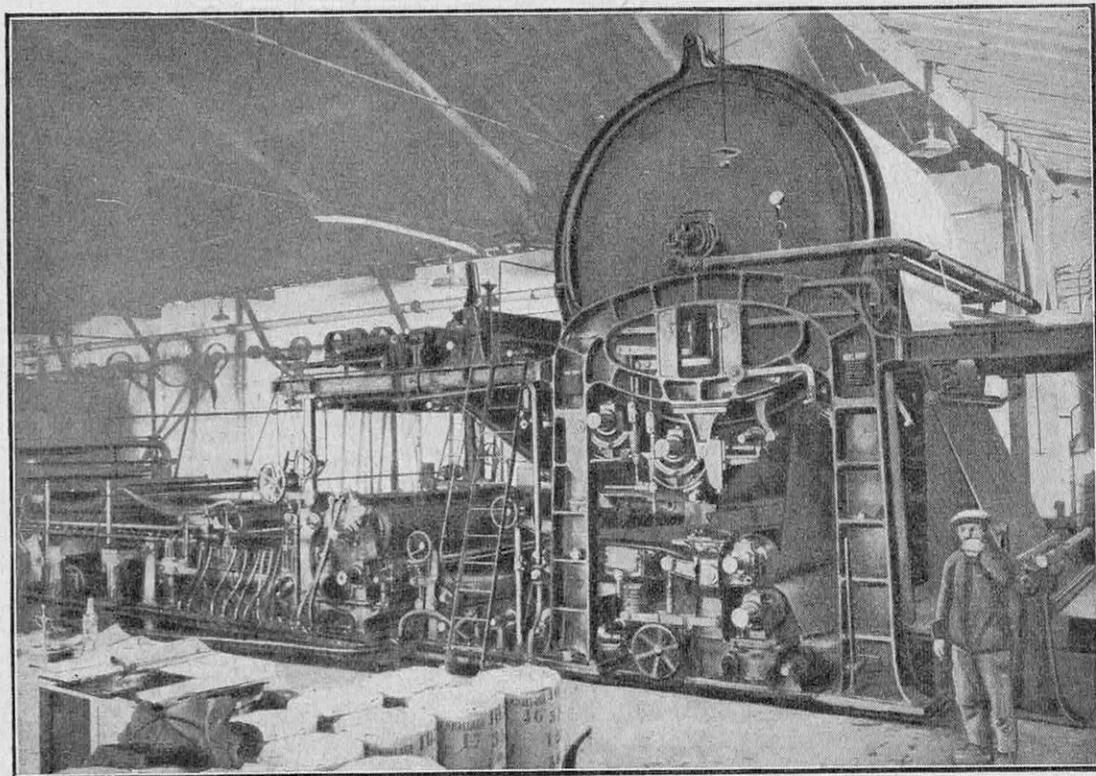


FIG. 10. — PHOTOGRAPHIE D'UNE MACHINE A PAPIER YANKEE MONTRANT LE CYLINDRE SÈCHEUR DE LA PÂTE (KRAFT FRANÇAIS)

Pour la fabrication de la pâte Kraft, le bois subit, à l'autoclave, le traitement alcalin strictement nécessaire pour permettre sa désintégration. La pâte brute, une fois lavée et épurée sur un tamis à secousses, est envoyée sous une série de meules (voir fig. 9) où se complète la désintégration des faisceaux de fibres.

Le procédé à la soude serait trop onéreux si on ne récupérait pas le réactif en régénérant la soude des liqueurs noires. Celles-ci, en effet, contiennent l'alcali, soit à l'état libre, soit combiné à l'acide carbonique, à des acides organiques divers ou à la lignine. On évapore d'abord ces liqueurs noires avec des appareils à multiple effet, analogues à

tion de la pâte à la soude peut se représenter schématiquement ainsi que nous l'avons fait sur le tableau page 132.

En principe, dans l'usine, ne devraient donc entrer, comme matières premières, que du bois et de la chaux, toute la soude étant récupérée ; en pratique, les pertes (entraînements par la pâte et par le carbonate de chaux) sont compensées par des apports de carbonate faits au caustificateur.

Au lieu de calciner purement et simplement les jus concentrés pour en extraire la soude sous forme de carbonate de soude, on peut les *distiller en vase clos*, par un procédé

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 108, juin, 1926, page 473.

analogue à ceux que nous avons précédemment décrits pour le bois (1). Comme dans la liqueur noire se trouvent dissous les éléments du bois qui fournissent à la distillation le plus de méthylène et d'acide acétique, cette opération donnera ici surtout du méthylène et de l'acétone (car l'acide acétique est transformé en acétone, sous l'influence de la soude). C'est là le principe du *procédé Rinman* qui, à côté de la pâte à papier, donne comme sous-produits, l'alcool méthylique, l'acétone et la

directement utilisée pour certains usages. Enfin, la matière première employée étant le *sulfate de soude* ou le bisulfate bon marché, il en résulte une économie notable. Le procédé au sulfate semble donc, au point de vue économique, être supérieur au précédent ; malheureusement, il développe des odeurs si désagréables et si puissantes que les usines ne peuvent être installées que loin des villes ; de plus, et pour la même cause, ces usines trouvent difficilement la main-

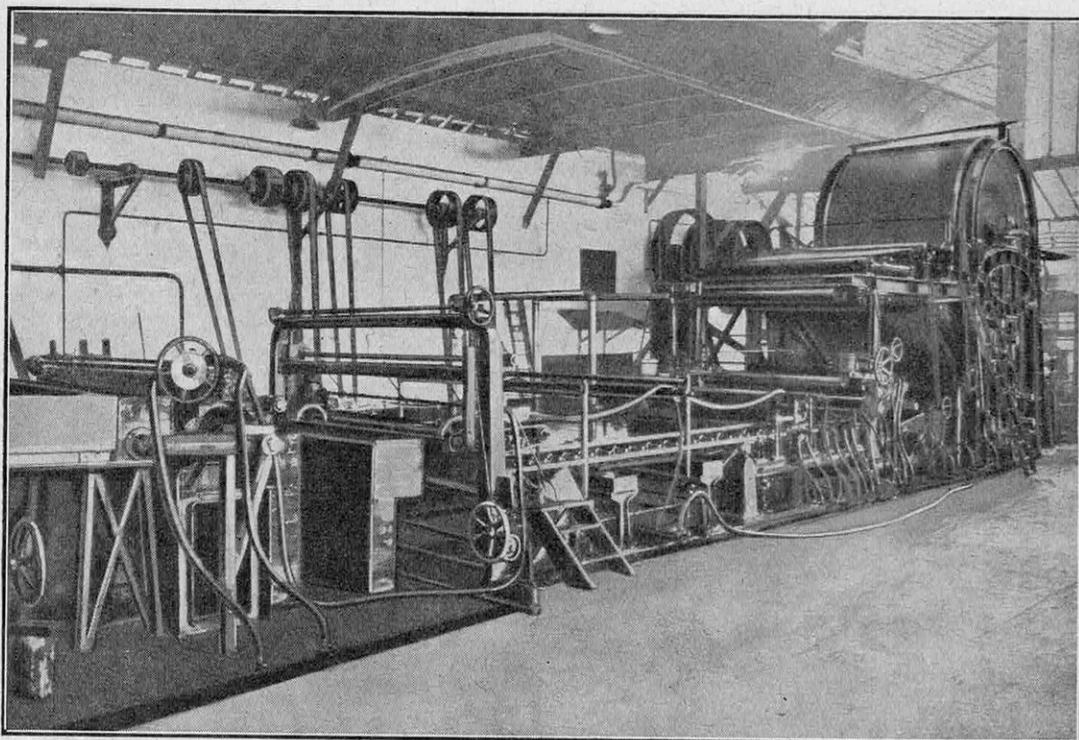


FIG. 11. — VUE DE LA MACHINE A PAPIER YANKEE DU COTÉ OU ARRIVE LA PATE HUMIDE. LE CYLINDRE SÈCHEUR EST VISIBLE A L'ARRIÈRE-PLAN

méthyléthylcétone, produits aujourd'hui extrêmement précieux pour l'industrie.

Le *procédé au sulfate* est une modification du procédé à la soude, qui consiste, en principe, à remplacer une partie de la soude utilisée pour le lessivage par une quantité correspondante de sulfure de sodium. L'action de cette lessive est moins brutale sur la fibre que celle de la soude concentrée et il en résulte un rendement nettement supérieur. En outre, grâce, sans doute, aux propriétés réductrices du sulfure présent, la pâte obtenue est beaucoup moins colorée que celle par la soude ; elle nécessite donc une proportion beaucoup moins forte de décolorants et peut, sans décoloration, être

d'œuvre nécessaire. Toutefois, on est arrivé à réduire fortement cet inconvénient dans les fabriques modernes.

La liqueur noire donnée par le lessivage est récupérée comme dans le cas de la soude, avec cette différence que du sulfate de soude (en quantité calculée pour compenser les pertes en soude) est ajouté aux liqueurs évaporées avant la calcination. Cette dernière opération se fait dans un four spécial, sans excès d'air. Les sels abandonnés par la combustion sont portés à la fusion et le sulfate de soude est transformé en sulfure. Le salin obtenu est lessivé et la solution de carbonate et de sulfure de sodium est finalement caustifiée. On obtient ainsi une lessive de soude chargée en sulfure de sodium qui est utilisée

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 108, page 473.

dans le lessiveur comme la soude dans le procédé précédent.

Le procédé à la soude et au chlore a été mis au point en Italie, par Cataldi et Pumilio (qui utilisent le chlore sec) et, en France, par de Vains. Il repose sur le principe suivant : en soumettant la matière ligneuse à l'action du chlore gazeux ou en solution, la lignine est attaquée et devient soluble dans la soude à froid.

A notre connaissance, ce procédé n'a encore été parfaitement mis au point que pour la paille, l'alfa et autres matériaux dont l'état de division permet une action satisfaisante du chlore. Il donne de la cellulose très blanche, avec un rendement satisfaisant, et il permet un équilibre entre la dépense en chlore et celle en soude, en sorte que la simple électrolyse d'une solution de chlorure de sodium donne à la fois le chlore et la soude nécessaires à l'opération. On n'a aucun intérêt, ici, à récupérer la soude qui se retrouve à l'état de chlorure de sodium dans les liqueurs noires ; en sorte que l'usine peut être beaucoup simplifiée par

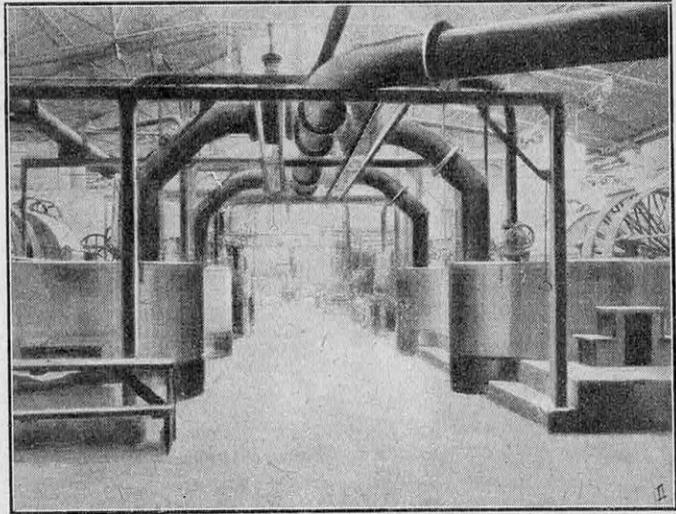


FIG. 13. — SALLE DE PILES RAFFINEUSES DES PAPETERIES DE GASCOGNE (USINES DE MIMIZAN)

la suppression de cette récupération ; en revanche, elle doit posséder un important matériel d'électrolyse, matériel coûteux et délicat.

La préparation de la pâte chimique par les procédés sulfitiques

Les bisulfites solubles (de chaux ou de soude), réagissent à l'autoclave sur la lignine du bois et la solubilisent ; comme le réactif est sans effet sur la cellulose, cette action fournit un procédé d'isolement de la fibre cellulosique qui a pris une grosse importance industrielle.

On emploie le bisulfite de chaux en solution titrant 4 à 5° B^é : cette solution est obtenue par la réaction du gaz sulfureux sur du carbonate de chaux (pierre à chaux) en présence d'eau. La cuisson se fait d'une manière analogue à celle du procédé à la soude, mais, ici, les autoclaves doivent nécessairement être protégés à l'aide d'un revêtement contre l'attaque par le gaz sulfureux. Le lavage de la pâte obtenue (après 9 heures de cuisson sous 6 kilogrammes par exemple) se fait comme dans le cas de la soude, mais on ne récupère pas les sels dissous dans la liqueur noire, car ils n'ont que peu de valeur.

Cette méthode est plus économique que celle à la soude, puisqu'elle n'emploie que du calcaire et du gaz sulfureux, et évite la récupération. Elle donne, avec un rendement excellent, des pâtes très aisées à blanchir et déjà suffisamment blanches à l'état brut pour être utilisées directement pour la confection de papier journal ou de papier coloré. En revanche, cette méthode con-

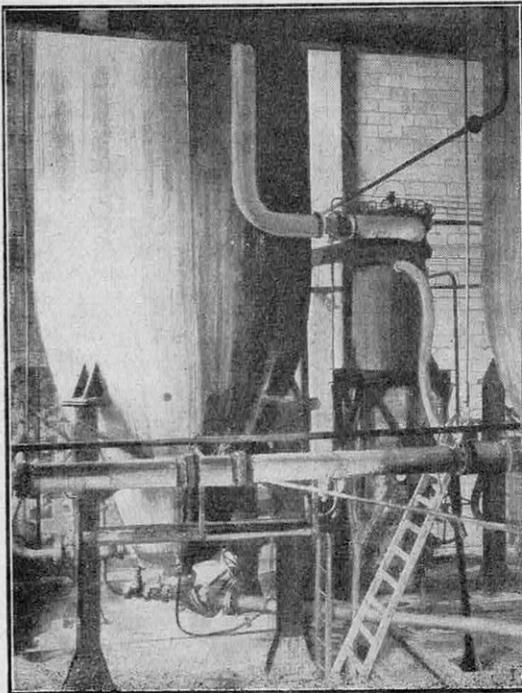


FIG. 12. — UN LESSIVEUR DE 50 MÈTRES CUBES DES PAPETERIES DE GASCOGNE (USINES DE MIMIZAN)

vient mal à la fabrication des pâtes de bois résineux et des pâtes à longues fibres.

La pâte au bisulfite doit à ces qualités d'être la plus utilisée des pâtes à papier.

Les bois les plus employés pour cette fabrication sont l'épicéa, le tsuga, le sapin et le peuplier. Les pins servent, de préférence, pour la fabrication des pâtes à la soude ou au sulfate.

Le blanchiment des pâtes de bois

Les pâtes brutes de bois sont toujours trop colorées par la lignine ou les matières tannantes qui les imprègnent, pour pouvoir être utilisées directement pour la fabrication des papiers blancs : il faut, au préalable, les blanchir. Nous avons vu que ce blanchiment était d'autant plus aisé que la pâte était mieux délignifiée. On choisit donc, pour cette opération, des pâtes dont le traitement a été assez fortement poussé ; ces pâtes sont dites « faciles à blanchir ».

Le blanchiment se fait à l'aide du chlore ou du chlorure de chaux : il ne diffère pas, en principe, du procédé de blanchiment des étoffes de coton. On emploie, en général, des piles analogues à la pile raffineuse précédemment décrite, dans laquelle la pâte est longuement malaxée avec la solution blanchissante ; le lavage a lieu souvent dans le même appareil ; il doit être soigneusement fait.

Comme un excès de chlore produirait une détérioration rapide du papier, on le détruit souvent à l'aide de réactifs convenables dits « antichlore », tels que le sulfite de soude.

La pâte à papier ainsi préparée est finalement transformée (sur des machines qui ne sont que des machines à papier simplifiées) en feuilles assez épaisses, qui sont séchées et empaquétées pour l'expédition. Ce sont

ces feuilles de pâte qui serviront finalement au papetier comme matière première. Par des mélanges de qualités convenables de pâtes mécaniques et chimiques, auxquels il ajoutera souvent, soit des vieux papiers,

soit des chiffons défilés, soit des charges minérales pour alourdir le papier, le raidir, le glacer ou le colorer, il obtiendra la riche gamme des qualités offertes aujourd'hui au consommateur.

Nous ne saurions, ici, aborder la question de la fabrication du papier ni celle des autres dérivés de la cellulose de bois, mais nous croyons,

toutefois, devoir signaler que celle-ci tend à remplacer le coton non seulement pour la fabrication du papier, mais encore pour celle des dérivés chimiques, si précieux, de cette fibre : la nitrocellulose, d'abord, base des poudres sans fumée, du celluloïd et de ses multiples applications, du collodion, des soies artificielles et de nombreux vernis ; l'acétocellulose, base de vernis recherchés ; la viscose, si utilisée pour la fabrication des soies artificielles, etc...

L'industrie des celluloses de bois est une des dernières venues parmi les industries modernes ; elle a rapidement pris, dans le monde, une importance des plus considérables et il est à prévoir que cette importance s'accroîtra encore dans de larges mesures.

La France, dont le sol est riche en forêts et dont les colonies offrent une mine inépuisable de bois blanc, a grand intérêt à développer, chez elle, cette industrie. Un gros effort est actuellement produit dans ce sens ; sans nul doute, il se poursuivra et apportera au pays des ressources précieuses et plus d'indépendance économique en permettant une diminution des importations.

G. DUPONT.

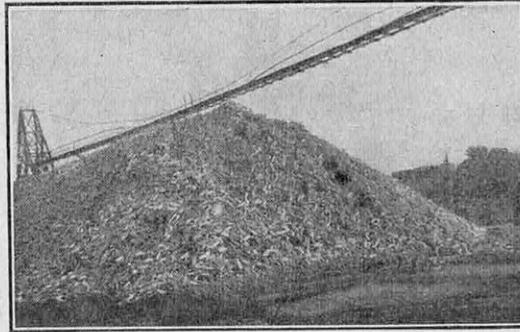


FIG. 14. — STOCKS DE BOIS AUX USINES DE MATFORS (SUÈDE)



FIG. 15. — CLASSEMENT DE BOIS PAR FLOT-TAISON SUR LE KLARÄLVEN (SUÈDE)

LES GRANDES ÉPOQUES DE LA SCIENCE

IL Y A TROIS CENTS ANS NAISSAIT LE GRAND SAVANT HOLLANDAIS CHRISTIAN HUYGENS

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

L'œuvre immense de Christian Huygens, dont on fête le tricentenaire de la naissance, s'étend à la Mathématique, à l'Astronomie et à l'Optique. La découverte de l'importance de la force vive, de l'échappement à ancre des pendules, les perfectionnements apportés aux lunettes qui lui ont permis d'intéressantes découvertes astronomiques, sa théorie de l'optique le placent au premier rang des grands savants du monde entier.

Sa vie (1629-1695)

Le progrès humain n'est pas l'œuvre des foules, mais celle des *génies créateurs*. Evoquer le souvenir de ces grands hommes, c'est marquer les jalons de la route.

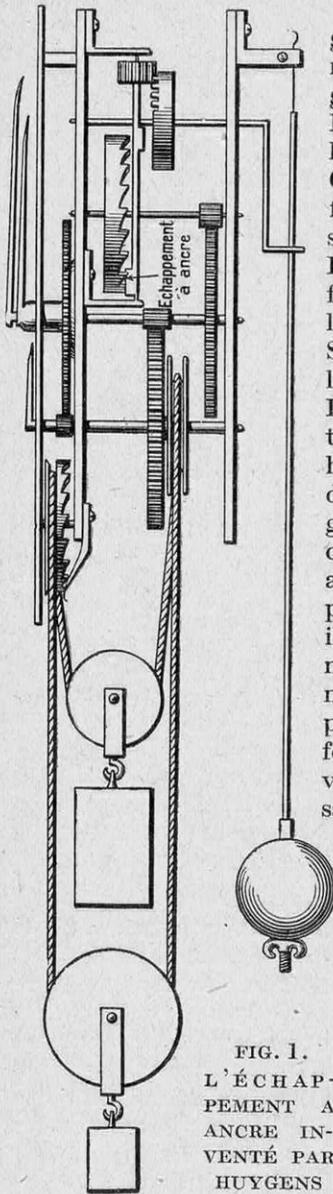
Christian Huygens sortait d'une des premières familles de La Haye; son père Constantin, seigneur de Zuylichem, homme d'Etat et littérateur hollandais, fut son premier maître pour les lettres anciennes et pour les mathématiques; le jeune Christian ne pouvait en avoir de meilleur, à juger par la perfection avec laquelle il s'exprime, dans ses œuvres et dans sa correspondance, en hollandais, en français, en latin (qui était en ce temps la véritable langue internationale) et même en grec.

A seize ans, il étudia le droit à l'Université de Leyde, mais sans s'y attarder, car nous le retrouvons, de dix-sept à dix-neuf ans, à Breda, où il se lança dans les études mathématiques avec une telle fougue et un tel succès que ses premiers essais, annonciateurs du génie, avaient attiré l'attention de Descartes, qui vivait alors en Hollande: à l'âge où les jeunes Français d'aujourd'hui passent péniblement leur baccalauréat, il publiait un savant mémoire pour réfuter les erreurs du géomètre Grégoire de Saint-Vincent! Mais l'étude des élites comportait, en ce temps, une spécialisation moins hâtive qu'actuellement, car nous retrouvons Huygens, à vingt-six ans, en France, où la

Faculté protestante d'Angers lui décerne le doctorat en droit.

De retour en Hollande, notre jeune savant, tout en continuant ses travaux mathématiques, s'enthousiasma pour l'optique et, comme il avait appris d'un Italien, nommé Mocchi, l'art de tailler et de polir les verres (1), il se livra lui-même à ces travaux; il y apporta de nombreux perfectionnements qui améliorèrent grandement la netteté des images données par les lunettes (qu'on appelait en ce temps télescopes) avec lesquelles Galilée et le Hollandais Lippershey venaient d'apprendre à regarder les astres. Cette fabrication, pour laquelle il n'admettait d'autre collaborateur qu'un de ses frères, fut la grande distraction d'Huygens jusqu'à la vieillesse; il construisit ainsi de nombreuses lunettes, dont les premières n'avaient que douze pieds de longueur, mais dont il accroissait progressivement la longueur focale, jusqu'à 210 pieds, dans l'espoir, qu'avec un plus fort grossissement, il distinguerait plus de choses dans le ciel; comme il était difficile d'établir des tuyaux assez rigides pour une si grande longueur, il établissait des lunettes sans tube; mais à mesure que le grossissement augmentait, les images devenaient plus floues et plus irisées; ce n'est que quatre-vingts ans plus tard que l'Anglais Dollond devait triompher de cette difficulté par des combinaisons de lentilles achromatisées.

(1) Les Vénitiens en avaient alors le secret et le gardait jalousement.



La roue dentée, entraînée par le poids moteur, tend à tourner sans arrêt. Le pendule en règle le mouvement par une tige à palettes qui arrête la roue à chaque oscillation.

Londres, dont il était également membre. D'ailleurs, nous le voyons, en 1689, faire un nouveau voyage en Angleterre, cette fois pour y faire la connaissance de Newton qui venait, par la publication de ses *Principia*, de fonder la science moderne sur ses véritables bases.

Le soir de sa vie fut troublé par des soucis, suscités par ses parents.

« Peut-être sa famille, dit Condorcet, eût-

En 1667, Huygens, dont la notoriété était grande, reçut de Louis XIV, par l'intermédiaire de Colbert, les plus flatteuses propositions, et vint à Paris pour y faire partie de l'Académie des Sciences nouvellement fondée. Logé à la Bibliothèque du Roi, heureux, sans doute, de se plonger dans une société qui était alors la plus policée du monde, il séjourna chez nous quinze années, qui furent parmi les plus fécondes de sa vie; il y fût, sans doute, de-

meuré plus longtemps si la révocation de l'Edit de Nantes, effarouchant son protestantisme, ne l'eût ramené en Hollande. Depuis ce jour, il cessa de correspondre avec notre Académie, réservant ses communications à sa rivale la Société Royale de

elle de la peine à lui pardonner d'avoir renoncé à tous les avantages qui auraient rejailli sur elle, et de n'avoir été qu'un grand homme. » Il mourut à soixante-six ans, laissant une œuvre immense, qui s'étend sur trois sciences: la Mathématique, l'Astronomie et l'Optique. C'est de cette œuvre que nous allons détacher les parties capitales, qui ont ouvert la voie au progrès.

Ses travaux mathématiques. Le pendule

Entre les mains géniales de Descartes, de Fermat, de Newton, de Leibniz, les mathématiques étaient en train de conquérir leurs instruments de travail; mais la mécanique n'était pas encore fixée sur ses principes directeurs, dont l'origine est à la fois intuitive et expérimentale. L'étude de la percussion, ou du choc des corps élastiques, permit à Huygens de découvrir l'importance de la *force vive* (produit de la masse par le carré de la vitesse, qui devait conduire plus tard à la notion si féconde d'énergie; elle lui fournit l'occasion de rectifier des raisonnements erronés de Descartes et de préciser la notion importante de *quantité de mouvement*: produit de la masse par la vitesse). Mais c'est par l'étude des mouvements oscillants du pendule qu'Huygens conquist, tout jeune, la renommée, et c'est là qu'il trouva l'occasion de savants travaux sur la cycloïde, sur les développées, les enveloppes, et d'autres problèmes mathématiques.

Il avait débuté, dans cette étude, par la solution d'un problème d'importance capitale: l'entretien, par le pendule, des mouvements d'une horloge. Il faut se souvenir qu'avant lui, c'était encore aux clepsydres et aux sabliers qu'on demandait la mesure du temps; par l'invention de l'*échappement à ancre*, qu'il fit en 1656, à l'âge de vingt-sept ans, Huygens réalisa un progrès dont la portée sociale et scientifique est incalculable: les travaux qu'il effectua ensuite dans cette même voie le conduisirent à la réalisation du *pendule cycloïdal*, dont la durée d'oscillation est rigoureusement indépendante de l'amplitude, et surtout à celle du *pendule ré-*

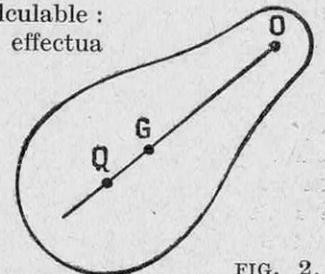


FIG. 2. PRINCIPE DU PENDULE RÉVERSIBLE
O, axe d'oscillation; G, centre de gravité; Q, centre d'oscillation.

versible ; considérons (fig. 2) un pendule, de forme et de matière quelconques, dont l'axe d'oscillation passe par O et dont le centre de gravité est en G ; Huygens démontra qu'il existe, dans la direction OG , un point Q , nommé *centre d'oscillation*, qui jouit de cette propriété, que le pendule oscille comme si toute sa masse y était concentrée, c'est-à-dire comme le « pendule simple » de longueur OQ . De plus si, retournant le pendule, on le suspend par le point Q , le nouveau centre d'oscillation devient O : c'est cette curieuse réversibilité qui, appliquée dans les pendules modernes de Kater et du général Defforges, a permis la mesure exacte de « l'accélération de la pesanteur » et toutes les opérations précises de la géodésie ; il suffit, en effet, de mesurer la distance des deux axes de suspension et d'oscillation pour en déduire la longueur du pendule simple équivalent, qui est elle-même reliée par une formule simple à la période d'oscillation et à l'accélération de la pesanteur.

En astronomie

J'ai montré quel intérêt passionné Huygens avait porté à la construction des lunettes. L'étude du ciel se pratiquait alors par des moyens assez primitifs ; les mesures angulaires se faisaient à l'œil nu, à l'aide d'alidades et de pinnules, et ce n'est qu'un peu plus tard que l'abbé Jean Picard devait appliquer utilement les lunettes aux cercles gradués, et qu'Auzout y montait le micromètre à fil mobile qui décuplait la précision des mesures. Huygens avait pourtant inventé une sorte de micromètre, formé par une lame de cuivre triangulaire qu'on faisait coulisser jusqu'à ce qu'elle couvrît exactement l'objet visé ; cet appareil rudimentaire lui permit, cependant, de comparer les diamètres apparents de divers objets célestes.

Parmi les découvertes astronomiques dont la postérité est redevable à Huygens, on peut citer la grande nébuleuse d'Orion, la rotation de Mars, les taches sombres de Jupiter ; mais ses plus importants travaux se rapportent au monde de Saturne, à la

description duquel il a consacré plusieurs ouvrages. On croyait alors que l'anneau entrevu pour la première fois par Galilée, faisait corps avec la planète ; Huygens établit, en 1656, qu'il n'en était rien et qu'un espace sombre, apparemment

dénué de matière, l'en séparait ; mais, obéissant à une singulière coutume des savants de ce temps, il communiqua sa découverte sous forme d'un anagramme, et, comme personne n'avait pu le déchiffrer, il en donna lui-même l'explication trois ans plus tard.

Dans ce monde si curieux de Saturne, Huygens fut encore le premier à découvrir un satellite, et voici comment il raconte son observation :

« En 1655, le 25 mars, regardant Saturne avec un tube dioptrique de douze pieds, j'aperçus, à une distance d'environ trois minutes, une petite étoile, à peu près dans le plan de l'anneau. Me doutant que ce pourrait bien être un corps dans le genre des quatre lunes de Jupiter, je marquai la position respective de Saturne et de cette petite étoile. Je ne m'étais pas trompé : le lendemain, elle avait bougé et je pus ainsi, les jours suivants, mesurer son déplacement. »

Ce satellite fut la première découverte des neuf « lunes » qui, avec l'anneau, forment le cortège éblouissant de la planète.

Ainsi, par ses travaux astronomiques, Huygens s'encadre dans cette pléiade de savants contemporains : Picart, Cassini, La Hire, Roëmer, attiré comme lui à Paris et qui le quitta pour la même raison, à qui la science du ciel doit de magnifiques progrès ; mais le plus éminent service qu'il lui ait rendu, c'est encore de permettre la mesure exacte du temps.

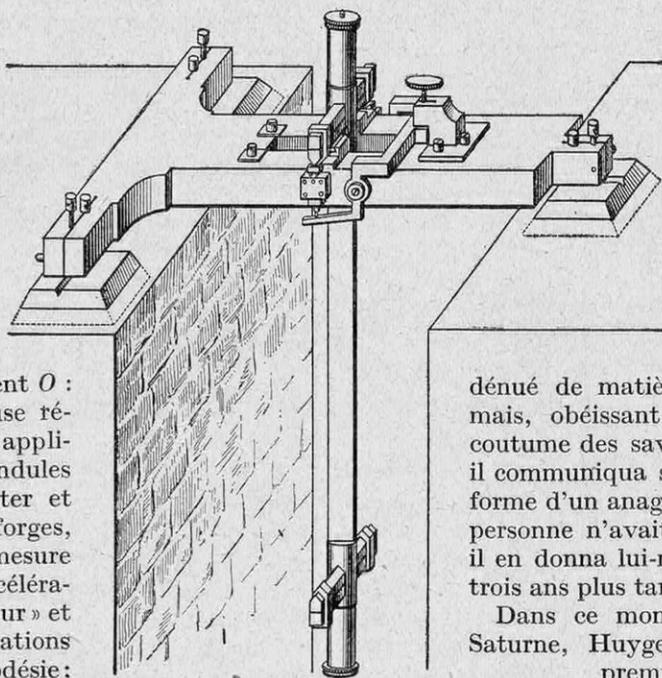


FIG. 3. — PENDULE RÉVERSIBLE DU GÉNÉRAL DEFFORGES, UTILISÉ EN GÉODÉSIE

Huygens et l'optique ondulatoire

Ayant donné tant de soins à la taille des verres d'optique et à la construction des instruments, notre grand homme ne pouvait manquer de réfléchir sur le mécanisme intime des phénomènes de réflexion et de réfraction qu'il utilisait. On connaissait depuis longtemps les lois de la réflexion ; celles de la réfraction avaient été établies depuis peu par le Hollandais Snellius et par Descartes, qui les interprétait, dans la théorie de l'émission, en considérant le rayon comme la trajectoire de minuscules projectiles lumineux ; Newton se fixait lui-même, après de longues hésitations, en faveur de la doctrine de l'émission, qui, appuyée sur l'autorité d'un si grand nom, devait s'imposer jusqu'aux débuts du XIX^e siècle.

Pourtant, la théorie des ondulations, qui voyait dans la lumière le résultat des vibrations d'un « fluide subtil », trouvait, de temps en temps, des défenseurs comme Malebranche et Euler. De ces discussions, plus métaphysiques que physiques, l'œuvre d'Huygens se détache par la netteté des conceptions ; elle est exposée dans son *Traité de la lumière*, paru en 1690, et dont il dit lui-même : « J'écrivis ce traité pendant mon séjour en France et le communiquai, en l'année 1678, aux personnes savantes qui composaient alors l'Académie royale des Sciences, à laquelle le roi m'avait fait l'honneur de m'appeler. » Il y affirme d'abord que la lumière est due, comme le feu et la flamme, à un mouvement rapide qui se propage progressivement autour du point lumineux : Roëmer venait, en effet, en 1675, de mesurer la vitesse énorme de cette propagation par l'observation des satellites de Jupiter. Partant de là, Huygens montre, par des constructions qui portent encore son nom, comment les lois de la réflexion et de la réfraction se retrouvent et s'interprètent dans la théorie des ondes. Pour pousser plus avant et fonder, cent cinquante

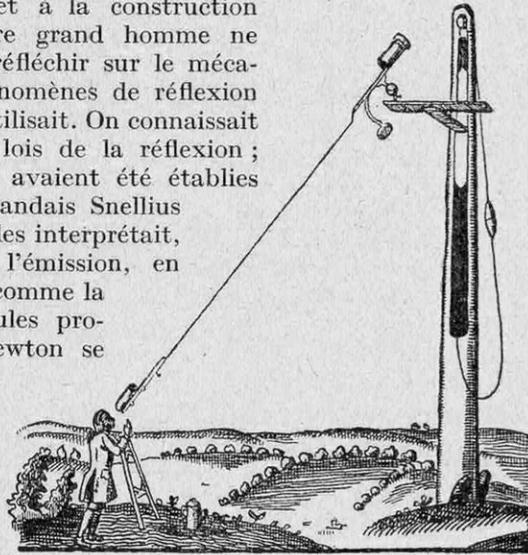


FIG. 4. — LA LUNETTE SANS TUBE DE HUYGENS



FIG. 5. — LA DOUBLE RÉFRACTION DU SPATH D'ISLANDE

ans avant Young et Fresnel, l'optique ondulatoire, il ne lui manquait plus qu'une chose : c'était de considérer, au lieu d'une onde isolée, un « train d'ondes », se succédant à intervalles égaux ; un esprit aussi pénétrant que le sien y eût trouvé l'explication, vainement cherchée par Newton, des colorations présentées par les lames minces.

Mais, si l'acquisition de ce progrès décisif lui fut refusée, Huygens donna à la science la connaissance précise de ce qu'il appelle « l'étrange réfraction du spath d'Islande », c'est-à-dire des phénomènes, alors à peine soupçonnés, de la *double réfraction*, par lequel un rayon lumineux se dédouble lorsqu'il traverse certains corps cristallisés. Il en fit d'abord une étude expérimentale très poussée ; puis, loin d'y voir, comme ses contemporains, un jeu incompréhensible de la nature, il montra comment ce phénomène s'explique tout naturellement, dans l'optique ondulatoire, en admettant que les ondes produites dans le cristal ne sont plus uniquement des sphères

centrées sur le point d'émission, mais comprenant, en outre, des « sphéroïdes » que nous savons aujourd'hui être des ellipsoïdes. C'est encore une chose notable qu'au cours de l'expérience sur le spath,

Huygens ait, le premier, signalé l'existence des phénomènes de *polarisation*, dont Malus et Fresnel devaient tirer plus tard un si grand parti pour les théories physiques.

Et le bon ouvrier qui, pendant quarante-cinq ans, avait brillé parmi les grands savants du siècle de Louis XIV, tomba, en quelques mois, du haut de son génie dans un état de déchéance dont la mort le délivra, le 8 juillet 1695. Mais il lui restait l'immortalité.

L. HOULLEVIGUE.

ON SAIT MESURER, AUJOURD'HUI, EN PLEIN VOL, LES EFFORTS SUBIS PAR LES AILES D'AVIONS

Par Jean LABADIÉ

Les accidents, heureusement très rares, mais toujours tragiques, dus aux ruptures des ailes d'un avion ont montré que les essais statiques n'étaient pas toujours suffisants pour prouver la solidité du matériel employé. C'est donc pendant le vol lui-même qu'il faut pouvoir mesurer les déformations subies par les organes au travail. MM. Huguenard, Magnan et Planiol, dont nous avons signalé les intéressants travaux sur l'étude de la « structure » du vent (1), viennent de réaliser des appareils qui permettent précisément d'enregistrer en plein vol, d'une façon précise, les déformations des ailes et les efforts qu'elles subissent. C'est un véritable laboratoire volant, dont les résultats donnent aux constructeurs de précieuses indications pour l'établissement des avions.

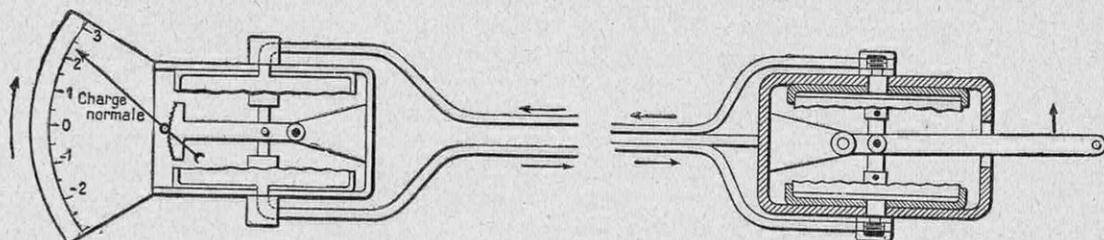
EN mai dernier, au camp d'Avord, la rupture de l'aile d'un avion en plein vol causa la mort de six personnes. Cet accident, heureusement fort rare, est aussi l'un des plus difficiles à prévoir — car il provient, toujours, d'une défectuosité du matériel survenue après réception.

Au moment des essais « statiques », les ailes retournées et surchargées de plusieurs tonnes de sable, l'aéroplane a tenu bon. La flexion de ses longerons sous le poids fut mesurée avec soin, au micromètre, ainsi que le retour en place des mêmes pièces, une fois le sable enlevé. Cette « réversibilité » d'un mouvement de flexion (qui efface totalement la déformation d'une pièce dès qu'on la soustrait à l'effort) caractérise ce qu'on nomme les « déformations élastiques », par

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 37.

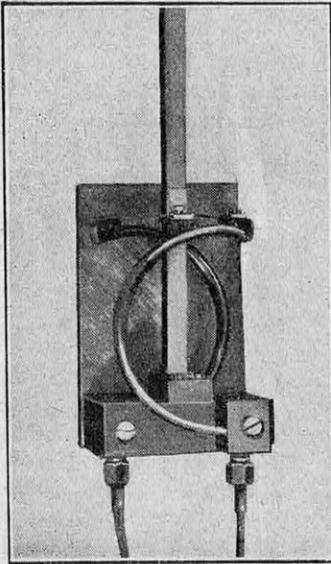
opposition avec les « déformations permanentes ». Les déformations élastiques, qui ne laissent pas de trace, sont les seules que le constructeur mécanicien puisse admettre. Si, dans une machine, un organe quelconque accuse une déformation résiduelle permanente, si petite soit-elle, le matériel utilisé est défectueux ; il faut le rejeter. C'est ce que fait le réceptionneur d'avion si les ailes éprouvées sous le poids du sable ne reprennent pas exactement leur position initiale, une fois déchargées.

Qu'arriverait-il, en effet, à un tel appareil s'il prenait son service avec une aile marquée d'une déformation permanente? Cette aile ressemblerait à une plaque de tôle légèrement ployée. Au premier effort inverse, elle ploierait dans l'autre sens. Simplement changée de signe, la déformation perma-



LE PRINCIPE DE L'INDICATEUR DE DÉFORMATION H. M. P.

A droite : la partie transmettrice de l'appareil. La déformation est reçue par le mouvement d'un bloc central qui, de ce fait, pousse sur une cellule (à membrane métallique souple) disposée au plafond et tire sur une cellule identique disposée sur le plancher d'une chambre métallique indéformable. Cette chambre est fixe, relativement aux pièces maîtresses de l'avion. A gauche : la partie réceptrice. La pression et la dépression des cellules impressionnées à droite par la déformation sont transmises à un dispositif identique également composé de deux cellules symétriques. Chacune d'elles reçoit l'effort de la cellule transmettrice correspondante. Il en résulte un déplacement de l'aiguille du cadran que manœuvre un levier lié aux cellules réceptrices et qui mesure la déformation subie.



L'INDICATEUR DE DÉFORMATION TEL QU'IL EST RÉALISÉ DE FAÇON PRATIQUE

Les déformations des pièces en travail (transmises par une poutre rigide de liaison ici verticale) provoquent des flexions en divers sens (dilatation ou contraction de la courbure) des tubes arqués remplis de glycérine et qui se prolongent, chacun, par un tube transmetteur manométrique.

rompte, autant de déformations qu'on voudra, à condition que l'effort exigé d'elles ne dépasse pas la limite d'épreuve, celle qui, pour l'avion, est déterminée aux essais statiques.

La sécurité des voilures aéronautiques serait donc parfaitement acquise si l'on pouvait contrôler, à tout instant du vol, l'élasticité de chacune de leurs parties. Si cette élasticité venait à faiblir — autrement dit, si une déformation résiduelle venait à persister, à la suite d'un « coup dur » — le pilote, averti, ramènerait l'appareil à terre, c'est-à-dire à la révision, et tout serait dit.

D'autre part, aucun essai statique ne permet de prévoir les efforts que subit un avion au cours d'un vol — et c'est une raison de plus pour contrôler directement les réactions de l'appareil dans les conditions aérodynamiques réelles de son vol. Ces conditions ne sont expérimentalement déterminées, jusqu'ici, que par les essais sur maquette, dans les souffleries artificielles — ce qui est manifestement insuffisant. Reste à savoir si un tel dispositif de contrôle peut être établi à bord d'un aéroplane sans que le vol en soit gêné.

nente se trouverait accentuée. Et ce va-et-vient continuerait au cours du vol, suivant un rythme impossible à prévoir, jusqu'à ce que l'alternance des déformations rompe les fibres internes du matériau suivant l'arête qui lui sert de charnière. Les ferblantiers ne s'y prennent pas autrement pour « casser » une tôle peu rigide. Au contraire, une aile, parfaitement élastiques, subiront, sans se

La réponse ne fait plus de doute. La méthode de mesure des efforts et des déformations concomitantes subies par les avions est aujourd'hui parfaitement au point. Elle est due aux trois chercheurs dont nous avons précédemment examiné les travaux originaux sur la structure du vent : MM. Huguenard, Magnan et Planiol (1).

Cette seconde partie de leur œuvre aérotechnique pourrait s'intituler aussi bien : *la physiologie de l'avion au travail.*

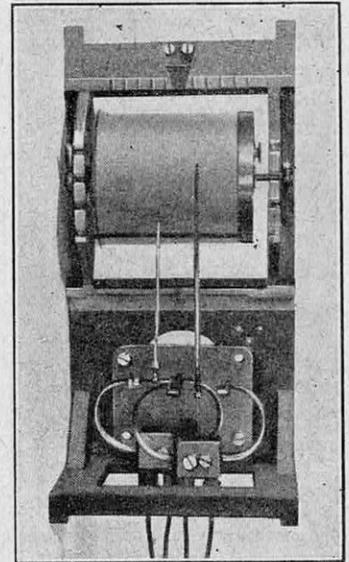
Nous allons l'exposer dans ses grandes lignes. Elle est, malheureusement, d'actualité, sans parler des progrès qu'elle doit assurer à la construction aéronautique.

L'enregistrement des déformations des ailes

Le mécanisme enregistrant la déformation des ailes et, plus généralement, celle de la charpente des avions en vol est installé de la façon suivante.

Dans l'axe de la carcasse, est établie une poutre pyramidale fixée, par sa base, à la même paroi latérale que l'aile elle-même, paroi qui n'est autre, dans la réalité, que le corps central (carlingue) de l'avion.

L'extrême pointe de cette poutre fixe est reliée à un longeron de l'aile par un appareil de liaison mécanique — un comparateur. Chaque fois que l'aile subira une flexion, cet appareil en marquera l'amplitude relativement au point fixe déterminé par la poutre. Mais, pour cela, il



UN APPAREIL A ENREGISTREMENTS SIMULTANÉS H. M. P.

Les tubes manométriques arrivent, par paires, à des manomètres métalliques (du type de Bourdon), dont le montage (différentiel) amplifie les mouvements de l'aiguille (en ajoutant les effets de pression et de dépression transmis par chaque paire de tubes). Ce procédé, généralisé, s'applique à l'enregistrement des déformations, des accélérations, des vitesses, etc.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, p. 27.

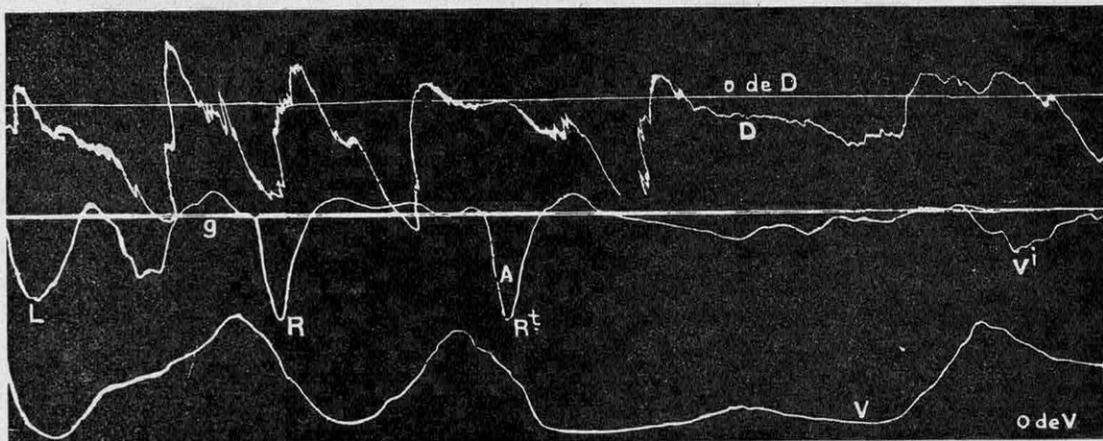
doit d'abord être *sensible aux plus petits déplacements* (car les amplitudes de vibration d'une aile ne sont jamais bien grandes). Ceci nous fait pressentir que ses indications devront être fortement amplifiées. De plus, un appareil destiné, comme celui-ci, à mesurer une déformation oscillante est lui-même obligé de vibrer : il est donc caractérisé par une « période » propre, tout comme un ressort. Or, cette période propre du comparateur ne doit pas être telle qu'il puisse entrer en résonance avec la vibration qu'il a mission de mesurer, sinon

tionnent leurs effets, si on les oblige à se traduire par une différence de niveau entre deux tubes pleins d'eau, prolongeant chacun l'une des capsules et recourbés en forme de manomètres.

Le niveau monte dans le tube correspondant à la capsule comprimée et descend dans le tube de la capsule déprimée.

Les extrémités manométriques, transparentes, de ces tubes indicateurs peuvent être montées sur la planche de bord. Elles parlent alors constamment aux yeux du pilote.

Tant que l'aile n'accuse que des déplace-



TRACÉS SIMULTANÉS D'UNE BANDE D'ENREGISTREMENT

Ces tracés indiquent : 1° sur la courbe centrale A, les variations des accélérations verticales subies par l'appareil en deçà (positivement vers le bas) et au delà du zéro (ligne droite) ; 2° sur la courbe supérieure D, les déformations de l'aile correspondant à chaque accélération ; 3° en V, la vitesse aérodynamique (comptée positivement de bas en haut à partir du bord inférieur du cliché). Au niveau du point L, l'avion terminait un looping (voyez les vibrations de l'aile correspondantes). Au niveau de R, il se redressait (ressource). En V, il effectuait un virage sur l'aile, etc. On voit la finesse de l'analyse offerte par l'ensemble de ces trois courbes.

il enregistrerait des « battements » ne correspondant aucunement aux *amplitudes réelles des déformations périodiques de l'aile*. Cette dernière condition ne peut être obtenue que par un dispositif de réglage permettant d'adapter, sur place, le comparateur à chaque cas particulier d'utilisation. Les conditions varient, en effet, chaque fois que change ou la forme ou la masse de l'organe étudié.

Comme on voit, le problème n'est pas simple.

Nous présentons ici, en deux schémas, les deux dispositifs pratiqués par les inventeurs. L'un de ces comparateurs est formé de deux capsules closes accolées et solidaires de l'aile tandis que leurs cloisons en regard sont reliées par un étrier rigide à la poutre fixe. Tout mouvement de l'étrier rigide se traduit par une variation de capacité des cellules *en sens inverse*, de sorte que leurs déformations addi-

ments élastiques strictement pendulaires, les deux niveaux liquides se contentent d'osciller autour d'une position moyenne. Si l'aile vient à subir une déformation permanente, la différence des niveaux se stabilise aussitôt autour d'une position moyennement anormale.

En diminuant le diamètre des tubes, on obtient des variations de la colonne liquide de plus en plus longues : on a augmenté la sensibilité de l'appareil, tandis que le frottement du liquide (par sa viscosité à l'intérieur des conduites) équivaut à un freinage, suffisant pour amortir toute *résonance* du système oscillant éventuelle avec des vibrations parasites — celles du moteur, par exemple.

Ce procédé manométrique a donné lieu, tout naturellement, à la variante classique consistant à remplacer les manomètres différentiels à colonne liquide par deux *mano-*

mètres métalliques à déformation élastique (type de Bourdon). C'est le montage exécuté dans le second schéma.

Dans ce dernier cas, deux capacités à parois métalliques élastiques tiennent lieu des précédentes cellules. Par le moyen de tubes de transmission hydraulique, elles actionnent, ensemble, soit une aiguille écrivant sur un tambour, soit un miroir oscillant dont les clignotements sont un véritable appel de détresse dès que leur rythme devient saccadé. Tant que le miroir oscille, en effet, *pendulairement*, autour d'une position moyenne, c'est que tout se passe régulièrement : les vibrations « encaissées » par l'aile (ou par toute autre partie de la charpente soumise au contrôle) sont *parfaitement élastiques*. L'avion ne court aucun danger.

La mesure des efforts supportés par les ailes

Le montage que nous venons d'examiner indique seulement le *déplacement* relatif de deux organes (l'aile, d'une part, et le support fixe, de l'autre). Ce déplacement, suffisant pour signaler la permanence d'une déformation — c'est-à-dire le danger — ne fournit, par contre, aucune indication métrique de l'effort supporté par l'aile au cours des déformations (élastiques ou permanentes) que signale le comparateur.

Or, il est du plus haut intérêt de savoir qu'à telle déformation de l'aile, à tel moment précis du vol, correspondait, sur cette aile, un effort aérodynamique de x kilos par mètre carré. Muni de cette nouvelle donnée, l'on posséderait un

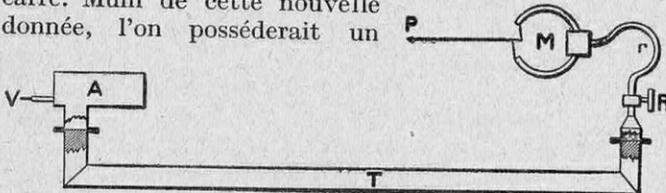
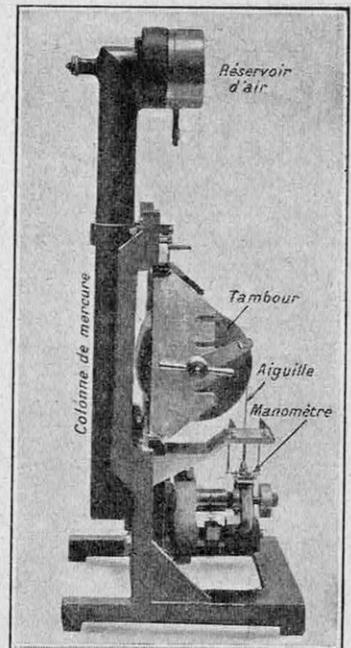
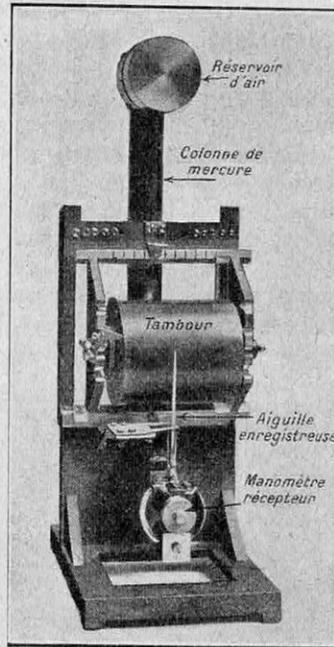


SCHÉMA DE L'ACCÉLÉROGRAPHE H. M. P.

Dans le tube T est placé le mercure, dont l'inertie (sous l'effet des accélérations imprimées à l'appareil) comprime, à droite, un liquide visqueux (glycérine), enfermé dans un système de tubes élastiques formant manomètre M. P., aiguille du manomètre. A gauche, en A, se trouve un réservoir d'air comprimé destiné à jouer le rôle d'un ressort de rappel, c'est-à-dire à ramener, sans cesse, la colonne de mercure dans sa position moyenne, dès que l'effet accélérateur a disparu.



L'ACCÉLÉROGRAPHE H. M. P.

Voici, réalisé, l'appareil dont nous avons donné plus haut le schéma explicatif. La colonne mercurielle verticale suffit à repérer les autres organes auxquels se surajoute, ici, le tambour enregistreur.

aperçu des forces qui travaillent sur une voilure d'aéroplane au cours du vol — forces qui peuvent dépasser tout ce que prévoit la théorie.

Ce dernier renseignement va être demandé à une nouvelle série d'instruments : les *accélérographes*.

Imaginez maintenant qu'une troisième mesure soit réalisée : celle de la *vitesse de l'avion relativement au vent extérieur*. Imaginez, en outre, qu'un dernier appareil relève tous les *mouvements du manche à balai* entre les mains du pilote. Vous possédez alors tous les facteurs suffisants pour l'analyse non seulement du travail « physiologique » des organes, mais encore des « causes » de ce travail — qu'elles soient extérieures (variations du vent, tourbillons, remous) ou intérieures à l'appareil (manœuvres plus ou moins justifiées du pilote).

L'on voit aussitôt de combien s'élève, vers une analyse théorique complète, la simple méthode de contrôle instituée dans un but de sécurité pure.

Les accélérographes

Qu'est-ce qu'un accélérographe ? Nous avons étudié ce genre

d'appareils à propos d'un problème fort analogue à celui qui nous préoccupe : l'ébranlement des immeubles et des chaussées par les véhicules (1). Nous avons décrit d'ingénieux appareils destinés à analyser soit le « tremblement de terre » qui secoue la chaussée au moment du passage d'un camion, soit l'ébranlement subi à bord du camion lui-même. Un accélérographe est donc apparenté aux « sismographes ». C'est un appareil destiné à enregistrer tout ébranlement rapide d'un système mécanique rigide — que celui-ci soit la terre en proie aux séismes, une chaussée, un camion ou... un avion.

La « chaussée » de la route aérienne est plus cahoteuse qu'on ne le suppose d'ordinaire. Ses rugosités ne sont autres que les accélérations du vent (tourbillons, déviations). Nous avons vu quels détours il faut prendre pour les mesurer. Ces cahots *subis* par l'avion ne sont pas (ressentis du bord) d'autre nature que ceux d'un camion.

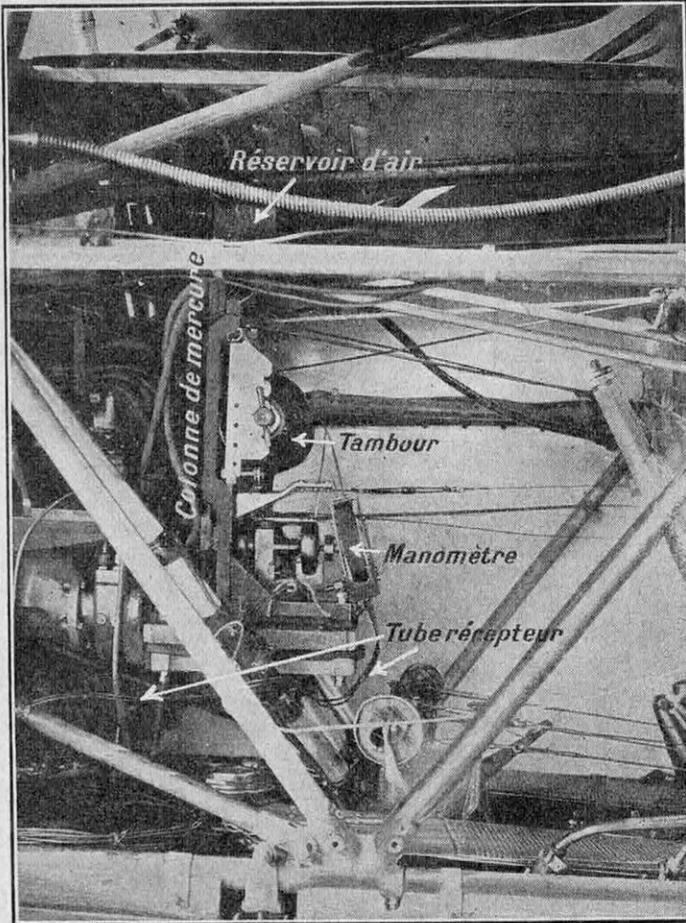
Le « sismographe » qu'on va installer sur l'avion se composera donc — comme tout sismographe — d'une « masse pendulaire » dont la fonction sera d'opposer simplement son *inertie* aux accélérations brusquement éprouvées par le véhicule. Grâce à cette inertie, on enregistrera ces accélérations, desquelles, par un procédé d'analyse mathématique, l'on déduira les efforts, c'est-à-dire les forces qui étaient appliquées aux ailes de l'avion

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 100, page 269.

par l'air extérieur au moment où ces accélérations se produisaient.

Naturellement, l'accélérographe pour avions différera sensiblement des accélérographes pour voitures automobiles et, *a fortiori*, des sismographes pour tremblements de terre. La masse « pendulaire » de l'accélérographe H. M. P. est constituée par une lourde colonne de mercure enclose entre deux

chambres terminant le tube à mercure. L'une des chambres est pleine d'air comprimé. L'autre est formée par un arc métallique creux, flexible et rempli de glycérine. Cet arc métallique, sous les réactions de la colonne mercurielle à chaque accélération subie, fonctionnera comme un manomètre. Il actionne, en l'espèce, une aiguille amplificatrice et enregistreuse. Le graphique fourni par cette aiguille indique par ses amplitudes la valeur de l'accélération subie, à chaque instant,



MONTAGE DE L'ACCÉLÉROGRAPHE H. M. P. A L'INTÉRIEUR D'UNE CARLINGUE D'AVION

par l'organe de l'avion auquel l'accélérographe est relié.

Mais l'avion navigue dans les trois dimensions de l'espace. Les accélérations qu'il subit se décomposent différemment suivant chacune de ces dimensions. Théoriquement, un seul accélérographe n'est donc pas suffisant ; il en faudrait trois, l'un destiné à mesurer les accélérations verticales et deux placés à angle droit dans le plan horizontal — ces derniers mesurant les accélérations latérales et longitudinales de l'avion. Toutefois, il est bien évident que la mesure la plus importante

est relative aux *accélérations perpendiculaires au plan des ailes*, celles qui occasionnent les ruptures par accroissement subit du *poids apparent* de l'appareil (toujours supposé horizontal).

L'accélérographe sera donc pratiquement disposé dans l'avion *perpendiculairement aux ailes* (ou au plancher de la carlingue). Si l'aviateur vient à faire des virages ou des loopings, l'appareil indiquera les accélérations correspondant au seul travail réellement intéressant, lequel est toujours un travail de flexion perpendiculaire au plan des ailes, et le seul dangereux.

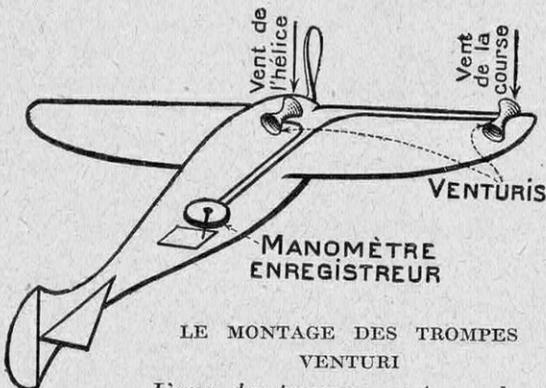
Détermination de la vitesse aérodynamique de l'avion

L'accélérographe a donc fourni l'indication des *accélérations*. Le comparateur a mesuré l'amplitude des *déformations*.

Ces données sont insuffisantes encore : elles renseignent sur des phénomènes intérieurs à l'avion. Mais l'étude physiologique d'un organe exige que l'on connaisse également ses relations avec son milieu, lequel est, ici, l'air. Il s'agit, en conséquence, de savoir quelle est, à tout instant, la *vitesse de l'avion relativement à l'air qui agit sur lui et contre lequel il réagit*.

La mesure exacte de cette vitesse ne saurait s'effectuer par le moulinet classique placé en bout d'aile : un tel appareil formant volant aurait de l'*inertie*. Il ne réagirait pas *instantanément*, comme c'est indispensable.

MM. Huguenard, Magnan et Planiol utilisent une « trompe de Venturi », tuyau court, évasé par ses deux bouts, qui communique



L'une des trompes, posée en bout d'aile, apporte au manomètre enregistreur la *dépression* résultant du « vent de la course », c'est-à-dire du déplacement de l'avion relativement à l'air. L'autre, placée derrière l'hélice, permet de mesurer la vitesse du vent que produit celle-ci. Les deux données sont indispensables pour établir la *vitesse aérodynamique vraie de l'aéroplane*.

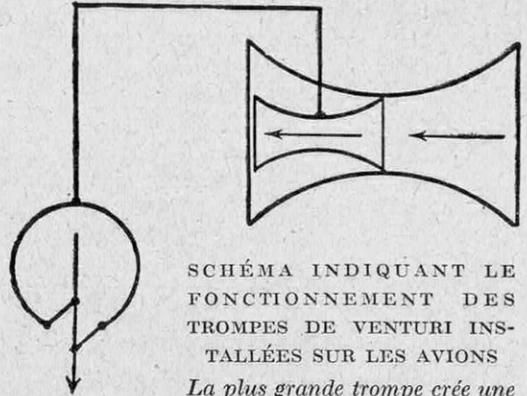


SCHÉMA INDIQUANT LE FONCTIONNEMENT DES TROMPES DE VENTURI INSTALLÉES SUR LES AVIONS

La plus grande trompe crée une *accélération du vent au niveau de sa section minima (étranglement)*. Là, le vent est repris par une *seconde trompe, plus petite*. En s'écoulant à l'intérieur de celle-ci, le vent produit une *dépression sur les parois de l'appareil*, dépression que le tube du manomètre enregistre, ce qui indique la *vitesse du vent (proportionnelle à la dépression créée)*.

avec un manomètre enregistreur par une conduite branchée sur son parcours le plus étroit. Une trompe de ce genre est disposée en bout d'aile. Le « vent de la course » s'engouffre dans son entonnoir, y produit une dépression à la hauteur de l'étranglement où, justement, se trouve branché le tube manométrique. La vitesse de ce vent relatif est proportionnelle à cette dépression. Le manomètre indiquera donc la vitesse, du seul fait qu'il enregistre la dépression.

Une seconde trompe, placée en arrière de l'hélice, notera la vitesse du « vent de l'hélice » (en vue de certaines corrections qu'il est inutile d'examiner ici).

Cet appareil est étalonné, avant installation, dans le vent artificiel de la grande soufflerie d'Issy-les-Moulineaux, dont la vitesse est rigoureusement mesurée.

Les résultats expérimentaux

Et maintenant que nous possédons les trois facteurs essentiels : *amplitude des déformations, accélérations* qui leur correspondent, *vitesse aérodynamique*, nous constatons avec quelle simplicité on en tire les conditions de vol de n'importe quel appareil en n'importe quelles circonstances.

Rapportés à un même système de coordonnées, les trois graphiques indiquent quels efforts l'aéroplane a supportés au moment précis de telle manœuvre, et quelle vitesse était la sienne à cet instant.

Tel jour, un avion Gourdon-Lescurre, piloté par le lieutenant Joublin, exécuta une suite de loopings. Les graphiques purent indiquer qu'à l'entrée du premier looping la

vitesse (atteignant 215 kilomètres à la suite d'un léger piqué) ne dépassait pas 60 au sommet de la boucle pour retomber à 170. Après le deuxième looping, la vitesse remontait à 200 kilomètres et n'était plus que de 150 après le troisième. Dans les trois cas l'accélération prise par l'appareil atteignit 3 fois et demi l'accélération *g* de la pesanteur terrestre.

Au cours d'autres essais, les vitesses montèrent à 250 et 275 kilomètres, avec un amorçage de vibrations des ailerons sous des accélérations atteignant 4 *g*. Une autre fois, l'accélération atteignit 6 *g* : à ce moment, l'avion supportait donc six fois et demi son propre poids !

Un avion limousine Farman de 300 ch de la ligne Toulouse-Barcelone fut soumis aux mesures : il en résulta de curieuses constatations lors du franchissement des Pyrénées, où l'effet des remous ascendants se trouva nettement marqué.

En présence de ces graphiques, le constructeur se trouve parfaitement renseigné sur le comportement de ses appareils et sur les modifications que peut exiger une parfaite sécurité.

Quant aux pilotes, ils ont désormais en mains le tableau exact des efforts qu'ils demandent à leurs appareils par les mouvements qu'ils impriment au « manche à balai ». Ces mouvements sont enregistrés, en effet, si

on le désire, sur un quatrième graphique simultané des trois autres. La comparaison de la *commande* et de ses effets ne comporte plus, dès lors, aucune obscurité.

Voici, ci-dessous, un curieux tableau des renseignements que les pilotes doivent connaître.

De toutes les comparaisons graphiques, il ressort que l'avion obéit instantanément aux commandes du gouvernail.

Comme on le voit, un avion entièrement équipé avec les appareils H. M. P. représente un véritable laboratoire volant, grâce auquel on peut aborder enfin l'étude rationnelle

d'une science aérodynamique basée sur l'expérience et non sur des théories trop éloignées, pour l'instant, de la réalité.

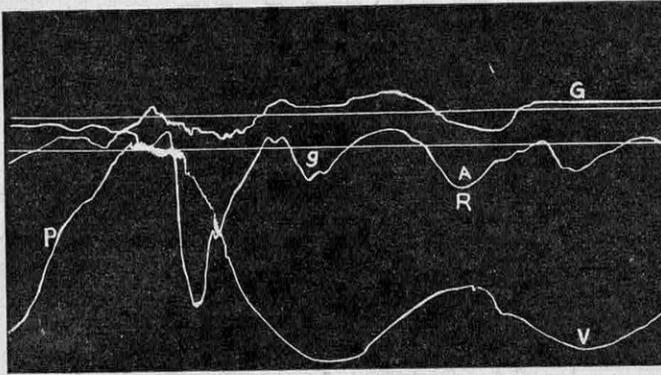
Nous verrons prochainement comment les résultats obtenus à bord de l'avion se complètent merveilleusement par le troisième chapitre de la méthode H. M. P., celui où intervient le cinéma-

tographe d'un observateur terrestre, grâce auquel le vol des oiseaux eux-mêmes ne saurait échapper davantage à l'analyse des savants.

Ainsi, grâce aux recherches

effectuées minutieusement dans les laboratoires, puis aux mesures effectuées en plein vol, les constructeurs d'avions peuvent avoir à leur disposition tous les éléments pour établir des appareils offrant une sécurité complète.

JEAN LABADIÉ



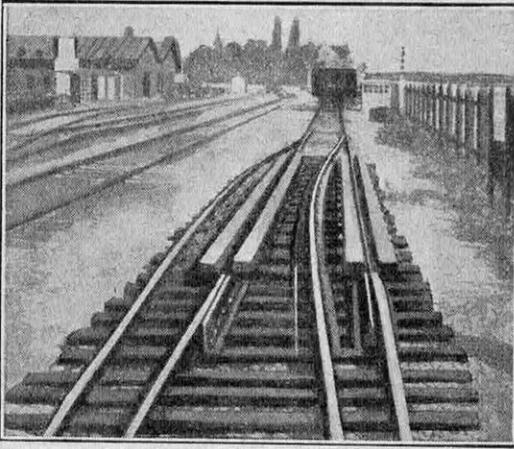
PHOTOGRAPHIE D'UNE BANDE PORTANT L'ENREGISTREMENT SIMULTANÉ :

1° Des déplacements du gouvernail de profondeur (courbe G) ; 2° des accélérations verticales correspondantes subies par l'avion (courbe R) ; 3° de la vitesse aérodynamique de l'appareil (courbe V). En suivant simultanément les trois tracés, on voit comment, à un très petit mouvement de gouvernail (indiqué par la première pointe de la courbe G (à partir de la gauche), l'avion a répondu par une accélération énorme (marquée par la brusque plongée de la courbe R dont les grandeurs sont indiquées positivement de haut en bas). Les ailes, à ce moment, supportaient trois fois le poids normal de l'appareil. Cette manœuvre s'effectuait à la fin d'un piqué indiqué en P sur la courbe des vitesses. En R, l'avion exécutait une « ressource ».

MANŒUVRES EFFECTUÉES	TYPES D'APPAREILS	EFFORTS MOYENS SUBIS PAR LES AILES
Loopings	Gourdon 180 ch	Cinq fois et demi le poids de l'avion.
Tonneaux	—	3,9 à 4,4 fois.
Reversements	—	4 à 4,4 fois.
Virage à la verticale.....	—	5 fois le poids.
Ressources	—	5,5 à 6,5 fois.
Vrille (pendant).....	—	0,6 à 1,3 fois.
A la sortie de la vrille....	—	2 fois.
Atterrissage brusque....	Hyd.Farman 840 c	5,2 fois.
Amerrissage	—	0,1 fois.
Vol en courants ascendants (Vauville).....	Caudron 80 ch	0,85 à 1,15 fois.

LES « FREINS A VOIE » PERMETTENT D'ARRÊTER AUTOMATIQUEMENT LES WAGONS ISOLÉS

DANS les gares, les wagons sont souvent abandonnés à eux-mêmes, après avoir reçu l'impulsion d'une locomotive, pour aller se raccorder à une rame en formation ou pour être dirigés vers un poste de déchargement. Normalement, les hommes



INSTALLATION DES FREINS SUR DEUX VOIES

d'équipe les arrêtent à l'endroit voulu en plaçant un sabot de frein sur le rail. Aux Etats-Unis et en Allemagne, on utilise actuellement, pour remplir cette fonction, les « freins à voie ».

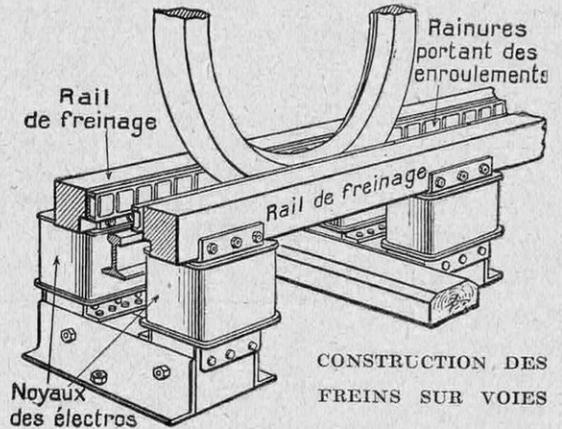
Les freins à voie américains sont de simples mâchoires installées à poste fixe près des rails et actionnées par l'air comprimé.

Les Allemands ont imaginé de réaliser un système de frein électromagnétique basé sur la production de courants de Foucault dans la jante de la roue au moment où elle s'engage sur le rail porteur du frein, et qui produisent une force progressivement croissante qui exerce toute sa puissance lorsque la roue se relève à l'arrière du rail. De plus, on peut réaliser, jusqu'à un certain point, une sorte d'égalisation des vitesses des wagons.

L'appareil, qui fut expérimenté à Munich,

était constitué par deux rails de freinage bordant le rail de roulement à droite et à gauche. Ces rails sont faits en plaques de fer qui leur permettent une certaine élasticité latérale. Ils sont fixés sur des noyaux d'électroaimants dont les enroulements sont parcourus par un fort courant continu. Enfin, la face intérieure des rails de freinage est doublée d'une carcasse ajourée en cuivre engagée dans des rainures pratiquées dans la plaque de fer. Cette masse de cuivre entourant les saillies de la plaque de fer constitue une série d'enroulements en court-circuit.

Dès que la roue s'engage entre les deux rails de freinage, la présence de sa masse de fer produit un champ magnétique très puissant. Mais alors les enroulements court-circuités ne permettent pas à ce champ de prendre toute sa puissance *instantanément*. Elle ne se produit que progressivement. A l'arrière, au contraire, les courants de Foucault, qui se



CONSTRUCTION DES
FREINS SUR VOIES

sont produits dans l'enroulement en court-circuit et dans la jante, empêchent une diminution rapide du champ magnétique, qui agit sur la roue dans le sens inverse de sa progression pour réaliser le freinage énergique que l'on désirait précisément obtenir. La roue est en quelque sorte tirée de haut en bas, par l'arrière, et sa rotation, fortement ralentie.

LA XXI^e FOIRE DE PARIS

Par René DONCIÈRES

Du 11 au 26 mai 1929, plus de sept mille exposants, appartenant à toutes les nations, étaient rassemblés sur l'immense terrain du parc des Expositions. Aussi un compte rendu général est-il devenu impossible. Nous ne ferons que glaner çà et là quelques nouveautés présentant un caractère pratique. Beaucoup nous sont apportées par l'étranger. Désormais la lutte deviendra de plus en plus âpre entre nos productions industrielles nationales et celles qui nous viennent d'Angleterre, des Etats-Unis, d'Allemagne. Cet événement était attendu. Que nos industriels ne se laissent pas distancer !

Coup d'œil d'ensemble

LE visiteur pressé qui négligerait les halls de l'alimentation et ceux de l'ameublement pourrait croire de bonne foi que la Foire de Paris est une exposition de machines et d'appareils, électriques ou non, tant la place qu'ils occupent est importante.

Plus que jamais l'industrie mécanique française, représentée toujours par ses vedettes : Société Alsacienne de Constructions mécaniques, C. S. P., S. O. M. U. A., Ernault, Huré, Cazenueve, s'efforce d'attirer l'attention. Mais le *Syndicat des constructeurs de machines*

d'imprimerie et du façonnage des papiers et carton a fait un effort considérable pour que son exposition fût digne de l'ampleur prise par tous les groupes : deux halls sont accaparés par ses adhérents, dont les installations, pour la plupart en activité, ont vivement intéressé les visiteurs. Ce groupe n'a pas été négligé non plus par les exposants étrangers : Allemands surtout, Italiens, Belges, Anglais et Américains, dont les machines, souvent impressionnantes, voisinent avec celles qui ont été construites en France.

Machines-outils, presses à découper et à

emboutir, appareils de levage et de manutention, compresseurs, appareils de chauffage industriel, pompes, compresseurs d'air, matériel d'incendie, machines à bois, matériel de blanchisserie, matériel de traction, moteurs, etc., débordent les halls de la mécanique, s'alignent au bord des rues provisoires tracées

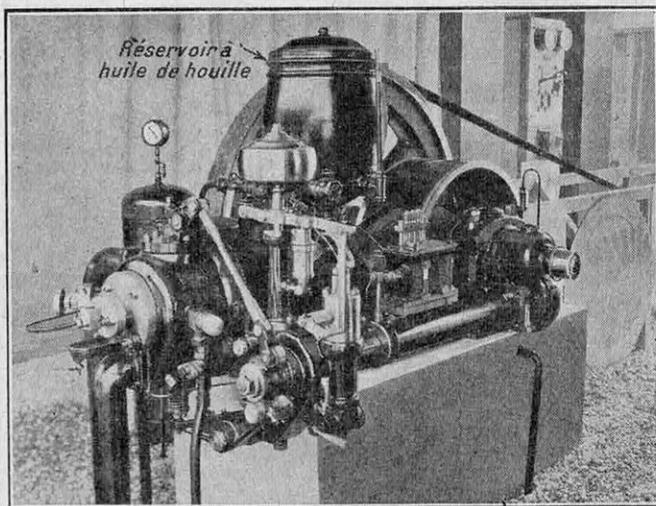
sur les terre-pleins, en s'offrant aux visiteurs non sous un aspect inerte, mais en pleine vie au milieu des chantiers provisoires qu'ils animent.

Voici encore de la mécanique agricole, en plein air, avec tous ses moteurs, toutes ses machines de mieux en mieux adaptés au travail de la

ferme, à celui du sol, à celui des récoltes.

D'autres halls ont reçu la bijouterie, d'autres les innombrables modèles de machines parlantes, auxquelles la T. S. F., qui se croyait appelée à les détrôner, a redonné une vigueur nouvelle. La musique, la mode, l'ameublement ont aussi leur contingent de visiteurs, composé assurément de beaucoup plus d'amateurs que les groupes humains qui s'écoulaient lentement entre les énormes machines de la grosse mécanique.

De plus en plus aussi, l'habitation envahit l'espace qui lui est réservé. Quelle agglomé-



LE MOTEUR « DUVANT »

ration hétéroclite et comme bien peu de ces constructions, dites à bon marché, paraissent enthousiasmer les amateurs !

Le groupe de l'alimentation comporte une section fort intéressante : celle des fours de boulangerie que l'on chauffe actuellement avec des combustibles industriels, sans compter le courant électrique.

La section des vins de France conserve également la place qu'elle a toujours occupée partout : celle de grande et unique vedette.

Les nouveaux moteurs

On sait que les moteurs *Diesel* construits autrefois étaient à *injection pneumatique*, c'est-à-dire qu'au temps de compression de l'air par le piston du moteur, le combustible injecté était accompagné d'air comprimé à haute pression (70 kg environ).

Ce mode d'injection facilitait l'atomisation du combustible et assurait sa parfaite combustion. Il avait, par contre, l'inconvénient de nécessiter un compresseur spécial et des réservoirs d'air compliquant la machine.

Les progrès réalisés ensuite ont permis de supprimer ce compresseur en injectant directement le combustible dans le cylindre sans air comprimé, à l'aide d'une pompe et d'un pulvérisateur approprié.

Ce système, appelé « injection mécanique », employé actuellement, ne permet pas une diffusion du combustible aussi parfaite qu'elle était dans les anciens Diesel à injection pneumatique. La pression d'injection du combustible doit, en outre, être élevée et les soupapes et le piston s'encrassent facilement, notamment à faible charge, malgré l'emploi de combustibles de qualité déterminée.

Pour éviter ces inconvénients, il fallait, tout en conservant l'avantage de la simplicité du moteur à injection mécanique, retrouver les avantages de l'injection pneumatique.

Ce résultat est actuellement obtenu dans le moteur « Duvant », de la façon suivante : l'huile combustible est lancée sous forme de jet de pression moyenne dans la chambre de combustion. Ce jet traverse une petite chambre (antichambre), placée entre l'injecteur et la chambre de combustion, pour arriver à cette dernière.

Au moment de l'injection, il se produit, dans l'antichambre, une explosion dont les gaz allumés accompagnent le jet de combustible jusqu'à la chambre de combustion où il entre parfaitement allumé. La qualité et la densité du combustible n'ont plus, de ce fait, aucune importance, et la combustion se fait sans aucun encrassement.

D'autre part, dans les moteurs à injection directe dans la chambre des soupapes, il se produit une explosion dont la pression est bien supérieure à celle que donne la combustion dans un moteur à antichambre ; les organes du moteur travaillent donc plus normalement dans le second, la pression ne dépassant pas celle de la compression de l'air avant l'entrée du combustible.

Indépendamment de ces avantages, ce type de moteur peut utiliser tous les combustibles, y compris l'huile de goudron.

Les usines à gaz, les mines mettent actuellement sur le marché des huiles de goudron dérivées de la distillation de la houille. Ces huiles sont très liquides et très propres. Elles doivent retenir l'attention des consommateurs de combustibles liquides. Comme il est prudent de ne pas rester tributaires des combustibles d'importation, les prix des huiles de goudron françaises, dont la production se développe chaque jour, permettront, par la baisse des prix, leur utilisation prochaine dans ces moteurs, qui seront alors réellement des moteurs à combustible national.

Nous donnons le dessin du moteur « Bagnulo » appartenant à la même catégorie que le moteur Duvant et que l'on trouve déjà chez divers constructeurs, entre autres, de Dion Bouton, qui l'exposait à son stand. C'est également un moteur à huile lourde ayant le même rapport de compression qu'un moteur à essence, dont il ne diffère d'ailleurs que par la culasse. Celle-ci est simplement rapportée au sommet du cylindre.

Cette culasse comporte une soupape d'admission et une soupape d'échappement, toutes deux en communication avec l'atmosphère. La chambre de compression, de forme cylindrique, communique avec le cylindre par un orifice de forme spéciale (Venturi). A la partie supérieure de cette chambre, une soupape permet l'introduction du combustible ; elle est commandée par le même culbuteur que la soupape normale d'aspiration. Le combustible arrive par un raccord normalement obturé par la soupape d'aspiration. Enfin, à l'intérieur de la chambre de compression pénètre une bougie comportant une résistance en chrome-nickel chauffée par la batterie habituelle de 6 ou 12 volts. Dans certains cas, la bougie est remplacée par un réchauffage préalable extérieur de la chambre de compression au moment de la mise en route.

Ici également n'existe aucun organe d'injection ou de compression ; c'est pourquoi le moteur peut atteindre des vitesses angulaires élevées (2.000 tours). Voici comment il fonctionne.

L'huile lourde arrive par gravité dans le raccord, terminé par un gicleur, puis dans la chambre de compression préalablement chauffée, pendant la période d'aspiration. Le combustible qui s'est volatilisé est retenu dans la chambre supérieure, le cylindre admet donc simplement de l'air frais.

A la fin de la compression, toutes les soupapes se trouvant fermées, l'air du cylindre est chassé dans la chambre sphérique

où il brasse les vapeurs d'huile lourde pour constituer un mélange détonant qui explose aussitôt au contact des parois chaudes de cette chambre.

Comme le combustible est contenu dans un réservoir unique, il arrive toujours à la même pression dans les diverses chambres sphériques du moteur : chaque cylindre est donc alimenté avec une même quantité d'huile. Ajoutons encore que la chambre sphérique est balayée alternativement par l'air frais pendant l'ouverture de sa

soupape et en sens contraire par celui venant du cylindre. Ces deux balayages favorisent la pulvérisation du combustible.

Dans un 4 cylindres de 100 millimètres d'alésage et 150 millimètres de course, la consommation d'huile lourde serait de 230 grammes par cheval-heure à charge normale. Le temps nécessaire au chauffage préalable des bougies est de deux minutes et la consommation de courant, d'environ 150 watts par bougie. Lorsque le moteur est démarré, le courant n'est plus nécessaire.

Le moteur électrique « Autocem »

C'est un moteur asynchrone à démarreur centrifuge à résistances subdivisées en plu-

sieurs éléments calées sur l'arbre du rotor et tournant avec lui. Ce système nouveau remplace le moteur à induit en court-circuit, dont les applications sont malheureusement limitées par les secteurs aux faibles puissances à cause de son fort à-coup de courant au démarrage.

Dans le nouveau moteur, les résistances, branchées sur les trois phases du rotor, sont mises automatiquement

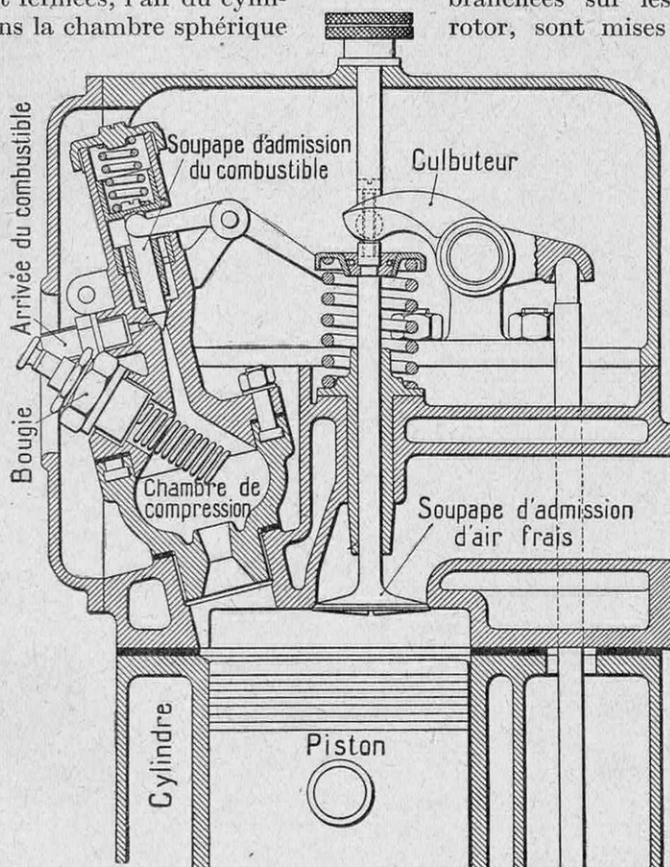
et progressivement en court-circuit pendant la période du démarrage, sous l'action de la force centrifuge. Le démarreur centrifuge est monté sur l'arbre à l'emplacement occupé par les bagues dans les autres moteurs. Il comporte une résistance et des interrupteurs. La résistance est faite de bandes métalliques enroulées en spirale et isolées avec une matière spéciale qui résiste à la chaleur. Elle comporte un nombre de prises variable, suivant la puissance du moteur, et reliées

aux interrupteurs. Ceux-ci sont constitués par une partie mobile et trois plots de contact fixes connectés à la même prise de résistance.

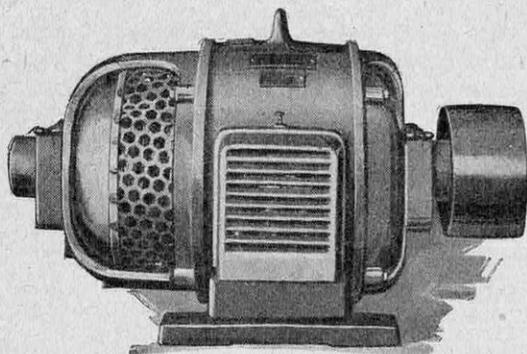
Au moment du démarrage, la palette de la partie mobile est maintenue écartée des contacts jusqu'au moment où la force centrifuge est suffisante pour que cette palette vienne s'appuyer sur eux. C'est sur ce principe qu'est basée l'automatisme du fonctionnement.

Nouveau coffret de manœuvre

Pour assurer la protection des moteurs électriques contre un échauffement dangereux, on utilise des fusibles ou des interrupteurs automatiques à maxima d'intensité,



LE MOTEUR « BAGNULO »
(Coupe par la culasse rapportée.)

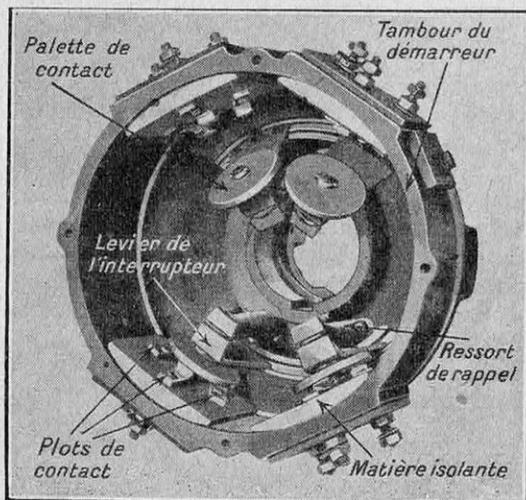


LE MOTEUR « AUTOCEM »

Dans le premier cas, on est amené à prévoir des fusibles d'une section plus grande que celle déterminée par l'intensité normale et, dans le second cas, la protection n'est efficace que si l'intensité de déclenchement est choisie entre 1,4 et 2 fois l'intensité normale.

Dans le nouveau coffret, les variations de courant produisent simultanément les mêmes variations de température dans le moteur et dans les déclencheurs thermiques. Ceux-ci sont constitués par des bandes bi-métal estampées, le coefficient de dilatation de chaque métal étant aussi différent que possible. Lorsqu'un échauffement se produit, la bande se courbe. On utilise plusieurs bandes bi-métal pour constituer le déclencheur, qui peut ainsi développer l'effort nécessaire à la libération du cliquet de l'interrupteur. Chaque bande est isolée de sa voisine, mais on les connecte en série ou en parallèle suivant l'intensité du courant.

Quant à l'interrupteur tripolaire, il comporte trois doigts de contact et trois secteurs

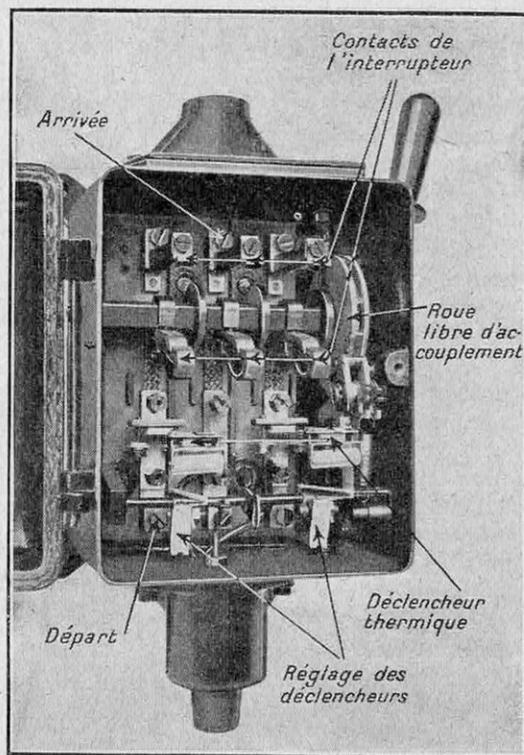


DÉTAILS DU DÉMARREUR CENTRIFUGE DU MOTEUR « AUTOCEM »

mobiles isolés de leur arbre de commande. Cet arbre est actionné par une poignée extérieure par l'intermédiaire d'une roue libre. Les déclencheurs thermiques, généralement au nombre de deux par coffret, sont insérés sur les deux phases extrêmes entre l'interrupteur et les bornes de raccordement du moteur.

Un convertisseur « Veka » pour batteries de T. S. F. et d'autos

Ce groupe renferme, dans une unique car-casse, le moteur et la dynamo, dont les enroulements inducteurs sont séparés. Sur



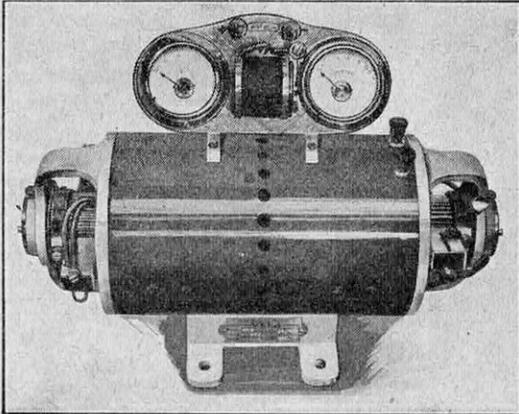
COFFRET CONTENANT LES APPAREILS DE PROTECTION DES MOTEURS ÉLECTRIQUES

l'arbre unique sont clavetés les deux rotors montés sur roulements à billes et séparés par un ventilateur agissant ainsi sur le moteur et la dynamo. La variation de voltage étant fonction de la vitesse, les établissements Veka ont imaginé un système de portebalais tournant autour d'un axe et pouvant être bloqué, par un bouton moleté, à la place correspondant au régime de charge demandé. On supprime ainsi le rhéostat de réglage. La tension du courant fourni par la dynamo varie de 4 à 80 volts et peut atteindre 105 volts, le débit variant lui-même de 0,1 à 6 ampères, suivant les voltages. Les

batteries sont chargées séparément, sauf montage spécial pour la charge simultanée. Un disjoncteur-conjoncteur fonctionne sur tous les voltages.

Banc d'essai pour dynamos et magnétos

Le garage pour automobiles n'est plus ce qu'il était naguère, une simple remise pour autos. Les besoins du tourisme ont élargi son champ d'action et, par la force des choses, il a dû compléter ses primitives installations par l'aménagement de véritables



ENSEMBLE DU GROUPE CONVERTISSEUR « VEKA »

ateliers de mécanique, où s'effectuent à peu près toutes les réparations.

Un outil manquait jusqu'ici aux garagistes : un banc d'essai pour magnétos et dynamos. Les établissements Veka viennent de le créer.

Il comporte un moteur universel à vitesse variable par déplacement du porte-balais, comme dans le convertisseur dont nous venons de parler. On a donc supprimé le rhéostat et, en même temps, les courroies ou engrenages démultiplicateurs. Le moteur est accouplé avec la dynamo par l'intermédiaire d'un arbre articulé muni d'un mandrin universel. La dynamo, ou la magnéto, est posée sur deux V inférieurs réglables individuellement, et sa fixité est assurée par un autre V supérieur renversé, réglable, qui la serre sur les V inférieurs. L'ensemble est placé sur un bâti de fonte très résistant et indéformable.

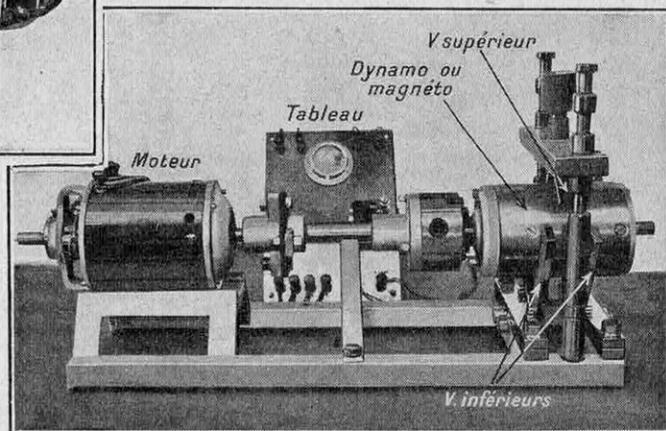
Le moteur série, à quatre bornes, permet l'inversion du sens de rotation par l'intermédiaire d'un inverseur fixé sur le tableau des essais, la dynamo ainsi entraînée peut

être utilisée pour la recharge des batteries. Un ampèremètre contrôle les essais et le débit de la dynamo pendant la charge. Un conjoncteur-disjoncteur intervient, dans ce dernier cas, pour tous les voltages.

Machine automatique à souder par points

Jusqu'ici, les machines à souder par points étaient réservées aux travaux légers, parce que l'ouvrier, seul juge de l'exécution de la soudure, est incapable de saisir le moment précis où une soudure est terminée. L'inconvénient est léger lorsqu'il s'agit de souder des tôles minces, car l'expérience de l'homme suffit ; mais, lorsqu'il s'agit de souder des tôles épaisses, des fers de plusieurs millimètres, la machine à main ne peut plus intervenir.

La soudeuse type « S. B. F. 4 », que représente notre photographie, remédie à ce gros



LE BANC D'ESSAI DU CONVERTISSEUR « VEKA »

inconvenient ; elle permet, en effet, la soudure automatique par points de deux ou plusieurs tôles et fers superposés dont l'épaisseur totale peut atteindre 20 millimètres. Elle est basée sur le principe du brevet Sciaky, que nous allons exposer, et l'emploi d'appareils spéciaux permettant d'envoyer, entre les électrodes, un courant dont la durée est déterminée à l'avance d'après l'épaisseur des tôles.

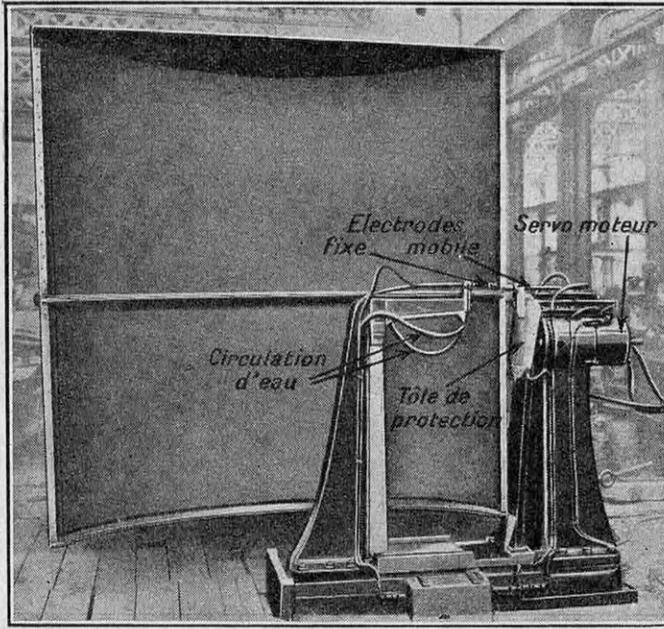
Il est aisé de comprendre que, les tôles étant toujours plus ou moins oxydées, le courant qui les traverse s'établit suivant une courbe très variable. Plus la couche d'oxyde est épaisse, plus la courbe s'infléchit et plus les pertes par convection et par rayonnement sont importantes. Dans ces conditions, un courant qui pourrait être suffisant dans le cas de tôles non oxydées ne parviendra à

réaliser aucune soudure sur d'autres couvertes d'oxyde. Il faut donc que la machine impose elle-même le temps de passage du courant en effectuant automatiquement la rupture dès que la soudure est terminée.

La mise en pratique de ce principe a permis d'appliquer la soudure électrique par points aux assemblages de grandes di-

flexible à se courber, voire à se boucler. Le travail en est rendu plus pénible et le flexible s'échauffe, puis se rompt.

Notre photographie représente un outil à transmission flexible verticale. Avec une toupie portable, par exemple, qui est à trois vitesses : à 2.000 tours pour percer et poncer, à 4.000 tours pour raboter, à 6.000 tours pour défoncer, on peut creuser des rainures, entailler les montants de persiennes, de marchepieds, les crémaillères de meubles. C'est une défonceuse qui permet de détourner une sculpture à une profondeur qui peut atteindre jusque 60 millimètres et préparer ainsi largement le travail du sculpteur. Quel que soit l'outil, un aspirateur de poussière s'y adapte pour éviter la projection des déchets. A la même catégorie appartient



SOUDURE ÉLECTRIQUE PAR POINTS D'UN ARCEAU A L'INTÉRIEUR D'UN ÉLÉMENT DU TOIT D'UNE VOITURE MÉTALLIQUE A LA COMPAGNIE DES CHEMINS DE FER DU NORD

mensions, soumis à des efforts mécaniques importants et sans qu'il soit nécessaire d'effectuer un décapage préalable des pièces. On peut ainsi réaliser des constructions métalliques d'une solidité bien supérieure à celle que donnent les rivets, surtout lorsque ces constructions sont soumises à des efforts violents, comme c'est le cas pour les voitures de chemins de fer.

Nouveaux outils à bois

Il semble que dans le petit outillage pour le travail du bois il ne reste plus rien à inventer, l'introduction des fraises à rotation rapide ayant permis d'effectuer avec une précision inouïe des travaux très délicats. Certains outils sont commandés par des moteurs électriques desquels ils dépendent par l'intermédiaire d'une transmission flexible. C'est là un très gros progrès ; mais ces transmissions attaquent généralement l'outil par une prise latérale, qui oblige le



LA DÉFONCEUSE A TRANSMISSION VERTICALE

encore une raboteuse portable plane et d'autres pour le travail des parties cintrées.

Le problème de la remise à l'heure des pendules par la T. S. F.

Etudié par tous les constructeurs d'appareils d'horlogerie électrique, le problème de la remise à l'heure automatique des pendules par les signaux horaires de la Tour Eiffel vient de recevoir deux solutions nouvelles, intéressantes l'une et l'autre d'ailleurs, que nous allons décrire,

Rappelons qu'il est extrêmement difficile de conserver avec précision l'heure officielle, en des stations différentes. C'est que, malgré les qualités du métal « Invar » employé dans la construction des tiges de balanciers, et celles des huiles utilisées à la lubrification, il est matériellement impossible d'éviter complètement le travail des métaux et l'épaississement des huiles.

Tous les sans-filistes savent que le poste de

étant depuis 9 h 30 m 15 s sous le contrôle de l'Observatoire de Paris ; entre 9 h 30 m 30 s et 9 h 31 m, aucun signal n'est émis. A 9 h 31 m, un signal d'une durée de quatre cinquièmes de seconde est émis, suivi d'une série de soixante points d'une durée de un cinquième de seconde chacun.

A 9 h 32 m nouveau signal de quatre cinquièmes de seconde suivi des soixante points de un cinquième de seconde, et ainsi

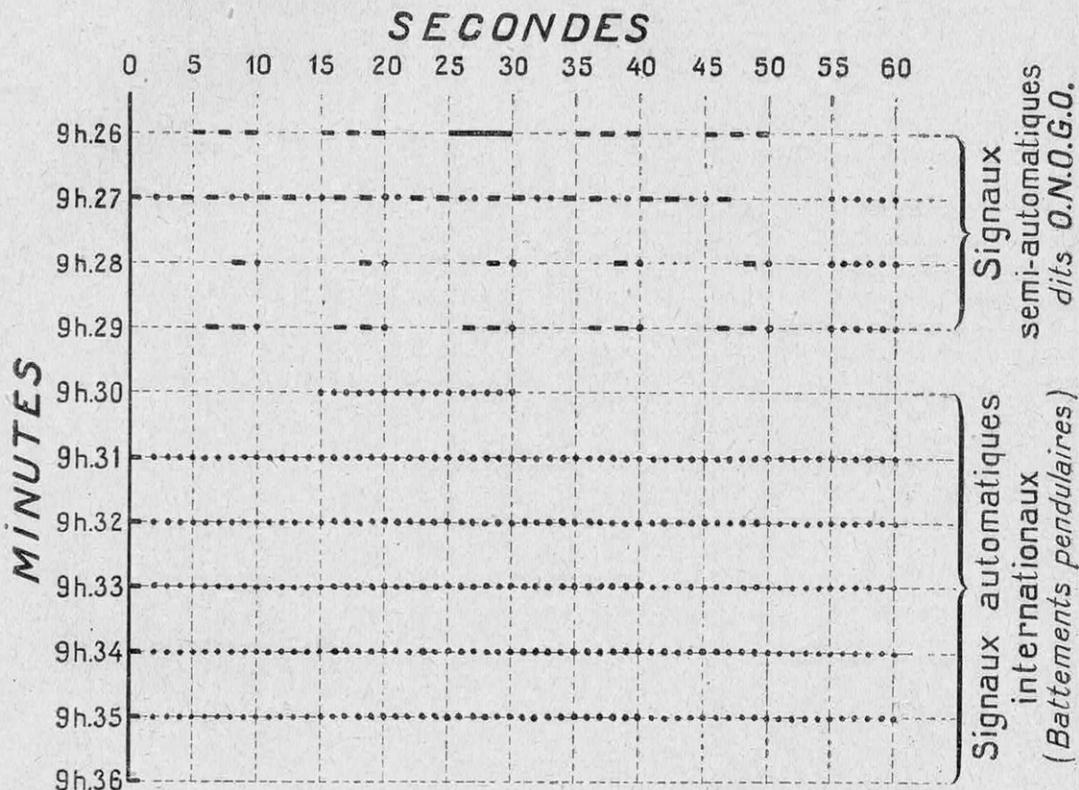


TABLEAU DES TRANSMISSIONS HORAIRES PAR LA TOUR EIFFEL

la Tour Eiffel transmet deux fois par jour, à 9 h 26 et à 22 h 26 (temps moyen de Greenwich) deux séries de signaux, les premiers, semi-automatiques dit « onogo », les seconds dits « signaux internationaux ». La précision du premier n'est pas toujours absolue, étant parfois transmis à la main ; ils prennent fin, par six points, à 9 h 30 exactement.

A 9 h 30 m 15 s (se reporter aux graphiques ci-dessus) commence une série de points, dit « battements pendulaires » (signaux automatiques internationaux), destinés à s'assurer du bon fonctionnement des appareils.

C'est l'Observatoire de Paris, qui, automatiquement, transmet ces signaux émis par l'intermédiaire du poste de la Tour Eiffel.

Cette série d'essais prend fin à 9 h 30 m 30 s invariablement, le poste de la Tour Eiffel

de suite, jusqu'à 9 h 36 m.

C'est sur le premier signal de 9 h 31 m, d'une durée de quatre cinquièmes de seconde, qu'est basé le système « Lepaute », pour la remise à l'heure des horloges électriques (1).

Le régulateur « Lepaute »

Le schéma qui accompagne notre texte va nous permettre de comprendre le fonctionnement de l'appareil.

Quelques secondes avant 9 h 31 m, la came *K*, qui fait un tour en vingt-quatre heures, laisse tomber l'ergot *F* dans son encoche *J*. Le contact préparation *S* s'établit vers 9 h 28 m, à l'approche de l'émission du signal de quatre cinquièmes de seconde.

(1) Ce système a été étudié par M. Dieutegard, ingénieur aux Établissements Henry Lepaute.

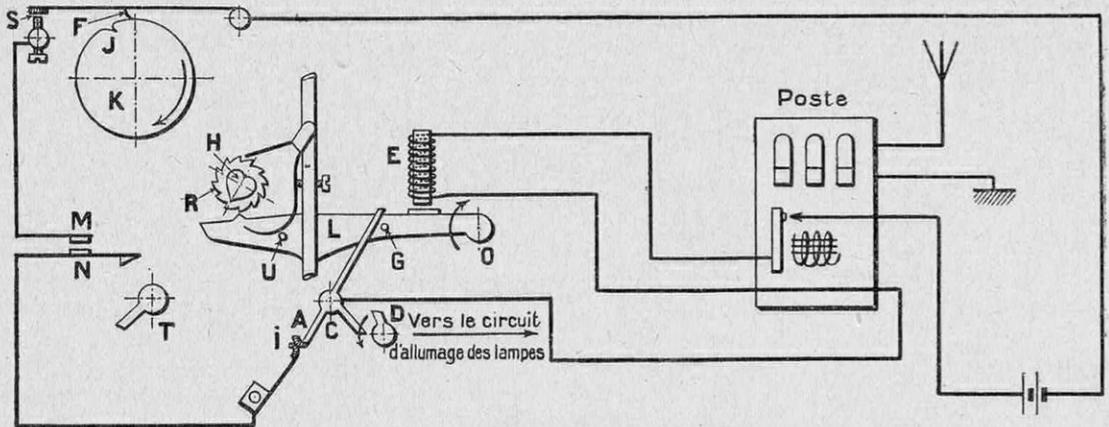


SCHÉMA DU SYSTÈME « LEPAUTE » POUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX HORAIRES

Une came *T*, tournant à raison d'un tour en huit minutes, atteint l'interrupteur *MN* treize secondes avant l'émission de quatre cinquièmes, soit exactement à 9 h 30 m 47 s. La fermeture de cet interrupteur permet au courant de passer par le deuxième interrupteur *I*, fermé précédemment par la rotation de la came *D*, calée sur le même axe que *T*, et tournant à la même vitesse. Ces deux cames sont d'ailleurs décalées, l'une par rapport à l'autre, d'un angle de 90 degrés environ.

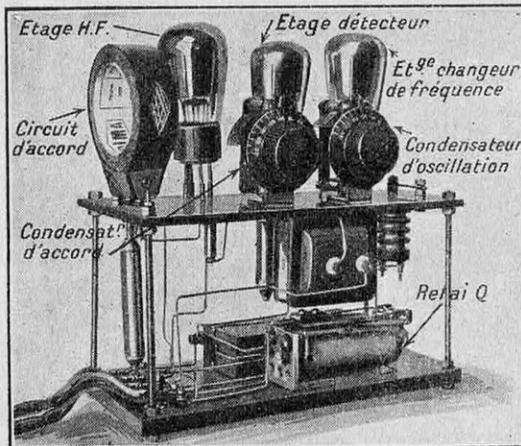
Le circuit étant fermé, le courant allume les lampes du poste, lequel est alors prêt à recevoir l'émission du signal horaire.

Au moment de son apparition, le relais,

exacte, avançant ou reculant selon le cas.

A la fin de la course du levier *L*, l'interrupteur *C*, commandé par la goupille *G* du levier *L*, bascule et coupe le courant par la rupture *AI*.

Enfin, si, pour une raison quelconque, le poste n'a pas reçu de signaux, la came *T*, conduite par le rouage de la pendule, rompt à nouveau le circuit, vingt-six secondes après son entrée en contact avec *MN*, c'est-à-dire au moment où elle quitte le contact.

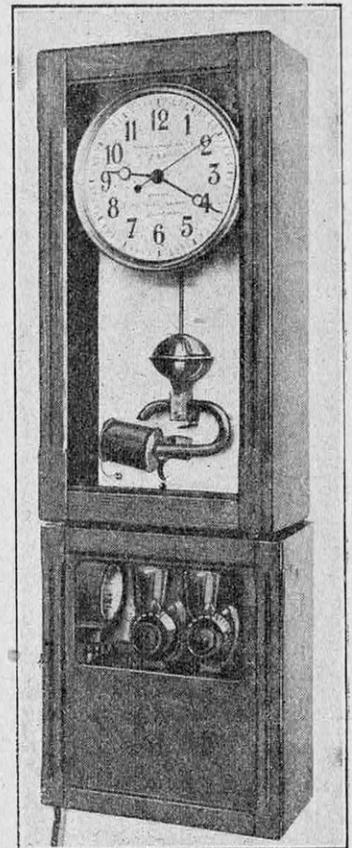


POSTE RÉCEPTEUR « LEPAUTE »

qui fait partie du poste, se ferme, et le courant de l'accu local parcourt l'électro *E*. Aussitôt l'armature *L* se relève, et le plan incliné, fixé à son extrémité libre, s'engage sur la came cœur *H* qu'elle remet dans une position médiane. Les aiguilles obéissent aussitôt à ce mouvement pour reprendre l'heure

Poste de remise à l'heure Bulle-Clock

Dans ce poste, deux solutions sont envisagées : l'une utilise le trait de cinq secondes, émis à 9 h 26 m 25 s, des signaux semi-automatiques, et l'autre, les battements comme dans le précédent système. Nous allons donner le



LA PENDULE RÉCEPTRICE DES SIGNAUX HORAIRES

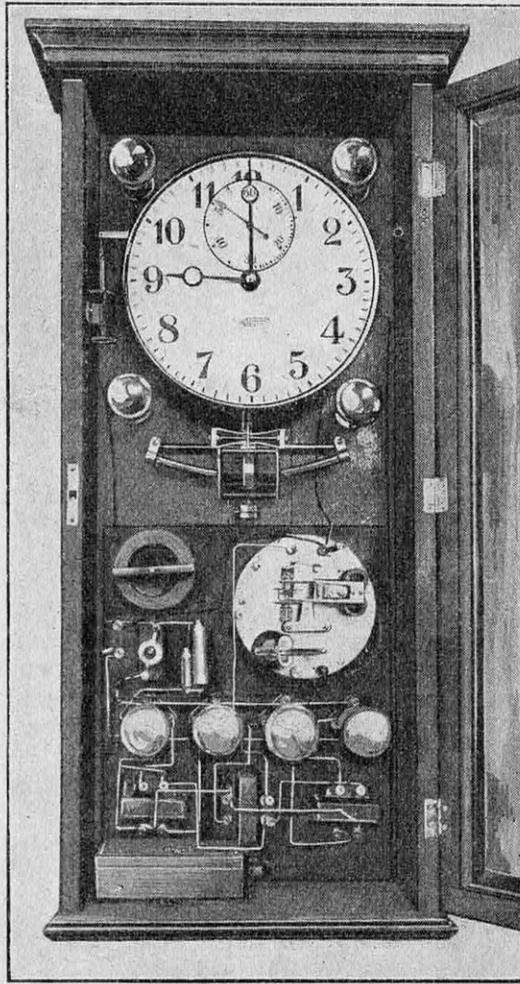
principe de chacun d'eux.

Dans le premier dispositif représenté schématiquement au bas de la page, le poste de T. S. F. à lampes est réglé une fois pour toutes sur la longueur d'ondes des signaux horaires. Les circuits de cet appareil sont fermés au moment opportun par l'intermédiaire d'un interrupteur commandé par la pendule.

A la sortie du poste, les signaux horaires, convenablement amplifiés, actionnent un premier relais dont l'armature commande un relais de sélection qui a pour fonction de fermer le circuit d'un électro-aimant à plongeur actionnant les organes mécaniques de remise à l'heure des aiguilles.

Par conséquent, la réception de chaque signal horaire émis avant le signal de cinq secondes se traduit par une attraction de l'armature, dont le bec allongé s'engage dans la denture de la roue placée au-dessous.

Le mouvement de rotation de cette roue, fourni par un petit moteur électrique qui actionne une vis sans fin, est arrêté, mais aussitôt cette roue se déplace latéralement



LA PENDULE « BULLE-CLOCK » POUR LA RÉCEPTION DES SIGNAUX HORAIRES

sur son axe. Dans cette position, elle ferme le circuit, entre le manchon N et un ressort C, dans lequel est intercalé l'électro à plongeur.

Le mécanisme est ainsi combiné que si le déplacement latéral de la roue dentée sur son axe a une durée moindre de cinq secondes, le contact horaire NC n'a pas lieu. Par conséquent, tous les signaux horaires émis avant le signal de cinq secondes ne produisent aucun effet sur le système de remise à l'heure.

Mais à la fin de l'émission du signal de cinq secondes la fermeture du circuit s'effectue, le noyau de l'électro descend et entraîne le système mécanique levier et came en cœur qui agit sur l'aiguille des secondes pour la ramener en avant ou en arrière suivant qu'elle retarde ou qu'elle avance.

Si l'on désire utiliser seulement les points du signal horaire (signaux automatiques internationaux), l'appareil comporte un pendule pourvu d'une masse supérieure destinée à allonger sa période d'oscillation et à l'amener à une valeur voisine de la seconde. Les déplace-

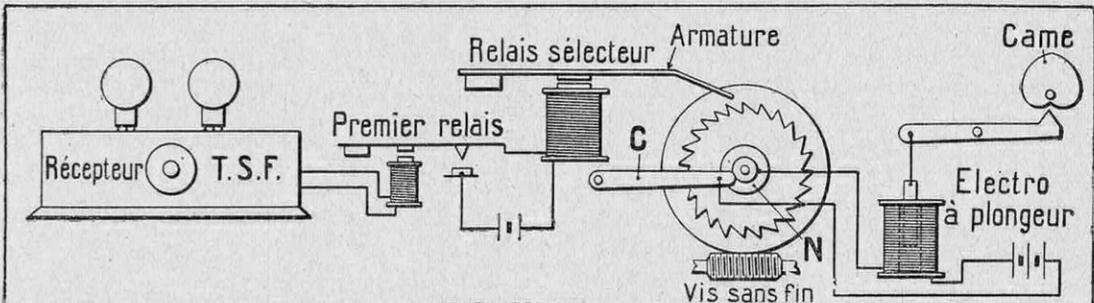


SCHÉMA DU SYSTÈME « BULLE-CLOCK » POUR LA RÉCEPTION RADIOÉLECTRIQUE DES SIGNAUX HORAIRES

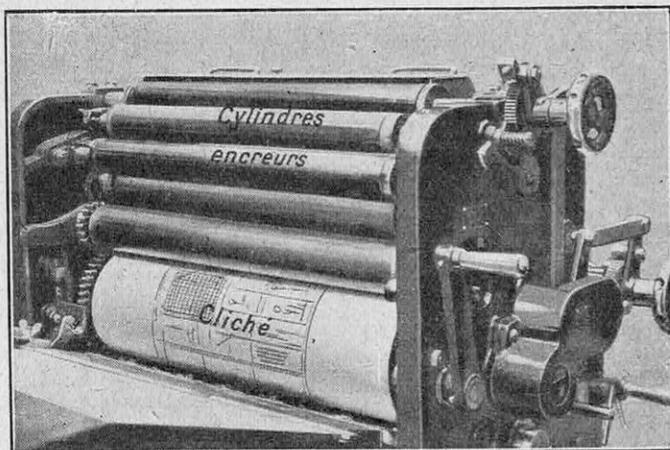
ments de l'armature du relais sélecteur, sous l'action des émissions horaires, ont pour effet de mettre le pendule en mouvement, puis, par l'intermédiaire d'un jeu de cliquets et de ressorts de contacts placés sur la roue dentée, de fermer le circuit sur le relais plongeur.

Il suffit donc, pour obtenir le résultat cherché, de régler la période du pendule sur la cadence des points successifs représentant les battements horaires. Le rochet progresse d'une dent à chaque battement et, à un moment donné, le circuit se ferme sur l'électro à plongeur.

La Schwarz-presse

La machine permet un nouveau système d'impression, en usage en Allemagne et en Angleterre, et qui vient d'être introduit en France. Il se rapproche de la métallographie, mais en diffère dans le procédé de préparation du zinc qui est presque instantané. Voici comment on opère pour reproduire un document quelconque, écrit à la main ou à la machine, imprimé en typographie ou en lithographie, quel qu'il soit : dessin, musique, photographie, etc.

La plaque de zinc est d'abord recouverte d'un produit spécial séché aussitôt avec un séchoir électrique. Elle reçoit ensuite le document



VUE DE LA MACHINE A REPRODUIRE LES DOCUMENTS
« SCHWARZ-PRESSE »

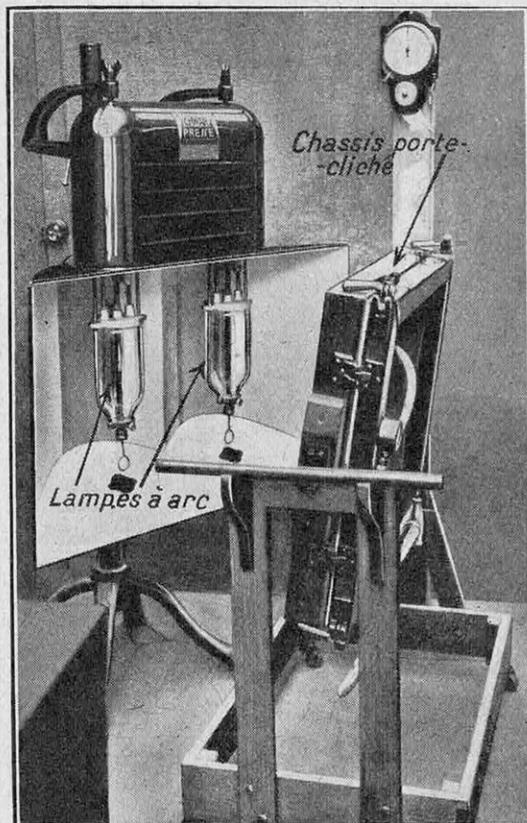
à reproduire, puis l'opérateur place le tout dans un châssis et l'expose à la lumière artificielle pendant deux ou six minutes, suivant la transparence du document. On retire ensuite le zinc du châssis, et le document ayant été enlevé, un second produit est répandu sur lui, après séchage et encrage, le dessin apparaît avec tous ses détails. La retouche est possible. Lorsque le dessin est nettement imprimé, on le fixe avec un troisième produit, et on lave la plaque qui est prête à être placée dans la presse. En vingt minutes, un opérateur habile peut préparer le cliché.

La machine peut recevoir des papiers d'épaisseur différente, voire des cartons, sans réglage spécial. La vitesse d'impression atteint quinze cents exemplaires à l'heure.

Les charpentes lamellaires

Un assez grand nombre de systèmes de charpentes ont été imaginés, depuis quelques années, pour remplacer les anciennes fermes avec leurs arbalétriers, leurs entrails et leurs contrefiches. Nous signalons aujourd'hui les charpentes lamellaires présentées pour la première fois à la Foire de Paris.

Elles sont destinées aux charpentes présentant une cour-

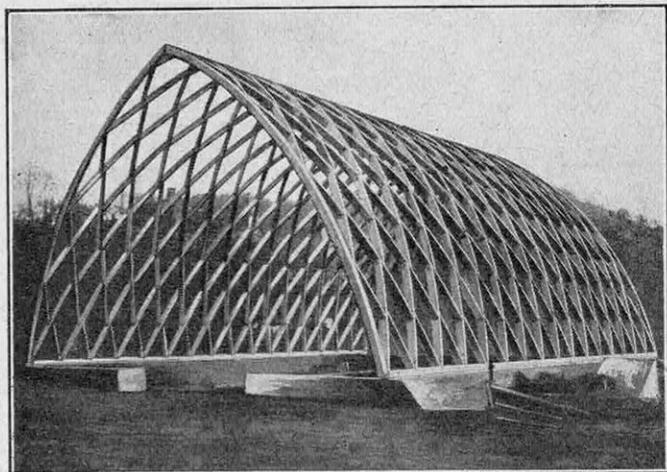


LE TIRAGE D'UN CLICHÉ A LA LUMIÈRE ARTIFICIELLE

bure quelconque : coupole, voûte en plein cintre ou en ogive. On utilise des pièces de bois ou lamelles, dont l'intrados est rectiligne ; l'extrados présente une courbure qui dépend de celle à donner à la construction. Ces lamelles sont des planches que l'on trouve couramment dans le commerce, dont les extrémités sont taillées suivant le rayon de courbure de la voûte. Elles reçoivent, au milieu de leur longueur, qui varie de 1 m 70 à 2 m 50, une entaille allongée et, à chaque extrémité, un trou circulaire.

Leur assemblage s'effectue en losanges. Une lamelle étant posée, les extrémités de deux autres viennent se fixer en son milieu, de part et d'autre, par un boulon avec plaques d'assise, dont les bords forment crampons aux extrémités des lamelles. On obtient ainsi un assemblage qui se poursuit dans les mêmes conditions, sans aucune difficulté, puisque toujours l'extrémité d'une lamelle quelconque se place au milieu d'une autre. On commence le montage à partir des sablières ; là, ainsi qu'au pignon, interviennent des demi-lamelles obtenues par le sciage d'une lamelle entière. Le système est d'ailleurs applicable aux charpentes ordinaires ; il suffit d'employer des lamelles droites sur chaque face.

Les lamelles étant construites en série à l'atelier, le montage est très rapide. En Amérique, des portées de 35 mètres ont pu



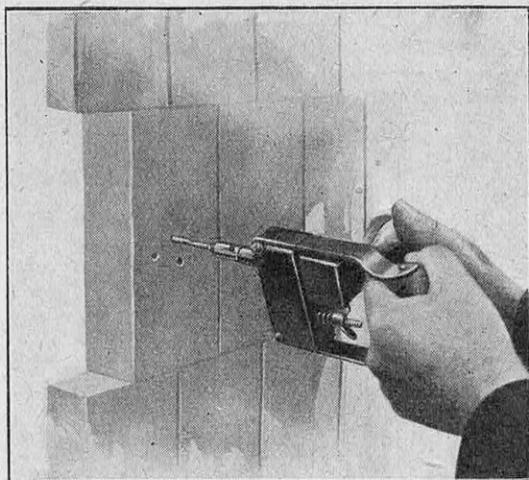
UNE CHARPENTE EN LAMELLES

être réalisées par ce système à raison d'une longueur de 30 mètres par jour.

Ce système appliqué sur une large mesure en Allemagne, convient également aux constructions temporaires en raison des facilités de démontage et de transport qu'il présente.

Perforatrice à main « Rapper »

Les outils à main actuellement employés pour pratiquer des trous dans les murs en ciment ou en briques, dans les carreaux de faïence, sont d'un rendement déplorable. De



PERFORATRICE A MAIN « RAPPER »

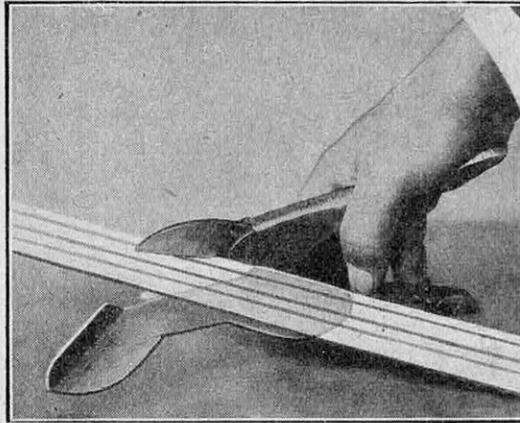
plus, dans une main profane, ils n'assurent jamais qu'un travail imparfait. La perforatrice que représente notre photographie les remplace très avantageusement. Elle comporte un bâti d'acier pourvu d'une poignée qui en assure la fixité pendant l'opération, une mèche qui peut atteindre un diamètre de 7 mm 5 et une manivelle que l'on actionne de la main droite après avoir posé la pointe de l'outil sur l'emplacement du trou à creuser. La rotation de la manivelle entraîne celle de l'outil pendant qu'une masse, remplissant les fonctions de marteau, frappe sur la mèche et l'oblige à pénétrer. Un ressort permet de régler la vitesse de frappe du marteau qui dépend de la machine à creuser.

Cisaille pour électriciens

Pour couper les baguettes destinées à recevoir les fils électriques au cours d'une installation, l'ouvrier n'a à sa disposition qu'une scie et une boîte à ongles. Monté sur son échelle, il prend ses mesures, descend, scie la baguette et remonte. D'où perte de temps considérable.

La cisaille, que représente notre photographie, permet de sectionner la baguette

sur place, sans descendre de l'échelle. Elle comporte, en plus des deux lames coupantes, une double équerre d'acier solidaire du manche de la cisaille. Il suffit d'assujettir la baguette sur l'une ou l'autre équerre pour que la cisaille la sectionne sans effort suivant l'angle traditionnel de 45 degrés pour effectuer les raccords.

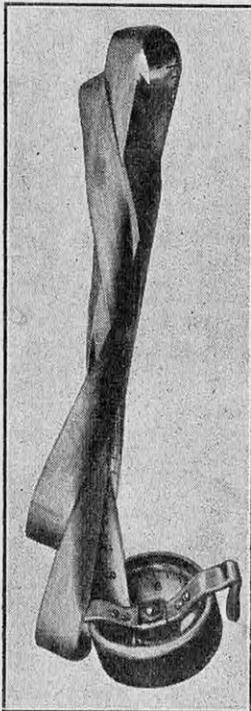


LA CISAILLE POUR LES ÉLECTRICIENS

C'est là une toute petite invention, mais d'un très grand intérêt puisqu'elle économise à la fois du temps et de la peine.

Double mètre métallique souple et rigide

Ce double mètre nous vient directement d'Amérique. Il est constitué par un ruban d'acier à peu près aussi souple que celui d'un



LE DOUBLE MÈTRE MÉTALLIQUE « FARRAND RAPID RULES » SE PLIE ET SE COURBE SANS CESSER D'ÊTRE RIGIDE

mètre à ruban ordinaire, mais qui, entièrement ou partiellement développé, conserve la rigidité que l'on peut attendre de l'acier. Le mètre s'enroule sans aucune difficulté dans un petit boîtier d'où on l'extrait, à la longueur désirée ou entièrement selon les besoins du moment. Pour le remettre en place, après usage, on serre entre le pouce et l'index les deux pinces extérieures de la boîte, et le ruban s'enroule en spirale comme un ressort dans son boîtier par simple poussée. Comme il constitue un véritable ressort spirale dans son barillet, sa sortie s'effectue sans effort à partir de l'instant où l'extré-

mité a été libérée. Il est même nécessaire de modérer sa détente en laissant les pinces se fermer légèrement sur lui. Le mètre peut être tenu verticalement sans plier, sans se courber. Dans cette position, en le tenant à bout de bras, on peut mesurer la hauteur d'une pièce depuis le sol. Si l'on désire mesurer une surface comportant des angles rentrants ou sor-

tants, le mètre s'applique sur toute la surface en épousant exactement les angles, les courbes ; il donne, en une seule lecture, les longueurs qu'il faudrait prendre séparément, puis additionner avec un mètre ordinaire. Il se prête égale-

ment à la mesure linéaire des courbes, seules, même celles de tout petit diamètre. Il est donc à la fois très souple et en même temps très rigide, d'une robustesse à toute épreuve et absolument indéformable. C'est dire qu'il est appelé à remplacer tous les vieux « mètres » dont nous nous servons chaque jour dans tous les usages.

Ce double mètre est en même temps une règle. C'est d'ailleurs sous ce nom qu'il est connu en Amérique. Il



LE DOUBLE MÈTRE MÉTALLIQUE « FARRAND RAPID RULES » SE RÔULE DANS UN ÉTUI COMME UN MÈTRE À RUBAN

y a lieu cependant de prendre quelques précautions dans le maniement de la règle, en raison de la puissance du ressort qu'elle réalise ; sa détente est brutale si elle n'est pas modérée par l'action des pinces et pourrait occasionner des accidents entre les mains d'un apprenti. D'autre part, les courbures à lui imposer ne doivent pas être exagérées, sous peine d'abîmer l'instrument.

Blocs d'alimentation « Monoplaque »

Quelque intéressants que soient les accumulateurs pour l'alimentation des postes de T. S. F., l'amateur peut être désillusionné, surtout pour ce qui concerne la batterie de tension-plaque qui laisse parfois à désirer. A tel point qu'il est peut être préférable de recourir aux services d'une pile sèche pour assurer cette fonction.

La Société des Accumulateurs « Monoplaque » vient de terminer la construction d'une série d'accusoupapes et d'accusecteurs alimentés par le courant alternatif du secteur et qui paraissent devoir résoudre d'une manière tout à fait intéressante cet important problème. Ces appareils assurent la recharge des batteries de chauffage et celle des batteries de tension-plaque de 40, 80, 120 et 160 volts.

L'accumulateur de 4 volts se présente sous la forme d'un bac parfaitement étanche, comprenant quatre compartiments. Dans le premier se trouve logé un transformateur qui abaisse la tension du secteur 110 ou 220 volts, en vue du redressement dans le deuxième compartiment, où une soupape au tantale est montée.

Pour éviter les mauvais contacts, la Société des Accumulateurs « Monoplaque » a adopté la protection par bain d'huile de la soudure du tantale. De plus, le tantale et le plomb de la soupape pénètrent dans l'appareil par des joints étanches en caoutchouc qui empêchent l'acide de venir en contact avec la soudure.

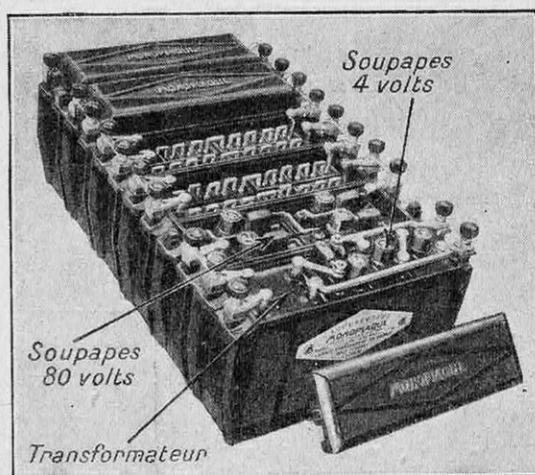
Les deux autres compartiments sont occupés par les deux éléments d'accumulateur

d'une capacité de 15 ampères-heure. Le courant débité par le transformateur a été calculé de telle sorte que, redressé par la soupape, il corresponde à une quantité d'électricité légèrement supérieure à celle que le poste le plus puissant peut consommer pendant une journée d'écoute.

L'appareil demeure constamment branché sur le secteur, sauf pendant les heures d'écoute.

Les batteries de tension-plaque se présentent sous la même forme ; celle de 80 volts, par exemple, comporte trois bacs : l'un est réservé aux quatre soupapes groupées en série, montées chacune dans un petit bac

élémentaire, avec couvercle étanche présentant la même disposition de protection, pour le tantale, que la soupape de l'élément 4 volts. Les quatre bacs sont isolés les uns des autres par un bain d'huile. Les deux autres bacs contiennent la batterie proprement dite. Les éléments sont montés dans des bacs à cinq compartiments seulement ; chaque bac contient donc quatre bacs élémentaires, également isolés les uns des autres par un bain



LE BLOC ACCUSECTEUR MONOPLAQUE POUR L'ALIMENTATION DES POSTES (CHAUFFAGE 4 VOLTS, TENSION-PLAQUE 80 VOLTS)

d'huile comme les précédents.

Les bornes de prise de courant, bien dégagées, sont inaccessibles aux projections d'acide et les lignes de fuite, entre elles, ont été allongées autant que possible.

Cet accusoupape est livré avec une prise de courant portant une lampe résistance montée en série avec l'alimentation de l'appareil. Le rôle de la lampe est de ramener le courant de charge à une valeur telle qu'en laissant constamment la batterie branchée sur le secteur, elle se maintient chargée avec une dépense de courant insignifiante.

La Société des Accumulateurs « Monoplaque » construit également un « accusecteur », bloc de deux batteries de chauffage et de tension-plaque connectées ensemble et formant un coffret d'alimentation totale par lequel tout le problème de l'alimentation des postes est résolu. Une seule prise de courant alimente les deux batteries, simplifiant ainsi la manœuvre.

R. DONCIÈRES.

L'AÉRATION DES LOCOMOTIVES SOUS LES TUNNELS EST UN FACTEUR NOUVEAU DE SÉCURITÉ

LES fumées et les gaz que dégagent les locomotives à vapeur peuvent, en s'accumulant dans les tunnels, provoquer chez le personnel de conduite un commencement d'asphyxie et, par conséquent, causer des accidents graves. Le problème de la ventilation des tunnels a été étudié par les compagnies, mais les installations actuellement en service sont relativement importantes et coûteuses.

Si leur emploi est justifié lorsque la longueur du tunnel est suffisamment grande et le trafic suffisamment intense, il ne peut, cependant, être question de réaliser des installations semblables sur des lignes secondaires où le trafic est plus faible, ou sur des lignes comportant un grand nombre de tunnels de longueur moindre. Dans ces cas, on se borne à assurer une protection satisfaisante du personnel de conduite des locomotives contre les effets nocifs de l'air vicié. Une telle protection peut être obtenue, en particulier, en aspirant l'air relativement frais à la partie inférieure du tunnel et en le refoulant vers le haut, à proximité du chauffeur et du mécanicien.

Le dispositif adopté récemment consiste à placer, sous l'abri du mécanicien et du chauffeur, un petit groupe turboventilateur, qui aspire l'air frais et le refoule dans deux

manches à air disposées à une hauteur convenable, comme le montre la figure. Le groupe turboventilateur est constitué par une petite turbine à vapeur, calée directe-

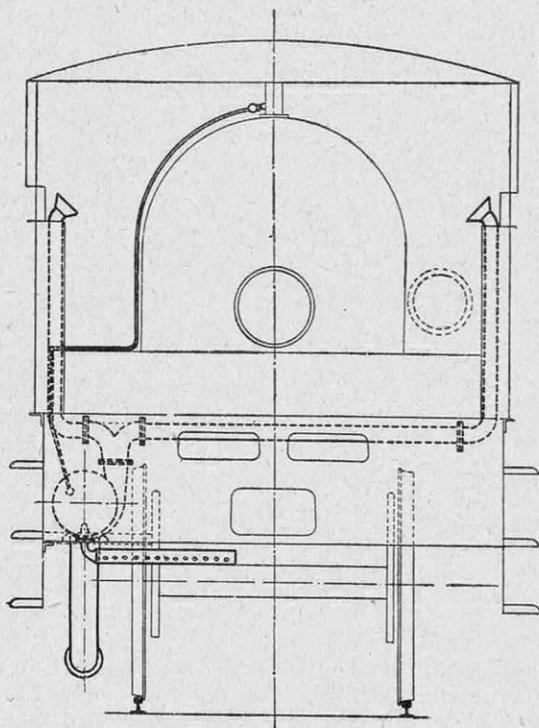
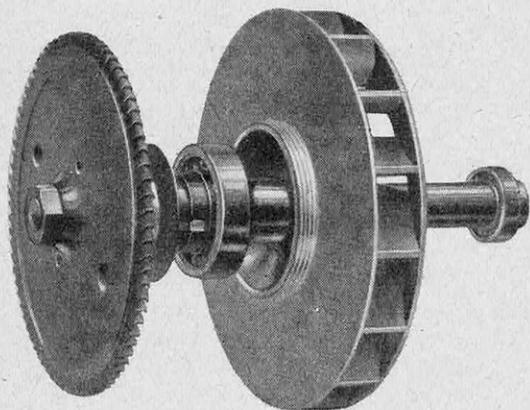


SCHÉMA D'INSTALLATION D'UN GROUPE TURBOVENTILATEUR D'AÉRATION SUR UNE LOCOMOTIVE DU P.-L.-M.



ROTOR DU TURBOVENTILATEUR RATEAU POUR L'AÉRATION DE L'ABRI DU MÉCANICIEN ET DU CHAUFFEUR SUR UNE LOCOMOTIVE

ment sur l'arbre du ventilateur. L'arbre est supporté par deux roulements à billes, et l'ensemble de l'appareil est enfermé dans un bâti unique d'un encombrement très réduit, permettant une installation aisée sous le tablier de la locomotive.

En marche normale, le turboventilateur absorbe environ un quart de cheval-vapeur et délivre 12 mètres cubes d'air par minute, à la vitesse de 1.750 tours par minute.

La mise en service s'opère très simplement, le mécanicien n'ayant qu'à ouvrir le robinet d'admission de vapeur et contrôler le fonctionnement de l'appareil au moyen d'un manomètre.

LE PHONOGRAPHE ET LA VIE

Un peu de technique, beaucoup de pratique

Par F. FAILLET

Les pastilles-comprimés, nourriture du phono

ACHETER un phonographe est maintenant à la portée de tout le monde ; les modèles varient à l'infini et leurs prix suivent une progression dont la limite inférieure est suffisamment basse pour devenir accessible aux bourses très modestes. Il en est, pour la machine parlante, comme pour l'automobile, — toutes proportions gardées : le prix d'achat, ma foi, pour peu que l'on n'ait point de trop grandes ambitions, ne constitue pas l'obstacle infranchissable ; mais, hélas ! il y a l'entretien, il y a les mille et un à-côtés, il y a la nourriture de la bête mécanique... Si l'entretien du phonographe ne nécessite aucun frais, ses aliments, par contre, sont terriblement onéreux : ce sont les noires pastilles de musique comprimée qui coûtent de 20 à 60 francs, et, plus souvent, 40 ou 50 que 20 ou 25 ! On voit donc l'intérêt qu'il y a d'« amortir » les disques sur un nombre d'auditions aussi grand que possible et, par conséquent, l'importance des soins à apporter à cette précieuse matière.

D'aucuns souriront peut-être en lisant ceci comme ils ont souri, le mois dernier, en apprenant qu'une aiguille d'acier s'usait presque instantanément au contact d'un disque de *cire*. Entendons-nous donc bien sur ce sujet : un disque, même maltraité, peut, évidemment, avoir une vie très longue ; mais sa vieillesse est alors pénible ; selon nous, ne compte réellement que le temps pendant lequel la noire galette est capable de restituer, aussi purement qu'à la première audition, les vibrations sonores dont elle est imprégnée.

Combien de temps peut durer un disque

Il est essentiellement variable ; mais il ne faut pas croire, ainsi que le supposent certains « musiciens » aux exigences un peu puérides, qu'un disque, après une quinzaine d'auditions, ne donne plus de bonne musique. Couramment, un disque demeure intact pendant soixante à quatre-vingts auditions ; après quoi, surviennent quelques petits accidents : bruits parasites de claquements, disparition des sons ténus ; mais nous connaissons cependant quelques enregistrements symphoniques qui, après avoir tourné plus de cent fois, dispensent encore de

réelles jouissances musicales sans tares ni faiblesses très différentes de celles qui avaient pu être relevées lors de la première audition.

Bien entendu, semblable longévité, si elle dépend, pour une infime partie, de l'enregistrement lui-même et de la fabrication de la pâte à disque, est, bien davantage encore, le résultat des soins dont l'amateur a su entourer la mince galette. Certes, la fabrication du disque compte ; ainsi, certaines marques s'efforcent et réussissent à diminuer le bruit de grattement de l'aiguille ; par la même, employant de la matière quasiment pure, n'entravent-elles pas la durée de leurs disques ? Cela est bien possible ; d'autres, au contraire, s'ingénient à composer de poudres multiples la pâte à impressionner afin de la rendre plus résistante, quitte à la rendre, en même temps, plus bruyante.

Déjà, la transformation, maintenant généralisée, du diaphragme à saphir en diaphragme à aiguille a été un progrès considérable dans la conservation des disques (fig. 1). Mais, en réalité, l'essentiel dépend de l'amateur, et l'expérience nous permet d'affirmer qu'à suivre les petits conseils que voici, on peut doubler, voire tripler, le temps normal pendant lequel les vibrations sonores, que séquestrent les fins sillons, peuvent être restituées dans toute leur ampleur et toute leur exactitude.

L'entretien

Peut-on reconnaître un disque usé d'un disque neuf à simple vue ? Oui, certes, surtout s'il s'agit d'un vénérable ancêtre de l'enregistrement ; ses sillons — ses rides — sont devenus informes et accentués ; sa tonalité générale est grisâtre, presque blanche. A un stade moins avancé, la différence est moins sensible aussi à l'œil nu et il faut déjà un assez fort grossissement (fig. 2 et 3) pour percevoir les dégâts causés ; mais, qu'on ne s'y trompe pas : pour minimes qu'ils apparaissent, leur action néfaste sur l'audition est considérable.

Le disque doit donc être manipulé avec précaution, soigneusement brossé pour éviter que la poussière ne s'accumule dans ses replis et ne constitue, à la longue, une mince pellicule capable d'altérer la forme des sinuosités ; il gagne à être, de temps à autre, légèrement encaustiqué ; certains enduisent même leurs disques, dès qu'ils les ont achetés, d'une légère couche d'huile de paraf-

fine extra-pure ; le procédé n'est pas mauvais, mais les enveloppes deviennent vite transparentes, l'aspect général «gras» et la manipulation peu plaisante.

Il est aussi indispensable de posséder un meuble pour enfermer, après usage, ces disques précieux. Les maisons de vente fabriquent d'élégantes discothèques qui n'ont que l'inconvénient de coûter fort cher. Bien préférable nous paraît être le petit meuble de 43 x 43 centimètres et de 2 mètres de haut, dans lequel sont fixées des planchettes de 10 en 10 centimètres ; une

fermeture à «rouleau» et voici le coffre-fort pratique où renfermer les trésors de la musique enregistrée. Bien entendu, les disques y sont rangés par petites piles, l'un au-dessus de l'autre, et classés. On a souvent préconisé de les placer sur la tranche : cela n'est pas indispensable ; au contraire, pendant les grandes chaleurs et pour peu que la discothèque soit mal exposée, les minces galettes de cire tendent à se déformer par leur propre poids, beaucoup plus facilement alignées par la tranche qu'empilées l'une sur l'autre.

Centrage des disques

Nous avons montré, le mois dernier, l'importance — primordiale pour la durée d'un disque — du changement d'aiguilles après chaque audition ; nous avons indiqué comment devait être placée cette aiguille sur la cire pour ne pas risquer d'abîmer les premières spires. Il faut encore parler du centrage, opération importante et pourtant

méconnue ou méprisée le plus souvent.

On peut aisément remarquer, lorsque le morceau entendu est une seule note filée avec délicatesse par un seul instrument, que le son n'est pas absolument régulier. Au lieu, par exemple, d'entendre do — do, on entend : do < o < o < o, soit, sur la même

note, une sorte d'ondulation du son passant par des minima et des maxima. Cela est désagréable au possible, mais il est bien facile d'y remédier.

En voici d'abord l'explication : le diaphragme, guidé par l'aiguille, elle-même entraînée par la spirale du sillon, est entraîné régulièrement de l'extérieur vers l'intérieur vers l'intérieur à condition que le pivot central... soit bien central. Un léger décalage, aussi minime soit-il, suffit à transformer la «roue» qui tourne en une sorte d'«excentrique» ; si l'on regarde atten-

tivement un même point de la circonférence extérieure, ce point semble animé d'un mouvement transversal plus ou moins accentué. Or, le diaphragme reproduit exactement ce mouvement transversal ; tout en se dirigeant de l'extérieur vers le centre, il semble animé d'une sorte de battement, visible à l'œil nu ; la membrane vibrante, bien entendu, réagit à ce mouvement et, à son tour, s'infléchit à droite, puis à gauche, régulièrement, apportant ainsi aux vibrations que lui transmet l'aiguille, une vibration supplémentaire, parasite et régulière, qui se traduit par ces bruits peu esthétiques de distorsion du son fondamental.

Le remède est simple : il suffit de centrer le disque. Avec une petite lime dite «queue-de-rat», on élargit légèrement le trou central afin que le pivot du plateau joue librement ; puis, fixant de l'œil — et tangentiellement à la surface du dis-

que — un point du sillon extérieur (et non du bord du disque), on donne de légères pichenettes à la galette de cire jusqu'à ce que le sillon tout droit file devant l'œil et non plus en paraissant effectuer de petits sauts à droite et à gauche ; le disque est alors parfaitement centré et les sons,

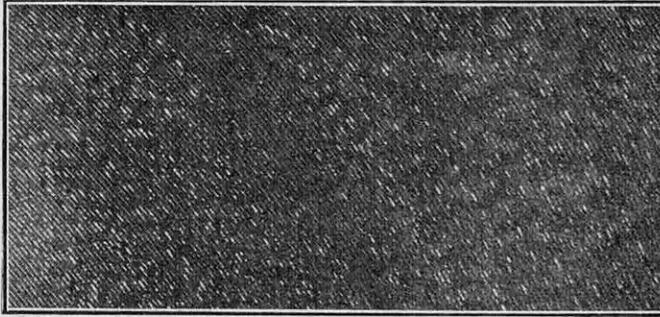


FIG. 1. — MICRO-PHOTOGRAPHIE D'UN FRAGMENT DE DISQUE A SAPHIR NEUF

Les sillons apparaissent plus larges, plus frustes que ceux du disque à aiguille.

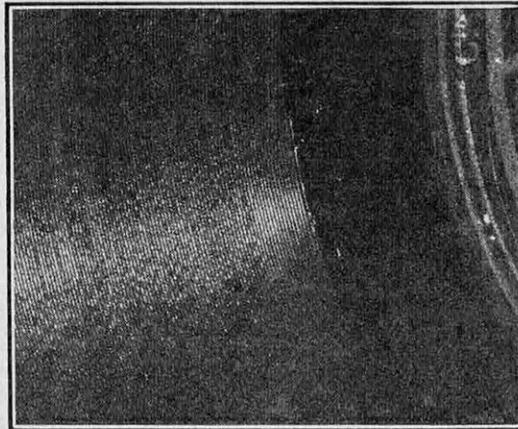


FIG. 2. — UN FRAGMENT DE DISQUE A AIGUILLE NEUF, FORTEMENT GROSSI.

aussi fins soient-ils, sortent de l'appareil sans cette succession fâcheuse et inopportune de crescendo et de diminuendo successifs.

En réalité, aucun disque n'est bien centré, et cet amateur que nous connaissons est logique en centrant systématiquement tous ceux qu'il achète ; l'inconvénient est que l'opération, qui dure quelques secondes, ajoutée au changement d'aiguille et au remontage du moteur, interrompt trop longuement l'audition lorsqu'il s'agit d'un morceau en plusieurs disques. Pratiquement, cela nous semble excessif, et seuls certains disques appellent le centrage parce qu'y sont trop souvent enregistrées de délicates tenues de notes.

Que faire à la fin de l'audition ?

Le morceau achevé, il n'est plus nécessaire, en général, de se précipiter pour ouvrir le couvercle, soulever le diaphragme et arrêter le plateau. Nous disons « en général », parce qu'à peu près sur tous les disques le sillon s'infléchit après les dernières spires

enregistrées et se referme sur lui-même autour de l'étiquette multicolore ; l'aiguille suit le même chemin et, la spirale étant ainsi transformée en un cercle, l'appareil peut continuer à marcher sans que le disque s'abîme ; l'aiguille frotte sur de la cire vierge, et voilà tout. Une seule exception, qui

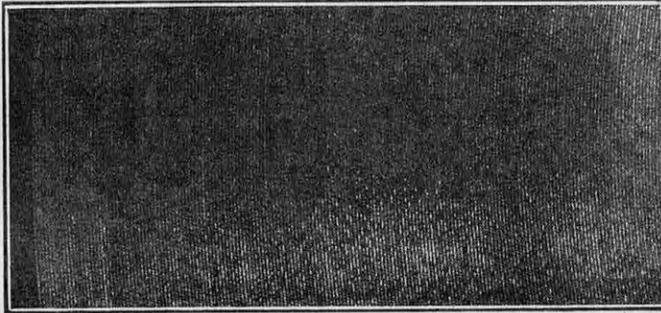


FIG. 3. — UN FRAGMENT DE DISQUE A AIGUILLE USAGÉ FORTEMENT GROSSI

L'aspect général est grisâtre par rapport au disque neuf ; on distingue assez nettement de petites traînées noires transversales : ce sont des coupures du sillon ; chaque fois que l'aiguille passe dans ces parages, le diaphragme fait entendre un petit claquement sec du plus désagréable effet.

concerne les disques Pathé : pour ceux-ci, le sillon se termine brusquement. Résultat : si l'on ne soulève pas à temps le diaphragme, l'aiguille va se promener sur l'étiquette, qu'elle déchire, mord la cire qu'elle pénètre, et griffe et inflige, au lourd et délicat diaphragme qu'elle supporte, des vibrations violentes

et néfastes. Il est probable que la maison Pathé, l'une des dernières qui se soit adonnée à l'enregistrement du disque à aiguilles, n'a pu encore modifier suffisamment son outillage. Cependant, sa production s'améliorant magnifiquement chaque mois et la diffusion de ses disques s'accroissant, il serait bon qu'elle s'efforce de remédier très rapidement à ce défaut matériel si gênant que bien peu de chose, probablement, suffirait à faire disparaître.

A TRAVERS LES DISQUES ⁽¹⁾

Nous avons exposé, le mois dernier, comment nous concevons la critique des productions phonographiques. Il nous faut maintenant faire un premier choix parmi les disques de ces derniers mois, dont l'étude constituera une base excellente à l'appréciation ultérieure des toutes dernières nouveautés.

A tout seigneur, tout honneur : la musique symphonique mérite la première place dans un premier exposé, d'autant que sa captation sur la cire ne souffre pas, a priori, la médiocrité. Les *Symphonies de Beethoven* ont été éditées et rééditées ; dès à présent, en nous arrêtant seulement à celles qui sont particulièrement connues du grand public, un premier choix peut être établi ainsi qu'il suit : *Symphonie n° 3* (Héroïque) chez Gramophone ; *Symphonies nos 5*

et 9 chez Polydor ; *Symphonie n° 6* (Pastorale), chez Columbia. Quant aux quatuors du Maître, leur interprétation, pleine d'enseignement, par le quatuor Capet demeurera dans toutes les bibliothèques des vrais musiciens (C.). Ces monuments musicaux mis à part, il faut encore retenir, de la production des derniers mois, le *Quintette en fa mineur* de César Franck, avec Marcel Ciampi et toujours le quatuor Capet (C.). D'autre part, de remarquables enregistrements de musique russe et de musique moderne ont été mis au point, parmi lesquels l'étonnante *Schéhrazade*, de Rimsky-Korsakoff (Pol.) (attention aux premier et dernier disques, qui ont grand besoin d'être sérieusement centrés !) ; *L'Oiseau de Feu* (C.), dirigé par Igor Stravinsky lui-même, ce qui permet de connaître la véritable interprétation de ces harmonies subtiles et délicates ; les *Préludes* de Liszt (G.), pleins d'une romantique exaltation, et *Ma Mère l'Oye*, de

(1) C, Columbia ; G, Gramophone ; O, Odéon ; P, Pathé ; Pol., Polydor.

Ravel (O.), exécuté avec une aisance presque nonchalante par l'orchestre Colonne.

Ce premier tribut étant ainsi payé à la « grande musique », il convient ensuite de signaler, chez Gramophone, l'enregistrement intégral de *Carmen* en dix-sept disques. C'est à l'audition d'un semblable morceau que s'avère bien puérile la prétention du critique à subtiliser. Il faut entendre ces dix-sept disques en ne consacrant qu'aux entr'actes de minimes moments de repos, pour comprendre la puissance évocatrice de la musique artificielle : le dernier disque achevé, on se lève en titubant, ivre des harmonies sonores et tragiques, absolument comme si l'on revenait d'une soirée à l'Opéra-Comique. Tout au plus, au passage, pourrait-on regretter l'ouverture un peu faiblarde et, par-ci par-là, quelques chœurs voilés par les sonorités orchestrales ; par contre, le chœur du 1^{er} acte, le quintette, le trio des cartes, le duo entre Escamillo et don José dans la montagne, et à peu près tout le dernier acte sont enlevés avec une sûreté et une puissance d'émotion que traduit fidèlement le disque. Mais pourquoi le second couplet du si populaire « air du Toréador » a-t-il été oublié ?

Le chant a toujours eu les préférences de l'édition phonographique. Les interprétations des grands airs d'opéra et d'opéra-comique sont multiples et ce sont surtout les goûts personnels qui doivent guider l'amateur ; pour demeurer dans les limites d'une critique de la qualité technique seule de l'enregistrement, il convient de guider ce choix vers les interprètes suivants : Yvonne Gall, dont la prononciation est parfois chuintante, chante l'air des bijoux et le roi de Thulé de *Faust* (C.), la prière et notre doux nid, de *Tosca* (P.) ; Niny Roussel emploie heureusement son organe un peu frêle et tintinnabulant dans l'air des clochettes de *Lakmé* et la valse de *Mireille* (P.) ; Ninon Vallin, adoration de tant d'amateurs, mais que nous avouons n'être pas parvenus à goûter pleinement, s'efforce de personnifier Manon : *Adieu notre petite table* et *Voyons Manon* (P.). Enfin, pour les amateurs de trilles et vocalises, M^{me} Ritter-Ciampi s'envole vers les hauteurs éthérées du registre aigu dans l'air de Rosine du *Barbier* (Pol.) et *Il re Pastore* de Mozart et *Il Pensieroso* de Haendel (Pol.). En guise de transition vers les hommes, le quatuor de *Manon* est enregistré de manière admirable et quasi définitive (O.), cependant que Lily Pons et di Mazzei duettisent agréablement

dans le deuxième acte de *Rigoletto* (O.). Et voici les hommes : en tête, les dépassant tous, le splendide Chaliapine, dont la *Mort de Boris* et l'air *Madamina* de don Juan (G.) constituent deux merveilles de l'enregistrement phonographique. Ensuite, le baryton Crabbé s'attaque au fameux air de *Quo Vadis* : Errer à travers les mers, et à l'exqu coastement burlesque air d'*Acis et Galathée* (G.). Chez Pathé, l'un des derniers venus au disque à aiguille, mais qui rattrape à pas de géants ses confrères, on peut souvent regretter encore des sonorités légèrement nasillardes, qui déforment la reproduction vocale ; on doit cependant signaler comme n'étant pas entachés, ou guère, de ce défaut : Aquistapace dans la ronde du Veau d'or de *Faust* et l'air de la calomnie du *Barbier* ; Charles Fontaine, dans le ciel luisait d'étoiles de *Tosca* et *Pauvre Paillasse* ; et Muratore, qui détaille avec émotion la jolie *chanson de Barberine* et la *chanson de Magali* ; mais pourquoi cet excellent chanteur, à côté de ces enregistrements, montre-t-il un curieux attachement aux *chansons napolitaines*, enregistrées souvent avec une prodigalité d'effets sonores un peu déplaisante ? Enfin, toujours chez Pathé, Lanteri s'attaque à l'air de *Benvenuto Cellini* de Diaz et un air d'*Hérodiade*.

La chanson populaire n'est pas à dédaigner ; encore faut-il qu'elle ne verse pas dans la vulgarité et que, sous prétexte de genre médiocre, l'enregistrement ne soit pas négligé ; aussi, ne voyons-nous guère à signaler que *Ce n'est que votre main, madame*, et *Minuit, place Pigalle* (P.), avec André Baugé ; *Le P'tit Quinquin* et *J'ai deux grands Bœufs* (O.), avec Lynel ; et surtout les ravissants *Plaisir d'Amour* et *Ma poupée*, de Déodat de Severac, que chante puissamment Vanni Marcoux (G.)

Que l'on nous entende bien : il fallait bien aller au plus pressé et tout ceci ne constitue, parmi quelques centaines de disques sortis depuis trois ou quatre mois, qu'un choix dicté par l'interprétation et par l'enregistrement ; c'est, dans des domaines variés, la base suffisante pour commencer une agréable discothèque ; le mois prochain, nous pourrions alors disséquer à loisir les toutes dernières productions et, aussi, nous arrêter un instant sur cette *musique de danse*, le grand succès du phonographe, que l'on a grand tort de mépriser, et qui mérite, elle aussi, d'être choisie avec soin.

FAILLET.

SACHONS QUE :

Entre 1926 et 1928, la production de l'électricité a augmenté aux Etats-Unis de 12 %, tandis que la consommation spécifique de charbon a diminué de 10 %. L'économie de houille réalisée de ce fait est évaluée à 36 millions de dollars. De plus, la concentration des entreprises de production de l'énergie électrique est telle que 88 % de cette production est maintenant assurée par des usines débitant chacune par année plus de 100 millions de kilowatts-heure.

LA T. S. F. ET LES CONSTRUCTEURS

La lampe trigridle et ses applications

Tous les amateurs connaissent maintenant la nouvelle lampe dite *trigrille*, employée actuellement par plusieurs constructeurs.

Voici les caractéristiques de la nouvelle lampe trigridle « Lux-Radio », construite spécialement pour ses récepteurs. La lampe trigridle « R X Lux-Radio » peut être employée en changeuse de fréquence ou en étage amplificateur moyenne fréquence.

La lampe, dont les caractéristiques ressortent des courbes ci-contre, n'est utilisée par la Société Lux-Radio que comme changeuse de fréquence. Tous ses nouveaux appareils ont été étudiés pour son utilisation rationnelle et les qualités de sensibilité, de sélection et de pureté des nouveaux récepteurs Lux-Radio, sont remarquables.

L'originalité des nouveaux modèles Lux-Radio ne réside pas seulement dans l'utilisation de cette nouvelle lampe. De nouvelles méthodes ont permis d'industrialiser sa fabrication, rejetant ainsi

les vieilles méthodes de construction. La Société Lux-Radio fabrique elle-même tous ses accessoires, ce qui lui permet de présenter à ses clients des appareils offrant le maximum de garantie au point de vue mécanique et électrique. D'une construction entièrement métallique, ils offrent un coefficient de sécurité et de soli-

dité très élevé. La présentation a été, elle aussi, étudiée de très près, et le gros effort qui a été fait dans ce sens ne manquera pas de porter ses fruits. Les panneaux avant sont soigneusement émaillés au four, et, pour certains de ces modèles, l'effet esthétique est encore rehaussé par des enjolivures du plus bel effet. Les ébénisteries aux lignes sobres sont très élégantes, leur vernissage a été particulièrement soigné.

La fabrication actuelle de la Société Lux-Radio comprend toute une gamme de récep-

teurs, tous très bien étudiés, d'une présentation impeccable, dont nous donnons ci-après une simple liste :

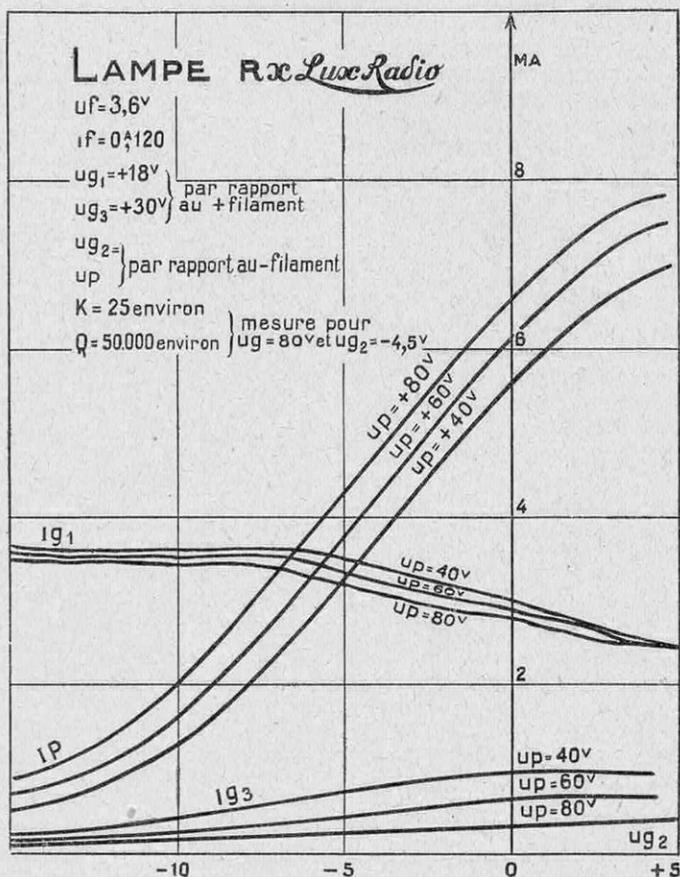
Super populaire « S P 6 » (changeur de fréquence par lampe trigridle à 6 lampes). — Il comprend une lampe trigridle, deux étages amplificateurs M. F., un étage de détection et deux étages de B. F.

Super familial, modèle « S F 6 ». — Récepteur extrêmement soigné, d'une présentation plus luxueuse et d'une plus grande précision de réglage.

Meuble super familial à 6 lampes, type « S M 6 ». — Cet appareil est équipé avec le

collecteur d'ondes à manœuvre d'orientation supprimée. Enfin, le meuble peut contenir, dans sa partie inférieure, les batteries ou groupe d'alimentation.

Super familial portable, type « S C 6 » pour camping. — Il possède toutes les qualités du modèle « S F 6 ». Il peut contenir les batteries d'alimentation. Cependant,



COURBES CARACTÉRISTIQUES DES LAMPES TRIGRIDLES « RX LUX-RADIO »

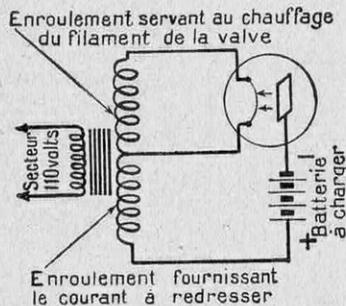
pour l'amateur qui préférerait utiliser des batteries de plus grosses capacités, une petite mallette séparée peut recevoir les batteries d'alimentation. Dans ce dernier cas, un cordon spécial relie la mallette d'alimentation au récepteur lui-même.

Une seule valve pour recharger à la fois les batteries d'accumulateur de filament et de tension-plaque.

LA recharge des accumulateurs a toujours préoccupé l'amateur de T. S. F. Beaucoup de possesseurs d'un poste doivent encore faire recharger leurs accumulateurs par un électricien, ce qui nécessite un transport aussi pénible que désagréable.

Les constructeurs se sont ingénies naturellement à mettre au point des appareils se branchant sur le secteur et permettant la recharge à domicile ; tous les procédés de redressement connus ont été utilisés : soupapes électrolytiques, redresseurs mécaniques, rotatifs ou vibrants, contacts secs, valves à gaz rares.

On connaît le principe du redressement par valve à gaz rare. Une ampoule comportant un filament et une plaque de métal est remplie, à une pression déterminée, d'un gaz rare : néon, argon, hélium ou d'un mélange de ces gaz ; elle ne laisse passer le courant que dans le sens plaque-filament. On a donc constitué une valve qui, si l'on applique une tension alternative entre la plaque et le filament, ne laisse circuler le courant que dans le sens plaque-filament et l'arrête absolument dans le sens opposé. On peut donc recharger une batterie d'accumulateurs insérée



MONTAGE D'UN TRANSFORMATEUR FOURNISSANT LE CHAUFFAGE DU FILAMENT DE LA VALVE DE REDRESSEMENT ET LA TENSION NÉCESSAIRE A LA CHARGE DE LA BATTERIE

80 milliampères. Les redresseurs qui les utilisent sont généralement accompagnés d'un ou deux tubes régulateurs comportant une résistance de métal spécial dans un gaz approprié. Un appareil complet de recharge pour batteries de T. S. F. comprend donc fréquemment, en plus du transformateur, trois ou quatre tu-

bes spéciaux. Une énorme simplification vient d'être réalisée dans cette voie par la mise au point d'un dispositif utilisant un seul tube.

Ce système permet la recharge simultanée de deux batteries : l'une de 4 volts au régime de 1,5 ampère, l'autre de 80 volts au régime de 100 à 120 milliampères.

La valve comporte un filament et deux plaques dont l'une est montée dans le circuit de charge de la batterie 4 volts et l'autre dans celui de la batterie 80 volts.

Outre sa simplicité, ce dispositif permet une économie de courant de 50 % sur le chauffage de la valve et naturellement sur la durée même de cet organe.

La seule manœuvre de l'inverseur branche les accus sur le poste ou les remet en charge. En cas d'arrêt du secteur, la batterie ne peut se décharger. Elle est de nouveau en charge dès que le courant est rétabli.

Pour terminer, mentionnons que la recharge complète des deux batteries de 4 et 80 volts d'un modèle courant pour poste de T. S. F. ne revient guère à plus de 70 centimes.

Un électrolyte remarquable

M. HORACE HURM nous signale l'apparition du nouvel électrolyte « P. V. », dont la composition est, bien entendu, tenue secrète, qui est un régénérateur remarquable pour les batteries dans lesquelles il est employé. C'est ainsi qu'une batterie complètement hors d'usage par sulfatation, vidée, rincée et remplie de cet électrolyte, reprend rapidement la tension normale et tient la charge comme une batterie neuve. De plus, tout risque de mauvaise charge est supprimé, aucune élévation de température n'apparaît pendant la charge.

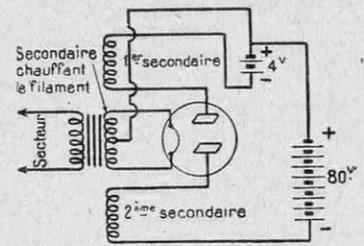
Tous les sans-filistes se réjouiront de cette invention qui leur permet de donner à leur accumulateur une très grande durée et qui les délivre de la hantise de la sulfatation.

Adresses pour la T. S. F. et les Constructeurs

Lampes trigridle : LUX-RADIO, 19, place de l'Eperon, Le Mans.

Rechargeur d'accus : CONSTRUCTION RADIO-ELECTRIQUE (ASTRA), 51, rue de Lille, Paris (17^e).

Electrolyte : HORACE HURM, 14, rue J.-J.-Rousseau, Paris (1^{er}).



MONTAGE DE LA VALVE BI-PLAQUE PERMETTANT LA RECHARGE SIMULTANÉE DES DEUX BATTERIES EN UTILISANT UN SEUL TRANSFORMATEUR A TROIS SECONDAIRES DONT UN A PRISE MÉDIANE

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Les cyclistes doivent pouvoir signaler facilement et distinctement leurs changements de direction

Si l'on a adopté, depuis un certain temps, sur les automobiles, des dispositifs spéciaux pour permettre aux conducteurs de faire connaître à ceux qui les suivent leurs intentions soit de virer à droite ou à gauche, soit de s'arrêter, jusqu'à présent, les cyclistes n'avaient d'autre ressource, pour se conformer aux règles du Code de la route, que d'étendre le bras horizontalement.

Cependant, la commodité et les résultats acquis sur l'automobile, en vue de la sécurité de la circulation, devaient inciter les inventeurs à trouver un système analogue pour la bicyclette.

En effet, si l'automobiliste peut, sans trop d'inconvénient, tenir le volant d'une seule main, pour signaler de l'autre, il n'en est plus de même pour le cycliste, surtout au milieu de la circulation intense des grandes villes, où il a besoin de toute son attention et de toute sa virtuosité pour se glisser entre les voitures qui encombrant la chaussée.

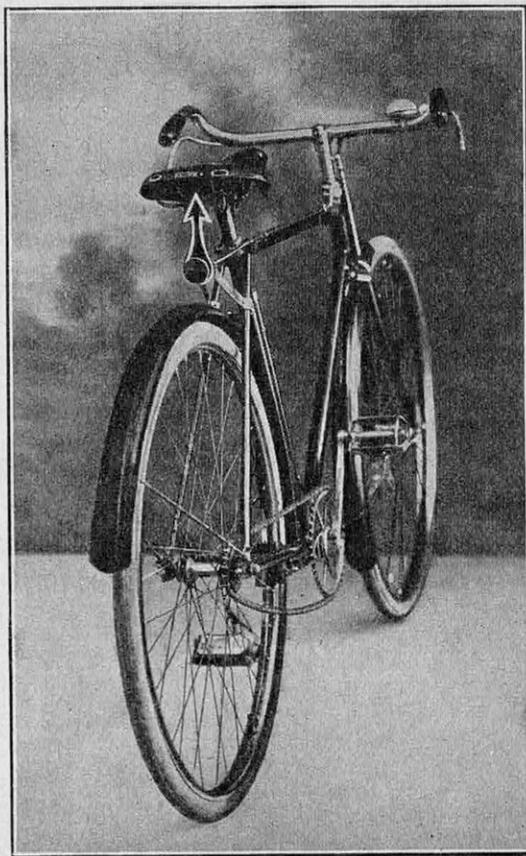
Aussi apprendra-t-on certainement avec plaisir qu'un dispositif vient d'être imaginé qui permet, par une légère pression de la main, sans quitter le guidon, de signaler le virage à gauche ou à droite.

Cet appareil se compose essentiellement d'un levier de commande, d'un système souple de transmission de mouvement et d'un voyant en forme de flèche, qui peut subir des déplacements angulaires. Cette flèche est fixée, au moyen de deux pattes, sur la fourche arrière de la bicyclette, au-dessous de la selle. Normalement, lorsque le cycliste se déplace en ligne droite, le levier de commande

étant disposé verticalement, la flèche est également verticale. Il suffit de tourner à droite ou à gauche le levier de commande pour que le mouvement se transmette immédiatement à la flèche, dont la position fait connaître l'intention du cycliste.

Un feu rouge, au centre de la flèche, rend la signalisation visible pendant la nuit.

Cet appareil s'adapte évidemment aussi bien aux motocyclettes et aux triporteurs qu'aux bicyclettes ordinaires.



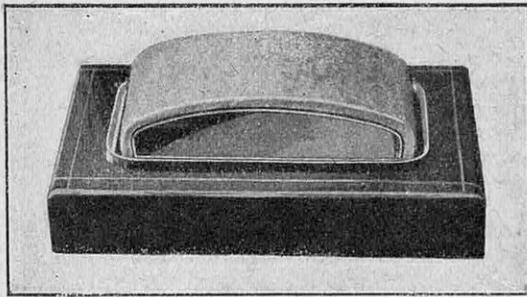
INSTALLÉE A L'ARRIÈRE DE LA BICYCLETTE ET ACTIONNÉE PAR UN LEVIER A PROXIMITÉ DU GUIDON, LA FLÈCHE PERMET D'INDIQUER LES CHANGEMENTS DE DIRECTION SANS LACHER LE GUIDON

De petits appareils de bureau pratiques pour mouiller les timbres et les enveloppes

LORSQUE le courrier prend une certaine importance, l'opération du mouillage des timbres et des enveloppes

exige, de la part des employés, un travail assez long et, par conséquent, une perte de temps et de rendement.

Nous avons déjà signalé une machine pra-



L'EAU CONTENUE DANS LA CUVETTE MÉNAGÉE DANS LE SOCLE DE CET APPAREIL IMBIBE LE FEUTRE PAR CAPILLARITÉ ET IL SUFFIT DE PASSER LES TIMBRES DESSUS POUR LES MOILLER

tique qui effectue ce collage très rapidement. Ceux qui ne possèdent pas cette machine emploient généralement une coupelle de verre contenant une petite éponge imbibée d'eau, sur laquelle on mouille le doigt pour humecter ensuite les bords de l'enveloppe ou le timbre.

Voici deux petits appareils qui résolvent également ce problème quotidien de bureau :

Le premier, un mouilleur pour timbres, se compose d'un socle en bois massif, au centre duquel est creusée une excavation rectangulaire doublée d'une cuvette de laiton ; sur une autre bande de laiton est fixée une feuille de feutre.

Cette lame s'engage dans la cuvette en formant ressort, de façon à être maintenue solidement. Il suffit alors de verser de l'eau dans la cuvette pour que, par capillarité, celle-ci imbibe le feutre sur lequel il n'y a qu'à passer les timbres pour les humecter.



ON MOUILLE LES ENVELOPPES A COLLER AU MOYEN DE LA MÈCHE DE FEUTRE

Pour coller les enveloppes, le système se compose très simplement d'un flacon, dont le bouchon est percé par un tube métallique plat, dans lequel passe une petite bande de feutre qui passe dans le flacon.

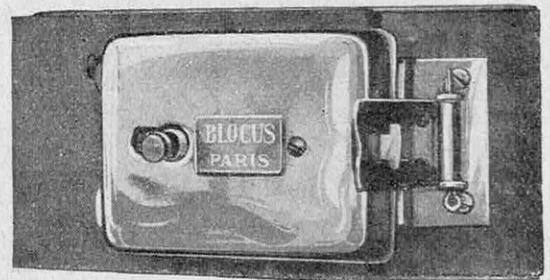
Le même phénomène de capillarité fait monter l'eau contenue dans ce flacon le long de la sorte de mèche ainsi constituée, et, pour mouiller l'enveloppe, il suffit de tenir le flacon à la main et

de passer le petit morceau de feutre qui dépasse le tube plat sur les parties de l'enveloppe enduites de gomme.

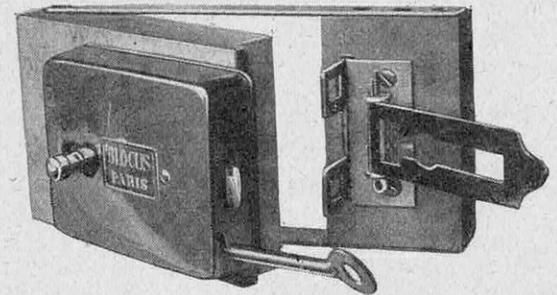
Une nouvelle serrure de sûreté inviolable

Le problème de la sécurité des appartements reste, malheureusement, à l'ordre du jour, les cambrioleurs déployant, pour l'ouverture des portes, une habileté vraiment trop remarquable. Aussi s'ingénie-t-on à mettre au point des serrures de sûreté inviolables dont les nombreux modèles attestent l'intérêt de la question.

Nous sommes heureux de présenter aujourd'hui à nos lecteurs une serrure de sûreté



DANS CETTE POSITION, LE CRAMPON DE SÛRETÉ EST POSÉ, FAISANT OFFICE DE CHAÎNE DE SÛRETÉ. LE PROPRIÉTAIRE PEUT CEPENDANT ENTRER AVEC SA CLEF SANS DÉRANGER PERSONNE.



POSITION DE LA CLEF POUR FAIRE JOUER LE DISPOSITIF DE « BLOCAGE SECRET », QUI INTERDIT TOUT DÉMONTAGE ET OUVERTURE DE L'INTÉRIEUR

invincible, dont les trois sécurités particulières sont à remarquer.

Muni de notre clef à double panneton au profil tourmenté et à tige évidée, rendant la prise d'empreinte et la reproduction impossibles, nous ouvrons aisément la serrure de l'extérieur. Il suffit alors de repousser la porte pour que la serrure soit automatiquement verrouillée, les pènes s'agrafant instantanément dans la gâche. C'est le cas de la fermeture ordinaire. Chaque serrure ayant une clef propre, et le nombre de combinai-

sans possibles étant presque indéfini, cette sécurité est déjà appréciable.

Mais si, rentré chez soi, on veut immobiliser les pènes et rendre l'ouverture absolument impossible de l'extérieur, même avec la clef d'origine, rien n'est plus facile, car il suffit, pour cela, de manœuvrer un petit levier situé sur le côté de la serrure.

De plus, on peut interdire complètement l'effraction ou le démontage de la serrure de l'extérieur et même de l'intérieur, particulièrement intéressante dans le cas où des cambrioleurs surpris, ayant pénétré par une fenêtre, chercheraient à s'enfuir par la porte. Ce mode de fermeture est particulièrement recommandé pour les absences prolongées. C'est le blocage secret. Il est obtenu en appuyant avec la clef placée dans l'ouverture latérale de la serrure.

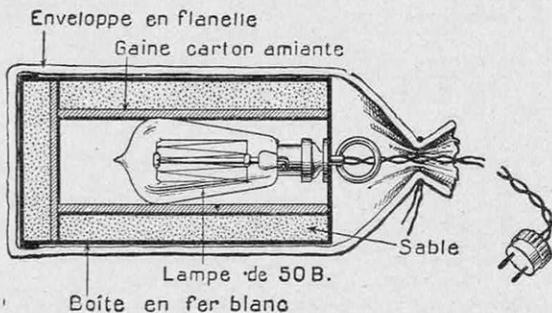
Enfin, un crampon de sûreté remplace avantageusement la chaîne habituelle. Il permet d'entre-bâiller la porte et de la maintenir dans cette position. Naturellement, si l'on est muni de la clef d'origine, ce crampon n'empêche nullement d'ouvrir la porte complètement. En effet, ce sont les pènes qui s'agrafent dans ce crampon. En ouvrant la porte avec la clef, ceux-ci se dégagent. Mais, lorsque la porte est entre-bâillée, le crampon en place, il est alors impossible de faire jouer les pènes.

Ajoutons enfin que le pêne peut être mis en position de repos, facilitant ainsi le service de jour dans les bureaux, les magasins, les usines, etc...

Comment construire un chauffe-lit économique

C'EST en été qu'il est bon de prévoir les petits appareils qui peuvent nous donner, pendant les froids, un supplément de confort. Aussi donnons-nous, ci-dessous, la manière de construire simplement un chauffe-lit électrique économique et sans danger, que nous a indiquée un de nos lecteurs.

Il suffit de prendre une boîte cylindrique



UNE LAMPE DE 50 BOUGIES MONOWATT, ENTOURÉE D'AMIANTE, DE SABLE, LE TOUT DANS UNE BOÎTE MÉTALLIQUE, CONSTITUE UN EXCELLENT CHAUFFE-LIT

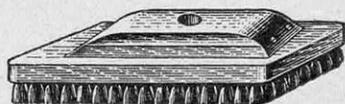
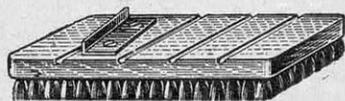
en fer-blanc, par exemple, une boîte de bonbons, de percer son couvercle afin de pouvoir y fixer une douille de lampe. Cette lampe est entourée d'une gaine d'amiante et le vide restant entre cette gaine et la boîte est rempli de sable. Une enveloppe de flanelle entoure l'ensemble de l'appareil.

En utilisant une lampe de 50 bougies du type monowatt, il suffit d'allumer pendant un quart d'heure pour que la chaleur qui s'accumule dans le sable contenu dans la boîte, se maintienne pendant une heure environ. D'ailleurs, rien de plus simple que de donner un supplément de chaleur si l'on dispose d'une prise de courant à côté du lit. Aucun danger d'incendie n'est, évidemment, à craindre, par suite de la présence de l'amiante autour de la lampe.

Cette brosse permet de nettoyer les parquets jusque dans les angles

LES brosses à nettoyer les parquets ont généralement une forme rectangulaire et l'on sait combien il est peu commode,

dans ces conditions, de nettoyer les parquets jusque dans les angles. Si, théoriquement, la chose est possible, du moins dans les angles droits, pratiquement il n'en est plus de même, car, la monture de la brosse s'appuyant à la fois sur les deux côtés de l'angle, il est impossible de lui donner un mouvement suffisant.



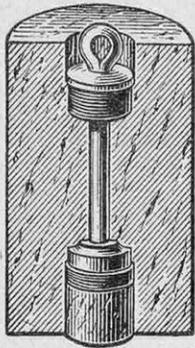
EN HAUT, LA BROSSÉ PARALLÉLOGRAMME AVEC LE DISPOSITIF SPÉCIAL MAINTENANT LE PIED; EN BAS, LA BROSSÉ PRÊTE A RECEVOIR UN MANCHE

La brosse représentée ci-dessus, au contraire, se présente sous la forme d'un parallélogramme, et ainsi elle permet de frotter énergiquement même dans les angles aigus. Montée avec des fils d'acier, elle remplace avantageusement la paille de fer. En effet, elle éclaircit le bois sans le rayer.

Un dispositif particulier, et fort simple, suppléant, d'ailleurs, les sangles jusqu'ici nécessaires pour la fixation de la brosse au pied. Ce dispositif consiste en une plaque d'acier recourbée à angle droit, dont un côté est assujéti à la brosse au moyen de deux vis à bois. En posant simplement la semelle sur l'autre côté, vertical, de cette plaque d'acier, le talon reposant sur la brosse, on peut, sans danger de glisser, effectuer rapidement tous les mouvements nécessaires. Ajoutons que ce procédé n'utilise nullement la chaussure puisque aucun glissement ne se produit.

Un bouchon qui peut servir indéfiniment

LORSQU'ON utilise des bouchons ordinaires pour fermer les bouteilles, ceux-ci ne peuvent, en général, servir qu'une seule fois, car le trou fait par le tire-bouchon risque, si on l'emploie une seconde fois, de



COUPE DU Bouchon INUSABLE

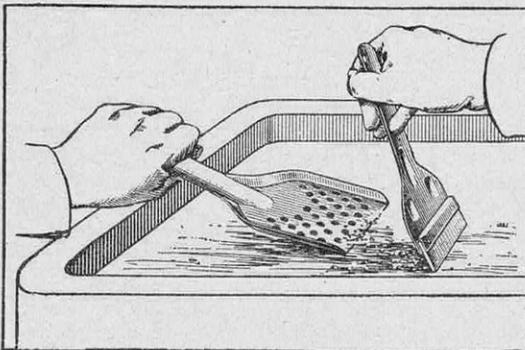
laisser suinter le liquide contenu dans la bouteille. Il arrive aussi très souvent que ce bouchon se casse et doit être rejeté. M. Grenet a imaginé un système particulier assez original, qui permet de conserver au bouchon toutes ses qualités, même après de très nombreux usages.

Pour cela, il utilise des bouchons qu'il perce suivant leur axe, ainsi que le montre la figure ci-contre. Dans le trou ainsi pratiqué est engagée une tige portant, en haut, un épaulement et, en haut, une boucle. L'espace laissé vide à la partie inférieure du bouchon est obturé au moyen d'un petit morceau de liège très fortement collé.

Ajoutons qu'entre l'épaulement du bas de la tige et ce petit bouchon est insérée une rondelle de caoutchouc, destinée à amortir les efforts exercés sur la tige. Le débouchage s'effectue tout simplement au moyen d'un tire-bouton qu'on engage dans l'anneau de la tige.

Pour nettoyer facilement les éviers

Sous peine de voir le tuyau d'évacuation de l'évier de la cuisine s'engorger, il est indispensable de faire disparaître les quelques parcelles solides qui restent après le lavage de la vaisselle.



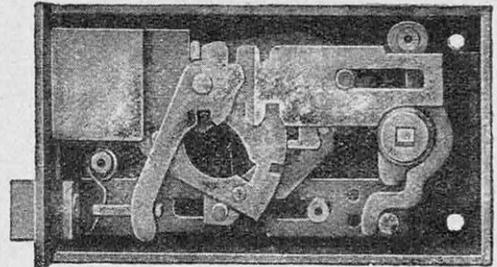
AVEC LA PELLE-ÉVIER ON RAMASSE FACILEMENT TOUS LES DÉTRITUS, L'EAU S'ÉCOULANT PAR LES TROUS DE LA PELLE

On utilise, généralement, pour cela une brosse, mais le plus souvent on ne prend pas la précaution d'enlever hors de l'évier ces détrit. Voici un petit appareil qui permet d'effectuer cette besogne très facilement.

Il se compose d'une petite pelle en aluminium, percée de trous, et d'une petite raclette en caoutchouc. Rien de plus simple, par conséquent, que de ramasser sur la pelle les parties solides, tandis que les eaux sales retombent dans l'évier.

Les progrès réalisés dans la serrure moderne

NOUS avons montré, dans le n° 145 de juillet 1929, l'organisation du grand hôtel d'Amiens, notamment en ce qui concerne les serrures. Nous tenons à signaler que les serrures avec leurs clefs spéciales à combinaisons ont été établies par la Société Fichet. Nous donnons ci-dessous une photographie de la serrure



MÉCANISME INTÉRIEUR DE LA SERRURE « MULTIPLEX S. M. E. I »

Fichet, dite « Multiplex », qui permet, grâce à un nombre considérable de combinaisons, l'établissement : d'une clef particulière à chaque serrure ouvrant cette seule serrure ; d'une clef de série ouvrant toute une série de serrures ; d'une clef maîtresse ouvrant toutes les séries de serrures.

L'avantage de ces serrures pour les hôtels, administrations, etc., saute aux yeux, puisqu'elles permettent de se prémunir contre le vol et toute indiscretion. V. RUBOR.

Adresses utiles pour les « A côté de la Science »

Signalisateur pour bicyclettes : M. RIVA, 25, rue de Sèvres, Boulogne-sur-Seine (Seine).

Appareils de bureau : M. TRANNOY, 10, rue de Bretagne, Paris (3^e).

Serrure inviolable : SERRURE BLOCUS, 119, rue Anatole-France, Levallois (Seine).

Brosse à parquets : L'EFFORT COMMERCIAL, 55, rue Montmartre, Paris (2^e).

Bouchon inusable : M. P. GRENET, 18, rue Desmottiers, Saintes (Ch.-Inf.).

Pelle-évier : M. J. MALHAPE, 5, rue de l'Aqueduc, Paris (10^e).

Serrure : SOCIÉTÉ FICHET, 43, rue de Richelieu, Paris (1^{er}).

UNE INVENTION ORIGINALE DE M. SANTOS-DUMONT : LE PREMIER MOTEUR A DOS D'HOMME APPLIQUÉ AU SKI

APRÈS quelque vingt années de silence, M. Santos-Dumont nous revient un peu comme un personnage de légende. Nous le vîmes, il y a trente ans, s'élancer hardiment à bord d'un dirigeable de son invention, pour accomplir le raid Saint-Cloud-Tour Eiffel-Saint-Cloud. Quelques années plus tard (1906), il démontrait, le premier, que le « plus lourd que l'air » n'est pas une utopie, en volant sur une distance de 220 mètres à Bagatelle.

Il a laissé ensuite à d'autres le soin de franchir toutes les étapes de la navigation aérienne sous ses deux formes ; modestement, il est rentré dans l'ombre.

Tout à coup, il nous revient avec une nouvelle invention, peut-être aussi grosse de conséquences que les deux premières. C'est encore le moteur à explosion qui en fait les frais.

Fervent du ski depuis toujours, Santos-Dumont constate avec amertume que ce beau sport impose une fatigue injuste : l'obligation de remonter à pied, pendant plusieurs heures parfois, les flancs d'une montagne, que l'on descend en dix minutes de ski. Ne pourrait-on éviter cette fatigue en s'aidant d'un moteur ? Tel est le problème.

Il l'étudie pendant quatre années, et la solution qu'il nous apporte aujourd'hui est un mélange d'ingéniosité et de technique qui fait ressortir les qualités maîtresses de l'in-

venteur : l'esprit d'observation et le don de la réalisation mécanique.

Le ski est une planchette longue de 1 m 50 à 1 m 80, de la largeur du pied, relevée à l'extrémité avant. Il glisse sur la neige sans y pénétrer et réalise le freinage total dans la marche arrière. Un ski avance

et ne recule jamais, grâce à une garniture faite d'une peau de phoque ayant conservé ses poils, appliquée sur la surface glissante, de manière que les poils soient dirigés d'avant en arrière. Pendant la marche, ils se couchent sur la neige, mais se relèvent instantanément dès que le mouvement en arrière s'esquisse pour s'y opposer avec une énergie qui permet au skieur de remonter les pentes les plus raides.

Donc, pendant l'ascension, chaque ski présente alternativement un solide point d'appui et une surface glissante. C'est grâce à ce point

d'appui que Santos-Dumont va permettre au skieur de remonter les pentes les plus rudes avec l'aide d'un moteur de un dixième de cheval porté par le skieur lui-même et sans exiger le moindre effort de sa part.

À la pointe avant de chaque ski est fixée une solide cordelette qui s'engage ensuite sur une poulie de renvoi attachée au talon du soulier du skieur ; de là elle se rend à l'équipement mécanique qui accompagne le moteur. Mais les cordelettes se croisent,



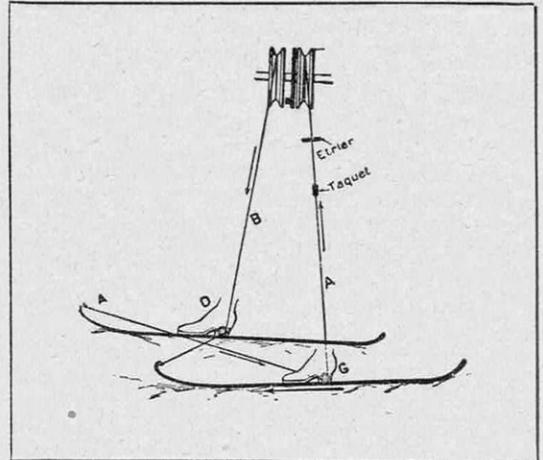
L'ÉQUIPEMENT MÉCANIQUE SUR LE DOS DU SKIEUR

Pendant la marche, le pied qui progresse se relève sur sa pointe par l'action de la cordelette sur la poulie du pied, réalisant ainsi la marche normale sans fatigue.

c'est-à-dire que celle du ski gauche passe sur la poulie du pied droit et celle du ski droit sur la poulie du pied gauche.

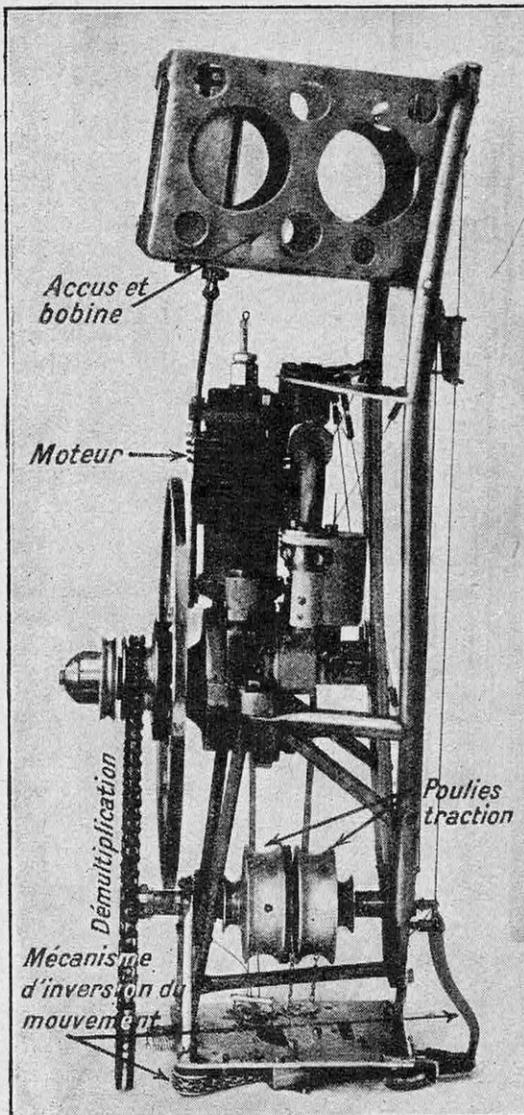
Grâce à un dispositif mécanique assez compliqué, le moteur tire alternativement sur les cordelettes. Quand le ski droit, par exemple, se trouve en avant, réalisant l'appui, le moteur tire sur la cordelette reliée à la pointe et oblige le ski gauche, par sa poulie, à aller de l'avant jusqu'à ce que le pied (la poulie) soit arrivé à la hauteur voulue. Notre dessin schématique permet de comprendre aisément comment s'effectuent la traction et la progression.

Le moteur pèse seulement 800 grammes. Il est construit en un alliage aluminium-



PRINCIPE DE LA MARCHÉ AVEC MOTEUR

La cordelette A, fixée à la pointe du ski, passe sur la poulie G et est tirée par le moteur. La cordelette B, passant sur la poulie D, se déroule pendant l'avance du pied gauche.



LE MOTEUR ET LE MÉCANISME D'ENTRAÎNEMENT PORTÉS A DOS D'HOMME

magnésium, tourne à 6.000 tours par minute et comporte un allumage par bobine avec accumulateurs et des ailettes de refroidissement. C'est là, déjà, une petite merveille.

Il commande, par chaîne et une forte démultiplication, l'arbre des poulies sur lesquelles s'enroulent les cordelettes. Ces poulies, folles sur leur arbre, sont entraînées par un disque placé entre elles et susceptible de venir embrayer avec l'une ou l'autre pour les entraîner dans son mouvement de rotation.

C'est, d'ailleurs, la marche qui commande cet embrayage, chaque cordelette étant pourvue d'un taquet fixe qui, au moment où le ski atteint sa position extrême d'avancement, pousse un étrier qui commande le changement de poulie par l'intermédiaire du disque d'embrayage.

M. Santos-Dumont a ainsi résolu le problème de la transformation du mouvement continu en mouvement alternatif à grande amplitude. Actuellement, il travaille à la mise au point d'un moteur type *Demoiselle*, de 2 ch 1/2, qui permettrait le remorquage de cinq ou six skieurs par ce seul moteur porté par l'homme placé à l'arrière.

Les applications dépassent certainement le cadre de la présentation actuelle. Ne pourrait-on envisager, dès maintenant, une solution première de l'ornithoptère ou vol par les ailes battantes, le moteur à dos d'homme actionnant deux ailes qui permettraient de réaliser la navigation aérienne individuelle, telle que l'avait pratiquée Icare, sans succès d'ailleurs ?

L. F.

A TRAVERS LES REVUES

AUTOMOBILES

LES ROUTES SE COMMANDENT PAR LEUR IMPORTANCE, par *Baudry de Saunier*.

Le moins expérimenté des conducteurs sait bien qu'il y a impossibilité, pour un véhicule quel qu'il soit, à ralentir à la croisée de toutes les routes, de tous les chemins, de toutes les ruelles. C'est là un des risques spéciaux de la circulation routière. Si ce ralentissement constant est obligatoire, la qualité fondamentale de l'automobile, qui est la vitesse, disparaît presque totalement. Il est donc évident qu'il ne peut y avoir de circulation rapide que si certaines routes ont sur les autres priorité de passage. Ainsi, le plus sûr gardien des croisements de route devient la responsabilité, puisque seuls sont responsables des accidents ceux qui, roulant sur une route secondaire, ne ralentissent pas au croisement avec une route principale.

Tel est l'avis de M. Baudry de Saunier, qui expose dans cet article comment on doit déterminer logiquement le croisement des routes par rapport aux autres, en ce qui concerne la priorité, et qui émet le vœu qu'une signalisation matérielle bien faite, par signaux visibles de jour et de nuit, complète la discipline rigoureuse qui doit être imposée à la circulation routière.

« *Omnia* » (n° 107).

CHEMINS DE FER

LA TRACTION ÉLECTRIQUE SUR LES CHEMINS DE FER ITALIENS, par *L. Vellard*.

Les faibles ressources naturelles de l'Italie en combustible l'ont amenée à adopter un programme d'électrification générale, actuellement réalisé en grande partie. Parmi les domaines de cette électrification, celui relatif aux voies ferrées présente une importance particulière, et, dès 1902, l'exploitation des lignes de la Valteline se faisait électriquement. Depuis lors, l'électrification des voies ferrées italiennes a reçu un essor considérable et se poursuit sans relâche.

Dans cet article, composé de trois parties, l'auteur expose, tout d'abord, l'histoire de l'électrification des chemins de fer italiens; les raisons qui ont motivé le choix du système de traction; la situation et l'importance des usines génératrices assurant l'alimentation des lignes; enfin, des indications générales sur l'équipement des lignes de transmission d'énergie.

La deuxième partie est consacrée à la description des diverses voies ferrées électrifiées, avec mention de leurs caractéristiques principales, et des données sur les industries électriques correspondantes.

Enfin, dans la troisième partie, l'auteur étudie les divers types de locomotives employées sur les chemins de fer de l'Italie.

« *Revue générale d'Electricité* » (tome XXV, n° 11).

ÉLECTRICITÉ

LA PROTECTION SÉLECTIVE DES RÉSEAUX, par *J. Klöninger*.

Lorsqu'un court-circuit se produit sur une section quelconque d'un réseau de distribution d'énergie électrique, les relais de protection

doivent fonctionner de façon à éliminer le plus rapidement possible la section atteinte, à l'exclusion de toute autre, afin de maintenir l'alimentation des installations d'abonnés par les parties non endommagées du réseau.

L'auteur étudie les coupe-circuits fusibles, les relais de surintensité de courant, la sélection par échelonnement, les relais différentiels, les relais de distance, la sélection automatique par la réactance de la ligne, le décèlement des courts-circuits par relais, les localisateurs de courts-circuits.

« *Revue générale d'Electricité* » (tome XXV, n° 15).

COMBUSTIBLES

LES MÉTHODES MODERNES DE PRODUCTION ET D'UTILISATION DES AGGLOMÉRÉS DE HOUILLE ET DE LIGNITE, par *Ch. Berthelot*.

Pour se défendre contre la redoutable concurrence du mazout, de l'énergie électrique et du charbon pulvérisé, l'industrie des agglomérés de houille et de lignite s'est efforcée de rechercher de nouveaux débouchés. L'auteur de cet article étudie particulièrement la fabrication tout à fait moderne des anthracites artificiels.

On a cherché, en effet, à produire des anthracites artificiels, à partir des houilles bitumineuses soumises à la carbonisation à basse ou à haute température. Ces anthracites sont intéressants, car leur combustion a lieu sans fumée.

Après avoir passé en revue la fabrication des combustibles sans fumée, par la méthode des mines de Noeux et par la méthode Pieters, M. Berthelot étudie l'autoagglomération des lignites et, dans sa conclusion, montre l'intérêt financier de l'industrie des agglomérés.

« *La Technique moderne* » (21^e année, n° 7).

CHIMIE INDUSTRIELLE

LES RESSOURCES ET L'ÉTAT PRÉSENT DE L'INDUSTRIE CHIMIQUE FRANÇAISE, par *M. J. Level*.

La guerre obligea l'industrie chimique française à un effort considérable pour tous les produits ayant trait à la défense nationale, et c'est ainsi qu'en ce qui concerne les poudres, la production de la France atteignit celle de l'Allemagne et la dépassa même légèrement pour les explosifs. Après la guerre, cette importante industrie chimique dut s'adapter aux fabrications de la paix, et, aujourd'hui, elle peut entrevoir le moment où elle aura achevé de se rendre indépendante pour la fabrication des produits indispensables à la sécurité nationale.

M. Level montre, dans cet article, les progrès de l'industrie française en chimie organique dans la préparation des produits pharmaceutiques et des parfums synthétiques, dans les fabrications d'électrochimie et d'électrometallurgie. Il expose ensuite comment les chefs de maisons françaises ont compris qu'ils devaient se rapprocher les uns des autres en vue d'une action commune, et le Comité des Industries chimiques de France a été créé au début de 1927.

Son étude se termine par un chapitre concernant la concurrence internationale.

« *La Vie technique et industrielle* » (n° 115).

CHEZ LES ÉDITEURS

BIOPHYSIQUE

EQUILIBRES SUPERFICIELS DES SOLUTIONS COLLOÏDALES, par P. Lecomte du Noüy. 1 vol 220 p.

Cet ouvrage remarquable est une étude expérimentale des phénomènes de surface observés sur des sélections colloïdales qui, jusqu'ici, n'avaient fait l'objet d'aucune recherche systématique. Il apporte une importante contribution à la physique elle-même, par les nouvelles méthodes employées et les nouvelles hypothèses émises. Les faits expérimentaux et les conclusions de ce travail offrent aussi un grand intérêt au point de vue thermodynamique.

CINÉMATOGRAPHIE

LA CINÉMATOGRAPHIE, par Lucien Bull. 1 vol. in-16, 40 fig.

Les amateurs du cinéma trouveront, dans ce livre, avec la description détaillée des appareils, celle des différents procédés utilisés aujourd'hui pour la production de toutes ces illusions qui, sur l'écran, réalisent, pourrait-on dire, l'in vraisemblable.

On y trouve décrites aussi les différentes techniques pour l'obtention des projections animées en couleur ou en relief, ainsi que les méthodes scientifiques en usage dans les laboratoires pour la cinématographie analytique du mouvement sous ses formes les plus diverses.

PHYSIQUE

MATIÈRE, ÉLECTRICITÉ, RADIATIONS, par Marcel Boll. 1 vol. (12,5 × 19), 128 p., 40 fig. et un index historique, 2^{me} édition.

Ce petit livre, d'un prix modique, a été publié il y a quelques mois, et il vient d'en paraître une seconde édition, mise à jour et encore plus détaillée comme explications.

Onze chapitres, de quelques pages chacun, permettent de se faire une idée d'ensemble, déjà assez précise, sur la science la plus récente, en ce qui concerne les phénomènes mécaniques, calorifiques, chimiques, électriques et optiques. Toute formule, mathématique ou chimique, a été exclue, afin de rester réellement à la portée de tout le monde.

MATHÉMATIQUES

LE CALCUL INTÉGRAL FACILE ET ATTRAYANT, par Gustave Bessière. 1 vol. 210 p.

Cet ouvrage original permet à tous de comprendre le calcul intégral, au moyen de notions excessivement simples. Un bon élève de l'école primaire, ayant acquis quelques rudiments d'algèbre et de géométrie, peut suivre très aisément les développements contenus dans ce livre.

C'est ainsi que la notion de dérivée est simplement expliquée en considérant la croissance (d'un arbre par exemple), et des exemples concrets, mais précis, rendent attrayant un calcul regardé longtemps comme abstrait et fastidieux.

A NOS LECTEURS. — Au sujet de l'article sur le guidage des avions paru dans le n° 143 de *La Science et la Vie*, nous tenons à mentionner que le principe de l'utilisation de deux cadres émetteurs d'ondes pour permettre aux pilotes de suivre une ligne déterminée, a été étudié, dès 1920, aux Etats-Unis, et que, d'ailleurs, il a été décrit dans *La Science et la Vie*, n° 88, page 309. L'article précité était destiné à marquer la première application pratique de ce système en France.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 45 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 55 fr.
	{ 6 mois... 23 —		{ 6 mois... 28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Australie, Bolivie, Chine, Costa-Rica, Danemark, Dantzig, République Dominicaine, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Guyane, Honduras, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Nicaragua, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Siam, Suède, Suisse.

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 80 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 100 fr.
	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois... 50 —

Pour les autres pays :

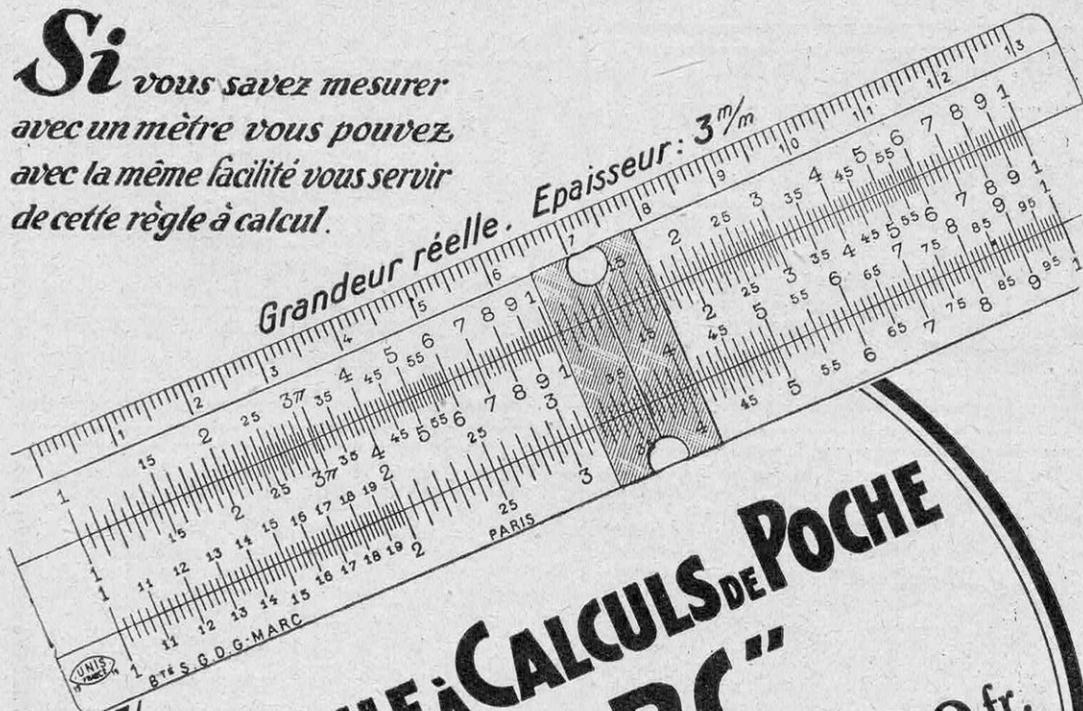
Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 70 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 90 fr.
	{ 6 mois... 36 —		{ 6 mois... 45 —

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

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

Si vous savez mesurer
avec un mètre vous pouvez
avec la même facilité vous servir
de cette règle à calcul.



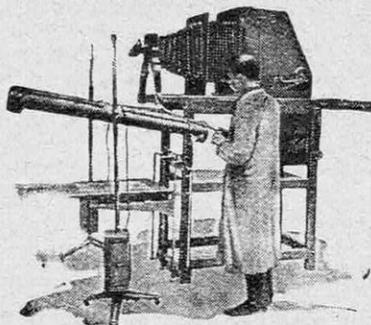
LA RÈGLE À CALCULS DE POCHÉ "MARC"

La règle en celluloïd, livrée avec étui peau 30 fr.
et mode d'emploi :

Elle est étudiée pour votre poche et aussi indispensable que votre stylo

DÉTAIL : Maisons d'appareils de précision, Papetiers, Opticiens, Libraires

GROS :
CARBONNEL & LEGENDRE
FABRICANTS
12, rue Condorcet, PARIS (9^e)
Tél. : Trudaine 83-13



Le REPROJECTOR

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.

Démonstrations, Références, Notices : **DE LONGUEVAL & C^{ie}, const^{rs}, 17, rue Joubert, Paris**

SAC PROTÈGE-VÊTEMENTS

BREVETÉ S. G. D. G.

"ANTIMIT"



SEUL MOYEN EFFICACE
contre MITES et POUSSIÈRES

Prix imposé : **3 francs** pièce

En vente : grands magasins, bazars, etc.

Se méfier des imitations

Demandez le sac en papier blanc

SEULS CONCESSIONNAIRES :

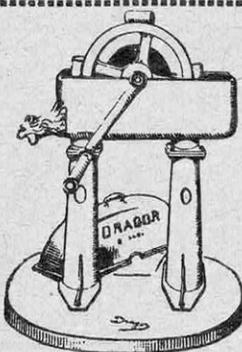
C^{ie} F^{se} Représentation et Commerce

5, rue de Montmorency, Paris (3^e)

Agents, Dépositaires

demandés dans quelques régions.

Marque déposée



DRAGOR

Élévateur d'eau à godets
pour puits profonds et très profonds

A la main et au moteur. -
Avec ou sans refoulement. -
L'eau au premier tour de
manivelle. - Actionné par un
enfant à 100 mètres de pro-
fondeur. - Incongelabilité
absolue. - Tous roulements
à billes. - Pose facile et rapide
sans descente dans le puits.
Donné deux mois à l'essai
comme supérieure à tout ce
qui existe. - **Garanti 5 ans**

Élévateurs **DRAGOR**
LE MANS (Sarthe)

Voir article, n° 83, page 446.

Pour parler Anglais

ESPAGNOL, ALLEMAND, etc., il
faut entendre souvent les mêmes mots
et phrases, afin d'acquiescer l'éducation
de l'oreille. Seul, le phonographe per-
met ces répétitions multiples.

Demandez aux

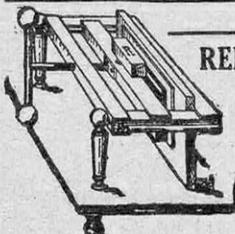
ÉCOLES INTERNATIONALES,

10, av. Victor-Emmanuel-III, Paris (8^e),
tél. Ellysées 24-57, la brochure A, adressée
gratis avec le prix des cours. Vous y ver-
rez les avantages de la **Méthode I. C. S.**
(Internat. Correspondence Schools) et
comme il est facile l'apprendre chez soi à
parler, lire et écrire couramment une lan-
gue étrangère. Démonstration gratuite.

Demandez aussi les brochures explicati-
ves **A C Commerce** et **A E Electricité**.

Nous enseignons partout où le facteur
passe ; nous comptons près de quatre
millions d'élèves dans le monde entier.

Bureaux à : LYON, 70 bis, rue Bossuet ;
MARSEILLE, 21, rue Paradis ;
NANCY, 10, rue Claudot.



RELIER tout SOI-MÊME

*est une distraction
à la portée de tous*

Demandez l'album illustré de
l'Outillage et des Fournitures,
franco contre 1 fr. à

V FOUGERE & LAURENT, à ANGOULÊME

BERNARD

SON STANDARD SIX

Super 6 lampes

TOUTE L'EUROPE SUR CADRE

reste le **MEILLEUR** des postes à

700 fr.

VENTE A CRÉDIT — Demandez NOTICE S gratuite

BERNARD, 9, r. Aug.-Laurent, Paris-XI^e

CONSTRUCTEUR

(Place Voltaire)

MINIMUS

le groupe électrogène
populaire

(POIDS : 40 KILOS)

DONNE

FORCE ET LUMIÈRE

à 1 fr. 20 le kilowatt

Type 350/500 w., complet
avec accus 70 ampères

Franco : **3.950 fr.**

Catalogue n° 26 sur demande — VENTE A CRÉDIT

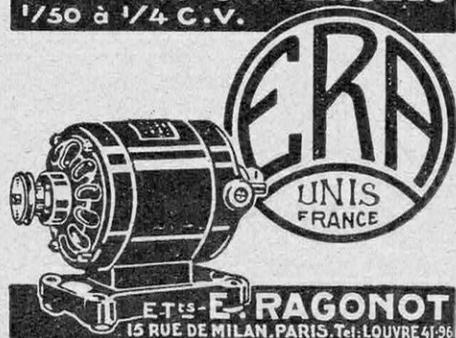
Etabl^s M. LOISIER, 27, rue Ledion, PARIS-14^e

Téléph. : Vaugirard 23-10

R. C. SEINE 381.872

MOTEURS UNIVERSELS

1/50 à 1/4 C.V.



ETES **E. RAGONOT**
15 RUE DE MILAN, PARIS. Tél. LOUVRE 41-96



TIMBRES POSTE AUTHENTIQUES

DES MISSIONS ÉTRANGÈRES

Garantis non triés, vendus au kilo
Demandez la notice explicative au
Directeur de l'Office des Timbres-
Poste des Missions, 14, rue des Re-
doutes, TOULOUSE (France).

R. C. TOULOUSE 4.568 A



CHIENS DE TOUTES RACES

de garde et policiers jeunes et adultes supé-
rieurement dressés. Chiens de luxe et d'appar-
tement. Chiens de chasse courants, Ratiers.
Enormes chiens de trait et voitures, etc.

*Vente avec faculté échange en cas non-conve-
nance. Expéditions dans le monde entier. Bonne
arrivée garantie à destination.*

SELECT-KENNEL, Berchem-Bruxelles (Belgique) Tél. : 604-71



MANUEL-GUIDE GRATIS

INVENTIONS

BREVETS, MARQUES, Procès en Contrefaçon

H. Boettcher Fils
Ingénieur - Conseil PARIS

21, Rue Cambon

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

EXCELSIOR



SEUL ILLUSTRÉ QUOTIDIEN



ABONNEMENTS

PARIS, SEINE, SEINE-ET-OISE ET SEINE-ET-MARNE.....	Trois mois.....	20 fr.
	Six mois.....	40 fr.
	Un an.....	76 fr.
DÉPARTEMENTS ET COLO- NIES.....	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.
ETRANGER.....	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

INVENTEURS
Pour vos
BREVETS
Adr. vous à: WINTHER-HANSEN, Ingénieur-Conseil
39, Rue de la Lune, PARIS (2^e) *Brochure gratis!*

TIMBRES DES MISSIONS
Au kilo, par paquets de 500, 250,
125 grammes. Beaucoup d'Afri-
que du Nord. Notice gratis. Bien
des kilos. Annonces ordinaire-
ment. "Timbres Missions".
58, rue J.-J.-Rousseau, Paris.

CANOËISTES...
Vous avez certainement, parmi vos amis,
le propriétaire d'un canoë **CHAUVIÈRE**.
Demandez-lui ce qu'il en pense. Votre opi-
nion sera faite.
DIX MODÈLES
Catalogue S. V. 1929 franco

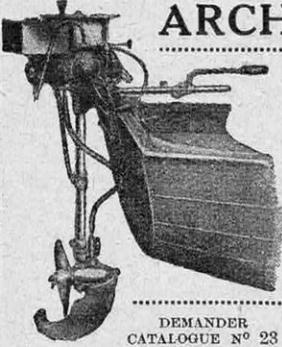


CHAUVIÈRE NAVAL
40, av. de la République, Paris

INVENTIONS ET RÉALISATIONS FINANCIÈRES
SOCIÉTÉ D'ÉTUDE ET DE VALORISATION EN PARTICIPATION
22, rue d'Athènes, 22 - PARIS (9^e) — Téléphone : Gutenberg 65-34 et Central 96-13

Brevets d'invention en France et à l'Étranger. — Toutes opérations relatives à la Propriété industrielle. — Négociation des brevets. — Valorisation des inventions. — Recherche de capitaux. — Constitution de Sociétés industrielles.

**PROPULSEURS
ARCHIMÈDES**



s'adaptant à tous Bateaux
2 1/2, 3 1/2, 5 et 7 HP
2 cylindres opposés
Sans trépidations
Départ 1/4 de tour
PÊCHE - CHASSE
PROMENADE - TRANSPORT
RIVIÈRES - LACS - MER
Nouveaux modèles
perfectionnés adoptés
dans TOUT L'UNIVERS

DEMANDER
CATALOGUE N° 23

27, quai de la
Guillotière, LYON

BILLETTS D'ALLER ET RETOUR INDIVIDUELS

A PRIX RÉDUITS

pour les Stations Balnéaires, Thermales
et Climatiques du réseau P.-L.-M.

Toutes les gares des grands réseaux français délivrent, du 1^{er} juin au 30 septembre, des billets d'aller et retour individuels à prix réduits pour les principales stations balnéaires de la Côte d'Azur. On peut également se procurer dans ces gares, jusqu'au 25 juin et du 20 août au 30 septembre, des billets d'aller et retour individuels à prix réduits d'avant et d'arrière-saison pour les principales stations thermales et climatiques P.-L.-M.

Le voyage doit comporter un parcours total, aller et retour, d'au moins 600 kilomètres en 1^{re} et 2^e classes, d'au moins 1.000 kilomètres en 3^e classe.

Toutefois, pour les billets de stations thermales et climatiques, le minimum de parcours, aller et retour, donnant droit à la réduction est abaissé à 500 kilomètres, quelle que soit la classe, lorsque le voyage s'effectue uniquement sur le réseau P.-L.-M.

La réduction de prix pour les billets de stations balnéaires comme pour les billets de stations thermales et climatiques, est de 25 % en 1^{re} classe, de 20 % en 2^e classe, pour un parcours total, aller et retour, d'au moins 600 kilomètres; de 30 % en 1^{re} classe et de 25 % en 2^e classe, pour un parcours total, aller et retour, d'au moins 1.200 kilomètres; elle est de 20 % pour un parcours, aller et retour, d'au moins 1.000 kilomètres en 3^e classe.

L'itinéraire du voyage de retour peut être différent de celui du voyage aller.

Les billets sont valables trente-trois jours, mais le voyage de retour ne peut avoir lieu qu'après un délai de douze jours, compté du jour du départ, ce jour compris.

D'autre part, la validité des billets d'avant-saison pour stations thermales et climatiques ne peut dépasser le 10 juillet. Celle des billets de stations balnéaires peut être prolongée deux fois de trente jours moyennant un supplément de 10 % du prix initial du billet pour chaque prolongation, mais elle ne peut dépasser, en aucun cas, la date du 5 novembre.

UTILISEZ VOS LOISIRS !

EN ÉTUDIANT SUR PLACE OU PAR CORRESPONDANCE
UNE

LANGUE ÉTRANGÈRE

A

GARDINER'S ACADEMY

MINIMUM DE TEMPS

MINIMUM D'ARGENT

MAXIMUM DE SUCCÈS

DEMANDEZ AUJOURD'HUI

ÉCOLE SPÉCIALISÉE

LA BROCHURE GRATUITE

FONDÉE EN 1912

NOMBREUSES RÉFÉRENCES

19, B^D MONTMARTRE, PARIS-2^e

CHEMIN DE FER DE PARIS A ORLÉANS

ÉTÉ 1929

BILLETTS D'ALLER ET RETOUR INDIVIDUELS

pour les stations
balnéaires, thermales et climatiques

Pour répondre aux désirs du public en favorisant les villégiatures, ces billets sont rétablis pour l'été 1929.

Ils seront délivrés en 1^{re}, 2^e et 3^e classes, au départ de toutes gares des sept grands réseaux français à destination des stations balnéaires, thermales et climatiques dénommées des réseaux d'Orléans et du Midi, sous condition d'un minimum de parcours et d'un séjour minimum de douze jours au lieu de villégiature.

RÉDUCTION : variant de 20 à 30 % suivant les parcours et suivant la classe.

DÉLIVRANCE : pour les stations balnéaires, du 1^{er} juin au 30 septembre; pour les stations thermales et climatiques, du 1^{er} mai au 25 juin et du 20 août au 30 septembre.

VALIDITÉ : 33 jours. Faculté de prolongation moyennant supplément pour les billets de stations balnéaires.

En aucun cas la validité des billets ne peut dépasser la date du 5 novembre.

Pour plus amples renseignements, notamment pour les itinéraires et facultés d'arrêt, consulter : l'Agence de la Compagnie d'Orléans, 16, boulevard des Capucines; le bureau de renseignements, 126, boulevard Raspail, à Paris, ou les diverses gares du réseau.

LE MEILLEUR
ALIMENT MÉLASSÉ

4 GRANDS PRIX
4 HORS CONCOURS
MEMBRE DU JURY
DEPUIS 1910

PAÏL'MEL

FAÇON SUR LES SAC
PAÏL'MEL
M.L.
TOURY
MARQUE DÉPOSÉE

POUR CHEVAUX
ET TOUT BÉTAIL

USINE FONDÉE EN 1901 À TOURY EURE & LOIR,
Reg. Comm. Chartres B 41

CHEMINS DE FER DE PARIS A LYON ET A LA MÉDITERRANÉE

LONDRES-VICHY-PULLMAN

Du 15 juin au 19 septembre, on peut aller de Boulogne et de Paris à Vichy dans un confortable fauteuil Pullman, par le train de luxe quotidien Londres-Vichy-Pullman, comprenant des voitures pullman de 1^{re} classe entre Boulogne et Vichy, et des voitures pullman de 1^{re} et 2^e classes entre Paris et Vichy.

Départ de Londres, 9 heures; de Boulogne-Maritime, 13 heures; d'Étapes, 13 h. 32; de Paris-P.-L.-M., 17 h. 15. Arrivée à Vichy, 22 h. 15.

En sens inverse, départ de Vichy, 9 h. 16. Arrivée à Paris-P.-L.-M., 14 h. 17; à Étapes, 18 h. 23; à Boulogne-Maritime, 18 h. 56; à Londres, 22 h. 50.



- Lucien !... quel Lucien ?...
 - Tu sais bien : Lucien qui se lave la bouche au Dentol !

Le DENTOL (eau, pâte, poudre, savon) est un dentifrice à la fois souverainement antiseptique et doué du parfum le plus agréable. — Créé d'après les travaux de Pasteur, il raffermi les gencives. En peu de jours, il donne aux dents une blancheur éclatante. Il purifie l'haleine et est particulièrement recommandé aux fumeurs. Il laisse dans la bouche une sensation de fraîcheur délicieuse et persistante.

Le **DENTOL** se trouve dans toutes les bonnes maisons vendant de la parfumerie et dans toutes les pharmacies.

Dépôt général : Maison FRÈRE, 19, Rue Jacob, Paris

CADEAU Il suffit de retourner à la MAISON FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris (6^e), la présente annonce de *La Science et la Vie*, sous enveloppe affranchie à 0 fr. 50, en indiquant lisiblement son nom et son adresse, pour recevoir gratis et franco un échantillon de **Dentol**.

INSTITUT ÉLECTROTECHNIQUE

PAR CORRESPONDANCE

DE

l'École du Génie Civil

(25^e Année)**152, avenue de Wagram, Paris**(25^e Année)

Les prix comprennent la fourniture des cours, des devoirs et leur correction

ÉLECTRICITÉ

DIPLOME D'APPRENTI-MONTEUR

Étude de l'électricité complète, sous une forme très simple, ne nécessitant aucune connaissance mathématique. — Prix 120 fr.

DIPLOME DE MONTEUR ÉLECTRICIEN

Cours comprenant 100 leçons d'électricité parfaitement graduées, très simples, n'exigeant que les connaissances du certificat d'études. — Prix 200 fr.

a) CONTREMAÎTRE-ÉLECTRICIEN

Notions d'arithmétique, algèbre, géométrie et physique. — Electricité industrielle. — Dessin électrique. — Prix. 250 fr.

b) DESSINATEUR ÉLECTRICIEN

Même préparation que ci-dessus, avec en plus : compléments de dessin. — Technologie du dessin électrique. — Résistance des matériaux. — Arithmétique. — Géométrie et algèbre pratiques. — Notions de mécanique. — Règle à calcul. Prix du complément de préparation 250 fr.
De l'ensemble a et b 450 fr.

c) CONDUCTEUR ÉLECTRICIEN

Arithmétique. — Algèbre. — Géométrie. — Physique. — Trigonométrie. — Mécanique. — Résistance des matériaux. — Règle à calcul. — Technologie de l'atelier. — Construction mécanique. — Machines industrielles. — Electricité industrielle. — Dessin. — Prix 700 fr.

d) SOUS-INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

Même préparation que conducteur, avec en plus : Chimie. — Physique. — Dangers des courants. — Unites. — Conduite des appareils. — Bobinage. — Notions d'hydraulique. — Mesures. — Eclairage. — Complément de mathématique. — Béton armé. Prix de ce complément 500 fr.
Prix de l'ensemble c et d 1.000 fr.

e) INGÉNIEUR ÉLECTRICIEN

Algèbre supérieure. — Compléments de physique. — Mécanique. — Applications mécaniques de l'électricité. — Calcul des machines. — Essais. — Electricité théorique. — Production et distribution. — Construction de l'appareillage. — Electrochimie. — Eclairage. — Hydraulique. — Dessins. — Mesures. — Projets. Prix 1.250 fr.

f) DIPLOME SUPÉRIEUR

Même préparation que ci-dessus, avec en plus : mathématiques supérieures. — Mécanique rationnelle. — Electrotechnique. — Installation d'usines hydroélectriques. Prix de cette partie 500 fr.
Prix de e et f 1.600 fr.

CHEMINS DE FER - MARINE - ÉCOLES

Préparation à tous les programmes officiels.

T. S. F.

DIPLOME D'APPRENTI, D'AMATEUR ET D'ADMISSION AU 8^e GÉNIE OU DANS LA MARINE
Notions d'électricité, de téléphonie, télégraphie et T. S. F. — Prix 120 fr.

DIPLOME DE MONTEUR EN T. S. F.

Notions d'électricité. — T. S. F. — Notions de moteurs industriels. — Réglementation de la T. S. F. — Prix 200 fr.

OPÉRATEUR DE 2^e CLASSE B DE LA MARINE MARCHANDE, DES P. T. T. ET L'INDUSTRIE

D'éc. — Taxation d'un télégramme. — Arithmétique. — Réglementation (instruction S. F.) et sécurité de la vie humaine. — Electricité. — T. S. F. — Prix 350 fr.

OPÉRATEUR DE 2^e CLASSE A DE LA MARINE MARCHANDE, DES P. T. T. ET L'INDUSTRIE

Electricité. — T. S. F. — Réglementation. — Géographie spéciale à la T. S. F. — Rédaction sur la réglementation. — Anglais. — Prix 500 fr.

e) OPÉRATEUR DE 1^{re} CLASSE DE LA MARINE MARCHANDE, DES P. T. T. ET L'INDUSTRIE

Algèbre. — Electricité industrielle. — T. S. F. théorique. — T. S. F. appliquée. — Réglementation de la T. S. F. — Taxation d'un télégramme. — Géographie spéciale à la navigation et à la T. S. F. — Rédaction technique. — Anglais. — Moteurs thermiques. — Prix 700 fr.

d) SOUS-INGÉNIEUR T. S. F.

Même préparation que ci-dessus, avec en plus : Chimie. — Physique. — Compléments de mathématiques. — Construction d'appareils. — Compléments de T. S. F. — Mesures électriques. — Dessin. — Prix de ce complément 500 fr.
Prix de l'ensemble c et d 1.000 fr.

e) INGÉNIEUR RADIOTÉLEGRAPHISTE

Algèbre supérieure. — Compléments de physique. — Mécanique. — Electricité théorique. — T. S. F. (cours supérieur). — Cours de machines et moteurs. — Projets. — Prix 1.000 fr.

f) DIPLOME SUPÉRIEUR

Même préparation que ci-dessus, avec en plus : Mathématiques supérieures. — Mécanique rationnelle. — Electrotechnique. — Mesures. — Prix de cette partie 400 fr.
Prix d'ensemble de e et f 1.250 fr.

AVIATION - COLONIES - MARINE DE GUERRE

Préparation à tous les programmes officiels.

LES MÊMES COURS ONT LIEU EN LANGUE RUSSE

COURS SUR PLACE

L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL, 152, avenue de Wagram, Paris, répondra par lettre à toute demande complémentaire accompagnée d'un timbre pour la réponse

(1) Les prix indiqués sont pour le paiement par mois. — En payant au comptant, il est fait une réduction de 20 0/0.

L'École Universelle

par correspondance de Paris

PLACÉE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT

la plus importante école du monde, vous offre les moyens d'acquérir chez vous, sans quitter votre résidence, sans abandonner votre situation, en utilisant vos heures de loisirs, avec le minimum de dépense, dans le minimum de temps, les connaissances nécessaires pour devenir :

**INGÉNIEUR,
SOUS-INGÉNIEUR,
CONDUCTEUR,
DESSINATEUR,
CONTREMAITRE,
Etc....**

dans les diverses spécialités :

**Électricité
Radiotélégraphie
Mécanique
Automobile
Aviation
Métallurgie
Forge
Mines
Travaux publics**

**Architecture
Béton armé
Chauffage central
Topographie
Industrie du froid
Chimie
Exploitation agricole
Agriculture coloniale
Génie rural**

Demandez l'*envoi gratuit de la Brochure n° 5333.*

Une autre section spéciale de l'*École Universelle* prépare, d'après les mêmes méthodes, aux diverses situations du commerce :

**Administrateur commercial
Secrétaire commercial
Correspondancier
Sténo-dactylographe
Représentant de commerce
Adjoint à la publicité
Ingénieur commercial
Expert-comptable**

**Comptable
Teneur de livres
Commis de banque
Coulissier
Secrétaire d'Agent de change
Agent d'assurances
Directeur-gérant d'hôtel
Secrétaire-comptable d'hôtel**

Demandez l'*envoi gratuit de la Brochure n° 5338.*

L'enseignement par correspondance de l'*École Universelle* peut être suivi avec profit certain, quels que soient l'âge, la profession, la résidence, le degré d'instruction de l'élève.

École Universelle
59, Boulevard Exelmans, PARIS-XVI°

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

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

12, rue Du Sommerard et 3, rue Thénard | Polygone et Ecole d'Application
PARIS (V^e) | CACHAN, près Paris

1° ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE

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

900 élèves par an - 139 professeurs

CINQ SPÉCIALITÉS DISTINCTES :

- | | |
|--|--|
| 1° Ecole supérieure des Travaux publics : Diplôme d'Ingénieur des Travaux publics ; | 3° Ecole supérieure de Mécanique et d'Electricité : Diplôme d'Ingénieur Electricien ; |
| 2° Ecole supérieure du Bâtiment : Diplôme d'Ingénieur Architecte ; | 4° Ecole supérieure de Topographie : Diplôme d'Ingénieur Géomètre ; |
| 5° Ecole supérieure du Froid industriel : Diplôme d'Ingénieur Frigoriste. | |

SECTION ADMINISTRATIVE

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

SECTION DES CHEMINS DE FER

organisée sur l'initiative des grandes Compagnies de Chemins de fer pour le perfectionnement de leur personnel.

Les Concours d'admission ont lieu, chaque année, en deux sessions. Pour l'année scolaire 1929-1930, ils auront lieu : 1^{re} session, du 18 au 27 juillet ; 2^e session, du 30 septembre au 10 octobre.

2° L' "ÉCOLE CHEZ SOI" "

(ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE)

25.000 élèves par an - 217 professeurs spécialistes

L'Ecole des Travaux Publics a créé en 1891, il y a trente-huit ans, sous le nom d'ÉCOLE CHEZ SOI, l'Enseignement par Correspondance pour ingénieurs et techniciens, qui est donné au moyen de Cours imprimés ayant une réputation mondiale et représentant, à eux seuls, le prix de l'enseignement.

La méthode d'Enseignement par Correspondance, l'ÉCOLE CHEZ SOI, n'a, d'ailleurs, pas d'analogue dans aucun pays, et les diplômés d'Ingénieurs délivrés, bien que non officiels, ont la même valeur que ceux obtenus par l'ÉCOLE DE PLEIN EXERCICE, sur laquelle elle s'appuie et qu'elle est seule à posséder.

DIPLOMES ET SITUATIONS AUXQUELS CONDUIT L'ENSEIGNEMENT

- 1° **Situations industrielles** : Travaux publics - Bâtiment - Electricité - Mécanique - Métallurgie - Mines - Topographie - Froid industriel.
- 2° **Situations administratives** : Ponts et Chaussées et Mines - Postes et Télégraphes - Services vicinaux - Services municipaux - Génie rural - Inspection du Travail - Travaux publics des Colonies - Compagnies de chemins de fer, etc., etc...

3° LIBRAIRIE DE L'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE

Edition d'ouvrages techniques de tout premier ordre soigneusement choisis.

NOTICES, CATALOGUES ET PROGRAMMES SUR DEMANDE ADRESSÉE A L'

ÉCOLE DES TRAVAUX PUBLICS

12 et 12 bis, rue Du Sommerard, PARIS (V^e)

en se référant de "La Science et la Vie"