

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 36. n. 147. Septembre 1929
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1929
Collation	1 vol. (XLII p.-p.[177-262]) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 147
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.147

France et Colonies : 4 fr.

N° 147. - Septembre 1929

LA SCIENCE ET LA VIE



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

MACHINE À TIRER LES BLEUS À TIRAGE CONTINU



L'ELECTROGRAPHE

"REX"

construit par

Dans
le monde entier
l'Electrographe "REX"
s'est imposé par ses
qualités exceptionnelles :
il donne dans le minimum
de temps et avec le minimum
de dépense des reproductions
d'une netteté
incomparable

LA VERRERIE SCIENTIFIQUE

12 AV. DU MAINE, PARIS, XV^e CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

25^e année

ÉCOLE

25^e année

du

GÉNIE CIVIL

Placée sous le haut patronage de l'Etat

J. GALOPIN * Q I, Directeur

152, Avenue de Wagram, PARIS-17^e

∞ ∞ ∞

COURS SUR PLACE
et Enseignement par Correspondance
à tous les degrés

PROGRAMME GRATIS

∞ ∞ ∞

ÉLECTRICITÉ - T. S. F.

(Production, installation, dessin, construction.)

MÉCANIQUE

(Atelier, automobile, aviation, dessin, moteurs.)

BATIMENT - TRAVAUX PUBLICS

(Construction en fer, maçonnerie, bois, chauffage central, béton armé, dessin, etc.)

CHIMIE - MINES

COMMERCE

Diplômes d'employés, comptables, experts comptables, directeurs et ingénieurs commerciaux.

MARINE

Tous les concours d'élèves officiers, Pont, Machine, T. S. F., Commissaires (marine marchande), Ecoles diverses de la Marine de guerre.

Cours spécial pour l'ÉCOLE DU GÉNIE MARITIME.

CHEMINS DE FER

Piqueurs, dessinateurs, mécaniciens, employés, chefs de dépôt, de district, ingénieurs, etc.

P. T. T.

Employés, surnuméraires, rédacteurs, mécaniciens.

AGRICULTURE

Directeurs, ingénieurs, régisseurs.

ARMÉE

Admission dans les armes spéciales, officiers de réserve et élèves officiers.

ADMINISTRATIONS

Ponts et Chaussées, Mines, P. T. T., Douanes, Manufactures, Ministères, Poudres, etc.

∞ ∞ ∞

COURS PRATIQUES

Les laboratoires de Mécanique et d'Électricité sont ouverts le Samedi après-midi et le Dimanche matin.

Placement assuré par la Société des Anciens Elèves

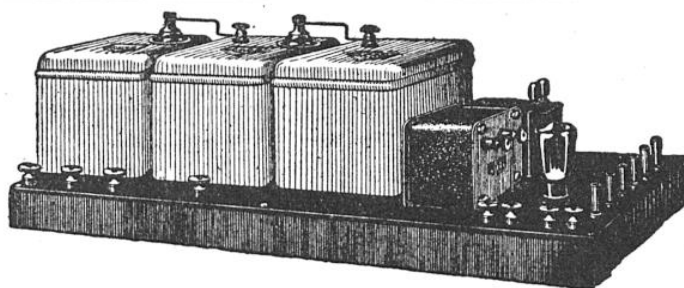
BIBLIOTHÈQUE TECHNIQUE

152, avenue de Wagram, Paris

Envoi franco des ouvrages : 10 % en plus.

Agriculture (Machines)	20. »
— (Physiologie végétale)	30. »
Ajustage	10. »
Arithmétique commerciale.	30. »
Automobile, 2 vol	22. »
Aviation	30. »
Bobinage des machines électriques, 2 vol.	20. »
Calcul différentiel et intégral, 3 v.	70. »
Chauffe rationnelle.	20. »
Chemins de fer (Exploitation technique)	30. »
Chemins de fer, cours général.	20. »
— admission au 5 ^e génie.	20. »
Chimie agricole.	40. »
Chimie métallurgique	30. »
Chimie des travaux publics	25. »
Cinéma	20. »
Commerce.	25. »
Comptabilité commerciale	25. »
Comptabilité industrielle	30. »
Constructions mécaniques	10. »
Constructions en bois	12. »
Constructions et installations d'usines	20. »
Constructions navales, 5 vol	50. »
Constructions métalliques.	30. »
Cosmographie.	25. »
Correspondance commerciale.	15. »
Croquis et dessin industriel (Technologie)	25. »
Dictionnaire industriel anglais, français, italien.	30. »
Dictionnaire maritime anglais, français, italien.	30. »
Droit civil.	10. »
Droit commercial.	15. »
Economie politique	12. »
Electricité (Notions)	10. »
Electricité (Cours pratique).	30. »
Electricité (Cours théorique), 2 vol.	40. »
Electricité (Electrotechnique), 2 v.	45. »
Exploitation des mines et géologie, 3 vol.	50. »
Géométrie analytique, 2 vol.	30. »
Hydraulique et machines.	30. »
Législation ouvrière.	15. »
Législation de l'électricité.	15. »
Législation des chemins de fer.	20. »
Machines industrielles, 4 vol.	40. »
Machines marines, 4 vol.	40. »
Machines locomotives, 4 vol.	40. »
Mécanique pratique.	15. »
Mécanique rationnelle.	25. »
Mécanique supérieure	40. »
Moteurs marins et Diesel	40. »
Navigation	35. »
Navire (Exploitation).	30. »
Outillage moderne.	30. »
Physique industrielle.	15. »
Poids et mesures	30. »
Ponts métalliques	30. »
Règle à calcul.	10. »
Résistance des matériaux.	15. »
Mathématiques, cours élémentaire.	25. »
Mathématiques, cours moyen	40. »
Mathématiques supérieures, 3 vol.	60. »
Technologie de l'atelier.	12. »
Thermodynamique, 3 vol.	50. »
T. S. F.	30. »
Turbines à vapeur.	15. »
Usines hydroélectriques	25. »
Usinage moderne.	20. »
Vecteurs	7. »

LE DERNIER MOT DU PROGRÈS EN MATIÈRE RÉCEPTION...



LE
SUPER S5B ACER

à éléments amplificateurs blindés, pour lampes à écran de grille

EST UNE CRÉATION D'

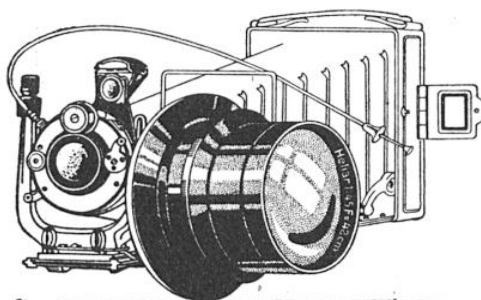
ACER
"La marque de Qualité"

NOTICE DE CONSTRUCTION DÉTAILLÉE AVEC PLANS, 2 FRANCS FRANCO
ATELIERS ET CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES DE RUEIL, 4^{ter}, avenue du Chemin-de-Fer, RUEIL (Seine-et-Oise)

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

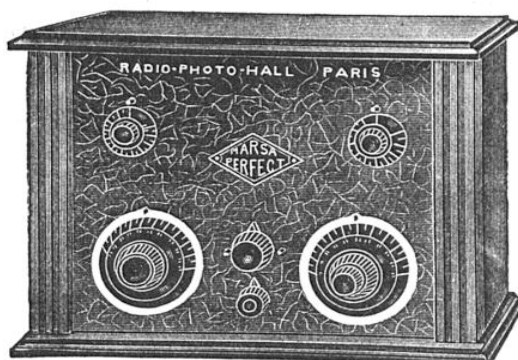
SCHOBER & HAFNER, représentants, 3, rue Laure-Fiot, ASNIÈRES (Seine)

LE MUTADYNE "MARSA"

Nouveau poste puissant à 6 lampes intérieures, permettant la réception en Haut-Parleur des Radio-Concerts dans un rayon de 2.500 kilomètres (Modèle exclusif du RADIO-PHOTO-HALL)

Prix
de l'appareil
nu :

700 FR.



Prix
de l'appareil
complet :

1.796 FR.

Cet appareil à 6 lampes intérieures, de conception ultra-moderne, est du type "changeur de fréquence", sans aucun organe ou bobine amovible.

Il est construit dans un élégant coffret en acajou verni avec face en aluminium craquelé, ce qui assure au poste une stabilité de réglage absolue en même temps qu'une présentation impeccable.

Il est monté avec des accessoires de premier choix et permet de recevoir avec le maximum de puissance et une sélectivité absolue les radio-concerts en haut-parleur dans un rayon de plus de 2.500 kilomètres.

Cet appareil fonctionne sur cadre ou sur antenne

Le montage comprend 1 lampe bigrille, 2 moyenne fréquence, 1 détectrice et 2 basse fréquence. Un inverseur permet de recevoir sur 5 ou 6 lampes en supprimant une basse fréquence. Un dispositif de réaction permet un renforcement considérable de l'audition.

Chaque appareil est livré avec une notice d'instruction très détaillée, un étalonnage des principaux postes et est garanti une année contre tout vice de construction.

Installation gratuite à domicile dans Paris et les environs

Prix du MUTADYNE « MARSA » 6 lampes nu, avec oscil. G. O.....	Fr. 700 »
Bobine oscillatrice petites ondes.....	— 70 »
Ce même appareil livré complet avec cadre à deux enroulements, accumulateur DININ de 50 A. H., pile WONDER de 90 volts, 6 lampes PHILIPS, dont deux de puissance, pile de polarisation WONDER et diffuseur PHILIPS.....	Fr. 1.796 »

Nous livrons aussi cet appareil payable en 12 mensualités de 158 francs

Cadre spécial gr. modèle à 2 enroulements perpendiculaires avec inverseur G.O.-P.O.	Fr. 350 »
Haut-parleur MARSA en ébénisterie.....	— 395 »
Haut-parleur BRUNET, G. M.....	— 450 »
Haut-parleur PHILIPS, moyen modèle.....	— 450 »



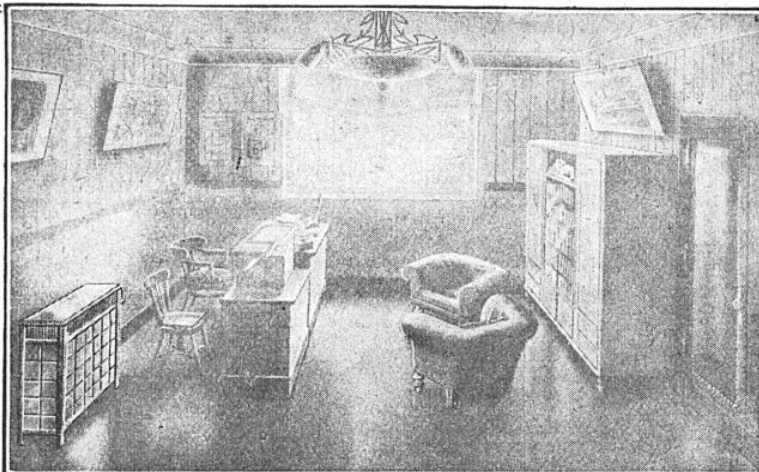
RADIO-PHOTO-HALL

5, rue Scribe, près de l'Opéra

PARIS-OPÉRA (9°)

CATALOGUE GRATUIT ET FRANCO SUR DEMANDE





Pour rendre votre cabinet de travail ÉLÉGANT et CONFORTABLE
ADRESSEZ-VOUS AUX

PROCÉDÉS SAUTER S. A.

SAINT-LOUIS (Haut-Rhin)

Demandez notre Catalogue général pour tous appareils de chauffage électrique

EFFORT SUPPRIMÉ - MANUTENTION RAPIDE

de pièces lourdes, en tous endroits

PAR LE

Pont Démontable Universel

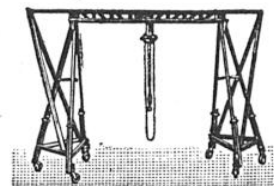
(Système Diard, brev. S. G. D. G., France et Étranger, dont brevet allemand)

APPAREIL DE LEVAGE

1° TRANSPORTABLE en éléments d'un faible poids et volume.



2° TRANSFORMABLE suivant l'état du sol ou la dimension tant des fardeaux que des locaux.



Le pont fixe de 1 tonne, avec palan spécial et chaînes d'entretoisement, ne coûte que 2.070 fr.

NOMBREUSES RÉFÉRENCES dans : Chemins de fer, Armée, Marine, Aviation, Travaux publics, Électricité, Agriculture, Industries chimiques, Métallurgie, Mécanique, Automobiles, etc.

Notamment en France, Angleterre, Hollande, Belgique, Suisse, Italie, Espagne, Portugal, Grèce, Turquie, Syrie, Palestine, Égypte, Tunisie, Algérie, Maroc, Sénégal, Côte d'Ivoire, Côte d'Or, Soudan, Cameroun, Congo, Madagascar, Cochinchine, Tonkin, Malaisie, Chine, Nouvelle-Calédonie, Chili, Bolivie, Pérou, Venezuela, Brésil, Argentine.

Demandeur Notices en français, anglais, espagnol : 6, r. Camille-Desmoulins, Levallois-Perret (Seine). Tél. : Pereire 04-32

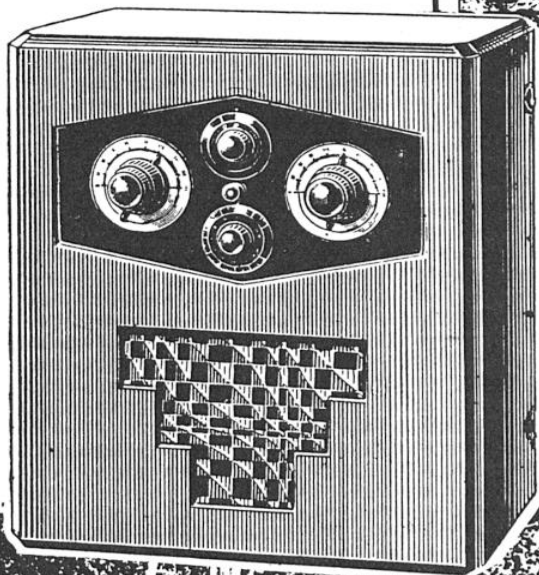
LE RADIO PORTABLE

le plus gracieux des
appareils portatifs
il charmera vos loisirs

Portée
3.000^{Klm}

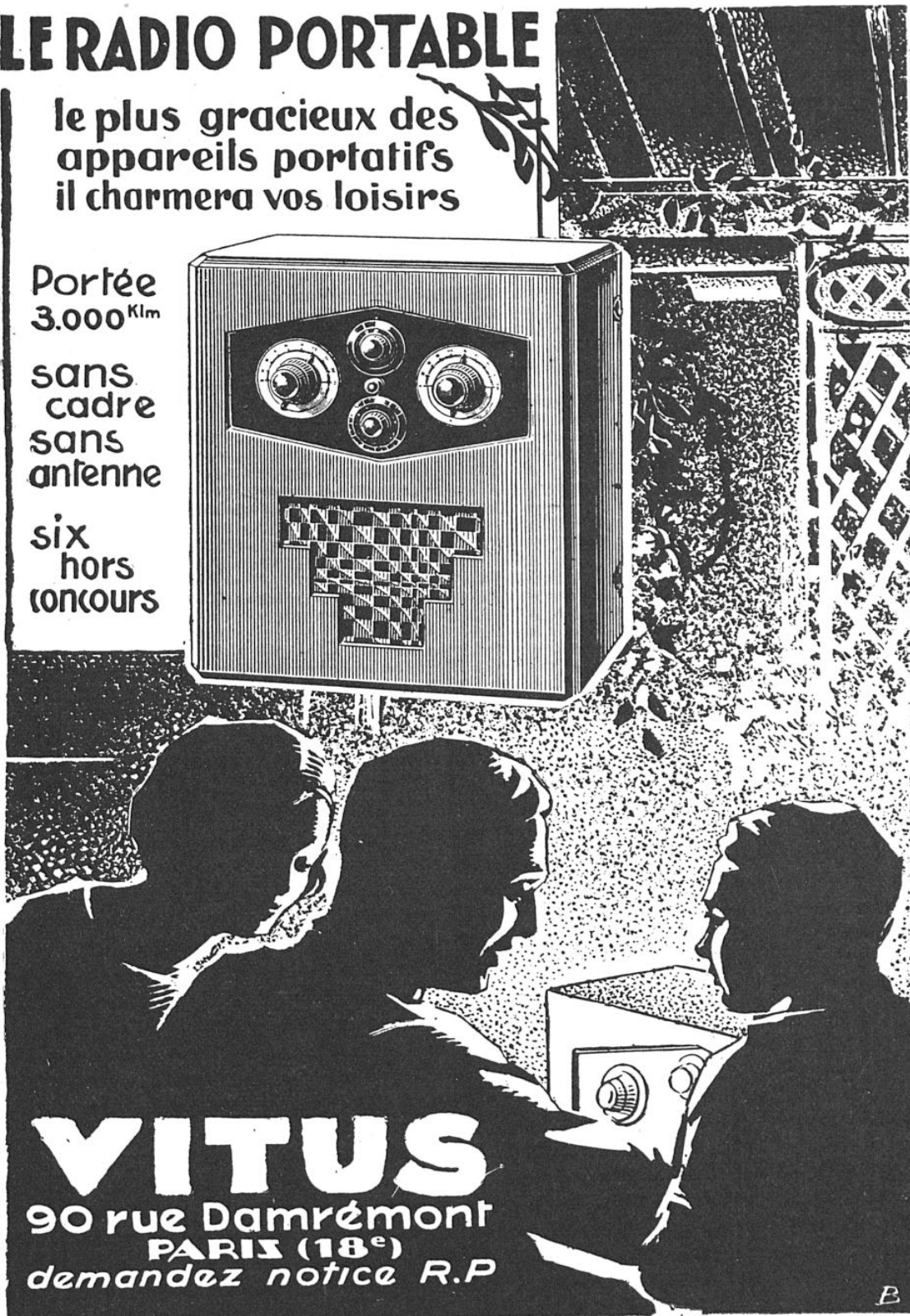
sans
cadre
sans
antenne

six
hors
concours



VITUS

90 rue Damrémont
PARIS (18^e)
demandez notice R.P



E



MAZDA

Procédés THOMSON

**les auditions sont
D'UNE
PURETÉ IRRÉPROCHABLE.**

CAPACITÉ _ CONSERVATION

**EN VENTE
PARTOUT**

COMPAGNIE FRANÇAISE
POUR L'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS
THOMSON-HOUSTON

SOCIÉTÉ ANONYME CAPITAL 100.000.000 FR.

MONET COYON

GRAND CHAMPION 1-1 MOTOCYCLETTE

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

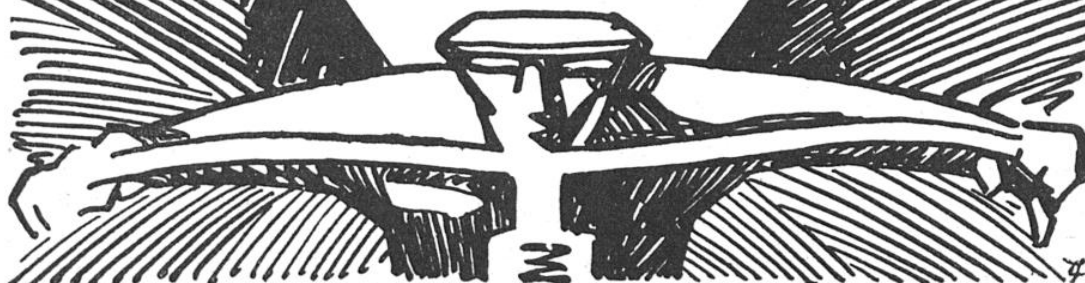
la meilleure et la plus sûre garantie de satisfaction.

Une MONET-GOYON

ne se déprécie pas à l'usage

CATALOGUE FRANCO

MONET-GOYON, 121, rue du Pavillon
MACON



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

P'ENSEIGNEMENT PRIMAIRE

et de **P'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° 5903: *Classes primaires complètes*, Certificat d'études, Brevets, C.A.P., Professorats, Inspection primaire;

Brochure n° 5909: *Classes secondaires complètes, Baccalauréats, Licences* (Lettres, Sciences, Droit);

Brochure n° 5914: *Toutes les Grandes Ecoles spéciales* (Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies);

Brochure n° 5925: *Toutes les Carrières administratives* (France, Colonies);

Brochure n° 5944: *Langues vivantes* (anglais, espagnol, italien, allemand, portugais, arabe, esperanto);

Brochure n° 5955: *Orthographe, Rédaction, Rédaction de lettres, Versification, Calcul, Calcul extra-rapide, Dessin, Ecriture*;

Brochure n° 5961: *Carrières de la Marine marchande*;

Brochure n° 5967: *Solfège, Piano, Violon, Flûte, Saxophone, Accordéon, Harmonie, Transposition, Contrepoint, Composition, Orchestration, Professorats*;

Brochure n° 5973: *Arts du Dessin* (Dessin d'illustration, Caricature, Composition décorative, Aquarelle, Travaux d'agrément, Figurines de mode, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire, Métiers d'art et professorats);

Brochure n° 5983: *Les Métiers de la Coupe et de la Couture* (petite main, seconde main, première main, couturière, vendeuse-retoucheuse, représentante, modéliste, coupeur, coupeuse);

Brochure n° 5988: *Journalisme* (Rédaction, Fabrication, Administration); *Secrétariats*.

Brochure n° 5995: *Carrières du Tourisme*.

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^e

Kinamo S.10

Appareil-Ciné à moteur pour film étroit (16 m/m.)

Le plus petit et le plus léger du monde



Encombrement : 11×9×6 cm. — Poids : 1.000 gr.

UN CHEF-D'ŒUVRE DE PRÉCISION ET DE SIMPLICITÉ

Corps en métal léger gainé cuir. Mise au point fixe à partir de 1 m. 1/2. Magasins de film inversible de 10 m.

TESSAR ZEISS IÉNA 1 : 2,7

PRIX : 2.235 francs

FAITES DU CINÉMA...

Si la photographie est facile, la cinématographie l'est encore davantage. Vous pouvez travailler sans pied. Vous n'avez pas de manivelle à tourner ; elle est remplacée par le moteur à ressort. Observez par le viseur la scène à filmer ; appuyez sur le bouton et le film se déroulera automatiquement à l'aide du moteur à ressort.

C'EST D'UNE SIMPLICITÉ ENFANTINE !

Vous projetez ensuite le film dans votre "Cinéma chez soi". Et, pendant que passeront sur l'écran les images de votre vie de famille, les épisodes de vos voyages, vos documents sportifs, vous aurez l'heureuse illusion de revivre vos souvenirs.

Et ceci grâce au **KINAMO S. 10.**

C'EST L'APPAREIL QU'IL VOUS FAUT !

Notice K 77 gratis et franco sur demande adressée à

Iconta

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

Société d'importation et de vente en France des produits

Leiss Ikon A.G. Dresden-A.21

Employez nos appareils, nos pellicules, nos accessoires

Lorsque vous aurez
des ennuis avec
votre poste

Pensez

à
Micro-hétérodyne

Sur des milliers de

== Micro == Hétérodynes

actuellement en service, tous, **sans exception**, donnent entière satisfaction ; c'est un record véritablement unique et dont nous sommes fiers !

Réfléchissez donc bien lorsque vous choisirez votre récepteur, n'achetez pas la perspective d'un désappointement, d'énervements et d'ennuis sans fin, quand, au même prix, vous pouvez acheter

un poste ayant trois années d'avance sur ses concurrents, fonctionnant **toujours** bien et dont la technique irréprochable nous permet de vous offrir une

Garantie sans limite

Voyez et entendez nos récepteurs... une audition sera pour vous une véritable révélation.

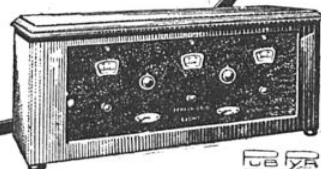
La notice SV est envoyée franco sur demande.

American Radio Corporation
(FRANCE)

23, rue du Renard
PARIS

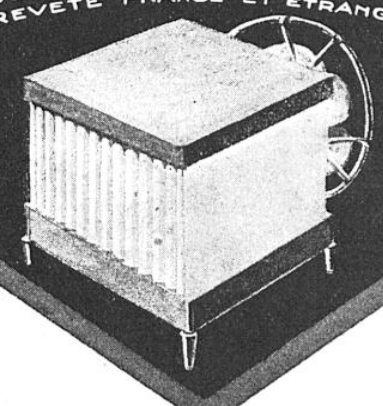
Le
récepteur
qui n'a
jamais
donné
d'ennuis

modèles
à partir de
1450 frs.
nus





**DE L'AIR FROID
EN ETE
PAR LE BLOC
FRIGOSE**
MARQUE DÉPOSÉE
LE REFROIDISSEUR D'AIR DU DOCTEUR BOUR
BREVETÉ FRANCE ET ÉTRANGER



**SANS
DÉPENSE**



VENTE EN GROS
Départ **"AIR"**
155
rue de la Chapelle
S'OUEN
(seine)
Adr. télégraphique
CHAIRELU - S'OUEN

**AUX COLONIES
DANS LES CONTRÉES
LES PLUS CHAUDES**

Le Bloc **FRIGOSE** placé
devant votre ventilateur
de table, vous donne de
l'air froid et pur et
rafraîchit l'atmosphère

Modèles spéciaux pour
Ventilateurs-Plafonniers

**SANS
ENTRETIEN**



VENTE AU DÉTAIL
**GR^{ds} MAGASINS
ELECTRICIENS**

ETC.
ETC.
ETC.

"OFFICE TECHNIQUE DE PUBLICITÉ"

Une course folle de Canots **CHRIS-CRAFT**

jusqu'aux

**CHANTIERS NAVALS
DE
SARTROUVILLE**

Point de ralliement
de ces
merveilleuses unités



Tél. N° 22

STÉ JOUËT & C^{IE}

GARAGE — ENTRETIEN A FORFAIT

CYCLES

ROUTE
COURSE
SPORT
GRAND
TOURISME

CATALOGUE FRANCO

TERROT



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

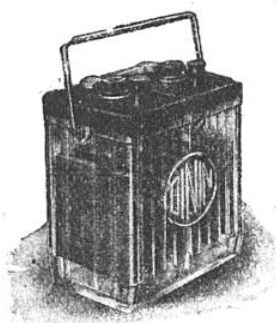
- RALENTIR...
- MAIS... REPARTIR ?

- facile avec un
CARBURATEUR
ZÉNITH
qui donne du
nerf
même à un
moteur mou.

ZÉNITH

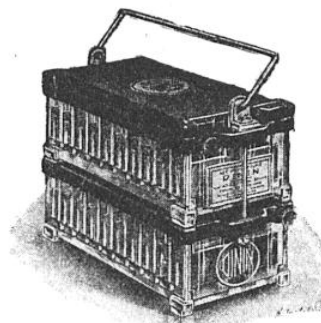
Société du CARBURATEUR ZÉNITH, 39 à 51, Chemin. Feuillat, LYON 26 à 32, rue de Villiers, LEVALLOIS-PERRET, P.N. 29

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

NANTERRE (Seine)

BARBOTHEU

17. Rue Béranger. PARIS 3^e

(République) Arch:08-89



LA GRANDE MARQUE FRANÇAISE

Depuis un demi-siècle nous nous maintenons à la tête des fabricants d'instruments de précision pour le dessin, les mathématiques et la géodésie, nos articles rivalisant avec ceux des plus importantes maisons étrangères. Plusieurs générations d'ingénieurs et d'écoliers ont apprécié la qualité de nos compas, règles à calcul et toutes fournitures pour le dessin, dont vous trouverez la liste dans nos Notices gratuites ou Catalogue général, adressé franco sur demande accompagnée de un franc en timbres-poste.

Publicité G. BAUDEL.

Si vous pouvez écrire Vous pouvez **DESSINER**

Cette phrase, qui, en dix ans, a fait le tour du monde, n'est pas seulement la devise de la plus importante école de dessin : elle est tout un merveilleux programme.

VOUS ne nierz pas que le dessin, outre les multiples carrières rémunératrices qu'il offre à ceux qui le pratiquent en artistes, est pour tous une source infinie d'agrément.

Vous auriez eu, n'est-ce pas, la plus grande joie à faire quelques croquis ressemblants ? Vous ne l'avez pas pu jusqu'à présent. Pourquoi ?

Parce que l'on vous a mal enseigné le dessin. On vous a **fait** dessiner ; on ne vous a pas **appris** à dessiner, car on ne vous a pas appris à **voir**. Le seul pauvre fruit que vous ayez recueilli de ces ternes et ennuyeuses leçons est le découragement : la conviction que vous ne pourriez jamais apprendre à dessiner.

Erreur : il existe enfin une méthode qui vous permettra d'apprendre rapidement à dessiner, car elle utilise l'habileté *graphique* que vous avez acquise en écrivant et se résume en ceci :

Faire l'éducation de l'œil ;

Perfectionner l'habileté de la main ;

Apprendre à voir simple et à dessiner simple avec des lignes simples, que tout le monde connaît, que tout le monde sait tracer.

De plus, nos cours iront vous trouver chez vous, et rien ne vous empêchera de les suivre, quels que soient vos occupations, votre âge, votre lieu de résidence.

Enfin, les professeurs dont l'école A. B. C. s'est assuré le concours, sont tous des artistes professionnels notoires, dont le talent et les connaissances pratiques vous seront d'une aide précieuse : après avoir acquis cette habileté de croquiste qui est d'une importance capitale, après avoir, sous leur direction, étudié le corps humain, la fleur, le paysage, etc., vous pourrez, grâce à eux, vous perfectionner dans la technique de la plume, du pinceau, du burin, et vous spécialiser dans tel ou tel genre que vous aurez choisi : illustration, publicité, décoration, etc., etc. C'est alors que vous profiterez pleinement de leur solide expérience, si vous cherchez à faire du dessin qui se vend.

23.000 ÉLÈVES

enthousiastes attestent aujourd'hui l'efficacité de notre méthode.



Amusant croquis exécuté directement au stylo, par un de nos élèves, après cinq mois d'étude.

« Ce cours est vraiment parfait et très complet, mais si clair et si progressif que l'on passe d'une difficulté à l'autre sans s'en apercevoir. »

« Vos leçons, si bien expliquées et si faciles à comprendre, poussent bien l'élève vers la vraie voie du dessinateur professionnel. »

Etc...

ALBUM GRATUIT

Un album luxueusement édité, illustré par nos élèves et contenant tous les renseignements désirables sur le programme, le fonctionnement de nos cours et les conditions d'inscription, est envoyé gratuitement et franco à toute personne qui en fait la demande. N'hésitez pas à réclamer cet album, qui vous sera envoyé aussitôt.

École A. B. C. de Dessin (Studio A 55)
12, rue Lincoln (Champs-Élysées), PARIS



Croquis au pinceau de M. Genty, après 7 mois de cours.

Programme des Cours A. B. C.

EDUCATION de l'ŒIL et de la MAIN
De l'écriture au dessin. Croquis rapide, etc.

FLEURS ET PLANTES
La fleur : ensemble et détail. Composition décorative, etc.

LE CORPS HUMAIN (I)
Proportions, croquis d'après mannequin, de mémoire, d'après nature, etc.

PERSPECTIVE (I)
Premiers éléments de perspective.

TÊTE ET VISAGE HUMAIN
Etude du crâne, de la tête. Détails. Portrait, caricature, etc.

L'OMBRE ET LA LUMIÈRE
Foyers lumineux. Formes et déformations des ombres, etc...

LE PAYSAGE
Le paysage par lignes et par plans. Valeurs, masses, etc.

LE CORPS HUMAIN (II)
Anatomie : squelette et écorché, le mouvement, etc.

LES ANIMAUX
Anatomie. Allures et mouvement. Pelages, plumages, etc.

PERSPECTIVE (II)
Perspective parallèle, angulaire, aérienne, etc.

COULEUR ET ORNEMENT
Théorie des couleurs. Technique de l'aquarelle, du pastel, etc.

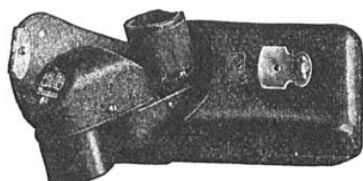
COMPOSITION
Composition, Equilibre, Effet, etc



LA LONGUE-VUE DE POCHE

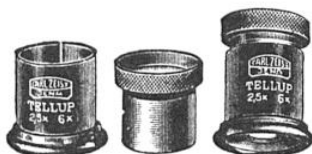
"TURMON"
ZEISS

Grossissement 8 fois



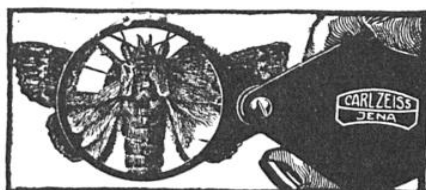
est l'instrument universel et idéal, indispensable à tout amateur curieux d'observer tout ce qui se passe autour de lui. Cette mignonne longue-vue ne mesure que 7 cm. et ne pèse que 93 gr. Elle permet d'observer à toute distance, depuis l'infini jusqu'à 2 m. 50. A cette distance, elle sert de téléloupe et, par l'adjonction d'une bonnette + 6 dptr., se transforme en une Loupe 12 × à grande distance frontale (17 cm.). C'est la loupe rêvée et recherchée des collectionneurs, naturalistes, etc...

LA "TELLUP" ZEISS



RÉUNIT EN UN SEUL TROIS INSTRUMENTS :
Une longue-vue 2,5 × ; Une téléloupe 2,5 × ;
Une loupe 6 × ;

Les LOUPES PLIANTES ZEISS



aux grossissements 2,5 × à 27 ×
répondent pratiquement à toutes les exigences.

Demandez l'envoi gratis et franco de la Notice " LOUPES ",
n° 77, au représentant :

Société "OPTICA", 18-20, faubourg du Temple, Paris-XI^e



**Servo-Graissage
Central**



Le Servo-Graissage

se monte en 24 heures sur la plupart des voitures. Il permet d'effectuer un graissage restreint ou abondant, à volonté, aussi bien en marche qu'à l'arrêt. Une fois installé, il n'y a plus à s'en occuper.

DOCUMENTEZ-VOUS

sur cet accessoire que vous aurez, un jour ou l'autre, sur votre voiture, et faites-vous établir

UN DEVIS

sans engagement de votre part, en vous recommandant de *La Science et la Vie*.

ÉTABLISSEMENTS

TÉCALÉMIT

18, rue Brunel, Paris

Sans engagement de ma part, envoyez-moi votre notice illustrée et établissez-moi un devis pour

Voiture.....

Adresse.....

Adresse de mon garage.....

LA SCIENCE ET LA VIE, Septembre 1929.

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'État sont assimilés aux Ingénieurs des Travaux publics de l'État.

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.).

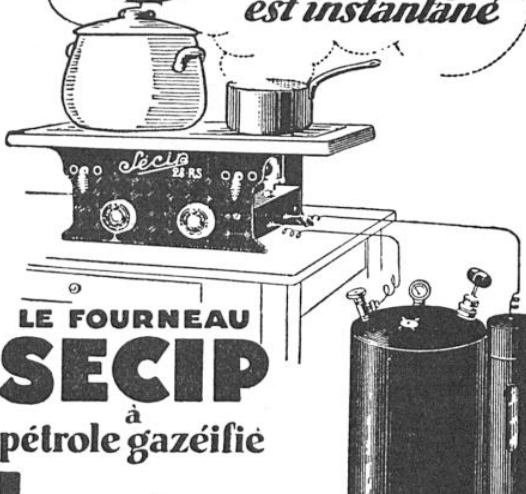
A remarquer que les contrôleurs généraux sont recrutés, sans examen, parmi les Inspecteurs principaux (traitement maximum actuel : **60.000 francs**).

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 prorogation des services militaires. Demander les matières du programme à l'École Spéciale d'Administration, 4, rue Férou, Paris (6^e).

**Chauffez,
Ouvrez,
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

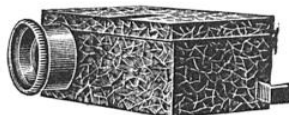
18, rue du Président-Krüger, 18
COURBEVOIE (Seine)

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

**Plus d'erreurs de pose !
Toujours des clichés parfaits**

grâce au

POSOPHOTOMÈTRE FILMOGRAPH



L'unique appareil au monde comportant
tous les organes d'un photomètre scientifique
avec sa source de comparaison.

Poids : 150 grammes

Encombrement : 5×9×3,5 centimètres

Prix : 125 francs

(Notice sur demande)

Etablissements FILMOGRAPH
47, rue de Bagneux, Montrouge (Seine)

Peintures lumineuses LUNA

Six couleurs du spectre lavables

assurent

la sécurité contre les PANNES
d'éclairage ;

la sécurité en cas d'INCENDIE
(signalant les issues, les postes
d'appel, les extincteurs, les
prises d'eau).

Nombreuses autres applications

Demander notices et tarifs à la

SOCIÉTÉ ANONYME

"PEINTURE & LUMIÈRE"

CAPITAL : 850.000 FRANCS

11 bis, rue de Milan, PARIS-9^e

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

En quoi le “Système Pelman” peut-il m'être utile ?

TELLE est la première question de ceux qui s'adressent à nous pour suivre notre cours par correspondance.

Voulez-vous notre réponse ? Retournez-nous rempli le questionnaire ci-dessous, et nous vous dirons, à titre gracieux, sans que cette consultation vous lie, ce que vous pouvez personnellement attendre du SYSTÈME PELMAN.

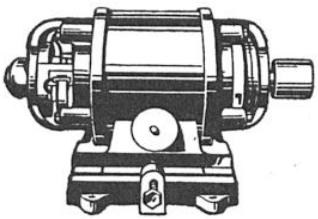
Déjà notre commentaire de vos réponses vous sera un gain matériel et moral appréciable : quel profit ne retireriez-vous pas de l'étude intégrale de notre cours ! C'est alors que s'ouvrira à vous une nouvelle manière de vivre, à la fois plus riche et plus heureuse.

QUESTIONNAIRE

à retourner rempli à l'INSTITUT PELMAN, 33, rue Boissy-d'Anglas, Paris-8°

1. Lisez-vous aisément un ouvrage ou un article sérieux ?
2. Que retenez-vous des livres que vous lisez, des pièces que vous voyez jouer ?
3. Avez-vous l'habitude d'achever un travail ?
4. Redoutez-vous la contradiction ?
5. Savez-vous convaincre les indifférents ?
6. Et ceux qui vous sont opposés ou hostiles ?
7. Eprenez-vous un sentiment de malaise ou d'infériorité en présence de certaines personnes ?
8. Résolvez-vous facilement les difficultés de l'existence ?
9. Les luttes que vous avez soutenues vous ont-elles grandi ou amoindri ?
10. Avez-vous, autant que vous l'auriez pu, amélioré votre situation, ces deux dernières années ?

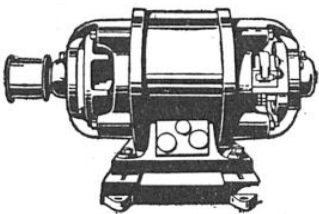
Nos moteurs
"UNIVERSEL"
 possèdent comme force



MOTEURS
"UNIVERSEL"
ET MONOPHASÉS
À COLLECTEUR
 $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{3}$ - $\frac{1}{2}$ - $\frac{2}{3}$ CV

LES CHEVAUX
 qu'ils annoncent





DYNAMOS
ET ALTERNATEURS
TOUS VOLTAGES
GROUPES CONVERTISSEURS
TOUS VOLTAGES

CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES MINICUS
 Société Anonyme au Capital de 450.000
 39, RUE DE PARIS - ASNIÈRES
 ———— TÉLÉPHONE GRESILLON 07-71 ————

Situation lucrative

agréable, indépendante et active

dans le Commerce ou l'Industrie, sans Capital

Pour faire travailler un ingénieur dans une usine, il faut vingt représentants apportant des commandes ; c'est pourquoi les bons représentants sont très recherchés et bien payés, tandis que les ingénieurs sont trop nombreux. Les mieux payés sont ceux qui ont des connaissances d'ingénieur, même sans diplôme, car ils sont les plus rares et peuvent traiter les plus grosses affaires. Pour une situation lucrative et indépendante de **représentant industriel, ingénieur commercial** ou, si vous préférez la vie sédentaire, de **directeur commercial** ; pour vous préparer rapidement, tout en gagnant, il faut vous adresser à

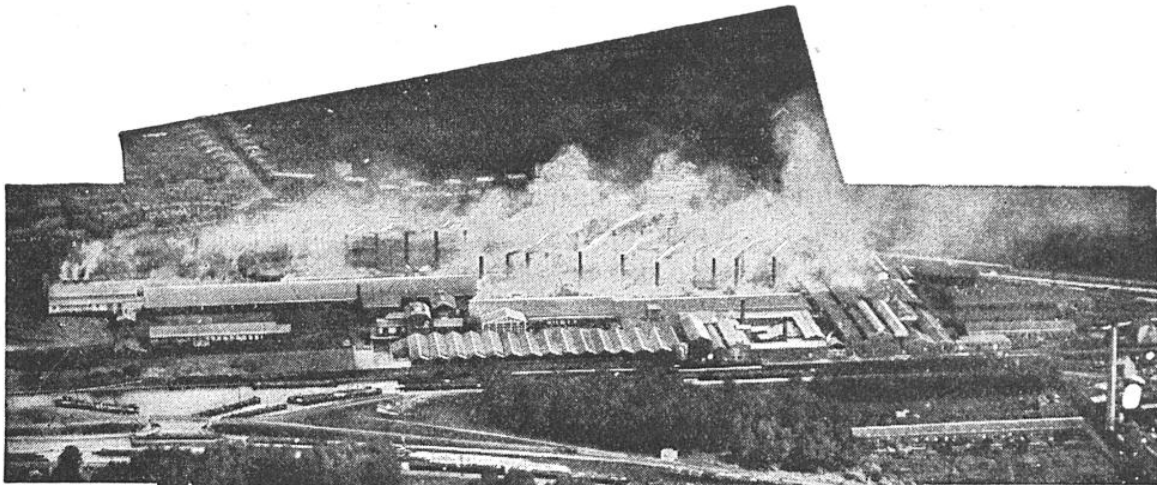
L'Ecole Technique Supérieure de Représentation et de Commerce

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

Tous les élèves sont pourvus d'une situation

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

58 bis, Chaussée d'Antin, PARIS



Usines d'AUBRY
33
fourneaux de réduction
13
trains de laminage

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 0/0), une parfaite homogénéité dans la fabrication, des possibilités de façonnage telles que toutes les suggestions nouvelles d'ordre artistique ou architectural 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

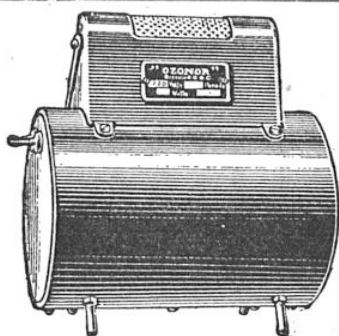
1, Rue du Cirque, PARIS

Tél. : Elysées 51-37 et 38, 51-60 — Inter 33

Dépositaire de "LA DÉCORATION MÉTALLIQUE"

WILLER

WILLER



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.

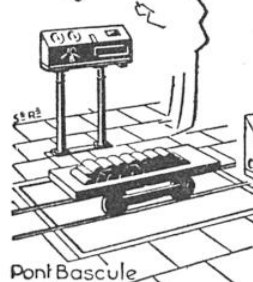
Téléphone : Turbigo 85-38



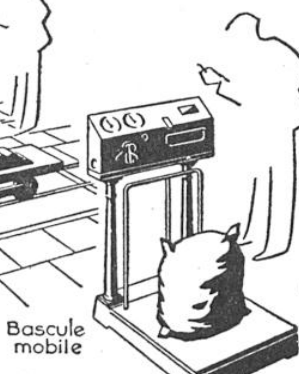
BASCULE AQUITAS

AUTOMATIQUE • TOTALISATRICE • ENREGISTREUSE • COMPTEUSE

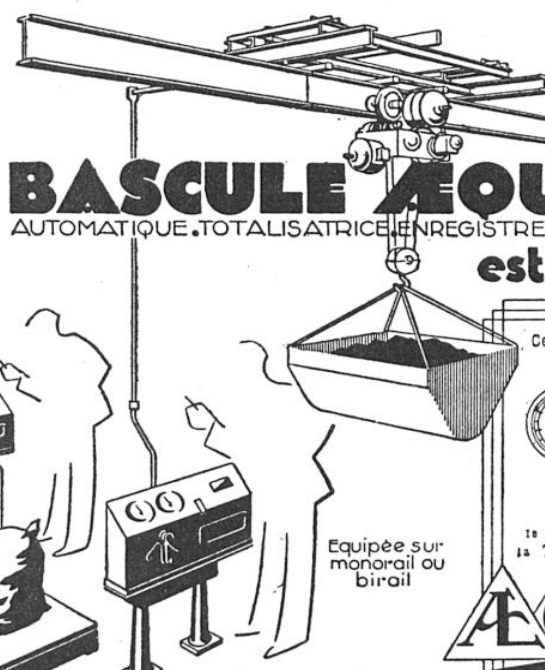
est infaillible



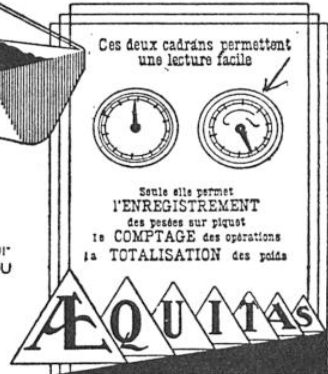
Pont Bascule



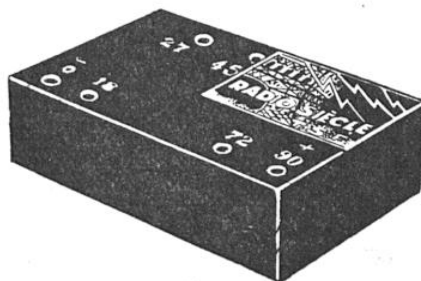
Bascule mobile



Equippée sur monorail ou birail



SECTION MÉCANIQUE DE LA MANUFACTURE D'HORLOGERIE DE BETHUNE
13, RUE RICHER, PARIS (IX^e) • • • Téléphone : Provence 81-12



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

LES MOTOPOMPES



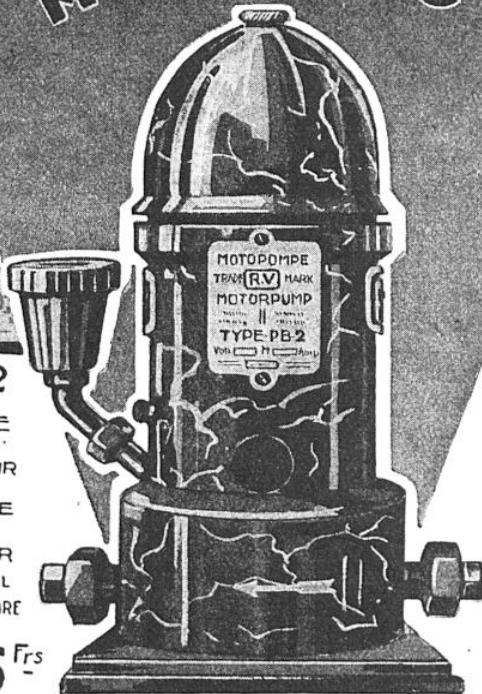
SONT MONOBLOC



TYPE PB 2

1000 LITRES HEURE
A
25 MÈTRES DE HAUTEUR
OU
1500 LITRES HEURE
A
15 MÈTRES DE HAUTEUR
PUISSANCE $\frac{1}{4}$ DE CHEVAL
CONSOMMATION 275 $\frac{1}{2}$ HEURE
POIDS 6 Kg 600

PRIX 975^{Fr}



TYPE PM 3

1500 LITRES HEURE
A
40 MÈTRES DE HAUTEUR
OU
2800 LITRES HEURE
A
30 MÈTRES DE HAUTEUR
PUISSANCE $\frac{1}{2}$ CHEVAL
CONSOMMATION 550 $\frac{1}{2}$ HEURE
POIDS 12 Kgs

PRIX 1200^{Fr}

PARIS-XII^e RENÉ VOLET

ING. E.C.P. ET E.S.E.
20, avenue Daumesnil, 20
Téléph. : Diderot 52-67
Télégrammes :
Outilervé-Paris

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

34, rue de Laeken, 34
Téléph. : n° 176.54
Télégrammes :
Outilervé-Bruxelles

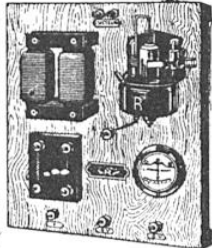
LONDRES E.C. 1 RENÉ VOLET

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. Pfälzer, 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, Kobé : 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'Callaghan, 4, Aristides St., Athènes. — HONGRIE, « Adria » V., Vaci-Út, 24, Buda-Pest V. — NORVÈGE, O. Houm, Skippergaten, 4, Oslo. — POLOGNE, Polskie Towarzystwo Dla Handlu Z Francja, Ks Skorupki, 8, Varsovie. — YOUgoslavie, L. Piedzicki, Strahinitzka Bana, 42, Belgrade. — PORTUGAL, Jose 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.

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

CHARGEUR L. ROSENGART
B. S. G. D. G.



MODÈLE N° 3. T. S. F.
sur simple prise de
courant de lumière
charge toute batterie
de 4 à 6 volts sous 5 ampères

**SIMPLICITÉ
SÉCURITÉ
ÉCONOMIE**

Notice gratuite sur demande
21, Champs-Élysées, PARIS
TELEPHONE: ELYSEES 66 60

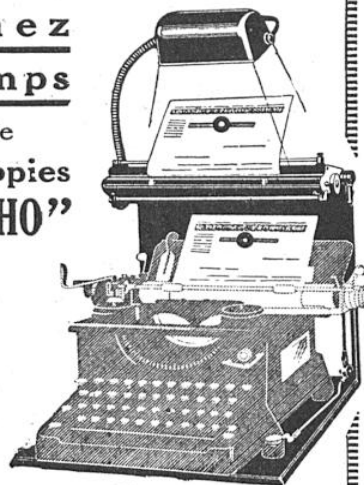
5 ANS D'EXPÉRIENCE
15.000 APPAREILS
EN SERVICE

Publicité H. DUPIN - P. 5

Gagnez du temps

avec le
porte-copies
"ROLITHO"

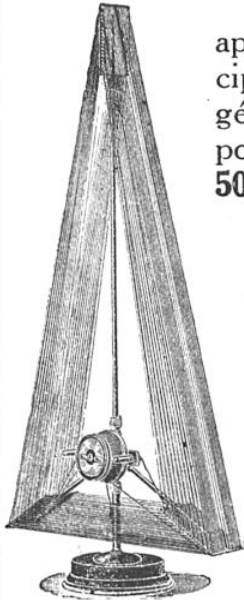
Modernisez
votre ma-
chine, vous
travaillerez
mieux et
plus vite.



Appareil adopté par les principales Admi-
nistrations et les grosses firmes Industrielles
et Commerciales

Cie ROLITHO
SAINT-MARS-LA-BRIÈRE (Sarthe)
RÉGION PARISIENNE :
FORTIN, 59, rue des Petits-Champs, Paris

**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)

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



**1^{re} EXPOSITION
INTERNATIONALE DE TSF
ET DES INDUSTRIES ANNEXES
PARIS
1929**

MAGIC • CITY
27 SEPTEMBRE-13 OCTOBRE
Sous le Patronage de **L'INTRANSIGEANT**



"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

TOUT A CRÉDIT

Avec la garantie des fabricants

**PAYABLE EN
12 MENSUALITÉS**

appareils T.S.F

appareils
photographiques
phonographes
motocyclettes
accessoires auto
machines à écrire
armes de chasse
vêtements de cuir
Des Grandes Marques

meubles de bureau

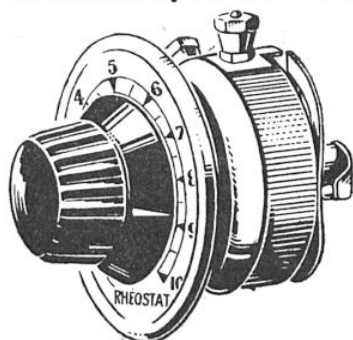
et de style
orfèvrerie
garnitures de cheminée
carillons Westminster
aspirateurs de poussières
appareils d'éclairage
et de chauffage
Des Meilleurs fabricants
CATALOGUE N° 27
FRANCO SUR DEMANDE

L'INTERMÉDIAIRE

17, Rue Monsigny, Paris

MAISON FONDÉE EN 1894

Ne demandez pas un rhéostat



EXIGEZ

un REXOR

(Fabrication GIRESS)

Résistances variables bobinées de 0 à 5.000,
0 à 10.000, 0 à 15.000 et 0 à 30.000 ohms.

Catalogue S. V. franco.

**GIRESS, 40, boulevard Jean-Jaurès
CLICHY (Seine)**

L'ÉLECTRIFIÈRE RENAULT

met à la portée de chacun la possibilité 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 :

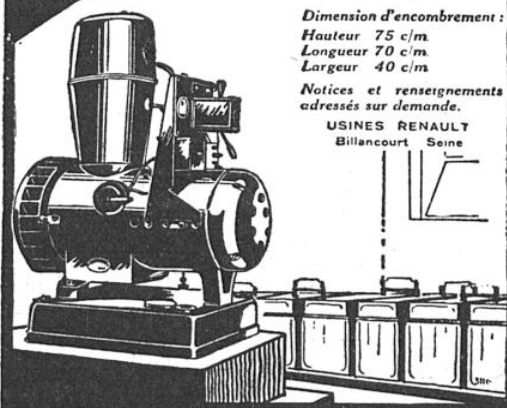
Hauteur 75 c/m

Longueur 70 c/m

Largeur 40 c/m

Notices et renseignements adressés sur demande.

USINES RENAULT
Billancourt Seine



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

Si vous savez mesurer
avec un mètre vous pouvez
avec la même facilité vous servir
de cette règle à calcul.

Grandeur réelle. Epaisseur: 3^m/_m

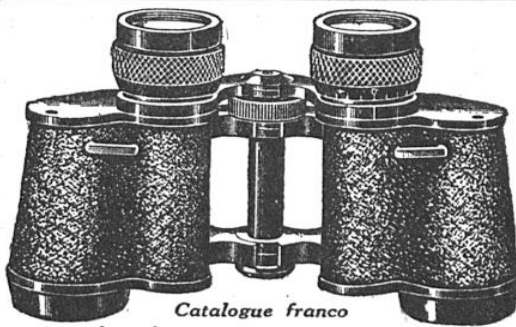
**LA RÈGLE À CALCULS DE POCHÉ
"MARC"**

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



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

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

Exiger la marque



R. C. SEINE 148.367

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

crée l'ambiance musicale

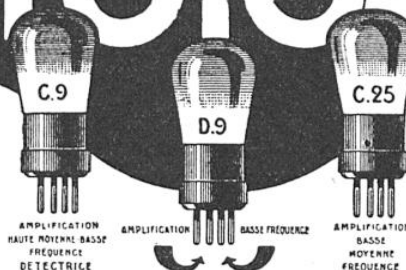
AMPLIFICATEUR DE PUISSANCE

ÉLECTRO-CONSTRUCTIONS S.A.

STRASBOURG - MEINAU

LAMPES DE T.S.F.

FOTOS



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

MARQUE **JP** DÉPOSÉE

La plus ancienne et la plus réputée des marques
de fabrique dans l'industrie des articles en
acier poli nickelé.

Quand vous achetez :

1 Tire-bouchon

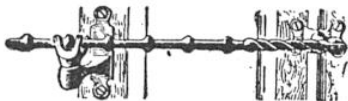
1 Casse-noix

1 Arrêt à boule de porte

1 Entre-bâillement de fenêtre

Exigez la marque **JP**

GARANTIE ABSOLUE



Entre-bâillement de fenêtre

EN VENTE PARTOUT

GRANDS MAGASINS, QUINCAILLIERS ET BAZARS

Gros : **J-P**, 100, boul. Richard-Lenoir, PARIS

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
courant et batteries. **Frs 195**

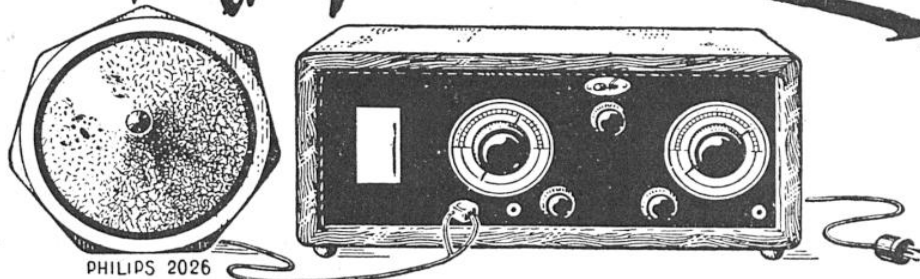
Voir description dans ce Numéro

Ateliers P. LIENARD, 7, r. Chaudron, Paris-X^e

Téléph. : Nord 55-24 - Chèques postaux : Paris 580-46

PUBL. RAPHY

peut-on rêver
une installation
plus et simple
et plus élégante ?...



Après de longs mois d'études et de mise au point, les

ÉTABLISSEMENTS RADIO P. J.

mettent en vente dès maintenant le POSTE

SUPER-SECTEUR

MARQUE DÉPOSÉE (BREVET DEMANDÉ)

qui n'a besoin que d'une **PRISE DE COURANT** sur le secteur alternatif et d'un Haut-Parleur PHILIPS 2026 pour faire entendre avec une pureté inégalable les concerts européens et avec la plus grande **sélectivité**.

SANS PILES ET SANS ACCUS

Il a été fait emploi dans ce but des nouvelles lampes Réseau PHILIPS E 441 Bigrille changeuse de fréquence, E 442 Ecran Moyenne fréquence, E 415 Détectrice, B 443 Amplificatrice Basse fréquence, alimentée directement sur le secteur par le transformateur PHILIPS 4009. En dehors du matériel habituellement employé par les Etablissements RADIO P.J., la Basse fréquence est un transformateur PHILIPS 4003. La tension plaque et les polarisations sont fournies par le Bloc PHILIPS 3009.

L'appareil fonctionne **sans aucun COLLECTEUR D'ONDE.**

Les Etablissements RADIO P. J. sont à la disposition des personnes qui en feront la demande pour leur faire, sans engagement, une démonstration à domicile.

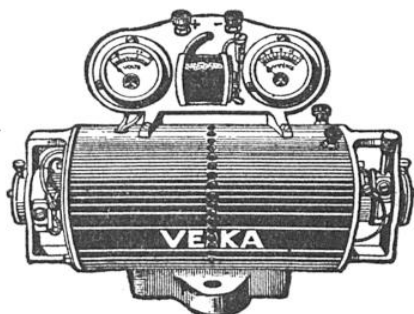
SALON D'AUDITION :

17, RUE LACHARRIÈRE, PARIS (11^e) -- TÉLÉPHONE : ROQUETTE 28-63



LE CRAYON
CARAN
D'ACHE
A BONNE MINE !

Demandez-le à votre fournisseur



LES CONSTRUCTIONS ÉLECTRIQUES

VÉKA

vous présentent

un **Convertisseur pratique**

LE SEUL APPAREIL A RÉGLAGE DE
VITESSE SANS RHÉOSTAT. PERMET-
TANT D'OBTENIR TOUS VOLTAGES

Types monoblocs universels, 100, 150-300 watts.
Types industriels, 150 à 1.000 watts.

Pour tous renseignements et envoi du catalogue franco, écrire à
Constructions Électriques "VÉKA"
78, r. d'Alsace-Lorraine, PARC-ST-MAUR (Seine)
Téléphone : GRAVELLE 06-93

TÉLÉVISION

Les puissantes usines

TUNGSRAM

Constructeurs de la lampe de T.S.F.
au baryum métallique, présentent la

Cellule "NAVA"



Prospectus
et catalogue
sur demande

Téléphone :
Botzaris
26-70

destinée principalement à faciliter à l'amateur et
au technicien les essais de télévision et de trans-
mission d'images. La Cellule NAVA pourra servir,
en outre, à de multiples applications industrielles
et de laboratoire.

Sté TUNGSRAM, 2, rue de Lancry, Paris

**L'ASSÈCHEMENT
SARREBOURG
(MOSELLE)**

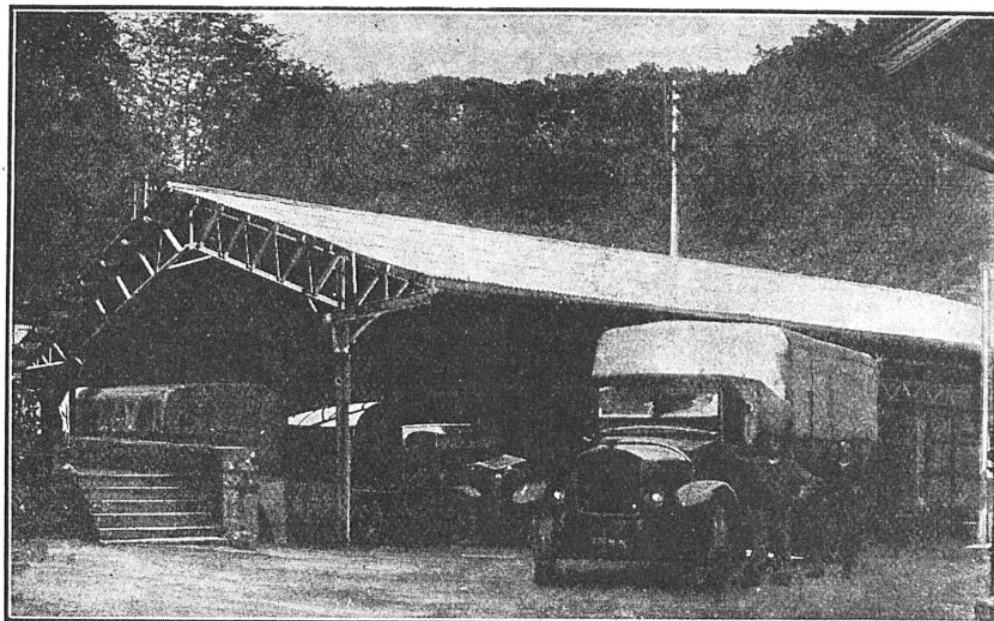
FOURNIT TOUS
LES PRODUITS
POUR

L'ASSÈCHEMENT

demandez
notre
**BROCHURE
illustrée
N° 41**

**PRÈS DE 40 ANS
D'EXPÉRIENCE PRATIQUE**

LA SÉRIE 39 A BAYONNE



AUX ETABLISSEMENTS JOHN REID, ROUEN,

Nous vous informons que le hangar que vous nous avez fourni nous donne toute satisfaction ; il a été monté par notre charpentier en quarante-huit heures.

SOCIÉTÉ GUYENNE-GASCOGNE,
Quai Mousserolles, Bayonne.

La Société **GUYENNE-GASCOGNE** nous permet de soumettre à nos honorés lecteurs la photographie de leur nouveau garage à **BAYONNE**, garage où cette société remise ses camions automobiles.

Comme nos lecteurs pourront en juger *de visu*, les camions de nos estimés clients sont d'un fort tonnage et font de la hauteur. Toutefois les administrateurs de la Société Guyenne-Gascogne ont su trouver, parmi les 58 modèles de la **SÉRIE 39**, l'ossature métallique qui convenait à leurs besoins, ossature qu'ils ont su poser également dans un joli décor sylvestre et couvrir d'une toiture en plaques ondulées de fibro-ciment posées sur des pannes en sapin.

Cette construction, qui n'est pas autre chose que notre ancien ami le **Numéro 23** de la **SÉRIE 39**, connu et « archi-connu » en **FRANCE** et en toute **COLONIE FRANÇAISE**, a une longueur de 20 mètres et une largeur de 9 mètres. Elle se divise en quatre travées de 5 mètres. De plus, le devant du garage est abrité par un auvent de 2 m. 50 de portée.

La famille qui se groupe dans la **SÉRIE 39** de nos constructions métalliques comporte 58 ossatures distinctes. Elle est **PRATIQUE**. Elle est **VITE MONTÉE**. Elle se **DÉMONTÉ** aussi facilement. Aucun rivet n'entre dans sa fabrication. Elle est donc idéale pour les **EXPÉDITIONS MARITIMES**, car elle est envoyée toute démontée, de sorte que le coût du **FRET** est très réduit. Par contre, les expéditions par chemin de fer se font en éléments assemblés tout prêts à monter sur pied-d'œuvre ; mais, si vous ne pouvez les mettre en l'air vous-même, nous tenons à votre disposition des **monteurs** assez adroits.

La **SÉRIE 39** ne permet pas seulement de construire des **GARAGES**, mais aussi des **ATELIERS**, des **HANGARS AGRICOLES** et **INDUSTRIELS**, des **CINÉMAS**, des **MAGASINS**, des **ENTREPOTS** et toutes sortes de bâtiments à usage moderne.

Nous avons rédigé une brochure donnant les dimensions et les prix des multiples combinaisons que permet la **SÉRIE 39**. Ce sera très volontiers que nous en adresserons un exemplaire à chacun de nos honorés lecteurs qui se donnera la peine de nous écrire.

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

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

Tôles ondulées galvanisées de premier choix

Expéditions directes de nos usines de banlieue

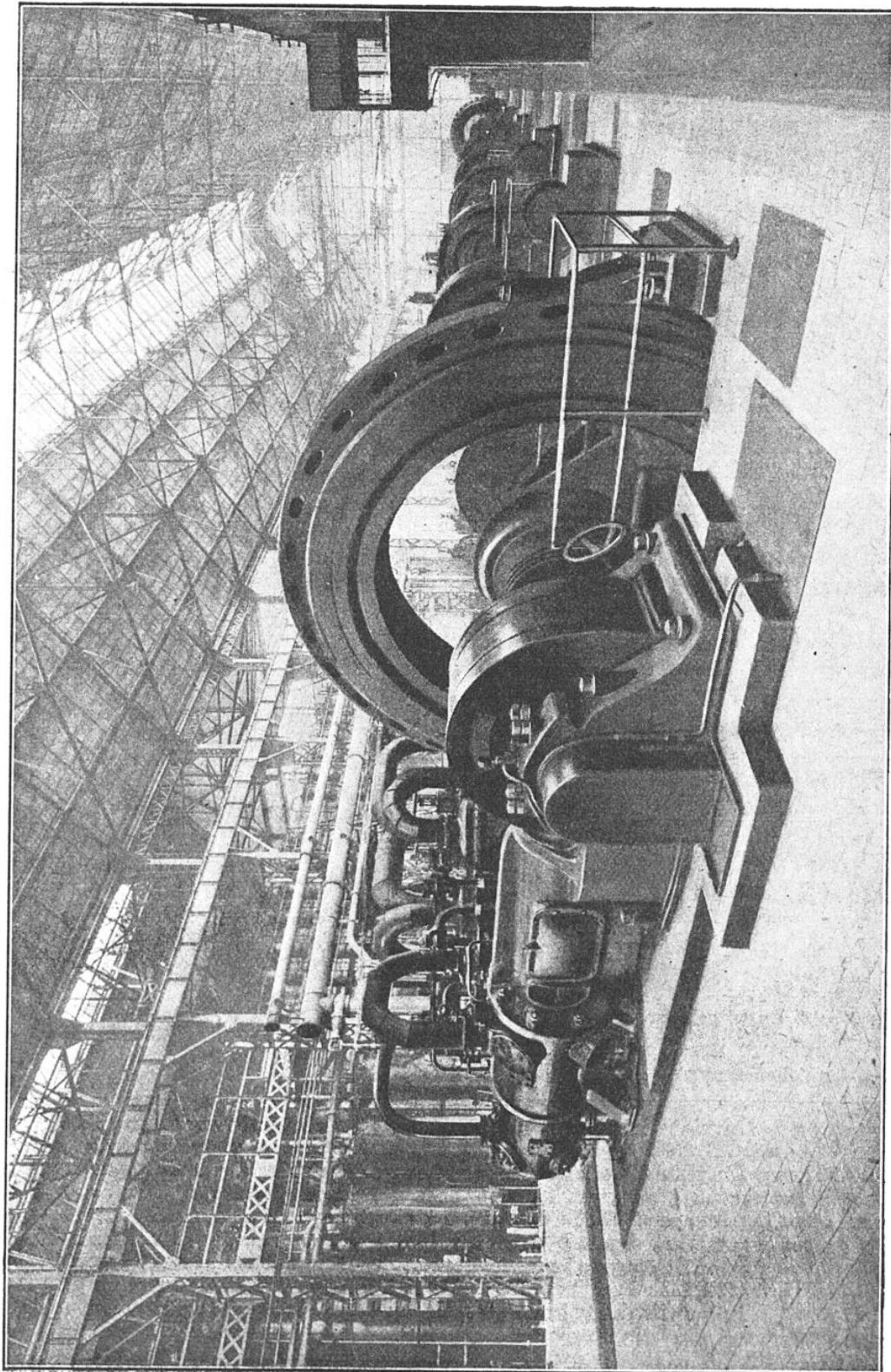


Nous avons créé un service qui se
charge de l'entretien et du bon
fonctionnement perma-
nents de votre poste :

**Le Service
RADIO-L.L.**

L'industrie chimique moderne est née de la collaboration des savants et des ingénieurs : les nouveaux problèmes qui se posent aujourd'hui aux laboratoires pour le plus grand essor des industries chimiques.. .. .	R. Etienne. 179 Professeur à l'Ecole Nationale des Mines de Paris.
Tant à l'échelle atomique qu'à l'échelle humaine, le choc est un phénomène fréquent et fertile en applications..	Marcel Boll 187 Professeur agrégé de l'Université.
Que savons-nous sur l'origine et l'entretien de la chaleur solaire? C'est à la transformation d'atomes légers en atomes lourds qu'est due l'activité du soleil..	L. Houllevigue. 197 Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.
Les types modernes de torpilleurs et de contre-torpilleurs de la marine française	Henri Le Masson 203
Le monde des molécules et des atomes nous fait assister à d'impressionnantes vitesses	Suzanne Veil 207 Docteur ès sciences.
Comment on peut envisager l'« autoroute » de l'avenir..	Général Gascouin.. . . . 212
Le cinématographe permet aujourd'hui de déceler les qualités de vol d'un avion	Jean Labadié.. . . . 215
Un nouveau projet d'utilisation de la chaleur solaire : l'usine polaire fonctionnant au-dessous de zéro.. .. .	Charles Brachet 225
De nouveaux hydravions allemands sont en construction pour les voyages à grande distance.	Paul Lucas.. . . . 231
Les réseaux électriques n'attirent pas la foudre, mais ils peuvent en propager les effets, et les usagers de l'électricité doivent être protégés	Charles Ledoux 235
Comment on a édifié la nouvelle gare de Limoges, l'une des plus belles de France	Jean Bodet 239
L'Exposition Internationale du Feu a réuni les appareils les plus modernes pour nous préserver de l'incendie..	Jean Caël 245
Le phonographe et la vie	F. Faillet 253
La T. S. F. et les constructeurs	J. M. 256
Les A côté de la science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor 257
Chez les éditeurs	J. M. 262

Avant que le Dornier Do. X. à douze moteurs de 525 ch tentât avec succès ses premiers essais, il n'était question que de la construction de nouveaux hydravions allemands, prévus également pour effectuer des raids à grande distance avec de nombreux passagers. Aucune documentation précise n'était alors donnée sur le nouveau « géant » de l'air. La couverture de ce numéro représente, précisément, un de ces hydravions, le « Rohrbach Romar » à trois moteurs de 750 ch, dont la coque a été spécialement étudiée pour donner à l'appareil des qualités nautiques remarquables. On lira, à la page 231, la description de ces nouveaux appareils. La date des essais du Dornier Do. X. nous oblige à reporter à notre prochain numéro l'article consacré à ce « paquebot » aérien.



VUE GÉNÉRALE DE LA SALLE DES MACHINES DE L'USINE DE WAZIERS, DÉBITANT CHACUNE 3.300 MÈTRES CUBES À L'HEURE D'AZOTE ET HYDROGÈNE À 1.000 ATMOSPHÈRES, POUR LA FABRICATION DE L'AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE PAR LE PROCÉDÉ GEORGES CLAUDE

LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

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

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

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

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

Copyright by La Science et la Vie, Septembre 1929 - R. C. Seine 116.544

Tome XXXVI

Septembre 1929

Numéro 147

DE LA COLLABORATION DES SAVANTS ET DES INGÉNIEURS EST NÉE L'INDUSTRIE CHIMIQUE MODERNE

Les nouveaux problèmes qui se posent aujourd'hui
aux laboratoires pour le plus grand essor de l'industrie chimique

Par R. ETIENNE

PROFESSEUR A L'ÉCOLE NATIONALE SUPÉRIEURE DES MINES DE PARIS

L'industrie chimique prend chaque jour une place de plus en plus prépondérante. Née peu avant la guerre, elle s'est considérablement développée au cours des années 1914-1918 par suite de la nécessité où se sont trouvées les nations belligérantes de remédier par la synthèse à la pénurie des matières premières. Déjà, avant la guerre, la synthèse de l'ammoniaque avait permis de parer au danger d'épuisement des gisements de nitrates du Chili. Successivement, la chimie des hautes pressions, le problème des carburants synthétiques sont passés du domaine du laboratoire dans le domaine industriel, démontrant ainsi la fécondité de la collaboration des savants et des ingénieurs. Cependant, d'autres sujets doivent retenir dès maintenant l'attention des chercheurs. Il nous a donc paru opportun de demander à l'éminent professeur, M. Etienne, de reprendre pour les lecteurs de LA SCIENCE ET LA VIE, les idées qu'il a développées récemment au cours d'une conférence faite devant le Comité central industriel belge et d'exposer ici l'état actuel des recherches entreprises et l'avenir qui semble réservé à l'essor de l'industrie chimique.

Le problème de l'azote

Tous les grands problèmes qui ont été abordés depuis un quart de siècle par l'industrie chimique, ont eu comme point de départ et comme guide les grandes théories physicochimiques. Le progrès a été le résultat fécond de la collaboration du laboratoire et de l'usine.

Il paraît donc intéressant d'envisager les sujets d'études suggérés par la pratique industrielle et qui mériteraient d'attirer l'attention des savants et des laboratoires.

Auparavant, il n'est peut-être pas inutile de passer en revue quelques-uns des grands problèmes chimiques actuels.

La question de l'azote est née le jour où

l'on a compris que les gisements de nitrate du Chili n'étaient pas inépuisables. On s'est alors efforcé de fixer sous une forme quelconque l'azote contenu dans l'atmosphère.

La première solution a été la fabrication synthétique de l'acide nitrique et des nitrates par le procédé de l'arc électrique.

Ce procédé trouve son origine dans une vieille expérience de Cavendish qui date de 1781. Mais, de l'expérience de Cavendish, on n'a rien su tirer pendant plus d'un siècle. Il a fallu le développement de la théorie des équilibres chimiques pour qu'on pût préciser les conditions de formation des oxydes de l'azote.

C'est en 1896 que l'illustre savant genevois Philippe-Auguste Guye, trop tôt enlevé

à la science, précisait clairement ces conditions de formation telles qu'on pouvait les déduire des lois physicochimiques. Il montrait la nécessité d'une température élevée, l'indifférence du phénomène à la pression et surtout la nécessité d'un refroidissement extrêmement rapide des gaz, afin de conserver l'oxyde azotique formé à haute température et d'éviter sa décomposition réversible pendant le refroidissement.

Peu d'années après, en 1903, un physicien norvégien, Birkeland, réussissait à trouver une forme d'arc électrique qui remplissait complètement les conditions posées. Et, en peu de temps, grâce à l'appui et à la ténacité du financier norvégien Eyde, la nouvelle industrie norvégienne de l'azote était créée. Elle devait se développer rapidement grâce aux immenses réserves d'énergie hydraulique de la Norvège. Mais aussi son essor devait être de courte durée.

Cette industrie conduit, en effet, à un véritable gaspillage d'énergie. On s'est rendu compte que la même quantité d'énergie permettrait de fixer quatre fois plus d'azote sous forme d'ammoniaque, facile à transformer en acide nitrique.

Depuis quelque temps déjà, à la suite d'un accord intervenu entre la Société Norvégienne de l'Azote et l'*Interessen-Gemeinschaft* (I. G.), le grand trust allemand, les installations norvégiennes sont en voie de transformation, et cette transformation est même peut-être complètement achevée à l'heure actuelle.

La fixation de l'azote est liée à la fabrication de l'ammoniaque synthétique

La combinaison directe de l'azote et de l'hydrogène est une de ces réactions qui ont été considérées pendant très longtemps comme impossibles à réaliser d'une façon pratique et industrielle. Là encore, la solution est venue tout naturellement grâce aux progrès des idées générales sur les équilibres chimiques.

En 1901, Henri Le Chatelier, qui avait été l'un des apôtres les plus convaincus et les plus éloquents des théories nouvelles, en faisait lui-même l'application à la synthèse éventuelle de l'ammoniaque.

Un accident, survenu au laboratoire de l'Ecole des Mines, au cours des expériences entreprises par Le Chatelier, lui fit abandonner la question. Elle fut reprise très peu de temps plus tard par Haber, le célèbre professeur de Carlsruhe.

Le premier travail de Haber, qui date de

1904, confirma tout d'abord les indications données par Le Chatelier au sujet de la pression. En effet, en opérant à la pression ordinaire avec un catalyseur (1), Haber avait réalisé une réaction réversible, mais l'équilibre atteint ne correspondait qu'à des proportions infimes d'ammoniaque. Une polémique s'étant élevée au sujet des résultats obtenus entre Haber et Nernst, l'un et l'autre entreprirent des essais à pression élevée et on put constater immédiatement l'amélioration considérable des résultats.

Haber, soutenu par la Société Badoise, devait d'ailleurs poursuivre ses expériences pendant plusieurs années avec une méthode et une sagacité qui en font un des plus beaux monuments de la science chimique. En 1908, les déductions essentielles que l'on pouvait tirer de ses expériences donnaient lieu à un brevet célèbre où l'on trouvait clairement exposés tous les principes qui devaient être appliqués ultérieurement dans la fabrication synthétique de l'ammoniaque. C'est grâce à cette fabrication, montée à Oppau, que l'Allemagne, déjouant les prévisions des Alliés et défiant le blocus, devait réussir à assurer pendant toute la guerre son alimentation en explosifs.

Depuis la guerre, à côté du procédé Haber-Bosch utilisé par la Société Badoise, maintenant incorporée à l'I. G., d'autres procédés, tels que ceux de Claude, de Casale, de Fauser, etc., sont apparus qui appliquent les mêmes principes généraux, mais dans des conditions sensiblement différentes au point de vue de la pression de marche, ce qui entraîne des modifications importantes de l'appareillage.

A l'heure actuelle, on peut considérer le problème de l'azote comme résolu en ce qui concerne la sécurité de notre approvisionnement en azote, quelle que puisse être la durée des gisements de nitrate du Chili.

Reste à abaisser le prix de revient, de façon à permettre aux procédés synthétiques de lutter contre les producteurs de nitrate du Chili qui, après avoir remanié sérieusement leur organisation, manifestent la plus ferme volonté de vivre.

Dans cette lutte pour l'abaissement du prix de revient, il apparaît qu'avec les prix actuels, il n'y a plus grand'chose à gagner sur les frais de synthèse. La partie la plus importante du prix de revient des engrais azotés est représentée, d'une part, par l'hydrogène et, d'autre part, par le prix du sup-

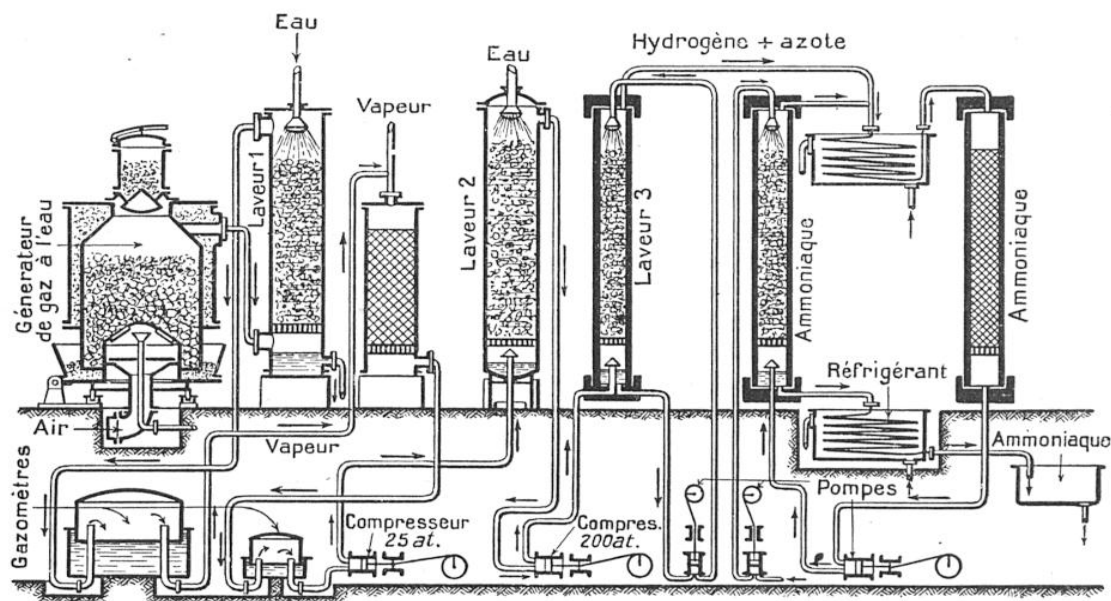
(1) Voir l'article de Marcel Boll sur la catalyse dans *La Science et la Vie*, n° 112, page 300.

port solide que l'on doit donner à l'azote avant de le livrer à l'agriculteur.

Pour diminuer le prix du support, on fonde de grands espoirs depuis quelque temps sur la fabrication des engrais composés dans lesquels les divers fertilisants se servent mutuellement de support. On arrive ainsi à réduire les frais de transport, de manutention et d'épandage, et à assurer un certain équilibre entre l'emploi de différents

gène très pur ; malheureusement, c'est un procédé très coûteux qui ne peut être retenu que dans des cas exceptionnels : lorsque l'énergie électrique est particulièrement bon marché, c'est ce qui arrive en Norvège ; ou bien lorsque l'hydrogène constitue le sous-produit d'une autre fabrication, comme celle de la soude électrolytique.

Un deuxième procédé consiste à extraire l'hydrogène de l'eau en faisant absorber



SCHEMA DE FABRICATION DE L'AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE PAR LE PROCÉDÉ HABER-BOSCH

Le gaz à l'eau, débarrassé, dans un premier laveur, des poussières qu'il pouvait avoir entraînées, et mélangé à de la vapeur, pénètre dans une tour où une masse de contact appropriée provoque la combinaison de l'oxyde de carbone et de l'eau, avec production d'anhydride carbonique et d'hydrogène libre. Les gaz portés à 25 atmosphères, à l'aide d'un compresseur, traversent un deuxième laveur qui élimine l'anhydride carbonique. Un second compresseur porte alors la pression du mélange d'hydrogène et d'azote à 200 atmosphères. Après avoir traversé un troisième laveur, le mélange parvient à la chambre de contact où s'effectue la synthèse de l'ammoniaque.

engrais essentiels. On reproche, par contre, aux engrais composés, de constituer une solution omnibus plus ou moins acceptable par tout le monde, mais ne convenant exactement à personne.

Le problème de l'hydrogène

Mais le problème le plus important à résoudre reste toujours le problème de l'hydrogène, que l'on retrouve d'ailleurs maintenant dans la plupart des grandes fabrications synthétiques.

La source naturelle de l'hydrogène, c'est l'eau et c'est à partir de l'eau qu'on extrait l'hydrogène dans la plupart des procédés.

Le procédé le plus simple, c'est l'électrolyse, et il a l'avantage de donner un hydro-

gène par le fer. C'est un vieux procédé qui a été remis en honneur il y a quelques années. Le fer est naturellement un produit assez cher et il est nécessaire de le régénérer. C'est ce qu'on fait, soit avec du gaz à l'eau, soit avec du gaz de fours à coke.

Ce dernier procédé, qui a été étudié par la Société Pechiney, conduit à une fabrication simple et robuste. Elle a été mise en service dans un certain nombre de mines du Nord de la France, mais paraît devoir être réservée aux petites exploitations.

Un procédé beaucoup plus employé est celui qui consiste à absorber l'oxygène de l'eau par le carbone employé sous forme de coke. Le gaz à l'eau ainsi obtenu est transformé par action de la vapeur d'eau, en pré-

sence d'un catalyseur, en un mélange gazeux d'où il est facile de tirer l'hydrogène. On produit en même temps du gaz carbonique pur, ce qui, dans bien des cas, est loin d'être sans intérêt. Ce procédé, qui est connu sous le nom de procédé Bamag, est employé, en fait, dans toutes les grandes installations d'ammoniaque synthétique, comme celles de l'I. G. à Oppau et à Mersebourg, celle des I. C. I. à Billingham, celle de l'Etat français à Toulouse. C'est lui qui est prévu également pour la grande usine de Hopewell, édifiée par l'Allied, aux Etats-Unis. En somme, plus des trois quarts de l'hydrogène employé à la fabrication de l'ammoniaque synthétique sont obtenus par ce procédé.

Au lieu de faire directement appel à l'hydrogène de l'eau, on peut songer également à aller chercher l'hydrogène dans les gaz de distillation de la houille, en particulier dans les gaz de fours à coke.

L'hydrogène représente environ la moitié en volume du mélange gazeux constituant les gaz de fours à coke. On l'isole en effectuant, sous pression, la liquéfaction fractionnée des autres constituants. On est amené ainsi à séparer toute une série de gaz intéressants, tels que le méthane, l'éthylène, l'éthane, etc. Quelques-uns de ces gaz sont susceptibles d'applications très intéressantes : fabrication de l'alcool éthylique, du glycol, etc.

L'utilisation du gaz de fours à coke pour la fabrication de l'hydrogène a eu, en fait, des conséquences économiques importantes : elle a donné aux cokeries et aux houillères l'occasion de s'intéresser à la fabrication de l'ammoniaque synthétique et aux autres grandes synthèses d'hydrogénation, et elle a ainsi établi une liaison sur l'importance de laquelle il serait superflu d'insister.

La chimie des hautes pressions

Dans le développement de l'industrie de l'ammoniaque synthétique que nous venons d'esquisser, on voit clairement se manifester l'importance du travail à haute pression.

L'intérêt de ces hautes pressions se manifeste toutes les fois qu'on utilise des réactions se faisant avec contraction. Tel était le cas pour la fabrication de l'ammoniaque où l'on montre facilement que le rendement, jusqu'à des pressions assez fortes, est sensiblement proportionnel à la pression.

Nous avons vu que la Société Badoise n'avait pas hésité à employer dès le début des pressions de 200 atmosphères. Depuis, on s'est habitué à l'emploi de pressions notablement plus élevées. Georges Claude a

rendu un très grand service à l'industrie chimique, en démontrant la possibilité d'employer sans difficultés sérieuses des pressions de l'ordre de 1.000 atmosphères.

Cette technique des hautes pressions, combinée avec celle des catalyseurs, a permis d'ailleurs d'aborder depuis quelques années toute une série de fabrications nouvelles. C'est ainsi que l'on a entrepris, en partant de produits très simples comme le charbon, l'oxyde de carbone, le gaz carbonique, l'eau, l'hydrogène, un grand nombre de fabrications organiques synthétiques, qui s'exécuteront sur un schéma tout à fait analogue à celui de la fabrication de l'ammoniaque synthétique.

Il y a des chapitres entiers de la chimie organique qui sont ainsi en voie de rénovation complète.

Parmi ces fabrications organiques nouvelles, l'une des plus importantes est celle des carburants synthétiques.

Le problème des carburants synthétiques

Le problème des carburants synthétiques est un problème dont la Grande Guerre a démontré l'importance exceptionnelle.

Les deux voies principales par lesquelles les chimistes ont abordé le problème sont : d'une part, l'hydrogénation de l'oxyde de carbone et, d'autre part, l'hydrogénation directe de combustibles solides ou liquides.

Un premier groupe de recherches a été effectué en partant, comme matière première, des produits de gazéification des combustibles, et surtout de l'oxyde de carbone.

En faisant réagir l'hydrogène sur l'oxyde de carbone en présence de catalyseurs appropriés et en faisant varier la pression, il est possible, comme l'ont montré les travaux de la Société Badoise, de Fischer et de son école, etc., d'obtenir toute une série de produits. Les seuls qui présentent actuellement un intérêt industriel sont, d'une part, l'alcool méthylique ou méthanol et, d'autre part, les alcools supérieurs. Les uns et les autres paraissent avoir surtout de l'importance comme solvants.

En outre, il est facile, par catalyse, de transformer le méthanol en formol et l'action de celui-ci sur les phénols, que l'on trouve dans les produits de récupération du gaz de fours à coke, permet de fabriquer les résines synthétiques, telles que la bakélite.

Enfin, il est possible, en cas de besoin, d'utiliser le méthanol comme carburant. Mais, à ce point de vue, le méthanol devra probablement céder le pas aux hydrocar-

bures que l'on peut obtenir par l'hydrogénation directe des combustibles.

Les procédés précédents, qui partent de l'oxyde de carbone, ont l'avantage d'employer des matières gazeuses relativement pures, qui peuvent être obtenues à partir de n'importe quel combustible carboné.

Mais cette manière de faire paraît donner lieu à une objection de principe assez sérieuse : lorsqu'on se propose, en partant de combustibles, de fabriquer des hydrocarbures liquides par hydrogénation, il ne semble pas très rationnel de commencer par oxyder tout le carbone en l'amenant à l'état d'oxyde de carbone et de réduire ensuite ce composé oxygéné par l'hydrogène qui constitue une matière première coûteuse.

A ce point de vue, le second groupe de procédés paraît plus rationnel. Il consiste à hydrogéner directement les combustibles solides comme la houille, les lignites ou les produits liquides comme les goudrons, les brais, etc.

Au cours de recherches sur le mode de formation de la houille, Bergius réussit à obtenir sous une pression de 150 atmosphères et à une température variant entre 400 et 450°, une fixation directe, non pas de l'hydrogène naissant, mais de l'hydrogène libre.

En utilisant les travaux de Bergius, l'I. G. a franchi une seconde étape très importante. Dans ses usines de Mersebourg, l'I. G. traite par hydrogénation les lignites exploités sur place dans des gisements à ciel ouvert et elle a réussi à monter depuis deux ans une fabrication très importante d'essence synthétique. La production annuelle serait déjà d'environ 70.000 tonnes et on annonce qu'elle atteindra 250.000 tonnes à la fin de l'année 1929.

A Mersebourg, l'hydrogénation du lignite comporte deux stades successifs. Dans un premier stade, qui ressemble dans ses grandes lignes à une opération Bergius normale, le lignite pulvérulent, mélangé à de l'huile lourde, est soumis à l'action de l'hydrogène

à une température d'environ 450° et sous une pression de 200 atmosphères.

Les hydrocarbures gazeux produits dans cette première réaction sont alors soumis à une deuxième hydrogénation effectuée sous une pression et sous une température similaires, mais cette fois en présence d'un catalyseur.

On a longtemps hésité, semble-t-il, entre cette formule et une autre dans laquelle la première opération type Bergius serait remplacée par une distillation du lignite à basse température, les goudrons primaires obtenus dans cette distillation préalable étant ensuite soumis directement à l'hydrogénation en présence d'un catalyseur approprié.

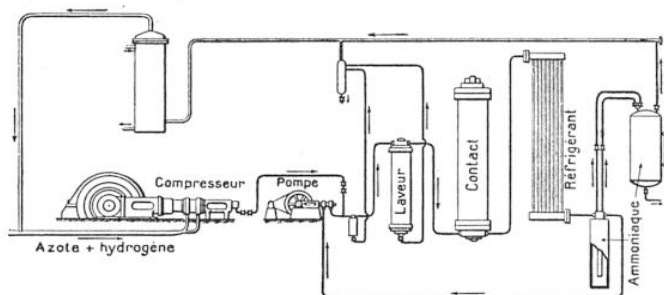
Mais, quoi qu'il en soit, il paraît certain maintenant que la question de la fabrication synthétique des carburants liquides a franchi la période la plus difficile. On peut être assuré dans un avenir très prochain de voir se développer de tous côtés cette synthèse nouvelle dont l'intérêt est capital, non seulement

pour l'avenir de l'industrie chimique, mais, on peut le dire, pour l'avenir de toutes les industries.

Il semble établi que les procédés étudiés à Mersebourg peuvent s'appliquer à la plupart des houilles aussi bien qu'aux lignites. Dans l'un et l'autre cas, le rendement paraît devoir être de l'ordre de 500 kg d'essence par tonne de combustible.

Ils s'appliqueront mieux encore à la transformation presque intégrale des huiles lourdes de pétrole en hydrocarbures légers, et c'est sans doute cette dernière formule qui donnera lieu aux premières applications vraiment industrielles.

Le prix de revient pourrait s'établir, à ce que l'on assure, à la parité des prix d'importation de l'essence d'Amérique. Dans ce prix de revient, l'hydrogène intervient pour une part au moins aussi grande que dans la fabrication de l'ammoniaque synthétique. Les frais de fabrication sont naturellement assez considérables,



SCHEMA DE FABRICATION DE L'AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE PAR LE PROCÉDÉ CASALE

Le mélange d'azote et d'hydrogène, comprimé à 800 atmosphères, est, après purification, amené aux chambres de contact, où environ 20 % du mélange se transforme en ammoniaque. Le reste de ce mélange, contenant environ 3 % d'ammoniaque, est remis en circulation.

La technique ressemble, dans ses grandes lignes, à celle de la fabrication de l'ammoniaque synthétique, mais avec quelques difficultés supplémentaires tenant au fait qu'il faut faire circuler dans les appareils sous pression (appareils de catalyse, échangeurs, etc.) non seulement des gaz, mais encore des matières solides ou pâteuses.

On peut se représenter ce qu'une telle mise au point, réalisée en si peu d'années, a demandé d'efforts.

Il a fallu certainement toute la puissance, toute l'expérience industrielle d'une grande société comme l'I. G. pour en venir à bout.

A côté des différentes techniques, il y avait, d'ailleurs, d'autres difficultés, d'ordre chimique celles-là, et peut-être plus difficiles à surmonter :

Variété des matières premières;

Complexité des produits résultant de la décomposition de ces matières par la chaleur;

Difficulté d'éviter les réactions parasites ou intempestives.

Cependant, l'un des dirigeants de l'I. G. déclarait récemment que l'on était parvenu à Mersebourg à vaincre ces difficultés.

En employant des catalyseurs variés, en utilisant également d'autres accélérateurs de réactions, tels que les champs électriques, les effluves, les actions photochimiques, il serait maintenant possible de contrôler les réactions d'hydrogénation, et d'obtenir à volonté, soit des produits légers comme les essences, soit des produits lourds comme les huiles de graissage.

Un tel succès constitue une magnifique démonstration des résultats qui peuvent être obtenus dans l'industrie chimique quand toute la puissance de la technique est mise au service des théories les plus modernes de la science chimique.

Les problèmes à l'étude

Nous avons vu, il y a un instant, le rôle capital joué par les théories physicochimiques dans la création et le développement des grandes fabrications modernes.

Ces fabrications se développent avec une rapidité extrême, et il arrive souvent qu'elles se trouvent en avance sur les théories qui leur ont donné naissance. Nous allons en trouver un certain nombre d'exemples caractéristiques en passant rapidement en revue les plus importantes de ces théories.

Les équilibres chimiques

Cette théorie, qui repose sur des bases thermodynamiques solides, est aujourd'hui bien au point. Ses principes sont lumineusement et solidement établis. Cependant, au point de vue des applications, quelques compléments seraient souhaitables.

Dans les applications industrielles, les résultats qualitatifs ne suffisent pas. Lorsqu'on fait ap-

plication des formules, on veut en déduire des résultats numériques précis : températures, pressions, rendement, etc.

Or, il s'en faut de beaucoup, pour un grand nombre de réactions d'équilibre, qu'on en soit arrivé à ce résultat désirable. Les chaleurs de réaction, surtout lorsqu'on les considère dans l'échelle des températures, ne sont pas connues avec une précision suffisante, pas plus que les chaleurs spécifiques dont elles dépendent.

La connaissance exacte des valeurs des chaleurs spécifiques aux températures élevées présente d'ailleurs un gros intérêt pour beaucoup d'autres questions industrielles, telles que les températures de combustion dans les fours, les températures de détonation des explosifs, etc. Nous vivons depuis

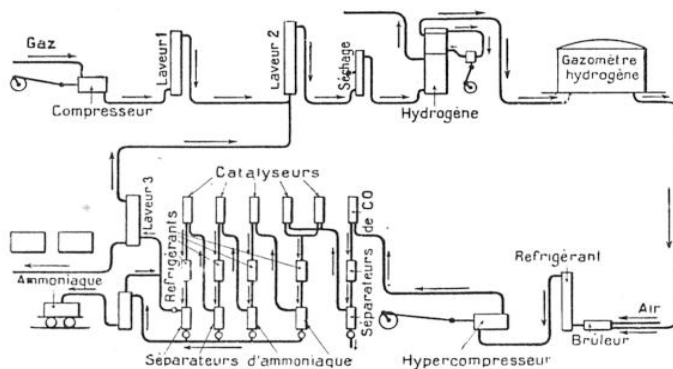


SCHÉMA DE FABRICATION DE L'AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE, A PARTIR DU GAZ DE FOURS A COKE, PAR LE PROCÉDÉ GEORGES CLAUDE

Après débenzolage et purification (élimination de l'anhydride carbonique), le gaz de fours à coke subit une première opération ayant pour but d'éliminer les substances condensables. Les gaz qui restent sont alors un mélange d'hydrogène et d'azote. La proportion voulue d'azote s'obtient plus loin en réglant la quantité d'air fournie au brûleur. Après compression jusqu'à 1.000 atmosphères par l'hypercompresseur, et après élimination de l'oxyde de carbone qu'il pouvait contenir, le mélange définitif est amené aux chambres de contact, où s'opère la synthèse de l'ammoniaque.

plus de trente ans sur des déterminations dont l'exactitude n'apparaît plus comme suffisante. Il y aurait grand intérêt à refaire des expériences sur ce sujet capital.

Les vitesses de réaction

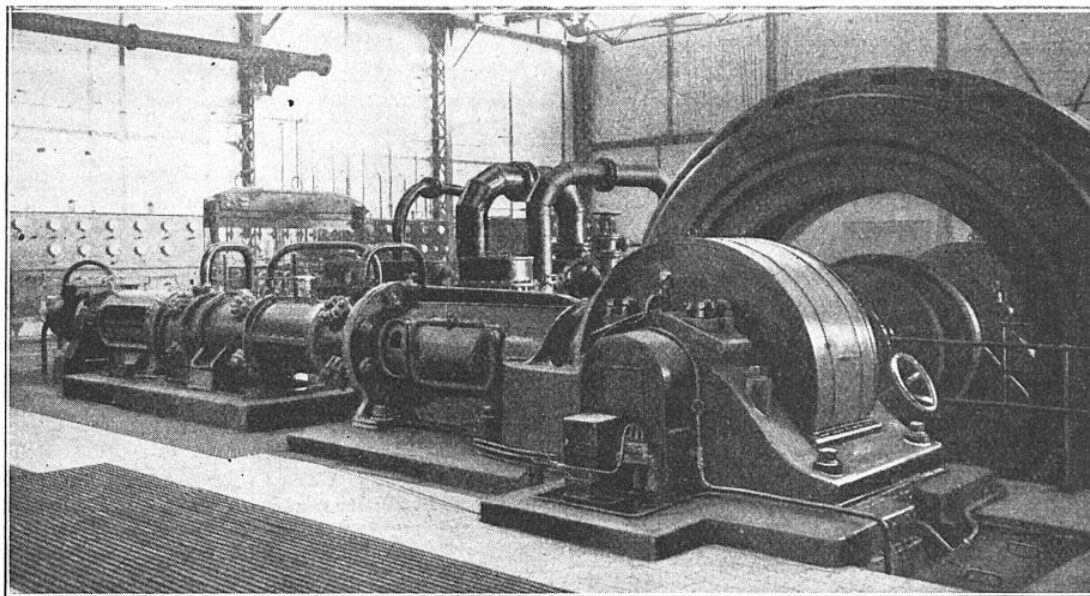
Agir sur la vitesse de réaction et permettre d'atteindre plus vite la limite d'équilibre, c'est gagner du temps. Et gagner du temps, c'est économiser des frais généraux, des salaires, etc.

Or, les données dont on dispose actuelle-

chimiques eut permis à Ostwald de préciser leur rôle et de montrer que, sans action sur les états d'équilibre, ils interviennent essentiellement pour augmenter les vitesses de réaction (1).

Il est urgent de mettre sur pied une bonne théorie de la catalyse ou, tout au moins, une explication raisonnable des modes d'action des catalyseurs.

L'ignorance où nous sommes à ce sujet nous réduit, dans la recherche des catalyseurs, à un empirisme assez grossier. Lors-



HYPERCOMPRESSEUR DE L'USINE DE WAZIERS, COMPRIMANT 3.300 MÈTRES CUBES À L'HEURE DE MÉLANGE D'AZOTE ET D'HYDROGÈNE À 1.000 ATMOSPHÈRES, POUR LA FABRICATION D'AMMONIAQUE SYNTHÉTIQUE PAR LE PROCÉDÉ GEORGES CLAUDE

ment sur les vitesses de réaction sont tout à fait insuffisantes.

L'influence de la pression est à peine connue.

En ce qui concerne la température, nous n'avons jusqu'ici à notre disposition que des formules hypothétiques, qui ne donnent encore qu'une approximation assez grossière.

La question des vitesses de réaction mériterait donc d'être reprise dans son ensemble.

Il en est de même de la théorie des accélérateurs de réaction. Au premier rang de ces derniers, se placent les catalyseurs.

La catalyse

Ces catalyseurs ont été pendant près d'un siècle un simple sujet de curiosité. L'attention a été rappelée sur eux lorsque le développement des théories sur les équilibres

qu'il s'est agi, par exemple, de rechercher un catalyseur convenable, robuste et économique, pour la fabrication de l'ammoniaque synthétique, la Société Badoise a dû étudier près de 10.000 catalyseurs. La mise sur pied des procédés de fabrication des carburants synthétiques a donné lieu à des recherches du même genre. On conçoit aisément l'intérêt considérable qu'il y aurait à remplacer cette expérimentation massive par une recherche méthodique et rationnelle.

Il y a aussi une catégorie de catalyseurs, dont l'étude serait particulièrement intéressante : ce sont les catalyseurs organiques que l'on trouve dans les matières vivantes et qu'on appelle les *diastases*. Ces catalyseurs

(1) Pour la définition des équilibres chimiques, on pourra se reporter à l'article de Marcel Boll. *La Science et la Vie*, n° 140, page 104.

ont ceci de particulier, c'est qu'ils travaillent avec des écarts insignifiants de température et de pression par rapport aux conditions normales. C'est là évidemment pour ces substances une condition nécessaire, puisque des écarts très faibles de température ou de pression suffisent à abolir la vie et, cependant, ces diastases, qui ne disposent que d'énergie à bas potentiel, réussissent un grand nombre de transformations, que nous ne réalisons avec nos catalyseurs ordinaires que grâce à des différences de pression ou de température considérables.

On peut admettre que le travail brutal de nos synthèses à un millier d'atmosphères de pression et à des températures de 500° ne représente vraiment pas l'idéal du progrès. Combien il serait intéressant d'essayer de retrouver le mécanisme de l'action des diastases et d'arriver à faire travailler nos catalyseurs dans des conditions d'une aussi élégante simplicité !

Les réactions photochimiques

Il y a là un compartiment de la chimie qui était, il y a vingt-cinq ans encore, pratiquement limité à l'étude des réactions photographiques. Il a pris depuis quelques années une importance considérable.

L'action des radiations est beaucoup plus fréquente et beaucoup plus importante qu'on ne l'avait supposé jusqu'ici. Depuis quelques années, on a accumulé une quantité immense de documents spectrographiques. On peut espérer dans ce domaine de magnifiques récoltes.

La réaction chlorophyllienne

Pour se rendre compte de l'importance des résultats à attendre dans cette direction, il suffit de considérer par exemple la réaction chlorophyllienne qui est bien un des types les plus nets de la réaction photochimique.

C'est par cette réaction et sous l'influence des radiations solaires que les végétaux fixent le carbone existant dans l'atmosphère et fabriquent les substances carbonées qui figurent dans leur constitution : amidon, cellulose, lignite, sucres, etc.

Or, c'est la combustion des hydrates de carbone végétaux absorbés par les animaux qui est la source unique de l'énergie animale.

Ce sont encore les produits de l'action chlorophyllienne que nous retrouvons dans le bois, et le bois a constitué, pendant de longs siècles, l'unique combustible utilisé par l'humanité.

Et, enfin, comme les réserves de combustibles fossiles auxquelles nous nous sommes

attaqués depuis quelques siècles, houille, lignite, etc., proviennent, elles aussi, de la transformation des végétaux, on peut dire que tout le carbone, utilisé sur notre planète pour obtenir l'énergie thermique, est dû à la réaction chlorophyllienne.

Pénétrer d'une façon plus complète dans le mécanisme d'une réaction qui a une importance aussi formidable, arriver à la contrôler, l'accélérer peut-être, serait sans doute pour l'humanité une source de bénéfices considérables. Ce serait un des moyens, tant cherchés, de dériver à notre profit, et sous une forme chimique aisément utilisable, une fraction un peu plus grande de l'énergie qui nous est envoyée par le Soleil et dont nous n'utilisons pas actuellement la millième partie.

Le problème de la houille

Pendant bien longtemps, la houille a été considérée simplement comme une variété de charbon plus ou moins impure. Tout le monde sait aujourd'hui que c'est une matière extrêmement complexe, formée d'un certain nombre de dérivés du carbone que nous ne connaissons pas. Tout au plus sommes-nous à peu près sûrs que ces corps proviennent de la transformation des tissus végétaux, mais sous des influences inconnues.

On voit clairement maintenant l'importance du problème et aussi ses difficultés.

On l'a attaqué dans toutes sortes de directions : analyse immédiate de la houille par les solvants, examen microscopique, étude des transformations des substances contenues dans le bois par hydrolyse, distillation, etc. On n'est pas encore très avancé.

Il est certain, cependant, que des données un peu précises sur la nature de la houille permettraient d'envisager sous un aspect beaucoup plus rationnel toute une série de questions industrielles comme la carbonisation de la houille, l'utilisation des sous-produits, etc. Et, si l'on retrouvait la filière qui a conduit les végétaux à la houille, il ne paraît pas douteux qu'il en résulterait des lumières nouvelles pour l'étude de la transformation de la houille ou des lignites en carburants liquides.

Nous avons tout à gagner à nous rapprocher des conditions de travail de la nature :

En étudiant la plante et la fleur, nous surprendrons peut-être le secret du parfum et de la couleur. En suivant de près la façon dont l'Hévéa fabrique le latex, nous retrouverons peut-être l'origine du caoutchouc et nous préparerons sa synthèse.

R. ETIENNE.

TANT A L'ÉCHELLE ATOMIQUE QU'A L'ÉCHELLE HUMAINE, LE CHOC EST UN PHÉNOMÈNE FRÉQUENT ET FERTILE EN APPLICATIONS

Par Marcel BOLL

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, DOCTEUR ÈS SCIENCES

Parmi les phénomènes auxquels nous assistons, le choc est certainement l'un des plus fréquents, des plus familiers — et nous paraît, par conséquent, d'une grande simplicité. Une observation, même superficielle, nous oblige cependant à constater que le choc peut prendre deux aspects bien différents, suivant qu'il s'agit, par exemple, d'une bille d'acier qui tombe sur une plaque de même métal ou d'une boule de neige qui heurte un mur. Poussant leurs recherches plus avant, de nombreux savants ont, à la suite de Descartes, étudié les lois qui régissent ce phénomène du choc. Ils ont défini ainsi le choc « élastique » et le choc « mou », qui correspondent aux exemples précités. Bien entendu, dans la pratique on ne rencontre pas de choc parfaitement élastique ou parfaitement mou, mais c'est de l'étude de ces cas théoriques que l'on a pu déduire les lois générales du choc. C'est surtout dans le domaine moléculaire que les savants ont trouvé dans le choc un phénomène fécond, qui a permis d'augmenter le rendement de certaines industries (fabrication de l'ammoniaque, par exemple). Dans le domaine atomique et électronique, le choc a permis d'approfondir la constitution même de la matière. Personne n'ignore aujourd'hui que les rayons X résultent du choc des électrons contre un obstacle. C'est à toutes ces manifestations du choc et à ses applications multiples que M. Marcel Boll nous fait assister dans l'article qu'on va lire.

La mécanique est l'étude du mouvement et de ses modifications, abstraction faite des autres phénomènes qui viennent se greffer sur lui. De tous les problèmes dont elle s'occupe, il n'en est guère de plus familiers et de plus intéressants que le choc. Parfois, le choc est nuisible, voire désastreux : et on songe, tout de suite, aux accidents d'auto, aux déraillements et aux collisions de chemin de fer, au départ des obus et à leur arrivée,... Mais le choc sert aussi dans la pratique, qu'il s'agisse d'enfoncer un clou avec un marteau ou des pilotis avec un mouton, de jouer du piano ou de la grosse caisse ; il intervient, pareillement, dans un certain nombre de jeux, comme le billard, le tennis ou même la boxe. En outre, il présente de l'importance dans la plupart des théories modernes, relatives à la constitution



RENÉ DESCARTES

Philosophe et savant français (1596-1650), qui découvrit la loi générale du choc.

de la matière, aux réactions chimiques, aux électrons et aux radiations. Il nous semble donc opportun de lui consacrer un article à la fois élémentaire et synthétique, où nous insisterons sur ce que les divers chocs présentent de commun, en même temps que nous montrerons par quoi ils diffèrent.

Définition du choc ; la percussion

Le choc associe intimement deux notions usuelles : celle de force et celle de temps ; en d'autres termes, pour qu'il y ait choc, il faut que l'objet considéré soit soumis à une force variable, et même rapidement variable. Il est bien évident que, toutes choses égales d'ailleurs, l'effet du choc sera d'autant plus violent que la force sera plus grande et qu'elle agira pendant plus longtemps.

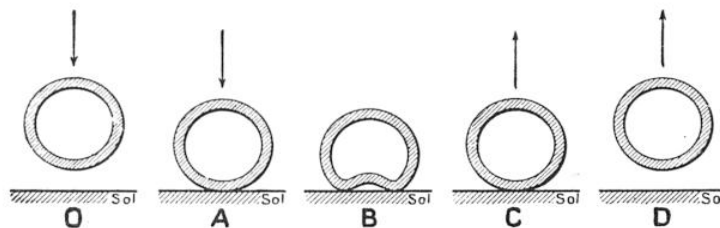
Ces considérations, tant soit peu abstraites,

vont se concrétiser grâce au choix d'un exemple très simple : le rebondissement d'une balle de tennis sur un sol rigide, bois ou bitume par exemple (fig. 1). Cette balle, pesant 100 grammes et d'un diamètre de 7 centimètres, est lâchée à 60 centimètres au-dessus du sol, de telle sorte qu'elle l'atteigne avec une vitesse de 3 mètres par seconde. En *O*, sa partie inférieure est à 3 centimètres du sol ; elle mettra donc $1/100^{\text{e}}$ de seconde pour passer de *O* en *A*. Un centième de seconde plus tard, en *B*, elle parvient au point le plus bas de sa course, en même temps qu'elle subit un écrasement, clairement indiqué sur le dessin. En *C*, elle a pris la même position qu'en *A* ; et en *D*, la même position qu'en *O* ; mais,

mouvement peuvent être enregistrées cinématographiquement.

Il nous est maintenant possible de caractériser la « violence » d'un choc par un nombre : ce nombre n'est autre chose que la surface hachurée de la figure 2, et nous l'appellerons la *percussion* (1). Ainsi, quand on représentera divers chocs par divers graphiques (2), le choc sera d'autant plus violent que les forces exercées seront plus grandes (surfaces plus hautes) et que les durées seront plus longues (surfaces plus larges) : nous retrouvons ce que nous avons dit au début.

Dans le cas de la figure 2, le maximum de la force (en *B*) est égal au poids de 6 kilogrammes ; la force moyenne (entre *A* et



PREMIER EXEMPLE DE CHOC : LE REBONDISSEMENT D'UNE BALLE DE TENNIS SUR UN SOL DUR

FIG. 1

Les diverses apparences sont notées de centième de seconde en centième de seconde ; on remarquera l'écrasement pendant l'instant très court de l'arrêt, c'est-à-dire au moment où la vitesse s'inverse.

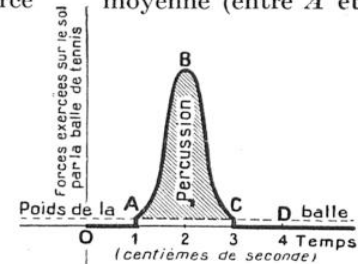


FIG. 2

On représente les forces exercées successivement sur le sol (fig. 1). Ce qui caractérise le choc, c'est la valeur de la surface hachurée, qu'on nomme « percussion ».

dans ces deux derniers cas, la vitesse est maintenant dirigée de bas en haut.

Ceci posé, nous allons traduire ce qui se passe au moyen d'un graphique (fig. 2) : nous porterons horizontalement les temps (de centièmes de seconde en centièmes de seconde) et, verticalement, les forces exercées par la balle de tennis sur le sol (1). En *O* (et aussi en *D*), cette force est nulle ; en *A* (et aussi en *C*), cette force est uniquement due au poids de la balle ; mais, en *B*, la force est maximum. Nous obtenons ainsi la courbe (en traits gras) *O A B C D*. Remarquons, tout de suite qu'à l'instant précis du rebondissement (en *B*), la force provenant du choc est beaucoup plus grande (soixante fois plus grande environ, avec les données numériques employées) que le poids de la balle ; et cela est si vrai que l'écrasement est considérable par rapport à celui (à peine perceptible) qui se produit lorsqu'on dépose doucement la balle sur le sol. Toutes les phases du

C) est sensiblement équivalente au poids de 3 kilogrammes. Il suffit alors de multiplier cette force de 3 kilogrammes par la durée ($2/100^{\text{e}}$ de seconde), pour obtenir la percussion, qu'on exprimera en kilogrammes-secondes : on trouve ici six centièmes de kilogramme-seconde (3).

Comparons, pour fixer les idées, cette percussion à celle d'une balle de fusil Lebel (15 grammes), tirée à bout portant (vitesse au départ : 700 mètres par seconde) : cette dernière percussion égale trente-cinq centièmes de kilogramme-seconde : elle est donc à peine six fois plus forte que celle de la

(1) On dit quelquefois « impulsion », mais ce mot est défini autrement, comme nous le verrons dans la suite.

(2) Tous tracés à la même échelle.

(3) Les nombres indiqués dans le texte ont principalement une valeur démonstrative. Voici des données plus précises : si deux sphères d'acier (de 7 centimètres de diamètre) se rencontrent avec une vitesse de 80 centimètres par seconde, elles restent en contact pendant 2 dix-millièmes de seconde et le diamètre du cercle de contact est 2 millimètres. La force maximum (point *B* de la fig. 2) atteint le poids d'une tonne.

(1) Ce sont aussi, au sens près, les forces exercées sur la balle de tennis par le sol (égalité de la réaction à l'action) ; c'est la réaction qui déforme la balle.

balle de tennis (1). Au contraire, un obus de 75 produit (à bout portant) une percussion trois cents fois plus grande que la balle Lebel, soit près de deux mille fois celle de notre balle de tennis, en supposant que l'obus n'éclate pas (2).

Le pendule balistique

Indiquons, en passant, le principe de l'appareil très simple, qui permet de déterminer directement par l'expérience la valeur d'une percussion ; cet appareil a reçu le nom de *pendule balistique*, car c'est un pendule qui est lancé, par le choc, loin de sa position d'équilibre. Il se compose (fig. 3) d'un récepteur en fonte, rempli de terre et fixé par une tige à un couteau, autour duquel il peut tourner dans un plan vertical.

Le projectile, qui sort d'une bouche à feu, pénètre dans la terre et s'y fixe (fig. 4). En même temps, le pendule se trouve écarté de la verticale et il atteint un écart maximum qu'on mesure aussi exactement que possible, au moyen d'une lecture sur une échelle graduée ou mieux par un graphique d'enregistrement ; il est inutile d'ajouter qu'à peine cet écart atteint, le pendule se met à osciller et qu'il finit par revenir à la position verticale, quand les oscillations sont amorties.

Une théorie mathématique assez simple, sur le détail de laquelle nous ne pouvons entrer ici, montre que la valeur de la percussion dépend de la longueur OE (fig. 4) de l'écart, des dimensions de l'appareil et du poids du récepteur. Ainsi, lorsqu'il s'agit d'une balle Lebel (poids : 15 grammes ; vitesse : 700 mètres par seconde), un pendule pesant 35 kilogrammes et d'une longueur d'environ 1 mètre donnera un écart maximum OE , dont l'ordre de grandeur sera 10 centimètres.

(1) Il n'y a pas lieu de s'en étonner : les effets de la balle Lebel sont dus à ce qu'elle est pointue et que la force s'exerce ainsi sur une surface très petite.

(2) Car il faudrait tenir compte de la percussion supplémentaire provoquée par l'explosion,

Propriété générale des chocs

Tous les chocs, *quels qu'ils soient*, obéissent à une loi, qui s'appelle la loi de la conservation de l'impulsion (1) et qui a été découverte par René Descartes, au milieu du XVII^e siècle.

Pour faire comprendre de quoi il s'agit, nous allons, tout d'abord, nous demander dans quelles circonstances il nous est possible de produire de grandes percussions. La réponse est presque évidente : il faudra lancer, avec une vitesse considérable, un corps très dense et de grand volume. Ainsi :

1^o Un coup de poing sera d'autant plus efficace (ou nuisible) qu'il sera plus violent (influence de la vitesse) ;

2^o Lorsque deux corps de même volume (un bouchon et un poids de 100 grammes en laiton) heurtent le sol avec la même vitesse, le choc est plus violent avec le laiton qu'avec le liège (influence de la densité) ;

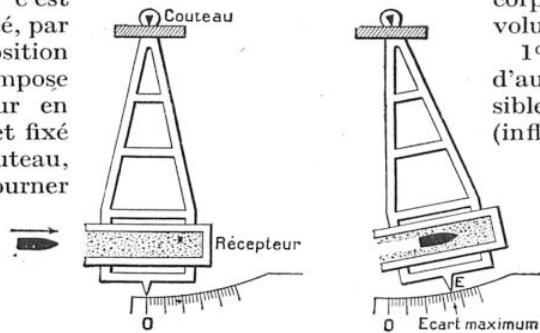
3^o Toutes choses égales d'ailleurs, un marteau produira une percussion d'autant plus forte que la « masse » métallique sera plus grosse (influence du volume).

En résumé, pour prévoir à l'avance la valeur d'une percus-

sion, il faudra faire le triple produit de la vitesse, de la densité et du volume (2) : c'est à ce triple produit qu'on donne le nom d'*impulsion*. Pour fixer les idées par un exemple,

(1) On dit souvent aussi : conservation de la « quantité de mouvement ».

(2) Comme le produit de la densité par le volume n'est autre chose que la *masse* du corps considéré, l'impulsion (ou quantité de mouvement) est le produit de la vitesse du corps par sa masse. Faisons remarquer incidemment que le poids (attraction de la Terre) et la masse (inertie ou résistance au mouvement) sont deux grandeurs différentes : quand on soupèse une bille, c'est son poids qui appuie sur la main ; mais, lorsqu'au moyen d'une chiquenaude, on la lance sur une table lisse, c'est sa masse qui intervient. Ajoutons qu'en un même lieu, les corps très inertes sont en même temps très pesants : c'est pour cela que le gramme, *unité de masse*, est aussi employé comme unité de poids (comme nous l'avons fait nous-mêmes, pour être compréhensibles, dans ce qui précède).



DEUXIÈME EXEMPLE DE CHOC :
LE PENDULE BALISTIQUE

FIG. 3

Un récepteur en fonte et rempli de terre est mobile autour d'un couteau ; il est prêt à recevoir la balle lancée par un fusil (le récepteur est fermé à gauche par une mince feuille de plomb, pour que la terre ne s'écoule pas).

FIG. 4

La balle s'est enfoncée dans la terre du récepteur et le pendule a été dévié. A partir de la mesure de l'écart maximum OE , on peut calculer la percussion de la balle. (Une balle Lebel, au départ, donne un écart OE de 10 centimètres, si la longueur du pendule est 1 mètre, et son poids, 35 kilogrammes.)

déjà rencontré plus haut (fig. 3), la balle de fusil (15 g.), qui arrive avec une vitesse de 700 mètres par seconde, possède une impulsion de 10.500 grammètres par seconde.

Et voici maintenant la loi énoncée par Descartes, il y a trois siècles : deux corps quelconques, avant de se rencontrer, possèdent chacun une impulsion ; on fait la somme de ces impulsions. Après le choc, chaque corps possède une nouvelle impulsion, et on fait la somme de ces nouvelles impulsions. On constate alors que la somme des nouvelles impulsions est égale à la somme des anciennes impulsions : c'est en cela que consiste « la conservation de l'impulsion » totale.

Nous allons trouver des applications de cette loi fondamentale dans tous les chocs possibles, qui se classent tous entre ces deux extrêmes : le choc élastique et le choc mou.

Le choc élastique

Pour nous servir du langage habituel, nous dirons qu'il y a « choc élastique », lorsque le mouvement reste mouvement, sans qu'il apparaisse aucun autre phénomène (1). Si nous voulons préciser davantage, nous devons dépasser le point de vue de Descartes, qui, à cette époque si lointaine, fut fort excusable de se tromper dans ses déductions, comme le savant allemand Leibniz fut le premier à le soupçonner.

Il y a là une distinction quelque peu subtile — mais indispensable — à établir. Nous avons dit que l'impulsion (produit de la masse par la vitesse) représente, pour ainsi dire, la valeur de la percussion qui va se réaliser (fig. 3 et fig. 4), et c'est incontestable. Mais nous n'avons pas laissé entendre que

(1) Sans qu'il apparaisse de chaleur, de ruptures, d'électrisation, etc.

l'impulsion pourrait servir de mesure à la valeur du mouvement, et c'était là l'erreur de Descartes ; la raison en est fort simple : l'impulsion se conserve même lorsque le mouvement disparaît au profit d'autres phénomènes (1). La valeur d'un mouvement dépend aussi de la masse du projectile et de sa vitesse ; tout comme l'impulsion, cette valeur ne dépend que de cette masse et de cette vitesse ; mais il faut maintenant multiplier la moitié de la masse par le carré de la

vitesse. Idée qui peut sembler bizarre au premier abord, mais qui n'en est pas moins confirmée par l'ensemble des faits connus.

De même qu'au lieu de « valeur d'une percussion », nous employons le mot *impulsion*, de même, au lieu de « valeur d'un mouvement », nous utiliserons l'expression *énergie cinétique* (2). Dans l'exemple choisi de la balle de fusil (masse : 15 grammes ; vitesse : 700 mètres par seconde), nous

calculerons son énergie cinétique en multipliant la moitié de sa masse (7,5) par le carré de sa vitesse ($700 \times 700 = 490.000$), ce qui nous donne à peu près 3.700.000 unités d'énergie cinétique (3).

On voit donc que, parmi tous les chocs possibles (pour lesquels l'impulsion se conserve), les chocs élastiques sont, en outre,

(1) Dégagement de chaleur, ruptures, électrisation, etc.

(2) Au lieu de cette expression, on a souvent employé les mots « force vive ».

(3) Sans pouvoir insister sur le calcul, nous nous contenterons de convertir cette énergie cinétique en watts-heure (voir notre article sur « les unités » dans le n° 141 de *La Science et la Vie*, p. 195) : on trouve un peu plus d'un watt-heure. Rappelons que 100 watts-heure d'énergie électrique sont tarifés entre 15 et 20 centimes (circuits d'éclairage privé),

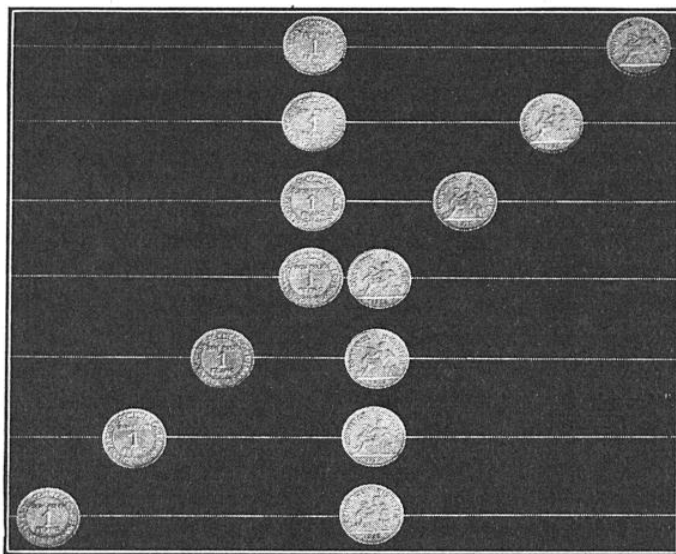


FIG. 5. — EXPÉRIENCE DE CHOC EXÉCUTÉE AVEC DEUX PIÈCES DE UN FRANC

Les deux pièces étant placées sur une table bien polie et bien horizontale, on lance la pièce de droite (vue par la face pile) contre celle de gauche (vue par la face face), primitivement immobile. La figure donne les positions successives des deux pièces, comme si chaque ligne faisait partie d'un film cinématographique.

caractérisés par la conservation de l'énergie cinétique : cette double conservation suffit à déterminer complètement le problème, c'est-à-dire les deux vitesses après le choc.

En particulier, on démontre sans peine que l'augmentation de vitesse de l'un des corps

que le tireur doit s'arranger, par des contractions convenables, pour absorber l'énergie cinétique de son fusil. L'énergie de recul des canons est absorbée par des freins ; le recul du canon de 75 est un peu supérieur à un mètre.

Considérons, maintenant, un obus explosif

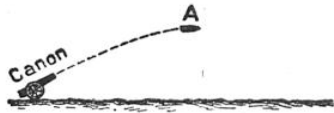


FIG. 6

Le canon lance l'obus, qui parvient en A.



FIG. 7

Si l'obus n'éclate pas, il frappe le sol en B.

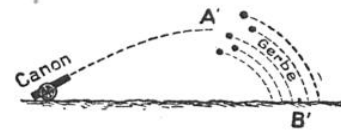


FIG. 8

Si l'obus éclate en A', les fragments décrivent des trajectoires parallèles, et le centre de gravité de l'ensemble passe par le point B' qui se confond avec B.

est égale à la diminution de vitesse de l'autre corps. Il est facile d'illustrer ce résultat au moyen d'une expérience sur deux pièces de 1 franc (fig. 5) : on place sur une table lisse une pièce (celle qui est vue par sa face pile) et on lance contre elle la seconde pièce (celle qui est vue par sa face face) ; faites cette expérience et, si vous ne l'avez jamais réalisée, vous serez fort étonné de constater qu'à l'instant du choc, la pièce de droite s'arrête brusquement et que la pièce de gauche part immédiatement avec la même vitesse : la perte de vitesse de la première est bien égale au gain de vitesse de la seconde.

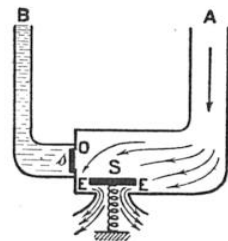
Nous emprunterons deux autres exemples au fonctionnement des armes à feu. Avant qu'on tire un coup de fusil (1), l'arme et la balle sont en repos ; l'impulsion totale est donc nulle. Par suite de l'explosion, la balle Lebel acquiert une impulsion que nous avons calculée et qui vaut 10.500 grammètres par seconde. C'est aussi l'impulsion qu'acquerra en sens inverse le fusil tout entier ; et, comme il pèse 4.200 grammes, on obtiendra la vitesse du recul en divisant 10.500 par 4.200, ce qui donne 2 mètres et demi par seconde ; chacun sait

A (obus shrapnell) lancé par un canon (fig. 6) ; si cet obus n'éclatait pas dans l'air, il frapperait le sol en B (fig. 7) ; mais, s'il éclate en A', les fragments constituent une gerbe et décrivent des trajectoires parallèles (fig. 8), de telle sorte que le centre de gravité de l'ensemble vient passer par le point B', qui se confond avec le point B de la figure 7. On voit par là que le choc, dû à l'explosion en A', ne modifie pas le mouvement du centre de gravité de l'obus (1).

Les fluides — gaz et liquides — peuvent aussi produire des chocs, dont les effets mécaniques sont importants. Tout le monde connaît — tout au moins par ouï dire — les dégâts qui accompagnent les explosions de gaz d'éclairage ; c'est aussi par le choc des gaz que sont propulsés les projectiles dans l'âme des armes à feu. De même, lorsqu'un liquide est en mouvement dans une conduite et qu'on ferme brusquement un robinet placé sur la conduite, le liquide est arrêté en un temps très court, et le choc est assez brutal pour ébranler la conduite : il se produit un coup de bélier.

C'est sur le même principe que repose le *bélier hydraulique*, imaginé en 1796 par

(1) Ce résultat n'est rigoureux que si on néglige la résistance de l'air.



LE BÉLIER HYDRAULIQUE EST UNE APPLICATION DU CHOC

FIG. 9

L'eau s'écoule par l'étranglement E E, et la soupape s est fermée. La vitesse d'écoulement augmentant, la soupape S se trouve collée contre la paroi.

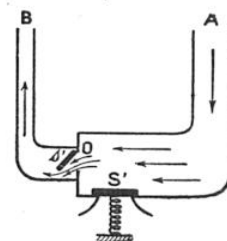


FIG. 10

La soupape S' s'étant collée contre la paroi, il en résulte un choc (coup de bélier), qui ouvre brusquement S', et une partie de l'eau monte en B à une hauteur supérieure à celle dont elle était descendue en A.

Montgolfier pour obliger une portion d'une masse liquide à remonter à une hauteur supérieure à la hauteur de chute. Les figures 9 et 10 le représentent schématiquement. L'eau arrive par *A* et s'écoule par l'étranglement *EE*, commandé par une soupape *S*, laquelle est équilibrée par un ressort et peut effectuer une translation le long de la verticale ; la soupape *s* peut tourner autour de l'axe *O* ; mais, au début (fig. 9), elle est fermée par suite de la pression exercée par le liquide qui se trouve en *B*. La vitesse d'écoulement en *E* augmente peu à peu, la pression dans l'étranglement diminue, et la soupape se colle en *S'* (fig. 10) ; l'autre soupape s'ouvre brusquement suivant *s'* (coup de bélier) et l'eau est projetée en *B*. Depuis plus d'un siècle, le bélier hydraulique a été perfectionné dans diverses directions ; il a été

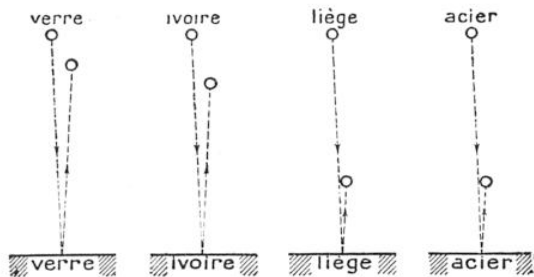


FIG. 11. — LE REBONDISSEMENT DES BILLES DE DIVERSES SUBSTANCES

Le verre rebondit plus haut que l'ivoire, qui, lui-même, rebondit plus haut que le liège ou l'acier. La faible hauteur de rebondissement, dans ce dernier cas, est imputable à des phénomènes magnétiques. (On a fait abstraction de la résistance de l'air.)

appliqué à l'épuisement des fouilles, et il a servi notamment comme compresseur d'air pour le tunnel du Mont Cenis.

Le choc mou

Le « choc mou » est, si l'on peut dire, l'opposé du choc élastique : tandis que, dans ce dernier, le mouvement se conservait intégralement, au contraire, le choc mou est défini par ce fait que *les deux projectiles restent réunis après leur rencontre*. Après un choc mou, la somme des énergies cinétiques est plus petite qu'avant le choc ; on peut dire que le choc est « parfaitement mou », lorsque les énergies cinétiques s'annulent : tous les corps se retrouvent au repos. Pour prendre un exemple familier, ce sera le cas d'une boule de neige qu'on lance violemment contre un mur et qui s'y écrase.

D'une manière plus générale, on peut

dire que le choc mou (1) est caractérisé par une perte d'énergie cinétique. On le constate facilement en faisant rebondir des billes de diverses substances sur des tables de même matière : la hauteur de rebondissement

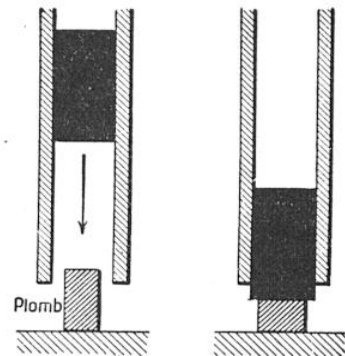


FIG. 12 ET 13
UN EXEMPLE DE CHOC MOU :
L'ÉCRASEMENT DU PLOMB

est, dans tous les cas, inférieure à la hauteur de chute (fig. 11). Comme l'énergie totale reste invariable, il est nécessaire qu'il apparaisse d'autres formes de l'énergie : dans ces expériences de rebondissement, il y a dégagement de chaleur au moment des déformations temporaires de la bille et de la table. Le dégagement de chaleur est un *phénomène constant* : souvent il est consécutif à des déformations permanentes, à des ruptures,.... Citons quelques exemples.

Le savant français G.-A. Hirn (1815-1890) a étudié la *déformation permanente* du plomb par le choc d'une lourde masse métallique (fig. 12) : la chute de cette masse est guidée par deux montants ou « jumelles » ; on remarque que le plomb s'écrase tout en conservant le même volume, ainsi que l'indique la figure 13 ; il est facile alors de constater

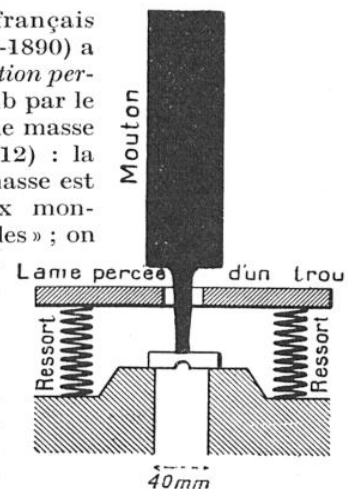


FIG. 14. — LE CHOC DONNE UNE MESURE DE LA FRAGILITÉ

Le mouton, en tombant, commence par briser le barreau entaillé, puis comprime les deux ressorts ; l'énergie employée pour la rupture se calcule comme étant la différence entre l'énergie cinétique à l'arrivée et l'énergie communiquée aux ressorts.

(1) Et non plus seulement le choc parfaitement mou. Rigoureusement parlant, il n'y a pas plus de chocs parfaitement mous que de chocs élastiques : les premiers conservent un reliquat négligeable d'énergie cinétique, les seconds subissent une perte négligeable d'énergie cinétique.

que le plomb s'est échauffé (1). On retrouve un principe analogue dans le marteau du forgeron, ainsi que dans les marteaux-pilons, employés dans les ateliers métallurgiques « de grosse forge » et dont le poids peut atteindre plusieurs centaines de tonnes.

Au lieu de provoquer des déformations permanentes, les expériences de choc peuvent être disposées de telle sorte qu'on détermine des ruptures. C'est ce qui se passe dans les appareils qui servent à mesurer la fragilité des matériaux, c'est-à-dire leur résistance au choc (fig. 14) : l'appareil se compose d'un mouton pesant par exemple 12 kilogrammes, terminé par une surface plane et prolongé par un long couteau. En tombant de 4 mètres (la chute étant guidée), il acquiert une énergie cinétique de treize centièmes de watt-heure ; cette énergie commence par briser le barreau qu'on étudie, et le surplus comprime, immédiatement après, les deux ressorts d'une quantité qu'on mesure, ce qui permet de calculer le nombre de watts-heure employés à la rupture. C'est par une opération semblable qu'on « bat » les pieux dans les constructions à pilotis : au moyen d'une « sonnette » à main ou à vapeur, le mouton (fig. 15) est soulevé entre deux jumelles, puis on le laisse retomber : l'énergie cinétique qu'il possède au bas de sa course est employée à forer le sol à l'extrémité du pieu.

Marteau, piano, billard

L'enfoncement des pieux se retrouve dans la vie quotidienne sous une forme à peine différente : tout

(1) On peut, par cette expérience, calculer que la disparition d'un watt-heure d'énergie cinétique provoque la production d'une énergie calorifique égale à 860 petites calories.

le monde s'est servi d'un marteau, mais y a-t-il une personne sur mille qui sache à peu près ce qui se passe pendant son fonctionnement ? Pourquoi le marteau a-t-il un manche ? Pourquoi l'envoie-t-on violemment sur la tête du clou ? Pourquoi n'obtient-on aucun résultat en déposant doucement la « masse » du marteau sur la tête du clou ? Telles sont les questions auxquelles nous allons brièvement répondre.

Il est bien évident que, si l'on maintenait le poignet rigide, le manche ne servirait à rien : autant vaudrait saisir la masse à poignée... Mais la main subit une rotation autour de l'articulation du poignet, et la vitesse de la masse est facilement cinq fois plus grande que la vitesse prise par la paume de la main (en admettant que le bras reste immobile) : le manche sert donc à com-

muniquer de grandes vitesses à la masse. C'est là un point bien facile à comprendre ; ce qui suit l'est un peu moins. Jetons les yeux sur les figures 16 et 17, qui montreront la différence entre une percussion et une simple pression statique. Supposons que la « masse » pèse 500 grammes et qu'en frappant le clou, elle soit animée d'une vitesse de 10 mètres par seconde ; en nous reportant à ce qui précède, son énergie cinétique est 7 millièmes de watt-heure. Si, à ce coup de marteau, le clou s'enfonce de 5 millimètres (fig. 16), on calcule que la résistance du bois

est équivalente au poids de 500 kilogrammes (1), c'est-à-dire à 1.000 fois le poids du marteau. Quoi d'étonnant à ce qu'il ne se produise rien quand on pose douce-

(1) En supposant que la pointe du clou ait un demi-millimètre de diamètre, on trouve que la pression de cette pointe sur le bois, au moment du choc, dépasse cent mille atmosphères !

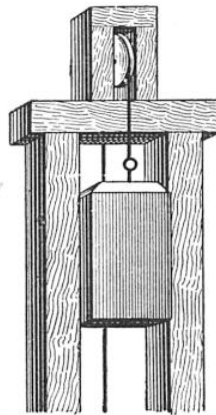
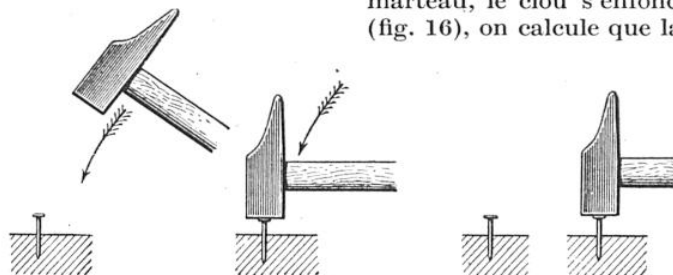


FIG. 15. — MOUTON POUR « BATTRE » LES PIEUX

Le mouton est soulevé par une « sonnette » (à main ou à vapeur) et on le laisse retomber brusquement : l'énergie cinétique acquise au moment du choc sert à enfoncer le pieu dans le sol.



DIFFÉRENCE ENTRE UNE PERCUSSION ET UNE PRESSION STATIQUE

FIG. 16

On se sert du marteau de la façon habituelle : il pèse par exemple 500 grammes, sa vitesse au moment du choc est de 10 mètres par seconde et le clou s'enfonce de 5 millimètres. Le calcul montre qu'en s'enfonçant, il vainc une force de résistance égale à 500 kilogrammes.

FIG. 17

Si l'on pose doucement le marteau (pesant 500 grammes) sur la tête du clou, celui-ci pourra tout au plus s'enfoncer de 5 millièmes de mm.

ment (fig. 17) le marteau sur le clou ?

Signalons, en passant, que le « marteau » — marteau en bois garni de feutre — est une pièce essentielle des pianos : le choc contre la corde fait vibrer cette dernière, et, lorsque le son est complètement amorti, toute l'énergie cinétique, primitivement communiquée au marteau, est finalement transformée en chaleur.

Mentionnons, enfin, le cas du billard, dont la théorie est complexe et qui exigerait, à lui seul tout un article de vulgarisation. La « queue », garnie de cuir (le « procédé ») à son extrémité (le cuir est enduit de « blanc »), communique à la bille d'ivoire une vitesse généralement égale à 5 mètres par seconde. Même en se plaçant dans le cas le plus simple, où on lance la bille *sans effet*, la bille ne repart pas symétriquement après avoir heurté la bande (1) : par exemple (fig. 18), si la trajectoire initiale fait avec la bande un angle de 45° , la trajectoire finale (après le choc) fait avec celle-ci un angle d'environ 30° .

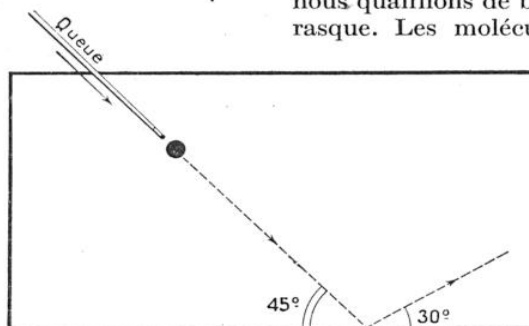


FIG. 18. — LE CHOC DANS LE BILLARD

Même lorsque la bille est lancée « sans effet », la bille qui frappe la bande ne repart pas symétriquement (sauf naturellement quand la trajectoire est perpendiculaire à la bande) : ainsi, à un angle de 45° , correspond, après le choc, un angle d'environ 30° . Ce résultat provient de ce que le choc de la bille contre la bande n'est pas parfaitement élastique.

Les chocs entre molécules

Nous en avons terminé avec les chocs à l'échelle humaine. Pascal situait l'homme entre deux infinis ; ces deux infinis, la science les a mesurés. Nous ne ferons que citer les chocs dans « l'infiniment grand », disons de préférence : à l'échelle astronomique. Il apparaît dans le ciel trois ou quatre étoiles nouvelles (ou « novæ ») tous les dix ans ; et il semble bien qu'il faille faire intervenir, pour les expliquer, soit le choc de deux étoiles, soit le choc d'une étoile et d'une nébuleuse.

Les chocs dans « l'infiniment petit », c'est-à-dire à l'échelle atomique, retiendront davantage notre attention, car nous rejoignons là les théories les plus modernes sur la matière et le rayonnement.

Nous nous occuperons, tout d'abord, des gaz, car ceux-ci constituent l'échantillon de matière le plus simple que nous ayons à notre disposition, puisqu'ils sont constitués par

(1) Ce ne serait le cas que si le choc était parfaitement élastique.

des molécules assez éloignées les unes des autres pour que leur interaction soit considérée comme négligeable. Les notions que nous avons acquises au début de cette étude vont nous servir à préciser *en quoi consiste* la pression d'un gaz et la température d'un gaz.

Le grouillement des molécules de l'air, chacune pour son propre compte, n'a rien de commun avec le déplacement d'ensemble, tout d'un bloc — avec la vitesse infime de cinq, dix ou vingt mètres par seconde, — que nous qualifions de brise, de vent ou de bourrasque. Les molécules se déplacent, même

dans l'air le plus calme, avec la vitesse d'une balle de fusil au départ (fig. 3), et elles parcourraient, pendant chaque seconde, un trajet rectiligne de 500 mètres, si elles ne heurtaient pas les molécules voisines ; mais ces dernières sont si nombreuses qu'au bout d'une seconde, chacune d'elles aura changé 5.000.000.000 de fois de direction, chacune aura effectué 5.000.000.000 de zig-zags. On peut, d'ail-

leurs, calculer que, dans les conditions habituelles, l'« encombrement » des molécules est une fraction infime du volume total du gaz : dans un centimètre cube d'air, l'ensemble de ces volumes n'atteint pas un demi-millimètre cube ; il y a deux mille fois plus de « vide » que de « plein ».

Il arrive parfois que certaines de ces molécules viennent heurter la surface des corps solides : murs, planchers, plafonds, objets divers, êtres vivants ; c'est cet ensemble de chocs qui constitue la « pression atmosphérique ». On peut facilement connaître l'impulsion d'une de ces molécules, puisque sa vitesse est 500 mètres par seconde et que sa masse est telle qu'il y en a deux milliards dans un milliardième de milligramme : le produit de ces deux grandeurs nous fournit, comme nous l'avons vu, l'impulsion d'une seule et unique molécule. Ce qui permet de déterminer le nombre des molécules qui, toutes les secondes, rencontrent une surface quelconque, par exemple d'un centimètre carré. La pression d'un gaz se présente ainsi comme la somme des impulsions des molécules qui heurtent une paroi donnée.

De plus, ces chocs sont élastiques : en d'autres termes, lorsqu'un gaz est abandonné à lui-même, l'énergie cinétique des molécules (produit de la moitié de leur masse par le carré de leur vitesse, ainsi qu'il est dit plus haut) reste invariable. On peut, d'ailleurs, accroître artificiellement cette énergie cinétique : c'est ce qui se passe quand on chauffe le gaz. C'est donc l'énergie cinétique des molécules qui constitue, à l'échelle atomique, ce que nous mesurons sous le nom de *température*.

Ces notions théoriques ont reçu de multiples applications ; je me bornerai à signaler ici deux exemples empruntés à la chimie de l'azote (1), c'est-à-dire à la synthèse des nitrates et des sels ammoniacaux, qui ont pris un développement industriel considérable comme engrais artificiel.

1° On peut combiner, dans l'arc électrique, l'azote et l'oxygène : c'est le procédé Birkeland. Si, dans un même appareil, on doublait la pression des gaz mis en contact, les chocs moléculaires seraient deux fois plus nombreux ; et la masse finale d'acide nitrique obtenu doublerait (2). Étant donné l'exiguïté du résultat atteint par cette augmentation de pression, étant donné aussi les grosses difficultés de réalisation, on préfère, tout simplement, doubler le nombre d'appareils en fonctionnement ;

2° Il n'en est plus de même pour la synthèse de l'ammoniaque à partir de l'hydrogène et de l'azote (procédé Le Rossignol-Haber, modifié par G. Claude). Lorsqu'on double la pression (en maintenant invariables toutes les autres conditions de l'opération), l'étude de la réaction chimique montre qu'on obtient huit fois plus d'ammoniaque ; le rendement est donc quadruplé. Et ceci suffit pour qu'on conçoive l'importance des « hyperpressions », c'est-à-dire la réalisation de chocs moléculaires extrêmement fréquents.

Inversement, les très faibles pressions, qui règnent dans les vides moléculaires, nous présentent des « individus chimiques » qui seraient instables dans les conditions habituelles.

Il n'est pas inutile de signaler que les chocs

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, p. 197-198.

(2) Notons que, par suite, le « rendement » ne varie pas.

moléculaires ne sont pas tous élastiques ; les physiciens anglais Klein et Rosseland ont montré l'existence de *chocs mous*, dans lesquels il y a, nous le savons, perte d'énergie cinétique ; l'énergie se retrouve sous forme de radiations, et ce sont là des études d'un intérêt primordial pour notre connaissance des rapports entre la matière et le rayonnement.

Les chocs dans le monde des électrons

Nous devons, pour finir, descendre dans cet univers sous-atomique, peuplé d'électrons, sans perdre de vue que l'électron — corpuscule d'électricité — est à l'atome — ultime particule de matière — ce qu'est la Terre au système solaire.

Nos lecteurs sont trop instruits de l'effroyable complexité de la science actuelle pour en être à un étonnement près : *l'éclairage électrique est une question de chocs*. Je me contenterai de rappeler ici (1) que les filaments métalliques deviennent incandescents, parce que le réseau communiqué aux électrons du tungstène une énergie cinétique supplémentaire ; les électrons heurtent plus violemment les atomes du filament,

ceux-ci effectuent des oscillations de plus grande amplitude, et c'est précisément cet accroissement d'amplitude que nous appelons une élévation de température.

La production des rayons X est aussi une question de chocs. J'ai eu l'occasion d'en dire quelques mots, récemment (2). Retenons, pour l'instant, qu'il y a émission de rayons X toutes les fois que les électrons très rapides (60.000 kilomètres par seconde, par exemple) sont brutalement arrêtés par un obstacle de tungstène ou de platine.

C'est aussi par le choc des particules alpha contre les atomes d'azote ou d'aluminium, que le physicien anglais Ernest Rutherford a réalisé leur *transmutation* en hydrogène.

Deux expériences très récentes et en quelque sorte symétriques sont en train de révolutionner de fond en comble nos conceptions sur la matière et le rayonnement :

1° Le physicien américain A. H. Compton, en 1923, a bombardé des électrons par des

(1) Voir notre article « Qu'est-ce que l'électricité ? » dans le n° 118 de *La Science et la Vie*, p. 294.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 146, page 111.

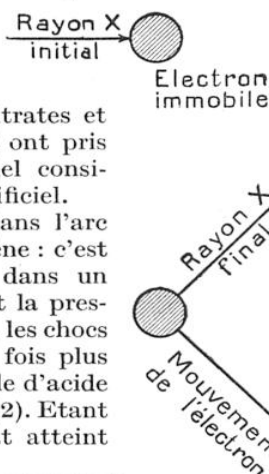


FIG. 19. — LE CHOC A PROUVÉ QUE LE RAYONNEMENT POSSÈDE UNE STRUCTURE CORPUSCULAIRE
A.-H. Compton, en 1923, a montré que le choc entre un rayon X et un électron est identique au choc élastique entre deux billes de verre.

rayons X (fig. 19, haut) et il a constaté que, non seulement l'électron est projeté sur le côté (fig. 19, bas), mais que le rayon X est lui-même dévié, en diminuant de fréquence (comme une lumière bleue qui deviendrait verte.) Cet « effet Compton » est *complètement incompréhensible* dans les idées classiques ; tout s'éclaire, au contraire, dès qu'on suppose que le choc est parfaitement élastique, c'est-à-dire quand on admet qu'il y a conservation de l'impulsion et de l'énergie cinétique. Force nous est donc d'attribuer, une masse aux radiations : le rayonnement a donc, comme la matière, une structure corpusculaire, et on a donné le nom de « photons » aux corpuscules de rayonnement.

2^o L'expérience, en quelque sorte symétrique, nous vient, elle aussi, des Etats-Unis (Davisson et Germer, 1927). Ces deux savants bombardent un cristal de nickel par des électrons (fig. 20) et ils recherchent comment ceux-ci se réfléchissent ; notre figure donne une idée de la répartition de ces électrons après le choc. Eh bien ! cette répartition est identique à celle qu'on obtient quand, au lieu d'électrons, on envoie

des rayons X sur le nickel. Comme les expériences les plus sûres ont prouvé que les rayons X comportent des ondes, il s'ensuit que la matière a donc, comme le rayonnement, une structure ondulatoire.

Tout, autour de nous, est matière et rayonnement, mais le choc nous a montré que ces deux moitiés de l'univers comportent l'une et l'autre et des grains, et des ondes.

Coup d'œil d'ensemble

Il est commode de classer les phénomènes du monde extérieur en trois catégories, en trois « échelles » :

1^o L'échelle *astronomique*, où les distances s'expriment en milliards de milliards de kilomètres ;

2^o L'échelle *humaine*, c'est-à-dire l'échelle des êtres et des objets dont la taille est de l'ordre de grandeur du mètre (si l'on veut : entre le millimètre et le kilomètre) ;

3^o L'échelle *atomique*, pour laquelle les

dimensions courantes sont du milliardième de millimètre.

Si nous passons en revue, les principaux phénomènes auxquels cet article a fait allusion, nous remarquons que le choc est tout à fait exceptionnel à l'échelle astronomique : les corps célestes sont fort éloignés les uns des autres, leurs vitesses ne sont pas très considérables..., mais les chocs, si rares soient-ils, interviennent pour nous faire comprendre les nouvelles étoiles brillantes qui apparaissent parfois brusquement à nos yeux.

A l'échelle humaine, le choc a une « mauvaise presse », car s'il intervient, sans que nous y prenions garde, dans plusieurs actions courantes, dont nous avons suffisamment parlé, il évoque plutôt, dans nos esprits, les idées d'accidents d'auto ou de catastrophes de chemin de fer.

Enfin, à l'échelle atomique (et sous-atomique), le choc nous fournit une image de la pression des gaz, et cette connaissance précise des grandes pressions a déjà provoqué de nombreuses applications chimiques ; inversement, l'étude des gaz ultrararéfiés nous présentera des

molécules inusitées, car, ne recevant, pour ainsi dire, jamais de choc de ses voisines, elles acquerront une stabilité qui ne se réalise pas dans d'autres conditions. Ajoutons que, sans le choc, nous ne saurions pas produire de rayons X ; nous ne saurions pas non plus transformer de l'azote ou de l'aluminium en hydrogène, comme Rutherford l'a découvert en 1919, en envoyant des parcelles d'hélium, lancées à raison de 20.000 km par seconde (1).

N'est-il pas merveilleux qu'un phénomène aussi ancien, aussi familier que le choc, ait aujourd'hui des conséquences théoriques aussi extraordinaires, ce qui nous promet des applications insoupçonnables ? Et combien de personnes se doutent-elles de tout cela quand elles enfoncent un clou ou qu'elles applaudissent à la scène d'un acteur qui leur a plu ?

MARCEL BOLL.

(1) Voir notre article sur « La physique anglaise », dans *La Science et la Vie*, mai 1929, page 366.

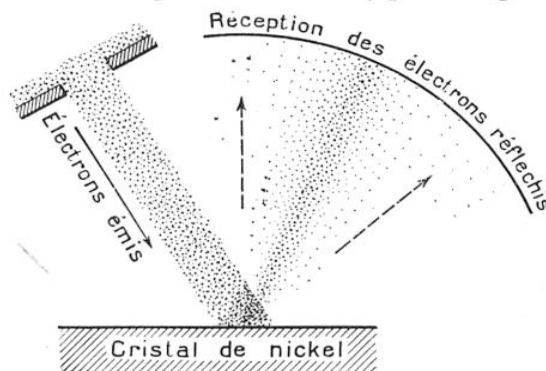


FIG. 20. - LE CHOC A PROUVÉ QUE LA MATIÈRE POSSÈDE UNE STRUCTURE ONDULATOIRE

En 1927, Davisson et Germer ont montré qu'en se réfléchissant sur un cristal de nickel, les électrons se répartissent rigoureusement comme si, au lieu d'électrons, on envoyait sur le nickel un faisceau de rayons X.

QUE SAVONS-NOUS SUR L'ORIGINE ET L'ENTRETIEN DE LA CHALEUR SOLAIRE ?

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Il n'est personne pour contester que notre monde vit de l'énergie rayonnée par le Soleil. D'où vient cette énergie ? Comment est-elle entretenue ? Questions auxquelles les savants de tous les temps ont cherché à répondre par de nombreuses hypothèses. Théories physiques et chimiques, radioactivité se sont révélées impuissantes pour expliquer l'entretien de la chaleur solaire. Les explications astronomiques, pluies de météores et d'astéroïdes sur la surface de l'astre, contraction progressive du Soleil ont dû être également rejetées. Dans l'article ci-dessous, M. Houllévigue nous montre pourquoi ces hypothèses n'ont pu être admises et comment on conçoit aujourd'hui l'entretien de la chaleur par l'énergie intra-atomique développée au cours de la transformation des atomes légers en atomes lourds.

Nous serions de grands ingrats si, dans cette revue consacrée à l'exaltation de la science et de la vie, nous ne faisons pas une place au problème solaire. Notre monde vit de l'énergie rayonnée par le grand luminaire. Quelle est cette énergie ? Quelles sources l'entretiennent ? A quel rythme doit-elle se dissiper ? Autant de questions sur lesquelles la science moderne apporte d'utiles clartés et permet de raisonnables prévisions.

La température et le rayonnement solaires.

Comme tous les problèmes que la nature nous pose, on ne peut aborder celui-là qu'en le simplifiant. Notons d'abord que tous les savants sont d'accord pour admettre que le Soleil est, dans son ensemble, à l'état gazeux ; la densité moyenne de l'astre (1,39), supérieure à celle de l'eau, nous prouve seulement que, dans les régions intérieures la gravité comprime ces gaz à des pressions formidables, qui atteignent, au centre, un milliard d'atmosphères, mais il est infiniment probable que leur température

élevée leur interdit toute liquéfaction et, à plus forte raison, la solidification.

Les régions extérieures de l'astre, les seules qu'atteigne notre observation, peuvent être décomposées, comme le représente la figure 1, en un certain nombre de couches superposées,

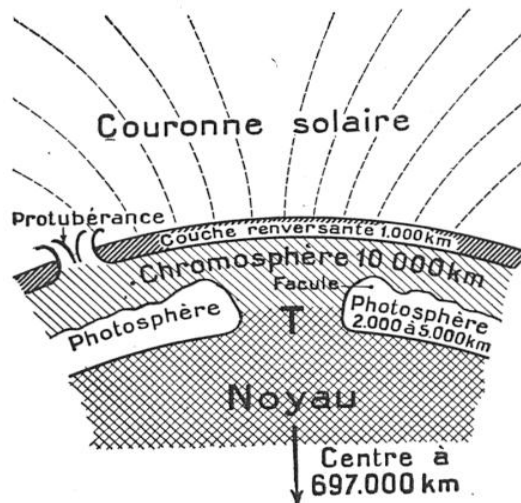


FIG. 1. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DE RÉGIONS EXTÉRIEURES DU SOLEIL

dont une agitation incessante modifie constamment l'épaisseur et les limites : à l'intérieur et jusqu'au centre, éloigné de 697.000 kilomètres, plus de cent rayons terrestres, une masse relativement obscure dont les conditions sont inconnues, mais dont la température serait comprise, d'après les calculs récents de M. Véronnet, entre 8.000 degrés à la périphérie et 17.000 au centre. Ce gigantesque noyau se recouvre d'un épiderme éblouissant, la **photosphère**, épais de quelques milliers de

kilomètres et qui se déchire, par places, dans les taches *T*, pour laisser entrevoir le sombre abîme qu'il habille d'une robe de lumière. C'est la photosphère que nous voyons et qui nous paraît limiter les contours du Soleil, mais elle s'entoure elle-même de couches successives : la **chromosphère**, épaisse

de quelque 10.000 kilomètres, formée de gaz encore incandescents, mais déjà raréfiés, où domine l'hydrogène et que parcourent des nuages de vapeur de calcium ; la *couche renversante*, plus froide, qui n'a guère plus d'un millier de kilomètres d'épaisseur, ainsi nommée parce qu'elle transforme en raies noires les raies brillantes du spectre solaire ; enfin, la *couronne*, atmosphère froide et extrêmement raréfiée qui n'est visible que pendant les éclipses totales (fig. 2).

Parmi toutes les couches superposées, celle qui compte le plus, et de beaucoup, au point de vue rayonnement, est la photosphère ; ce sont ses radiations, filtrées par les couches supérieures et par l'atmosphère terrestre, qui viennent vivifier notre planète et, sans doute, les autres. Or, la température de cette photosphère a pu être fixée, avec une grande certitude, au voisinage de 6.500 degrés, et précisément par l'étude de son rayonnement ; comparant, en effet, sur la figure 3, le rayonnement solaire à celui de sources portées à des températures connues, il sera possible, en application de lois établies par Stefan et par Wien, de calculer la température correspondante à quelques centaines de degrés près ; les mêmes graphiques permettent d'établir, en même temps, que la moitié de ce rayonnement solaire est visible, c'est-à-dire capable d'impressionner notre œil ; le restant se compose de radiations ultra-violettes et surtout d'infra-rouge. Notons, enfin, pour montrer l'intérêt pratique de ces mesures, que la température de la photosphère conditionne celle de la surface de notre globe, à tel point que, si la première s'abaissait de 400 degrés, la seconde subirait une chute correspondante de 20 degrés, qui suffirait pour amener la congélation en masse de toutes les eaux, la suppression de l'humidité atmosphérique,

par contre-coup celle de la vie sur notre planète ; on voit par là que la constance du rayonnement solaire n'est pas, pour nous, chose indifférente.

Dans ce fourmillement de radiations solaires, dont les vagues pressées nous parviennent après un voyage qui ne dure guère plus de huit minutes, nous ne retiendrons que le total. Il n'a pu être déterminé qu'après un siècle de mesures, de corrections et de calculs.

L'instrument nécessaire de ces mesures, le *pyrhéliomètre* (fig. 4) est, dans son principe, une surface noire qui absorbe le rayonnement solaire et le transforme intégralement en une quantité de chaleur qu'on peut mesurer par l'échauffement d'un thermomètre ; mais cette expérience, qui paraît simple, exige, en réalité, de grandes précautions si on veut se mettre à l'abri des causes d'er-

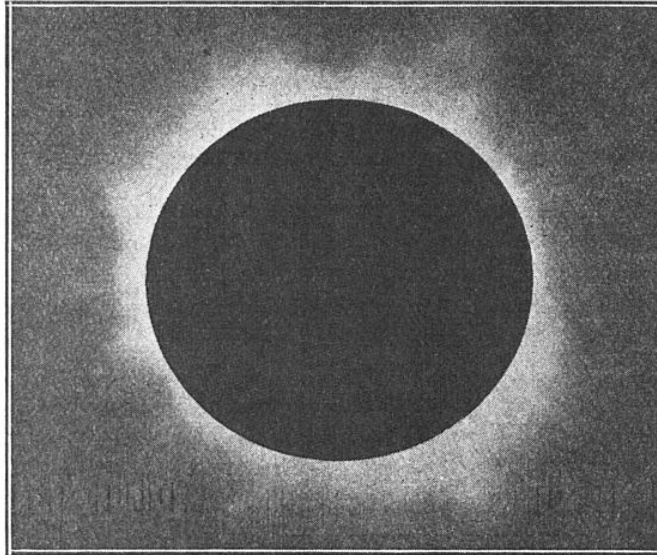


FIG. 2. — LA COURONNE SOLAIRE, PHOTOGRAPHIÉE AU COURS D'UNE ÉCLIPSE TOTALE

reur ; de plus, elle ne nous donne que l'énergie rayonnée, qui parvient jusqu'à nous après avoir traversé notre atmosphère ; or celle-ci en absorbe une fraction notable ; ce n'est que par des expériences multipliées, faites à des altitudes différentes, qu'on parvient à calculer la valeur de la *constante solaire* aux limites supérieures de notre atmosphère ; les déterminations les plus sûres, effectuées par Abbot et ses collègues de la Smithsonian Institution de Washington, fixent cette constante à 1 calorie 93 par centimètre carré et par minute ou, ce qui revient au même, à 135 kilowatts par décimètre carré.

On peut prendre une idée de ce que représente cette énergie rayonnée en disant qu'elle serait capable de fondre, annuellement, une falaise de glace haute de 120 mètres (fig. 5) ou de vaporiser une couche d'eau épaisse de 16 mètres, ou encore, transformée intégralement en travail, d'entretenir une puissance de 2 ch par mètre carré ; on connaît, d'ailleurs, et je n'y insisterai pas ici, toutes les

tentatives faites depuis Mouchot jusqu'à nos jours, pour utiliser directement ce colossal afflux d'énergie rayonnante.

Considérez maintenant que notre humble planète ne recueille qu'une fraction infinitésimale (environ 2 milliardièmes) du rayonnement total que l'astre flamboyant déverse tout autour de lui, dans l'espace. Vous arriverez ainsi, par des calculs très sûrs, car ils ne comportent aucune hypothèse, à cette conclusion que le Soleil rayonne à peu près 90.000 calories

par minute et par centimètre carré de surface photosphérique. Et, alors, un problème se pose, dont la solution fait justement l'objet de cet article : comment peut-on expliquer la production et l'entretien de cette formidable énergie ?

Le soleil n'est pas une boule qui se refroidit, ni un corps qui brûle, ni une substance radioactive qui se désintègre

La première solution qui se soit présentée à l'esprit humain a été de comparer le Soleil à un vaste boulet, sorti tout brûlant des forges de Vulcain, qui abandonnerait sa chaleur en se refroidissant peu à peu. Mais cette explication, soumise au calcul, conduit à des résultats qui la condamnent. Supposant, en effet, que la matière solaire ait pour chaleur spécifique u , c'est-à-dire la plus forte chaleur connue, et appliquant, d'autre part, la loi du rayonnement établie par Stefan,

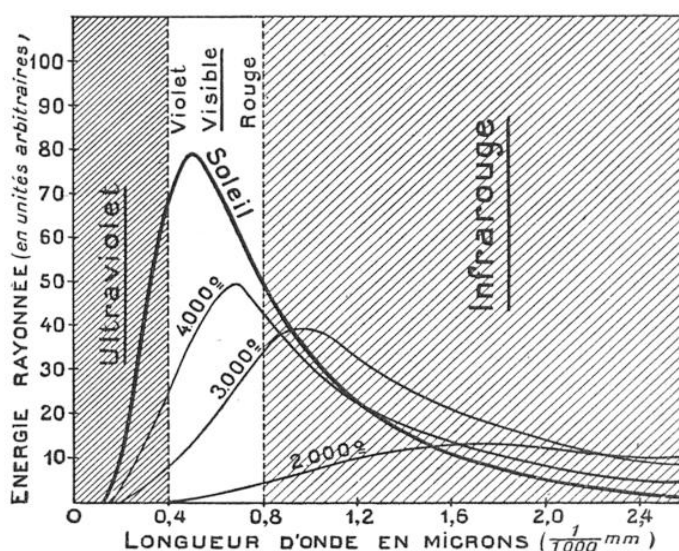


FIG. 3. — LA COMPARAISON ENTRE LE RAYONNEMENT SOLAIRE ET CELUI D'AUTRES SOURCES A PERMIS D'ÉVALUER A 6.500 DEGRÉS LA TEMPÉRATURE DE LA PHOTOSPHÈRE. Pour comparer à la même échelle verticale ces différentes courbes, il faut diviser les ordonnées de la courbe correspondant à 4.000° C par 5, celles de la courbe de 3.000° C par 17, celles de la courbe de 2.000° C par 33. De sorte que les courbes qui ont l'air de se couper (car les échelles ne sont pas les mêmes pour toutes) ne se coupent jamais en aucun de leurs points. Les échelles choisies sont nécessaires pour permettre une représentation commode sur le dessin.

cultures, sur l'époque des moissons et sur les divers phénomènes météorologiques, nous prouvent que le climat de la Terre n'a pas varié sensiblement depuis quatre mille ans ; donc, l'explication ne vaut rien.

On peut attendre mieux des théories chimiques, qui voudraient expliquer l'entretien de la chaleur solaire par des combinaisons qui s'effectueraient peu à peu ; mais si le Soleil entier était un bloc de charbon, sa combustion, au régime nécessaire pour entretenir la radiation mesurée, ne durerait pas six mille ans ; lord Kelvin, en supposant l'astre formé de coton-poudre, avait trouvé huit mille ans ; M. Briner a pu décupler ces nombres en considérant les chaleurs dégagées, non à partir des molécules mais à partir des atomes ; n'empêche qu'ils sont encore ridiculement petits, car c'est par millions, et peut-être par milliards d'années, qu'il faut compter la durée du grand brasier solaire.

Mais la découverte de la radioactivité ne va-t-elle pas venir

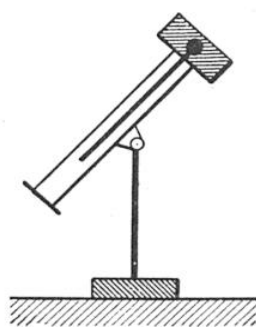


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN PYRRHÉLIOMÈTRE SERVANT A MESURER LE RAYONNEMENT SOLAIRE

à point pour tirer nos savants d'embarras, en leur offrant une nouvelle et plus puissante source d'énergie ? Examinons les choses d'un peu près : le radium dégage 132 calories par gramme et par heure ; partant de là, on calcule qu'il faudrait, pour expliquer le rayonnement du Soleil, y supposer l'existence de 1 gr 6 de radium par tonne. Cette proportion dépasse celle des minerais les plus riches que l'on connaisse ; encore ces minerais sont-ils extrêmement rares sur la Terre, et c'est une hypothèse invraisemblable d'admettre que le Soleil tout entier en soit formé. D'ailleurs, le radium se détruit trop vite ; il faudrait recourir à son ancêtre l'uranium, mais si on calcule la masse de ce dernier métal, qui serait nécessaire pour entretenir la chaleur solaire, on la trouve cinq fois plus grande que celle du Soleil lui-même. Ajoutons que ces désintégrations devraient accumuler des quantités colossales d'hélium, alors qu'on n'en trouve que des traces dans le spectre solaire. Ainsi, cette nouvelle hypothèse s'effondre à son tour.

Les explications astronomiques.

Devant cet échec des physiciens et des chimistes, les astronomes présentent, à leur tour, des explications. Une des plus anciennes met en cause une pluie continuelle de météores et d'astéroïdes sur la surface du Soleil ; leur vitesse de chute, facile à calculer pour un météore tombant de l'infini, est de 618 kilomètres par seconde ; par suite, la chaleur dégagée par la chute de 1 gramme de

matière cosmique s'élève à quarante-sept millions de calories, soit six mille fois plus que n'en dégage la combustion de la même quantité de charbon. Il suffirait donc, pour entretenir au taux actuel le rayonnement de l'astre, que ces débris célestes formassent, chaque année, à sa surface, une couche épaisse de 100 mètres ; cette augmentation du diamètre solaire serait inappréciable à nos

instruments les plus délicats, mais l'accroissement de masse solaire, influant sur l'attraction, aurait des répercussions plus sensibles : la Terre tournerait plus vite sur son axe, c'est-à-dire que la durée du jour se raccourcirait ; surtout, elle tournerait moins vite autour du Soleil, et l'année irait en s'allongeant ; on a calculé que cet effet aurait fait perdre une année depuis cinq mille ans, ce qui n'a certainement pas eu lieu : argument décisif contre cette hypothèse. Celle qu'Helmholtz a pro-

posée, en 1856, a retenu plus sérieusement l'attention et compte encore des partisans convaincus ; elle consiste à admettre que le Soleil, beaucoup plus gros jadis qu'aujourd'hui, se contracte progressivement et que le travail correspondant à cette chute vers le centre, converti en chaleur, entretient le rayonnement solaire ; il suffirait pour cela que le diamètre de l'astre diminuât de 38 mètres par an, contraction tout à fait insensible, puisqu'il faudrait douze mille ans, à ce taux, pour que la variation de diamètre apparent atteignît une seconde d'arc. Si, à ce point de vue, l'explication d'Helmholtz est parfaitement acceptable, il en va autrement lors-

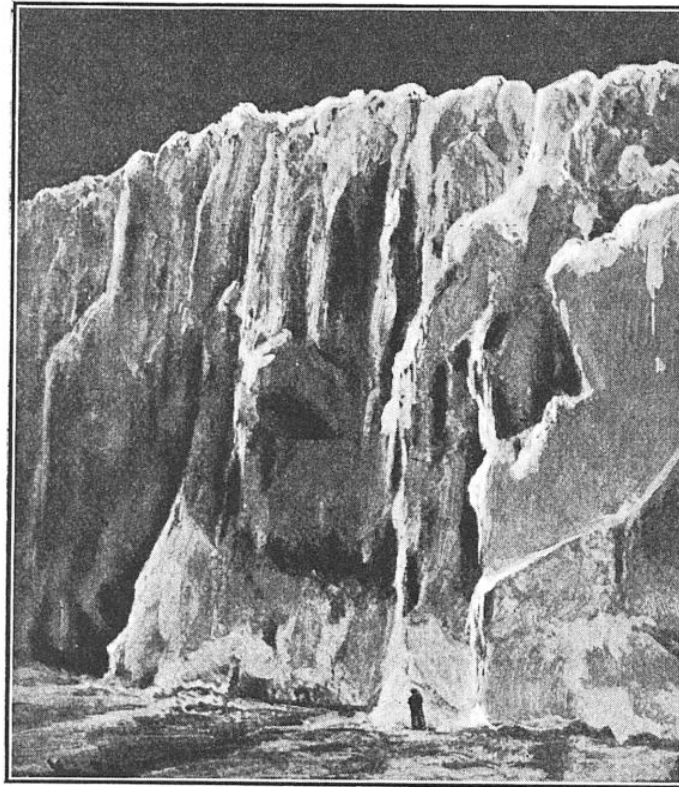


FIG. 5. — LE RAYONNEMENT SOLAIRE PERMETTRAIT DE FONDRE ANNUELLEMENT CETTE FALAISE DE GLACE HAUTE DE 120 MÈTRES

qu'on essaie de chiffrer le temps qu'elle accorde à la vie solaire. Henri Poincaré, qui s'est livré à ces calculs, en conclut que le Soleil n'a pas dû briller de son état actuel plus de trente millions d'années et, très probablement, plus de quinze millions.

C'est par cette conséquence que la théorie vient se heurter à un ensemble de notions qui paraissent, aujourd'hui, bien assises : personne ne peut supposer que la Terre soit plus vieille que le Soleil ; or l'âge de notre planète, c'est-à-dire le temps depuis lequel elle s'est recouverte d'une croûte solide, a fait l'objet de nombreuses évaluations ; toutes donnent des nombres atteignant au moins cent millions d'années ; les méthodes les plus sûres, qui sont fondées sur l'analyse de divers minéraux radioactifs, font remonter le début des temps primitifs à *un ou deux milliards d'années* ; la vie rayonnante du Soleil doit donc être au moins égale et probablement très supérieure à cette formidable durée ; cette considération nous force donc à rejeter une hypothèse par ailleurs très séduisante.

L'énergie intra-atomique.

Heureusement, la science a marché à grandes enjambées depuis vingt ans ; elle n'accepte plus comme un dogme la pérennité des corps simples ; au contraire, les preuves s'accumulent que les divers éléments, depuis les plus légers jusqu'aux plus lourds, ne sont que des états condensés formés aux dépens du noyau d'hydrogène, qu'on nomme *proton*, et d'un nombre variable d'*electrons*. Ces théories, que le génie de Rutherford a élevées au rang de vérités expérimentales, ont été

souvent développées dans cette revue, et je ne saurais y revenir sans allonger démesurément cet article. Le spectacle du ciel nous enseigne que cette transmutation progressive de la matière, donnant des éléments de plus en plus lourds, s'effectue dans les nébuleuses et dans certaines étoiles. Il est tout naturel de supposer qu'elle se continue, sous l'influence de températures élevées et de pressions formidables, dans le ventre solaire,

en libérant une énergie dont certaines théories nous donnent une idée et qui, d'après M. Jean Perrin, suffirait à assurer le rayonnement solaire pendant quatre-vingts milliards d'années.

Si ce laps de temps se révélait insuffisant, nous aurions encore la ressource d'admettre, avec Einstein, que la matière elle-même n'est qu'une coagulation

de l'énergie initialement diffuse dans l'univers, et les théories relativistes mettent à notre disposition des provisions presque illimitées de cette énergie ; mais il ne semble pas nécessaire d'aller chercher si loin et d'évoquer des transformations qui, si elles ont réellement eu lieu, ont dû précéder, et non pas accompagner, la condensation de la nébuleuse solaire.

Dans l'état actuel, et provisoire, de la science, l'énergie solaire nous apparaît donc comme engendrée, en majeure partie, par la transformation des atomes légers en atomes lourds ; et si cette explication est assez imprécise, elle a, du moins, le double avantage de ne heurter aucun des résultats acquis et d'être en parfaite harmonie avec l'évolution des mondes telle que nous la concevons aujourd'hui.

L. HOULLEVIGUE.

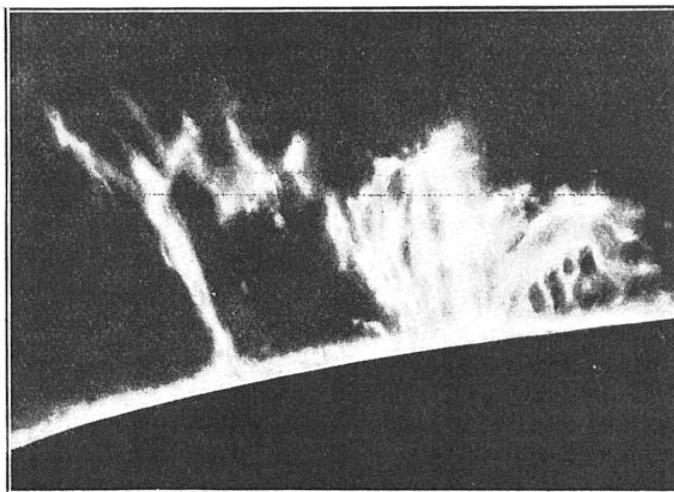
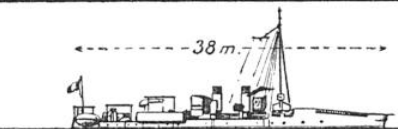
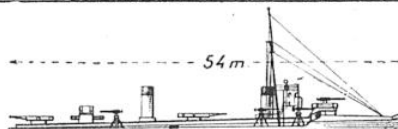
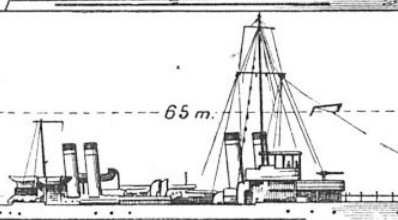
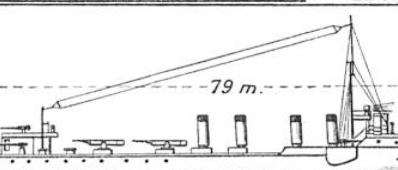
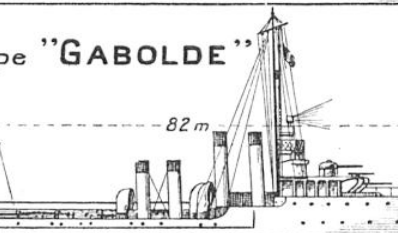
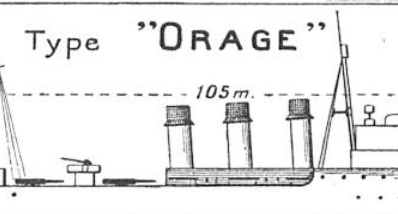
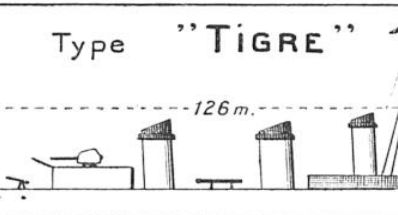
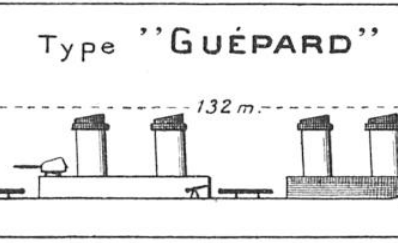


FIG. 6. — CE GROUPE DE PROTUBÉRANCES SOLAIRES PHOTOGRAPHIÉ PENDANT UNE ÉCLIPSE TOTALE DE SOLEIL, MONTRE LA FORMIDABLE ACTIVITÉ ÉRUPTIVE DE CET ASTRE

Torpilleur dit NUMÉROTÉ		Construit jusqu'en 1905 97^t, 2/37, 2 tubes 380 1800 cv. et 26 nœuds
Contre-torpilleur Type "FANFARE"		Construit de 1899 à 1907 (54 unités) 330/350t., I/65, VI/47, 2 T. 380 ou 450 6000 cv. 26/30 nœuds
Contre-torpilleur Type "SPAHI"		Construit de 1906 à 1912 (13 unités) 410/450t., VI/65, III T. de 450 7/8000 cv. 28 à 31 n.
Contre-torpilleur Type "BOUCLIER"		Construit de 1909 à 1915 (20 unités) 700/850t., II/100, IV/65, IV T. 460 13/18000 cv. 32 à 35 n.
Contre-torpilleur Type "GABOLDE"		Construit en 1920 (1 unité) 900t., III/100, I/75, IV T. 450 20.000 cv., 32 nœuds
Torpilleur Type "ORAGE"		Construit de 1922 à 1929 (26 unités) 1450t., IV/130, I/75 ou II/40, VI T. 550 33.000 cv., 33/34 n.
Contre-torpilleur Type "TIGRE"		Construit de 1922 à 1926 (6 unités) 2160/2700t., V/130, II/75, VI T. 550 55.000 cv. 36/37 n.
Contre-torpilleur Type "GUÉPARD"		Construit de 1925 à 1931 (18 unités) 2460/3100t., V/138, II/40, VI T. 550 70.000 cv. 37/38 n.

ÉVOLUTION DES TYPES DE TORPILLEURS ET CONTRE-TORPILLEURS DE LA MARINE FRANÇAISE

LES TYPES MODERNES DE TORPILLEURS ET CONTRE-TORPILLEURS DE LA MARINE FRANÇAISE

Par Henri LE MASSON

Les remarquables performances accomplies par les contre-torpilleurs français — on sait que le contre-torpilleur Valmy a battu le record de la vitesse en atteignant, au cours des essais, 39,85 nœuds, soit 74 km 200 à l'heure — ont attiré l'attention du monde entier sur ces bâtiments, qui, dans toutes les marines, sont les unités les plus nombreuses. Certes, leur tonnage a fortement augmenté depuis une trentaine d'années, mais, cependant, leur nombre est resté aussi grand par rapport à celui des autres unités navales. D'ailleurs, le torpilleur moderne est, en réalité, une sorte de petit croiseur dont il a la vitesse, souvent le rayon d'action et jusqu'à un certain point l'armement, si l'on tient compte que seul le calibre des pièces diffère et demeure sensiblement moindre, en raison du plus faible tonnage. Bâtiment très effilé, le Valmy, qui mesure 130 mètres de long sur 11 m 60 de large, dispose d'une puissance de 64.000 ch le rendant apte aux grandes vitesses. Dans l'article ci-dessous, nos lecteurs trouveront un clair exposé des caractéristiques des types modernes de torpilleurs et contre-torpilleurs français et étrangers, ainsi que de l'importance de cette flotte rapide et puissamment armée.

L'évolution des torpilleurs et contre-torpilleurs depuis trente ans

LE contre-torpilleur *Valmy*, qui a soutenu 39 n. 85 (74 km 200 à l'heure), vient de s'attribuer un record mondial de vitesse. C'est un très beau résultat qui témoigne des progrès réalisés, en quelques années, dans la construction de ces bâtiments, puisque, il y a quatre ans à peine, le *Tigre*, prototype de cette catégorie dans la marine française, s'était déjà adjugé la palme, en maintenant l'allure de 36 nœuds 7, au cours de ses essais à toute puissance ; notre marine bat donc ses propres records.

Ces performances attirent l'attention sur ces séries de bâtiments. Dans toutes les marines, les contre-torpilleurs et torpilleurs sont les unités les plus nombreuses.

Ce ne sont plus, comme à l'origine, de petits bâtiments de quelques dizaines de tonnes. Les premiers atteignent un déplacement de 1.800 à 3.000 tonnes ; celui des seconds varie de 800 à 1.500 tonnes ; dans la plupart des cas, il atteint au moins 1.200 à 1.300 tonnes.

Torpilleurs et contre-torpilleurs sont les bâtiments de guerre les plus nombreux

Mais pour être plus grands, ils sont relativement aussi nombreux qu'au moment de leur plus grande vogue. En 1899, la marine

française en possédait 287, de 60 à 160 tonnes, en service ou en construction ; la marine anglaise, 164 ; la jeune marine italienne, 156, et la marine allemande, qui commençait à peine à grandir, en armait déjà 138.

Aujourd'hui, les Etats-Unis en possèdent quelque 300, l'Angleterre 150 environ, le Japon une centaine, et les marines française et italienne, reconstituant leurs flottes, en ont respectivement achevé ou mis sur cale, depuis 1922, cinquante.

Si le premier torpilleur a été construit il y a plus de cinquante ans, le contre-torpilleur est, lui, plus récent. Il date de la fin du XIX^e siècle, lorsque la marine anglaise, inquiète du développement de la « poussière navale », conçut une nouvelle classe de bâtiments de guerre pour la balayer de la surface des mers.

Elle lui donna 270 à 400 tonnes de déplacement et une vitesse de 30 nœuds. Ayant pensé assez justement que les contre-torpilleurs pourraient également remplir l'emploi de « torpilleurs », elle les dota de tubes lance-torpilles.

Toutes les marines suivirent le mouvement ; le torpilleur proprement dit, complètement distancé par le contre-torpilleur, disparut et le tonnage des nouvelles unités s'accrut rapidement. En 1914, il atteignait, 800 à 900 tonnes. Quelques marines : Japon, Argentine, Russie, Chili avaient même mis sur cale des torpilleurs ou contre-torpilleurs

de 1.200 à 1.400 tonnes : on leur donnait indifféremment l'un ou l'autre nom. De plus, certaines amirautés voulant loger les chefs d'escadrilles sur des bâtiments spéciaux pour faciliter leur tâche, faisaient construire, sous le nom de « conducteurs de flottille », des unités d'un tonnage légèrement plus élevé (1400 à 1.600 tonnes), présentant, par ailleurs, les mêmes caractéristiques militaires que les précédents.

De 1914 à 1918, les torpilleurs eurent un

calibre des pièces diffère et demeure — naturellement — en rapport avec leur tonnage, sensiblement moindre.

On peut se demander, dans ces conditions, pour quelles raisons trois grandes marines distinguèrent, de nouveau, deux catégories de bâtiments « torpilleurs », dont la plus puissante est appelée en Angleterre : « conducteurs de flottille » ; en Italie : « esploratores » ; en France : « contre-torpilleurs ».

L'Angleterre en possède une quinzaine,

I. Les contre-torpilleurs les plus récemment entrés en service ou en construction

	FRANCE		ANGLETERRE	ITALIE	
Série	<i>Tigre</i>	<i>Valmy</i>	<i>Bruce</i>	<i>Leone</i>	<i>Navigatori</i>
Nombre	6	18	7	3	12
Situation	en service	essai ou const.	en service	en service	en const.
Déplacement Washington.	2.160 t.	2.460 t.	1.530 t.	1.985 t.	2.000 t.
— en pleine charge.	2.700 t.	3.100 t.	2.050 t.	2.200 t.	
Longueur	119 m.	130 m.	105 m.	110 m.	105 m.
Puissance	55.000 ch.	70.000 ch.	40.000 ch.	45.000 ch.	50.000 ch.
Vitesse aux essais	36 n. 70	39 n. 85	36 n.	34 n.	38 n.
	V/130	V/138	V/120	VIII/120	VI/120
Armement	II/75 AA	IV/40 AA	I/76 AA	II/76 AA	III/40 AA
	VI T/550	VI T/550	VI T/533	VII/533	VI/533

Observations : les vitesses en service sont généralement inférieures de 3 à 4 nœuds. Les Italiens montent leurs pièces de 120 sur affûts doubles. Le Japon et les États-Unis n'ont pas de contre-torpilleurs.

II. Caractéristiques des plus récents torpilleurs

	FRANCE	ANGLETERRE	ÉTATS-UNIS	JAPON	ITALIE	ALLEMAGNE
Série	<i>Brestois</i>	<i>Amazona</i>	<i>Mason</i>	<i>Yusuki</i>	<i>Borea</i>	<i>Mæwe</i>
Déplacement Washington.	1.390 t.	1.330 t.	1.050 t.	1.315 t.	1.350 t.	800 t.
— en pleine charge.	1.700 t.	1.550 t.	1.300 t.	1.445 t.		1.100 t.
Longueur	106 m.	95 m.	94 m.	87 m.	93 m.	87 m.
Puissance	33.000 ch.	39.500 ch.	28.000 ch.	40.000 ch.	35.000 ch.	23.000 ch.
Vitesse aux essais	34 n.	36 n.	33/35 n.	34 n.	36 n.	32 n.
	IV/130	IV/120	IV/102	IV/120	IV/120	III/105
Armement	II/40 AA	II/40 AA	I/76	II mitr.	II/40 AA	VI T/550
	VI/550	VI T/533	XII T/533	VI T/533	VI T/533	

Observations : les vitesses en service sont généralement inférieures de 3 à 4 nœuds.

TABEAU DES CARACTÉRISTIQUES DES CONTRE-TORPILLEURS ET TORPILLEURS LES PLUS RÉCEMMENT MIS EN SERVICE PAR LES GRANDES PUISSANCES

rôle très actif, mais, sauf à la bataille du Jutland, ils firent tous les métiers, excepté celui de torpilleurs. On les vit, surtout, remplir l'emploi d'escorteurs, tenir les lignes de blocus, combattre leurs semblables au canon, les sous-marins à la grenade. La plupart n'eurent jamais l'occasion de lancer une torpille.

Les torpilleurs d'aujourd'hui sont, en réalité, de petits croiseurs, aptes à remplir un grand nombre des missions si diverses qui incombent à une marine, en temps de guerre. Du croiseur, ils ont la vitesse, souvent le rayon d'action, jusqu'à un certain point l'armement, si l'on tient compte que seul le

qui portent le guidon du commandant de la flottille de torpilleurs à laquelle ils sont attachés, chacune de ces flottilles comprenant généralement 2 divisions de 4 bâtiments. En Italie et en France, les « exploratores » et « contre-torpilleurs » sont utilisés de façon différente ; les uns et les autres sont répartis par groupes de 3 ou 4 et constitués en divisions légères qui, dans la marine française, prennent rang dans la nomenclature des divisions de croiseurs. Ce sont bien, d'ailleurs, de petits croiseurs, égaux par leur tonnage aux croiseurs, dits « légers », d'il y a quelques vingt-cinq ans, mais beaucoup plus rapides. Nous en avons 24 de 2.400 à 3.000 tonnes en

service ou en construction ; les Italiens en possèdent 4 de 2.300 tonnes en service, une douzaine de 2.000 tonnes en achèvement à flot.

Les caractéristiques du « Valmy » qui a battu récemment le record mondial de la vitesse

Le *Valmy*, dernier venu des contre-torpilleurs français, est un bâtiment de

On prévoyait seulement 64.000 ch et 35,5 nœuds, mais, comme nous l'avons dit, le *Valmy* a atteint 39,85 nœuds aux essais. Les bâtiments de cette catégorie ont une réserve de puissance considérable qui leur permettra de conserver, longtemps après leur entrée en service, une vitesse pratique de l'ordre de 33 à 34 nœuds. Il ne faut pas perdre de vue, en effet, que les essais s'effectuent toujours dans les meilleures conditions :



PHOTOGRAPHIE DU CONTRE-TORPILLEUR FRANÇAIS « VALMY » PRISE AU COURS DES ESSAIS, PENDANT LESQUELS IL A BATTU LE RECORD DE VITESSE DU MONDE EN SOUTENANT LA VITESSE DE 39 NŒUDS 85 (74 KM 200 A L'HEURE)

2.460 tonnes de déplacement, selon la formule du traité de Washington, c'est-à-dire sans eau pour les bouilleurs, ni combustible. En pleine charge, il déplacera plus de 3.000 tonnes. Tout l'armement, à l'exception des pièces antiavions, est axial : cinq pièces de 138, dont quatre superposées deux par deux à l'avant et à l'arrière, et six tubes lance-torpilles de 550, monté trois par trois sur deux affûts, les uns et les autres pouvant être pointés des deux bords. Quatre canons à tir rapide de 40 millimètres, deux de chaque bord complètent son armement ainsi que quelques lance-bombes antisous-marins.

Sa longueur atteint hors-tout 130 m 20. C'est un bâtiment très effilé, puisque sa largeur n'est que de 11 m 60. Ses cinq chaudières sont à tubes d'eau et les machines développent à pleine puissance 70.000 ch.

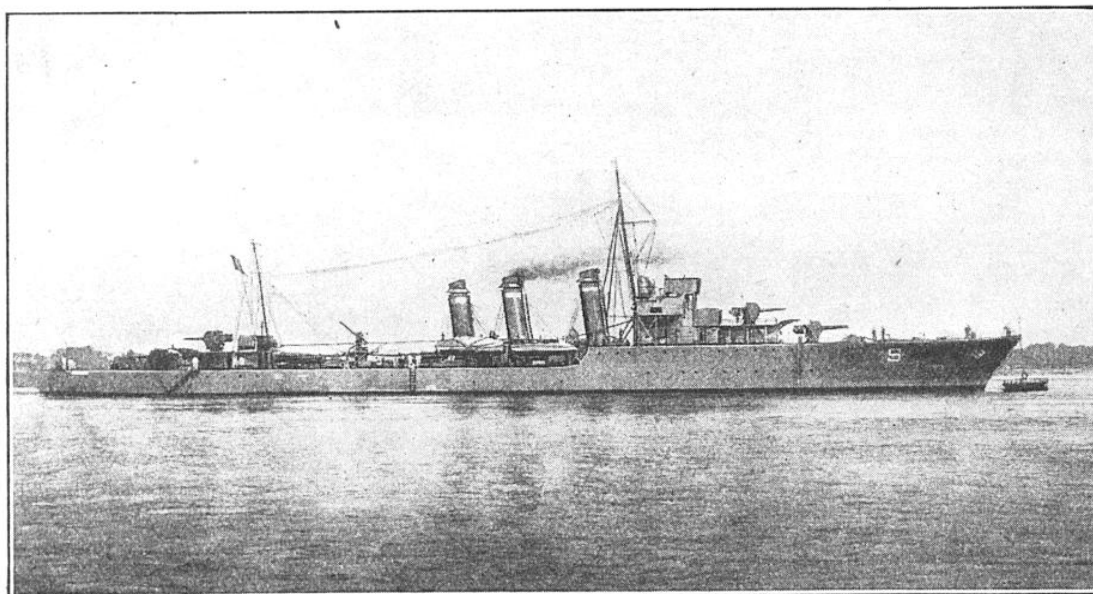
coques propres, machines soigneusement révisées, parcours (bases de vitesse) choisis, etc., tandis que, dans le cours de leur existence, on a toujours tendance — sous prétexte de perfectionnements — à surcharger les bâtiments de guerre de matériels variés, non prévus dans leur devis d'armement initial et, par conséquent, à les alourdir, donc à accroître leur déplacement.

Les Anglais, bons juges en la matière, admettent, d'ailleurs, que les contre-torpilleurs, type *Valmy* ou *Guépard*, sont — dans leur catégorie — les plus rapides, et les mieux armés qui existent. Ils reconnaissent que si leurs propres « conducteurs de flottille », sensiblement plus faibles comme tonnage (1.900 à 2.000 tonnes en pleine charge), ont, eux aussi, atteint aux essais 37 et même 38 nœuds, ils ne peuvent maintenir en service courant plus de 31-32 nœuds.

Lorsque les bâtiments en construction seront terminés, c'est-à-dire dans deux ans, la marine française comprendra vingt-quatre contre-torpilleurs : six de la série *Tigre*, déplaçant, selon la formule de Washington, 2.160 tonnes et, en pleine charge, 2.700 tonnes environ ; dix-huit du type *Valmy*, tous bâtiments qui auront atteint aux essais de 35,5 nœuds à 38,5 nœuds, et capables de marcher en service courant de 32 à 34 nœuds.

Si l'on conserve la formule actuelle de leur groupement par trois, ce seront huit

« conducteurs de flottille » britanniques. On n'a pas cherché à leur donner une vitesse comparable à celle des *Tigre* et *Valmy* : leurs turbines de 33.000 ch leur assurent seulement une vitesse d'essai de 33 à 34 nœuds, c'est-à-dire pratiquement 30-31 nœuds. Quatre pièces de 130, une pièce antiavions de 75 ou deux de 40 millimètres, six tubes de 550 constituent leur armement ; aucun torpilleur étranger n'atteint ces calibres ; quelques torpilleurs américains ont des pièces de 127, mais italiens, anglais et japonais n'ont que du calibre 120. Il



LE TORPILLEUR FRANÇAIS « SIMOUN », DONT LA VITESSE ATTEINT 34 NŒUDS

redoutables divisions légères qui s'ajouteraient aux divisions encore plus puissantes formées avec les croiseurs de 10.000 tonnes des types *Tourville* et *Suffren* (six bâtiments) ou de 8.000 tonnes (trois du type *Duguay-Trouin*).

Tous ces bâtiments constitueront une force d'éclairage très homogène pour le corps de bataille, et des groupements légers bien adaptés pour la protection de nos routes maritimes et du tonnage marchand.

Les torpilleurs français

De même que les contre-torpilleurs type *Valmy* sont les plus puissants et les plus rapides du monde, nos torpilleurs sont actuellement ceux dont le tonnage est le plus élevé : leur déplacement Washington atteint 1.350 tonnes ; en pleine charge, près de 1.800. Ils sont donc presque aussi forts que les

semble, d'ailleurs, qu'à vouloir trop bien faire, on ait fait trop gros, et beaucoup de marins préféreraient des torpilleurs d'un tonnage moindre qui seraient plus maniables, aussi rapides et presque aussi bien armés. Il est, d'ailleurs, significatif de constater que, depuis trois ans, l'état-major général de la marine a préféré ne plus commander de torpilleurs et s'en tenir aux contre-torpilleurs qui répondent mieux aux besoins de notre marine surtout en ce qui concerne la mer Méditerranée.

Quoiqu'il en soit, l'effort entrepris depuis 1922 nous donne maintenant une flotte légère, composée d'unités modernes et surtout homogènes ; il faut souhaiter qu'il soit continué, et que les mises sur cale d'unités nouvelles se succèdent aussi régulièrement que depuis quelques années.

HENRI LE MASSON.

LE MONDE DES MOLÉCULES ET DES ATOMES NOUS FAIT ASSISTER A D'IMPRESSIONNANTES VITESSES

Par Suzanne VEIL
DOCTEUR ÈS SCIENCES

Il y a un peu plus d'un siècle que le botaniste anglais Brown observa, pour la première fois, le véritable fourmillement des molécules constituant la matière. Si nous sommes émerveillés lorsqu'un train franchit des distances considérables à une vitesse moyenne de 100 kilomètres à l'heure, quand une automobile roule à 372 kilomètres à l'heure, quand un avion dévore l'espace à raison de plus de 500 kilomètres à l'heure, quelle serait notre stupéfaction si nous pouvions percevoir les vitesses fantastiques atteintes par les molécules dans leur éternelle agitation ! Ainsi, la vitesse des molécules du gaz hydrogène n'est pas inférieure à 1.630 mètres par seconde, à 0°. L'atome lui-même n'est plus, aux yeux des savants, une unité intangible, mais un véritable système solaire en miniature, dans lequel les masses et les distances relatives sont du même ordre de grandeur que dans le système solaire vrai. Dans le faisceau cathodique, formé d'électrons, d'une ampoule à gaz raréfié, ces particules d'électricité négative voyagent, sous une tension de 100 volts, à 5.950 kilomètres par seconde. Enfin, les vitesses formidables des particules bêta s'échelonnent entre 100.000 et 297.100 kilomètres par seconde ! Notre collaboratrice, Mademoiselle Suzanne Veil, expose ici à nos lecteurs, dans une étude fort claire, l'état actuel de nos connaissances dans ce domaine moléculaire et atomique, où les observations sont si fertiles en applications

LA matière qui nous apparaît inerte, simplement à cause de l'imperfection de nos sens, est, au contraire, — ce n'est plus un mystère pour personne, — le siège de mouvements des plus compliqués. Le botaniste anglais Brown s'en est aperçu le premier en 1827, lorsqu'il a examiné au microscope une émulsion dont les grains étaient assez menus pour obéir aux impulsions individuelles des molécules. La découverte qui, malgré sa haute portée, resta d'abord inaperçue, ne devait revêtir toute sa signification que beaucoup plus tard. Brown avait décelé un merveilleux phénomène que maintenant, en son honneur, nous appelons le *mouvement brownien*, mouvement moléculaire éternel et soumis aux lois du hasard.

Dans leurs déplacements à travers la matière qu'ils constituent, les molécules et les atomes acquièrent, en maintes occasions, des vitesses considérables. Au sein de l'atome lui-même, le repos est loin d'être réalisé. Car l'atome n'est plus, à nos yeux, l'entité insécable qu'avaient présumée nos devanciers. Pour nous, il constitue une sorte de système solaire en miniature. Sa masse se condense en un noyau chargé positivement et relativement minuscule. Autour du noyau gravitent des électrons, charges négatives

qui assurent la neutralité de l'ensemble.

Il y a donc, au delà de notre perception immédiate, tout un monde qui nous échappe. Les manifestations qui le trahissent nous renseignent, en particulier, sur les vitesses en jeu. Nous verrons, dans ce qui suit, à quels chiffres fantastiques amènent les calculs. Mais, auparavant, pour la comparaison, jetons d'abord un coup d'œil sommaire sur les corps dont nous avons l'expérience commune, et qui se composent d'un grand nombre de molécules et d'atomes.

Vitesses réalisées par l'homme

Passons d'abord en revue les vitesses relativement élevées que nous permettent de réaliser nos diverses techniques.

Nos trains express sur voie ferrée, actionnés par la vapeur, parviennent à entraîner leur lourde charge à plus de 100 kilomètres à l'heure ou, en d'autres termes, à plus de trente mètres par seconde. La traction automobile sur route, par moteurs à explosion, fournit des vitesses du même ordre que chaque automobiliste peut lire sur le cadran d'un tachymètre (fig. 1).

Un avion rapide couvre 150 mètres par seconde.

Dans les machines industrielles, compor-

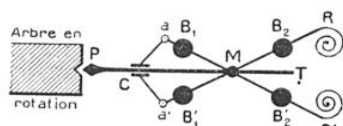


FIG. 1. — LE TACHYMÈTRE PERMET DE MESURER LA VITESSE DE ROTATION ET, PAR SUITE, LA VITESSE DE TRANSLATION D'UNE AUTO. Si on enfonce la pointe P de la tige P M T dans le « coup de pointe » de l'arbre en rotation, les boules B₁ B₂ B_{1'} B_{2'} (entraînées par le mouvement) s'écartent jusqu'à ce que la force centrifuge soit équilibrée par les ressorts R et R'. Le collier C glisse vers la droite et on peut lire sur un cadran gradué le nombre de tours de l'arbre.

est actuellement courant que les obus soient lancés avec des vitesses initiales supérieures au kilomètre par seconde. Pendant la dernière guerre, la grosse bertha, d'une distance de 150 kilomètres, bombardait Paris avec des obus lancés à raison de 1.700 mètres par seconde.

Vitesse des corps en chute libre

La chute libre est susceptible d'imprimer aux corps des vitesses énormes, pourvu que leur altitude, au départ, soit suffisante. On peut calculer ce que serait cette vitesse en l'absence de toute atmosphère retardatrice.

Négligeons donc volontairement la présence de l'air, qui, en réalité, peut contrarier considérablement la pesanteur, comme en témoignent le parachute et encore le mouvement uniforme des gouttes de pluie, et considérons un corps abandonné à lui-même à une hauteur de 20 kilomètres. A son arrivée au sol, il parcourrait 0 km 6 par seconde.

On calcule encore que cette vitesse atteindrait 11 km 5 si le corps venait de l'infini, sous la seule influence de l'attraction de la Terre.

Si, dans une hypothèse semblable, le corps, au lieu de tomber sur la Terre, tombait sur le Soleil, la vitesse, à l'arrivée, serait de 600 kilomètres par seconde. L'énergie cinétique, qui est proportionnelle au carré de la vitesse, est alors considérable et provoquerait des élévations énormes de température si elle se convertissait entièrement en chaleur. C'est une catastrophe de ce genre qu'envisagent les astronomes, lorsqu'ils parlent de la collision de deux soleils éteints, et de son éventualité au cours des temps.

Sans invoquer autrement ces prévisions

tant des organes tournants, certains points se meuvent à des allures supérieures encore. Pour les pièces rotatives des turbines, la vitesse périphérique maxima atteint le demi-kilomètre par seconde.

Les projectiles d'artillerie sont plus prompts encore (fig. 2). Il

du calcul, ajoutons que, dans les couches supérieures de notre atmosphère, on enregistre parfois le passage de petits météores qui filent à raison d'une quarantaine de kilomètres par seconde.

D'autre part, la Terre, dans sa rotation autour du Soleil, parcourt 30 kilomètres par seconde. Le système solaire lui-même s'avance d'un mouvement uniforme, à raison d'une vingtaine de kilomètres par seconde, vers un point de la sphère céleste de la région de la Lyre.

Les mouvements moléculaires dans les gaz

Mais quittons maintenant les corps à grandes dimensions et, changeant d'échelle, portons notre attention sur les mouvements des molécules dans les gaz.

Dans une théorie qui devait se montrer d'une fécondité remarquable, le grand physicien anglais James Clerk Maxwell a assimilé un gaz à une collection de particules, disons de petites sphères, en mouvement rapide et désordonné. Bien que cette représentation ne tienne pas compte de tout ce que nous savons à présent des molécules et des atomes, elle a l'avantage d'offrir des faits un compte-rendu fidèle. Les molécules sont supposées ne subir que des chocs parfaitement élastiques (1). La condition s'impose. Sinon, il faut prévoir qu'un gaz, isolé mécaniquement et thermiquement, perdrait peu à peu son énergie de mouvement, ce que dément notoirement l'expérience.

Voilà donc une multitude de molécules qui s'agitent dans une enceinte. Elles vont se heurter entre elles et heurter les parois. Dans des conditions données de tempéra-

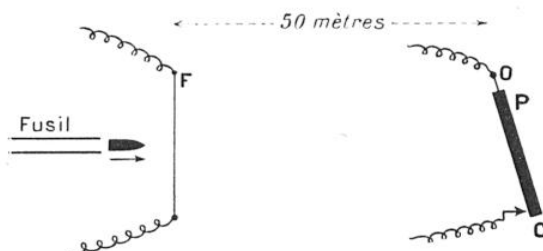


FIG. 2. — COMMENT ON MESURE LA VITESSE D'UNE BALLE DE FUSIL

La balle commence par couper le fil F, puis, 50 mètres plus loin, elle coupe le contact C en entraînant la plaque P mobile autour de l'axe. Le fil F et le contact C font partie de circuits électriques qui communiquent à des chronographes (pour mesurer avec précision la durée du trajet).

(1) Voir l'article de Marcel Boll sur le choc, dans ce numéro de *La Science et la Vie*, page 187.

ture et de pression, un gaz quelconque contient toujours, sous le même volume, le même nombre de ces molécules. Le fait, senti avec beaucoup de sagacité, dès 1811, par l'Italien Avogadro, a été, beaucoup plus près de nous, vérifié par l'expérience. Nous n'entrerons pas dans le détail des méthodes nombreuses et diverses qui ont permis de contrôler la loi d'Avogadro. Nous indiquons seulement qu'à la température de 0° et à la pression de 76 centimètres de mercure, tout gaz contient le chiffre respectable de $2,705 \times 10.000.000.000.000.000$ molécules par centimètre cube. Ces très nombreuses molécules demeurent naturellement masquées à notre observation directe. Mais il en est, pour les gaz, comme pour l'émulsion de l'expérience de Brown. Les molécules gazeuses sont susceptibles d'entraîner dans leurs mouvements des particules de matière suffisamment légères, celles de la fumée de tabac par exemple. Grâce à cette circonstance, on a vérifié que le mouvement brownien existe dans les gaz, comme dans les liquides. Il y est même beaucoup plus prononcé.

Dans une enceinte, le choc des molécules de gaz, contre les parois, y produit la pression que nous observons. La pression est d'autant plus grande que les molécules sont plus rapides. Conformément à l'expérience, la pression croît avec une élévation de température, qui accentue fortement l'agitation moléculaire.

La théorie nous permet de retrouver les différentes lois connues des gaz. Mais, en outre, elle nous fait connaître une grandeur extrêmement intéressante, la vitesse moyenne des molécules, dont le tableau ci-dessous donne quelques valeurs.

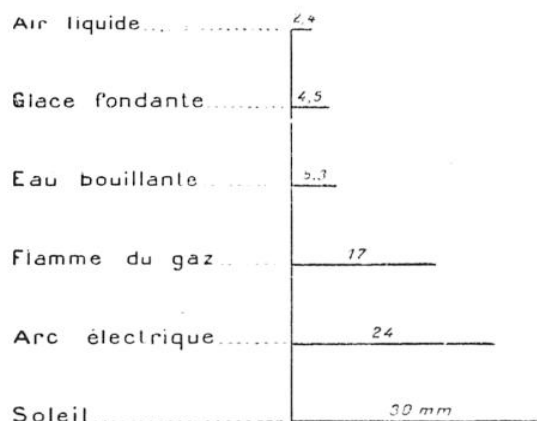


FIG. 3. — ESPACES PARCOURUS PAR UNE MOLÉCULE DE L'AIR EN UN CENT MILLIÈME DE SECONDE POUR DIVERSES TEMPÉRATURES

GAZ	VITESSE MOLÉCULAIRE MOYENNE A 0°
Hydrogène	1.630 mètres par seconde
Azote	430 — — —
Oxygène	450 — — —
Xénon.....	200 — — —
Radon (émanation du radium).....	150 — — —

Dans un gaz comme l'air, mélange d'oxygène et d'azote, la vitesse des molécules est de l'ordre de celle d'une balle de fusil. Cependant, remarquons-le, à la pression habituelle, une molécule ne franchira guère qu'un dix-millième de millimètre (son libre parcours) avant de rencontrer une autre molécule et, en général, elle mettra assez longtemps pour se trouver finalement à un centimètre de son point de départ. C'est l'hydrogène, le plus léger de tous les gaz connus, qui fournit naturellement la plus grande rapidité moléculaire, toutes conditions égales (fig. 4). Dans l'arc électrique, sa vitesse d'agitation s'élèverait à une dizaine de kilomètres par seconde, pour atteindre environ 60 kilomètres à la surface du soleil et plus de 250 kilomètres dans les étoiles chaudes, que nous présumons à plus de 2 millions de degrés. Aux températures élevées, il faut d'ailleurs le remarquer, la molécule d'hydrogène se dissocie en ses atomes.

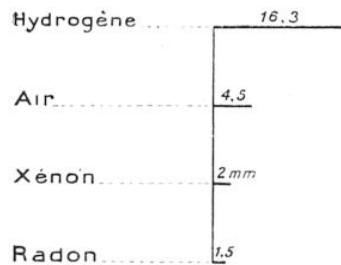


FIG. 4. — ESPACES PARCOURUS, A 0° C, PAR DIVERSES MOLÉCULES EN UN CENT MILLIÈME DE SECONDE

Electrons cathodiques

Les vitesses peuvent être beaucoup plus élevées que précédemment dans les gaz sous pression réduite, véhiculant un courant électrique.

Rappelons, en quelques mots, les circonstances, maintenant bien classiques, de la décharge sous pression réduite.

Les gaz qui, à la pression ordinaire, sont d'excellents isolants, laissent passer le courant dès qu'ils sont convenablement raréfiés. Lorsque le vide est suffisant, la cathode ou électrode négative émet le « rayonnement cathodique » découvert par Hittorf en 1869. Ce faisceau, composé d'électrons, c'est-à-dire de particules d'électricité négative, communique aux parois de l'ampoule une fluorescence verdâtre (fig. 5).

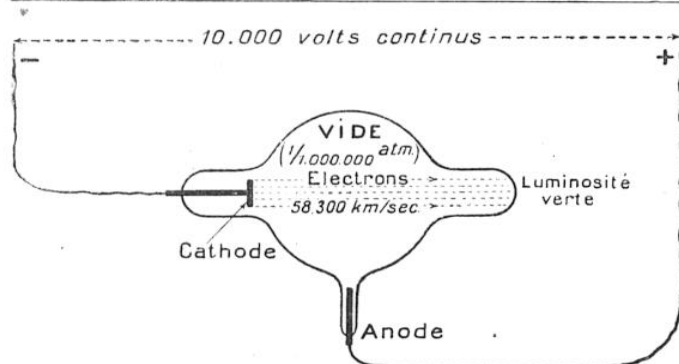


FIG. 5. — COMMENT ON LANCE LES ÉLECTRONS A GRANDE VITESSE

A une tension de 10.000 volts entre les bornes de l'ampoule correspond une vitesse électronique de 58.300 kilomètres par seconde.

Les particules cathodiques étant des charges électriques en mouvement, sont déviables par le champ électrique et par le champ magnétique : cette propriété permet d'évaluer leur vitesse.

En raison de leur faible masse (1), ces électrons peuvent acquérir une extrême rapidité. On calcule qu'ils parcourent déjà 595 kilomètres par seconde si on les lance au moyen d'une tension de 1 volt. On remarquera combien est minime cette différence de potentiel, qui n'a, d'ailleurs, aucune signification pratique (2). C'est celle que donnerait l'antique pile de Volta. C'est encore la moitié de celle que donnerait un de nos modernes accumulateurs. La vitesse de l'électron varie comme la racine carrée de la tension aux bornes de l'ampoule. Si donc nous établissons 100 volts entre l'anode et la cathode, l'électron voyagera à raison de 5.950 kilomètres par seconde. Cette tension de 100 volts s'obtiendra, par exemple, au moyen de cinquante accumulateurs en série ou, plus commodément, ce que l'on fait dans la pratique, en excitant l'ampoule au moyen d'une bobine d'induction.

Aux hautes vitesses, le calcul n'est plus aussi simple, car une vitesse ne saurait croître indéfiniment. Elle a une limite qui est la vitesse de la lumière, c'est-à-dire 300.000 kilomètres par seconde. D'après les théories d'Einstein, une vitesse suffisamment grande provoque un accroissement apparent de la masse. En tenant compte de la correction, on calcule que les électrons excités par une différence de potentiel de 10.000 volts entre

(1) Cette masse est représentée, en grammes, par une fraction dont le dénominateur est l'unité suivie de vingt-sept zéros.

(2) Car elle ne suffirait pas à arracher les électrons de la cathode.

l'anode et la cathode de l'ampoule, voyageraient à raison de 58.300 kilomètres par seconde.

Particules radioactives

Enfin, si nous voulons des particules d'une très grande énergie, nous nous adresserons à la radioactivité, qui les libère spontanément, sans le recours à aucun appareil.

Dans l'émission du radium, nous trouvons d'abord les particules alpha, qui sont des atomes d'hélium chargés positivement.

Les particules alpha les plus rapides que nous connaissions, celles du radium C (un des produits de désintégration du radium), sont émises avec une vitesse qui n'est pas inférieure à 20.000 kilomètres par seconde (fig. 6). C'est une vitesse considérable si l'on songe qu'il s'agit d'atomes matériels qui pèsent quatre fois plus que l'atome d'hydrogène, c'est-à-dire $4 \times 1.840 = 7.360$ fois plus que l'électron. L'énergie considérable des particules alpha a inspiré à Ernest Rutherford des expériences du plus haut intérêt. Le physicien anglais s'est servi de ces particules alpha comme projectiles pour bombarder les autres atomes. Parmi les plus légers de ces atomes, il a réussi à en désintégrer quelques-uns avec émission d'hydrogène. Il en résulte que l'hydrogène doit être un constituant universel de tous les éléments, comme le suggérait l'Anglais Prout au siècle dernier. Les expériences d'Ernest Rutherford représentent le seul exemple incontestable que nous possédions, jusqu'ici, de la désintégration artificielle de la matière.

Outre les particules alpha, les substances radioactives émettent encore des particules bêta qui ne sont autres que des électrons. Mais les particules bêta sont plus rapides que les rayons cathodiques les plus rapides que nous sachions produire. Leurs vitesses formidables s'échelonnent entre 100.000 et 297.000 kilomètres par seconde (fig. 6). Les excitations de plusieurs millions de volts qu'exigerait leur production artificielle dans le tube à décharge, excèdent, pour le moment,

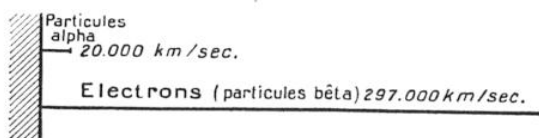


FIG. 6. — LES PLUS GRANDES VITESSES PRODUITES PAR LA RADIOACTIVITÉ

COMPARAISON DES DIFFÉRENTES VITESSES (en kilomètres par seconde)	
Train express (vitesse moyenne).....	0,030
Avion rapide (vitesse moyenne).....	0,150
Turbines (vitesse périphérique maximum).....	0,500
Obus de canon à longue portée (vitesse initiale).....	1,700
Chute libre (vitesse à l'ar- rivée, abstraction faite de la résistance de l'atmos- phère)	sur la Terre { depuis 20 kilomètres d'altitude { depuis l'infini sur le Soleil depuis l'infini.....
Vitesse de passage des météores dans l'atmosphère.....	40
Vitesse de translation de la Terre autour du Soleil.....	30
Vitesse de translation du système solaire vers un point fixe de la sphère céleste (région de la Lyre).....	20
Vitesse des molécules d'hydrogène à 0°.....	1,630
Vitesse des électrons cathodiques (sous 10.000 volts).....	58.300
Vitesse des particules alpha du radium C.....	20.000
Vitesse des rayons bêta (électrons).....	de 100.000 à 297.000

TABEAU COMPARATIF DES VITESSES ENREGISTRÉES, DEPUIS CELLE D'UN TRAIN EXPRESS JUSQU'À CELLE DES ÉLECTRONS, EN KILOMÈTRES PAR SECONDE

nos possibilités expérimentales. Les tensions que nous utilisons au laboratoire ne sont guère supérieures, en général, à quelques centaines de kilovolts. Mais, malgré leur haute vitesse, les particules bêta restent encore d'énergie inférieure aux particules alpha, à cause de la petitesse de leur masse.

L'effet de relativité, comportant une augmentation apparente de la masse et auquel nous avons fait allusion à propos des rayons cathodiques, est naturellement très prononcé pour des particules aussi rapides que les rayons bêta. Il s'est trouvé, en fait, complètement confirmé pour les rayons bêta de grande vitesse et a constitué l'une des premières et des plus probantes vérifications de la théorie.

Des vitesses industrielles aux vitesses atomiques

Ces résultats fabuleux, prévus par le calcul et toujours confirmés par l'expérience, laissent bien loin en arrière ceux que nous

obtenons avec toutes les ressources de nos techniques. La particule alpha, qui est un atome d'hélium, c'est-à-dire une particule matérielle, est émise dix mille fois plus rapidement qu'un obus n'est lancé par un canon à longue portée. Quant aux particules d'électricité négative, que sont les électrons, leur vitesse atteint presque celle de la lumière elle-même.

Dans le tableau ci-dessus sont réunies les différentes vitesses enregistrées, en kilomètres par seconde, depuis le train express jusqu'aux électrons.

Les vitesses que nous savons provoquer dans les appareils à l'échelle humaine font donc très triste figure auprès de celles qu'on a décelées dans les laboratoires. Pour les jeunes générations, éprises de « records », et qui pratiquent volontiers, en divers ordres d'idées de notre vie trépidante, la course à la vitesse, voilà une occasion indéniable de modestie.

SUZANNE VEIL.



COMMENT ON PEUT ENVISAGER L'« AUTOROUTE » DE L'AVENIR

Par le général GASCOUIN

L'intensité sans cesse croissante de la circulation a posé à différentes reprises la question de l'autoroute ; elle a groupé des partisans et des adversaires, aussi convaincus les uns que les autres, avec, d'ailleurs, une égale bonne foi. Peut-être tous les éléments du problème n'ont-ils pas été exposés dans toute leur ampleur. On déplore les accidents journaliers dont sont victimes les automobilistes ; on constate que les transports sur route ne sont pas encore suffisamment développés, et, jusqu'ici, aucune solution pratique n'est intervenue pour mettre fin à une situation à la fois tragique et économiquement déplorable. M. le général Gascouin, s'inspirant de ce qui a été fait à l'étranger, notamment en Italie, en Allemagne et aux Etats-Unis, a conçu un projet, exposé ci-après, qui intéresse toutes les régions comprises entre l'extrême nord et l'extrême sud de la France.

Conception générale de l'« autoroute »

Le problème de l'autoroute consiste à établir une artère vitale de premier ordre, permettant, avec les ramifications régionales nécessaires, de former l'amorce d'un réseau général français n'ayant l'équivalent nulle part au monde.

Entre les Flandres et les villes méditerranéennes, trois tronçons se raccorderaient pour relier Lille et Paris (250 kilomètres), Paris et Lyon (450 kilomètres), Lyon et Marseille (350 kilomètres).

Etablie partout sur des terrains vierges de constructions, hors, par conséquent, de toute agglomération, sa largeur totale pourrait atteindre, sans qu'il en résulte un coût élevé, 40 ou 50 mètres. Mais la chaussée proprement dite, à laquelle on donnerait, au début, une largeur de 8 ou 10 mètres seulement, pourrait être augmentée suivant les besoins du trafic, notamment aux abords des grands centres.

Les larges bas côtés resteraient libres d'obstacles, sans arbres, sans fossés découverts, sans poteaux télégraphiques, sans pylônes, sans dépôts de matériaux. Comme, d'autre part, les avions de tourisme, et surtout les avions commerciaux utiliseront la grande artère comme axe de repérage et d'atterrissage en cas de détresse, des bosquets d'arbustes d'une forme donnée et à feuillage permanent seraient disposés à chaque kilomètre pour permettre aux aviateurs de reconnaître aisément, du haut du ciel, non seulement leur direction mais aussi un terrain d'atterrissage possible en cas de

panne. Quant aux bas côtés de la route, ils seraient utilisés comme terrains d'évitement pour les automobiles et terrains d'attente en cas d'accident.

Autant que possible, le tracé se rapprocherait de celui des anciennes voies romaines. c'est-à-dire qu'il serait constitué par de longues sections rectilignes raccordées suivant des angles très obtus ou des courbes de très grand rayon. Naturellement, tous les incidents qui contrarient la circulation sur les routes ordinaires, les passages à niveau, les carrefours, etc., seraient évités. Par conséquent, l'autoroute contournerait les obstacles par l'éloignement des agglomérations, ou les franchirait par des viaducs appropriés (routes, voies ferrées, rivières, etc.). Dans les régions où la nouvelle voie aurait à s'établir sur des pentes abruptes, la protection serait assurée par un mur solide ou par une barrière en fonte comme il en existe déjà, d'ailleurs, sur certaines routes très fréquentées en France et à l'étranger. Partout ailleurs, une simple clôture.

L'achat du terrain constituerait la première dépense, relativement faible ; la plus importante proviendrait des ouvrages d'art et surtout du revêtement de la chaussée qui devrait permettre les grandes vitesses, avec le minimum d'usure des pneus, des châssis, et le minimum de consommation de carburant.

Le revêtement de la chaussée doit être particulièrement soigné

De cette question du revêtement dépend, d'ailleurs, la valeur et la durée de la route.

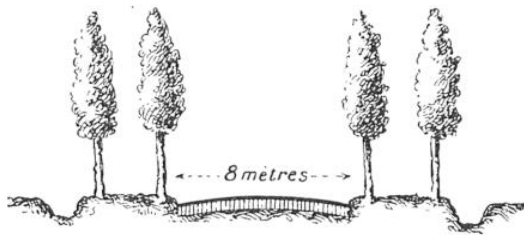


FIG. 1. — PROFIL D'UNE ROUTE ACTUELLE AVEC SES ARBRES ET SES FOSSÉS, CAUSES DE NOMBREUX ET GRAVES ACCIDENTS

De grands progrès ont été accomplis dans ce sens, ces dernières années, mais seulement, par raison d'économie, avec des matériaux pris sur place autant que possible. On a surtout protégé et amélioré le macadam ordinaire par du goudron, du bitume, du silicate, etc., mais la tenue laisse fortement à désirer sur certains itinéraires à grand trafic, dès qu'intervient l'action répétée des poids lourds. Il importe donc de trouver des revêtements plus durables, comme le sont déjà certains pavages et certains bitumes, pour favoriser les transports vraiment commerciaux dans l'ensemble du pays. *La Science et la Vie* a déjà montré (1) que la route métallique, qui présente des inconvénients au point de vue des transports hippomobiles, peut, au contraire, fournir une excellente solution lorsque la circulation est exclusivement automobile. Le pavage en fonte constitue une solution, mais il en est d'autres qui peuvent être l'objet d'essais, comme, par exemple, l'emploi de larges plaques de fonte aciérée, peut-être même de tubes d'acier à section aplatie. Il est aussi possible que le développement actuel des usines de céramique, en France, aboutisse à rendre courant, comme en Amérique, l'emploi des pavés de grès cérames.

Enfin, le caoutchouc, en couches plus ou moins épaisses, adapté à des supports solides de fonte, de béton ou de céramique, conduira peut-être à des solutions pratiques.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 138, page 475.

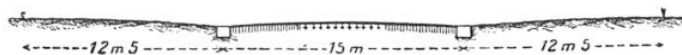


FIG. 2. — LE PROFIL DE L'AUTOROUTE COMPORTE LA CHAUSSEE RECOUVERTE D'UN REVÊTEMENT ÉTUDIÉ POUR RÉSISTER A L'USURE ET DE LARGES BAS COTÉS BIEN DÉGAGÉS

Il convient, de toute façon, d'envisager, là où la chaussée sera très large, l'emploi d'un revêtement composite qui serait constitué, dans la partie axiale, par un produit coûteux, réservé, en principe, à la circulation des poids lourds, tandis que les parties latérales, sur des largeurs de 3 à 4 mètres, seraient construites en matériaux économiques, réservés, en principe, aux poids légers.

L'organisation générale de la route

Il ne sera jamais possible de débarrasser entièrement le chauffeur de toute préoccupation, mais l'autoroute réduira, dans une large mesure, sa tension d'esprit et sa fatigue par sa construction même, par l'absence d'obstacles imprévus, par la suppression des croisements. Un éclairage noc-

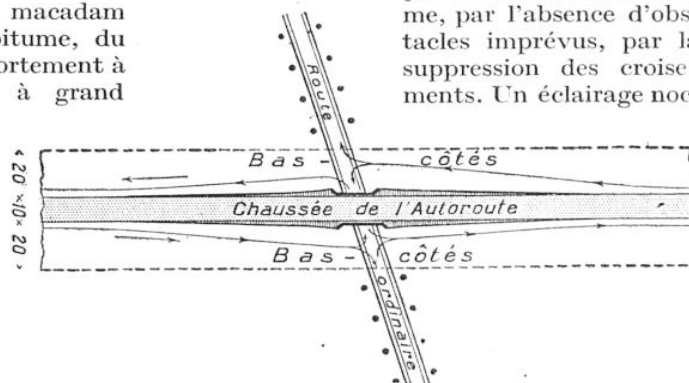


FIG. 3. — COMMENT L'AUTOROUTE SE RACCORDERA AVEC UNE ROUTE ORDINAIRE QU'ELLE FRANCHIT SUR UN PONT. On voit qu'une automobile peut entrer en vitesse dans les deux sens sur l'autoroute et en sortir sans aucune manœuvre compliquée pour passer sur un chemin ordinaire.

turne bien compris (1) lui assurera une sécurité presque absolue et facilitera la tâche des agents de surveillance de l'autoroute.

De loin en loin, à 40 kilomètres de distance environ, des autogares seront aménagées avec un pouvoir éclairant suffisamment puissant pour couvrir des longueurs de 20 à 25 kilomètres dans les deux sens. Elles seront aménagées spécialement pour le personnel de surveillance de la route (avec des avionnettes et des automobiles), les mécaniciens, les téléphonistes, etc. Dans chacune de ces autogares, des ateliers permettront de faire les réparations urgentes, des magasins fourniront les pièces de rechange, les carburants pour les autos et les avions. Ces derniers auront à leur disposi-

(1) Voir *La Science et la Vie*: « L'éclairage au néon pour la navigation aérienne », n° 132, page 473.

tion, à proximité de la gare, un terrain d'atterrissage.

Autant que possible, les autogares seront situées au voisinage d'un embranchement avec une route du réseau ordinaire. Pour passer d'une route ordinaire, nationale ou départementale, à l'autoroute, ou inversement, des raccordements seraient organisés, comme le montre notre schéma, permettant d'entrer en vitesse dans l'autoroute ou d'en sortir, au contraire, à allure lente.

Ce que pourrait coûter une « autoroute » de Lille à Marseille

Le prix moyen du kilomètre d'une autoroute pourrait varier entre 1.500.000 francs et 2 millions, suivant la nature du revêtement adopté pour la construction de la chaussée, suivant le nombre des ouvrages d'art et en se basant sur le prix d'achat moyen de 10.000 francs l'hectare de terrain. Cette dépense serait couverte par des emprunts régionaux et nationaux, pouvant s'élever respectivement à :

500 millions environ pour la partie Nord (Lille-Paris) de l'autoroute (250 kilomètres) ;

700 millions pour la partie centrale (Paris-Lyon) (450 kilomètres) ;

600 millions pour la partie sud (Lyon-Marseille) (350 kilomètres).

Les dépenses d'installation seraient amorties par les recettes du péage et par une contribution annuelle de l'Etat, usager et bénéficiaire de l'autoroute nouvelle.

L'avenir de l'« autoroute »

L'autoroute générale pour tous véhicules mécaniques terrestres et aériens, telle qu'elle vient d'être décrite brièvement, remplirait donc deux missions distinctes.

Elle permettrait la circulation automobile rapide sous toutes ses formes.

Elle rendrait facile et pratique la navigation aérienne intérieure, encore si dangereuse par temps de brume, en lui servant de guide de façon ininterrompue de nuit et même de jour (temps de brume) par un éclairage au néon bien organisé.

L'autoroute particulièrement importante, Lille, Paris, Lyon, Marseille (autoroute des villes capitales), serait suivie, au bout de très peu d'années, d'autres artères importantes (1), quand on se serait rendu compte de la dépense relativement peu élevée, suffisante à leur construction en terrain vierge d'habitations.

Un large réseau de quatre ou cinq grandes autoroutes d'un tracé bien étudié, bien soudé à notre riche réseau actuel, ferait de la France le pays du monde le mieux organisé au point de vue des transports sur route et de la navigation aérienne intérieure.

En résumé, en face des progrès récents de l'avion et du ballon, plus rapides et plus importants encore que ceux de l'automobile, nul ne peut affirmer que la navigation aérienne n'arrivera pas, avant peu d'années, à égaler, techniquement et économiquement, la locomotion automobile pour les transports de toutes sortes permis à celle-ci.

Il ne s'agit pas de vouloir concurrencer et détrôner l'automobile avec l'avion, mais d'établir une logique, une politique de collaboration (comme déjà entre l'avion et le rail ou le bateau), l'avion assurant la plus grande partie du parcours, l'auto assurant, à l'arrivée, le rayonnement commercial ou touristique nécessaire.

Notre pays se trouvera en bonne place dans cette évolution importante, s'il a su créer d'avance de larges pistes organisées comme celle dont il a été question ici.

GÉNÉRAL GASCOUIN

(1) Par exemple : Le Havre, Le Mans, Poitiers, Toulouse ; Nancy, Paris, Avranches ; Lyon, Clermont, Bordeaux.

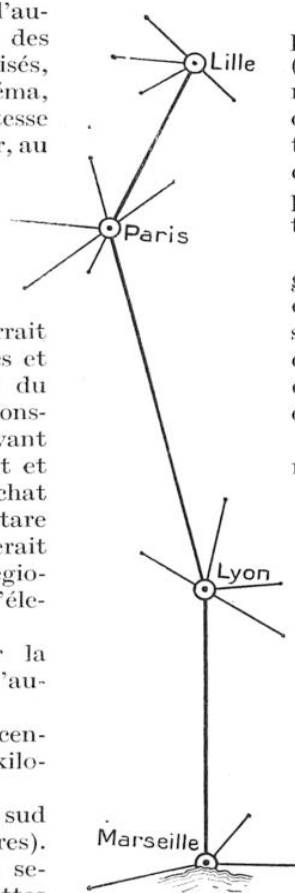


FIG. 4. — LA PREMIÈRE AUTOROUTE DESSERVIRAIT LES GRANDS CENTRES : LILLE, PARIS, LYON, MARSEILLE

LE CINÉMATOGRAPHE PERMET AUJOURD'HUI DE DÉCELER LES QUALITÉS DE VOL D'UN AVION

Par Jean LABADIÉ

La science aérodynamique expérimentale, dont LA SCIENCE ET LA VIE a exposé les principes (n° 145, juillet 1929), a permis d'étudier avec une grande précision la « structure » du vent ; l'avion-laboratoire a donné aux techniciens les moyens de mesurer les déformations et les efforts subis par les organes des avions en plein vol. Cependant, en dehors de la question de résistance du matériel volant, il est un autre problème excessivement important au point de vue des progrès de l'aviation : c'est celui de l'examen, toujours en plein vol, des qualités propres de l'aéroplane concernant son rendement au sein de l'atmosphère, c'est-à-dire sa « finesse ». Jusqu'ici, le tunnel aérodynamique était seul utilisé dans ce but. Mais voici que le cinématographe, en autorisant l'enregistrement du vol, permet d'étudier ensuite à loisir et de calculer les meilleures formes à donner à l'avion. Nos lecteurs trouveront ci-dessous l'exposé de cette nouvelle méthode, due aux Français MM. Magnan, Huguenard, Planiol et Sainte-Laguë.

SCIENCE des mouvements relatifs, puisqu'elle étudie un mobile dans un milieu essentiellement mouvant, l'aéronautique, avons-nous dit, comporte trois facteurs possibles pour « l'observateur » — c'est-à-dire pour le savant en quête d'expériences rationnelles et de mesures utiles.

Un premier facteur est l'atmosphère elle-même, prise avec toutes ses particularités : étudier les mouvements propres du fluide aérien afin de prévoir leurs répercussions sur les conditions du vol. Nous avons vu quelle tâche délicate c'était et comment la méthode des « fils chauds » permet de la mener à bien (1).

Le second facteur rationnel nous apparaît ensuite devoir être l'avion considéré comme un laboratoire, à bord duquel certains instruments spéciaux et des « accélérographes » mesurent les *déformations* des organes, notamment des ailes, ainsi que les *efforts* provoquant ces déformations (2).

Il nous reste à considérer le troisième point de vue, celui de l'observateur fixe, placé à terre, étudiant l'avion d'après la forme des trajectoires qu'il décrit. Ceci permet l'appréciation finale des qualités d'un « volateur » quelconque, qu'il s'agisse d'un avion ou d'un oiseau. On conçoit que l'observateur opérant du sol de l'aérodrome, s'il est bien outillé dans ses moyens de mesure, est seul capable de synthétiser, en une leçon défi-

nitive, les trois sortes de mesures : celles qui ont rapport au vent, celles du bord et les siennes propres.

Au demeurant, cette dernière méthode synthétique fut précisément celle des premiers chercheurs, puisque, à leur époque, on ne volait pas encore et que force était de n'étudier que les seuls avions naturels, existant de tout temps, les oiseaux.

L'instrument tout indiqué pour ce travail d'observation scientifique n'est autre que le cinématographe. Ce fut même, à cette occasion, qu'il fut inventé, au moins dans son principe, par l'illustre physiologiste Marey.

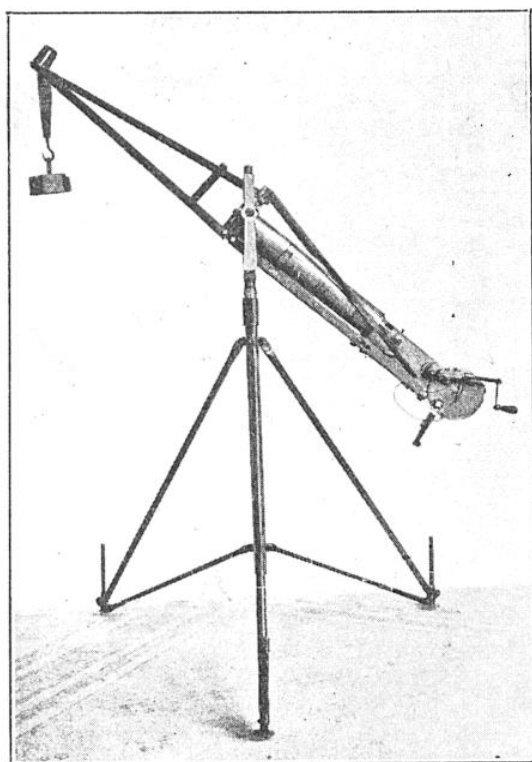
Nous allons voir comment le docteur Magnan et ses collaborateurs MM. Huguenard, Planiol et Sainte-Laguë, ont, dans cette voie, tiré le plus grand parti de l'appareil imaginé il y a trente ans, mais parvenu ces dernières années seulement à l'état de perfection qu'exige la rigueur d'un semblable travail. En somme, le rêve de Marey, étudier les conditions rationnelles du vol des *oiseaux*, aura mis trente ans à se réaliser, et ce sont les *aéroplanes* en plein essor qui vont se soumettre aussitôt à cet excellent moyen souverain de contrôle.

Distinction préalable nécessaire entre le vol de l'oiseau, celui de l'insecte et celui de l'avion

Disons tout de suite que si Marey assistait, de nos jours, aux mesures de MM. Huguenard, Magnan et Planiol et s'il prenait con-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 37.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 146, page 141.



LA CINÉMITRAILLEUSE « H. M. P. »

L'appareil cinématographique au moyen duquel MM. Huguenard, Magnan, Planiol et Sainte-Laguë déterminent les trajectoires d'avion. Il se compose de la cinémitrailleur ordinaire utilisée pour l'école de tir des aviateurs. Son montage à terre, sur trépied, exige l'adjonction d'un contrepoids, ce qui permet de conserver à l'objectif une position centrale, sur l'axe même du pivotement. La mobilité de la ligne de visée en est accrue.

naissance des conclusions mathématiques qu'en tire M. Sainte-Laguë, il ne reconnaîtrait plus du tout le problème qu'il s'était posé.

Du temps de Marey, c'était le moyen mécanique, encore incertain, de voler que l'on cherchait à deviner dans les évolutions aériennes des oiseaux. Aujourd'hui, l'on sait que « l'imitation de la nature » ne mène pas loin. Il serait aussi puéril de vouloir plier l'aéroplane aux manœuvres alaires d'un pigeon ou d'un vautour que de tenter un perfectionnement de l'automobile par la substitution de pattes articulées à ses roues pneumatiques. Ce qui n'empêche pas des inventeurs (possédant cepen-

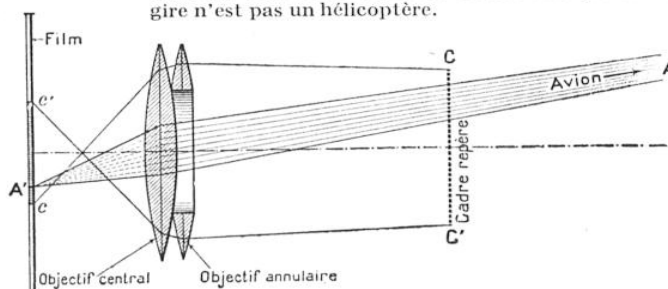
dant le titre d'ingénieur) de proposer le romanesque « hélicoptère » de Jules Verne, ou « l'orthoptère » (à battement d'ailes), encore plus légendaire, d'Icare (grâce auquel se tua plus récemment, hélas! l'Américain Wilson) ou même « l'avion-libellule », dont les ailes frémissaient en des mouvements périodiques ultra-rapides, analogues à ceux des insectes bourdonnant à des fréquences musicales !

On devrait pourtant considérer aujourd'hui comme physiquement démontré que la réaction (normale) de l'air sur des plans de sustentation en mouvement horizontal constitue la seule réalisation acceptable d'un vol pratique, industriel.

Ceci semble dépendre d'une loi générale qui veut que l'industrie humaine transcende sans cesse la nature en substituant un mouvement continu aux mouvements alternatifs dont elle se contente.

Le bateau mécanique « à nageoires » (la galère) a cédé le pas au bateau à roues, puis à celui que meut l'hélice. L'hélice passée à l'avion est une « aile tournante tractrice » dont le rendement dépasse infiniment celui des ailes battantes — à tel point que dans son « autogire », l'ingénieur, M. de la Cierva, trouve avantageux de faire tourner les ailes sustentatrices proprement dites — ce qui est exactement l'opposé du battement. (1) Quant au vol des insectes, il s'appuie sur une propriété de l'air qui échappe probablement à l'oiseau lui-même ; l'insecte utilise non seulement, comme l'oiseau et l'avion, la réaction mécanique de l'air, mais encore surtout, quand il est extrêmement petit, il profite du « frottement » de l'air sur toutes les surfaces qu'il lui présente et dont la superficie

(1) Mais ce qui n'est pas davantage « remplacer l'aile par une hélice ». Tout le monde sait que l'autogire n'est pas un hélicoptère.



L'OBJECTIF DE LA CINÉMITRAILLEUSE

L'objectif antérieur (côté film) est plein ; sa distance focale correspond à une mise au point sur l'avion situé pratiquement « à l'infini » dans la direction A. L'objectif postérieur (côté avion) est annulaire. Sa distance focale correspond à la mise au point sur le film de l'image du cadre repère.

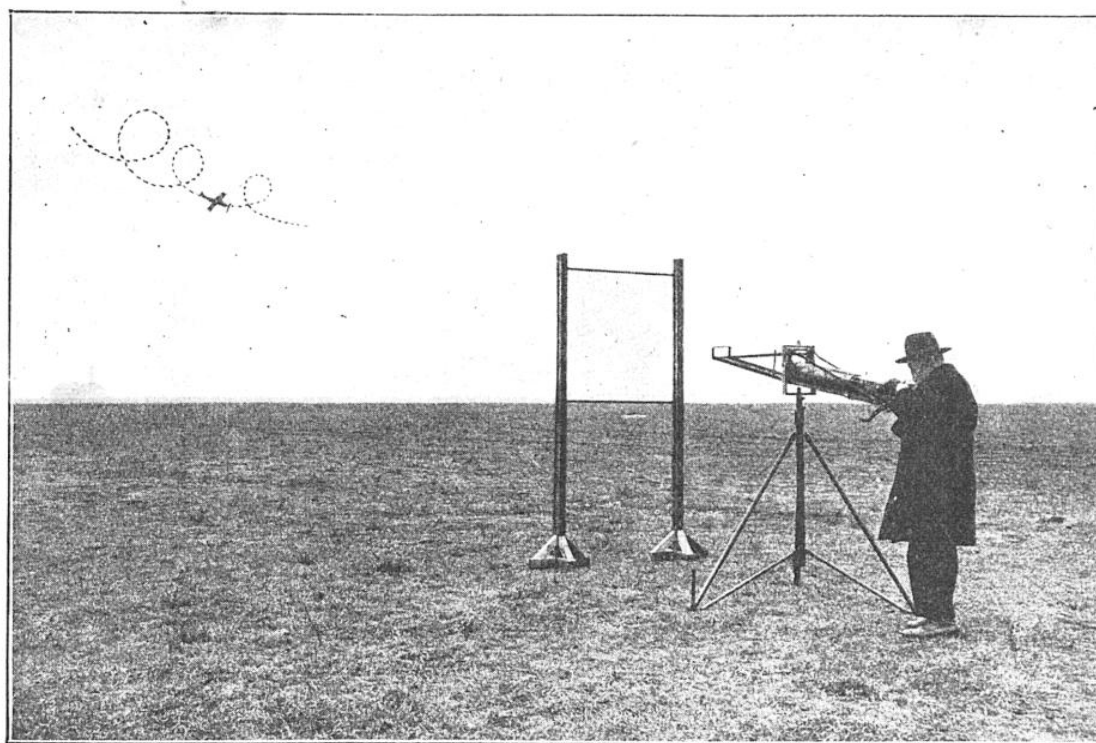
totale est énorme relativement à son volume, superficie qui s'accroît encore lorsqu'il possède des poils. Voyez l'aile velue du papillon.

Il semble donc qu'aujourd'hui l'on ne devrait plus revenir là-dessus ; un avion de 15 tonnes ne peut songer à imiter le plus gros oiseau, ni, à plus forte raison, le moustique. Et c'est une placide énormité que de

l'avion, *lorsqu'il plane*. Et nous verrons quelles indications précieuses peut justement fournir au constructeur d'avions l'observation de ce « vol plané ».

La qualité maîtresse de l'aéroplane : la finesse

Ne soyons donc pas étonnés si la mesure cinématographique tire, avant tout, sa



LA CINÉMITRAILLEUSE « H. M. P. » EN ACTION

L'opérateur vise, à travers le cadre repère, un avion en train d'effectuer trois loopings successifs. La photographie ne permet pas de distinguer le quadrillage du cadre dont l'armature est traversée de fils équidistants, tendus horizontalement et verticalement.

prétendre appliquer à l'aérodynamique, le « théorème de similitude », d'après lequel l'échelle d'un mécanisme volant n'interviendrait pas dans sa réussite. Ce théorème ne joue que pour les mobiles naviguant dans un fluide incompressible tel que l'eau (1).

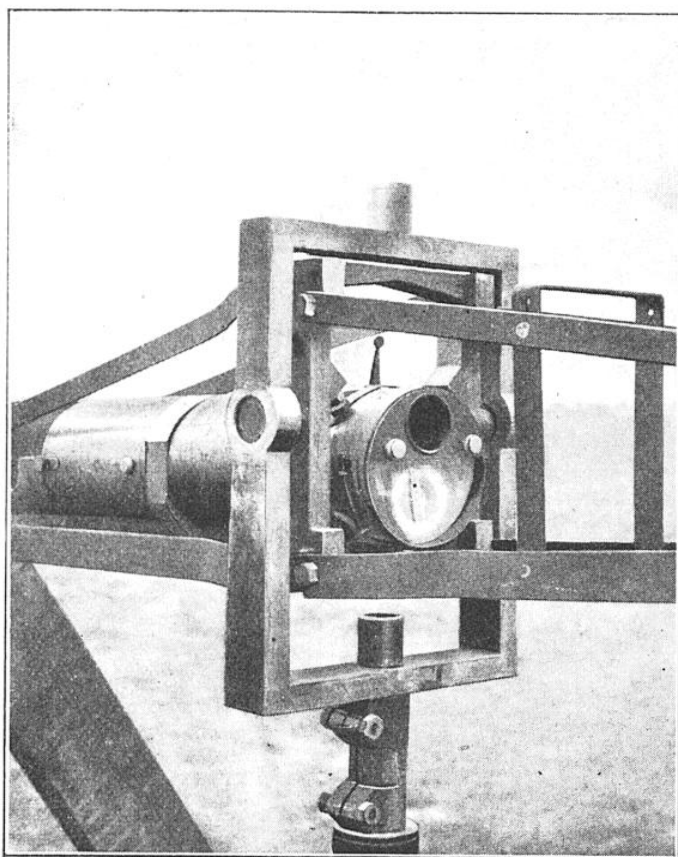
Ces restrictions préliminaires étant formulées, doit-on en conclure que l'observation des oiseaux en vol soit inutile à l'aérodynamicien, uniquement préoccupé d'aéronautique humaine ? Pas le moins du monde. Car l'oiseau, à certains moments, ressemble à

fécondité de son application au vol plané.

Le vol plané peut, en effet, permettre de définir la qualité maîtresse d'un « volateur » — du point de vue industriel. Cette qualité, c'est la « finesse ». On nomme ainsi non pas une chose vague, comme — serait-on tenté de penser — l'élégance ou la gracilité des lignes d'un volateur, mais un véritable rapport mathématique caractérisant chaque appareil.

La sustentation d'un appareil plus lourd que l'air est due à la résistance de l'air composée verticalement de bas en haut, grâce à une bonne incidence des ailes. Mais cette résistance du milieu, l'avion la rencontre également dans le sens horizontal, celui de

(1) Voir dans *La Science et la Vie* n° 129, page 209, l'article sur « Les îles flottantes », dans lequel est indiquée cette question (loi de Froude).



L'OBJECTIF DE LA CINÉMITRAILLEUSE SUR SON
PIVOT A LA CARDAN

L'objectif est placé dans l'ouverture circulaire sombre. Au-dessous, le second disque représente un chronomètre à secondes dont l'image vient impressionner le film après chaque cliché, ce qui permet de contrôler l'uniformité du déroulement.

l'avancement. L'avion le meilleur sera donc celui qui éprouvera de la part du milieu aérien une résistance verticale (poussée) maximum et une résistance horizontale (traînée) minimum. Sa faculté de réagir verticalement se nomme « portance » ; nous conserverons le mot « résistance » pour désigner la résistance horizontale, à l'avancement.

Ceci posé, considérons un avion à 1 kilomètre d'altitude. Lâchons-le, moteur arrêté, en vol plané, et suivant une inclinaison des ailes qui le fasse bénéficier de sa meilleure portance.

Cet avion ira toucher le sol à une distance (comptée horizontalement) de 4, 5, 6 kilomètres. Plus il ira loin, dans ces conditions, et plus il sera considéré comme « fin ». Puisqu'il part de 1 kilomètre d'altitude, sa finesse

sera de 4 dans le premier cas, de 5 dans le second, de 6 dans le troisième. Ces nombres indiquent, en effet, le rapport de la portance de l'avion à sa résistance. Puisque l'appareil ne tombe que d'un kilomètre pendant qu'il avance de 6, le rapport de sa faculté de ne pas tomber (portance) à sa faculté d'avancer est bien 6. Ce chiffre est, d'ailleurs, le maximum actuellement réalisé par les constructeurs. Telle est la définition de la *finesse maximum* ou *finesse aérodynamique* d'un avion ou encore, par abréviation, finesse tout court.

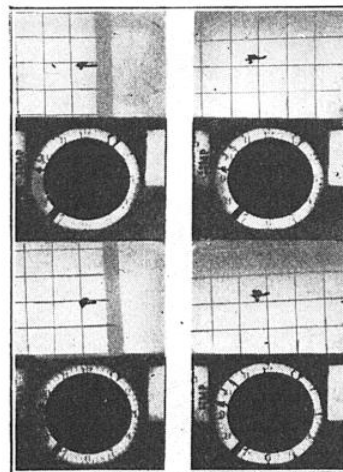
Ce qu'est la « courbe polaire » d'un avion

Dans ce qui précède, nous avons supposé constante et optimum l'inclinaison des ailes sur la trajectoire suivie (incidence).

Au cours d'un vol, à chaque manœuvre, cette incidence varie. Le rapport de la portance à la résistance de l'avion varie donc également, à ces moments-là. Si l'on mesure la portance et la résistance d'un avion pour toutes les incidences possibles

et qu'on note leurs valeurs successives en coordonnées ordinaires (voir fig. de la p. 220), on obtient une courbe continue, caractérisant l'appareil: c'est sa *courbe polaire*. Elle diffère avec chaque type d'avion.

Si, du point *O*, origine des coordonnées, on mène la tangente à

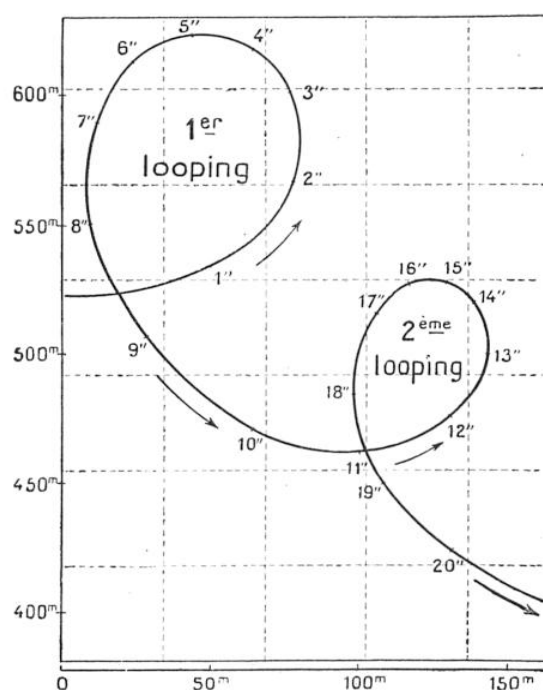


UNE PARCELLE DU FILM OBTENU, MONTRANT QUATRE POSITIONS DIFFÉRENTES D'UN AVION AVEC, AU-DESSOUS, LE CADRAN DU CHRONOMÈTRE INDICANT LES TEMPS.

cette courbe, le point de contact indique sur cette courbe l'incidence optimum du vol plané. Et le rapport des coordonnées prises en ce point mesure la « finesse » de l'appareil. En effet, toute autre droite, reliant le point *O* à n'importe quel autre point de la polaire, possède un rapport plus petit que celui de la tangente.

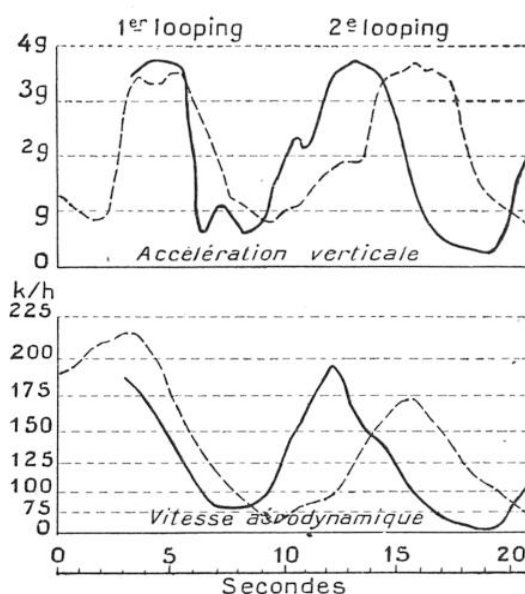
On aperçoit par là combien est précieuse la détermination exacte de la polaire d'un avion. C'est elle qui nous fixera sur ses facultés manœuvrières et sur les conditions du vol le plus sûr ou le plus économique.

Or, c'est justement la détermination, par l'observation, de la polaire réelle de chaque avion (souvent très différente de sa polaire théoriquement calculée), que permet de



UNE TRAJECTOIRE D'AVION RECONSTITUÉE DE SECONDE EN SECONDE

En reportant, sur un quadrillage identique à celui du cadre-repère, les positions successives révélées par le film, on reconstitue la trajectoire parcourue par le centre de gravité de l'avion. Un relevé plus minutieux encore permet de fixer également l'inclinaison de l'appareil (ailes et axes de la carlingue), relativement au sol (horizontale) en chaque point de la trajectoire. Cette inclinaison, jointe à la courbure de la trajectoire, permet d'évaluer les efforts supportés par l'appareil dont la vitesse est indiquée, d'autre part, par l'espacement des unités de temps (secondes), reportées sur la courbe. La trajectoire représentée ici, particulièrement mouvementée, comporte deux « loopings ». Son étude est particulièrement instructive.



LES DEUX GRAPHIQUES CI-DESSUS REPRÉSENTENT :

1° En trait plein : les accélérations verticales révélées (en chaque point des loopings) par les accélérographes du bord et, de même (second graphique), les vitesses aérodynamiques indiquées par les trompes installées sur l'avion ; 2° En trait pointillé : les mêmes données (accélérations et vitesses), tirées, par le calcul, de la forme de la trajectoire tracée par la méthode cinématographique. On remarquera qu'un léger décalage existe entre les deux sortes de courbes pleines et pointillées, bien que leur allure soit identique. Cette discordance indique, précisément, l'utilité des deux méthodes (mesures par les appareils du bord et mesures par le cinéma). Elles se corrigent mutuellement, en permettant de ne retenir que l'observation moyenne.

réaliser la méthode « chronophotographique », par le moyen du cinéma.

Les difficultés de la mesure cinématographique

Il semble facile, au premier abord, de reconstituer les mouvements réels d'un acteur sur la scène, d'après les figures successives d'un film de cinéma. Connaissant la fréquence de déroulement du film (par exemple seize clichés à la seconde), connaissant l'échelle de l'écran relativement à la scène du studio, en mesurant, cliché par cliché, les déplacements de l'acteur en largeur et en profondeur (par l'effet de perspective), il est possible de retracer son trajet dans l'espace même s'il s'agit d'un acrobate au trapèze volant. Il suffit, pour cela, d'être bien sûr que l'objectif du cinéma n'a pas

bougé relativement au spectacle, tout le temps que dura celui-ci.

Quand l'acrobate est un avion évoluant dans le ciel, cette immobilité du cinéma relativement à la scène est impossible à conserver. Le cinéma doit constamment viser l'avion comme s'il s'agissait de le mitrailler. D'où le nom de *cinémitrailleuse* adopté, dans ce cas, pour l'appareil de prise de vues.

La cinémitrailleuse est utilisée, d'ailleurs, pour l'école de tir dans le combat en avion.

Elle sert à vérifier qu'à un certain instant, extrêmement bref et précis, l'aviateur a tenu son adversaire exactement dans sa ligne de tir et qu'à ce moment, il a, effectivement, pressé un déclat, une gâchette. L'avion visé aurait été touché... Placé au sol, un tel dispositif peut, évidemment, servir à relever par visées successives les diverses positions d'un avion sur sa trajectoire (il suffira d'enregistrer les positions du canon (objectif) de la cinémitrailleuse relativement au plan fixe du sol, au moment où l'on réalise chacune de ces visées). Mais ceci supposerait que l'opérateur est un tireur absolument

sûr de lui et que l'avion ne quitte pas un seul instant sa ligne de mire : un tel homme n'existe pas.

Il ne reste qu'une solution, disposer un repère fixe, qui, photographié simultanément, sur le même cliché, avec l'avion mouvant, jouera, vis-à-vis de celui-ci, le rôle de la scène fixe du studio vis-à-vis de l'acrobate dont nous parlions tout à l'heure. Ceci ne va pas sans difficultés.

Un tel repère fixe devra, rigoureusement,

fournir trois axes fixes dans l'espace. Commençons par essayer d'établir les deux premiers axes. Disposons à l'avant du cinéma un cadre *quadrillé* au moyen d'un réseau de fils. A condition de placer ce cadre-repère assez près de l'objectif, nous pouvons espérer que son image recouvrira toutes les évolutions de l'avion situé dans un lointain relatif. Il sera facile de retrouver ensuite les deux numéros (vertical et horizontal) de chaque ligne du quadrillage, se rapportant à l'avion.

à chaque instant de son vol. Ces numéros ne sont autres que les *coordonnées* de l'avion à l'instant considéré.

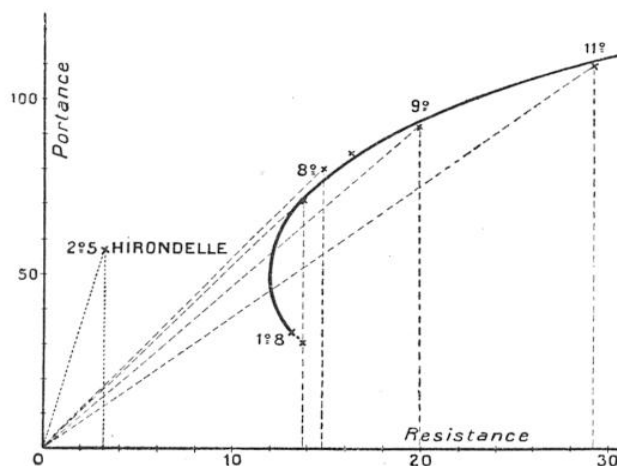
Les variations de la grandeur apparente de l'aéroplane sur les clichés successifs indiqueront les variations de son éloignement relativement au cadre-repère, et ce sera là la troisième coordonnée. La position de l'avion dans le ciel sera géométriquement déterminée à chaque instant.

Mais l'avion n'est pas un point géométrique. Il a des formes connues. Les inclinaisons diverses qu'il prendra, au cours de son vol, seront encore faciles à déterminer, s'il le faut, par la

perspective de ses formes en chacune de ses positions.

Mieux que cela. La rotation de l'hélice, contrôlée par le compte-tours du bord, le sera, beaucoup plus exactement, par le déroulement continu du film et par l'effet « stroboscopique » (1) résultant de la composition de cette rotation et de la fréquence des clichés. La fréquence des clichés cinématographiques pourra même être contrôlée au

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



EXEMPLE D'UNE COURBE « POLAIRE » RELATIVE A UN AÉROPLANE :

En abscisses, est indiquée la valeur de la résistance (ou traînée) opposée par l'air à l'avion. Cette résistance varie avec chaque incidence (11° ; 9° ; 8° ; $1^{\circ},8$) imposée aux ailes relativement au sens de la marche. A chacune de ces mêmes incidences correspond, d'autre part, une valeur différente de la portance (ou poussée verticale) éprouvée par l'avion. Une fois construite, il est évident que si l'on mène par le point O (origine des coordonnées) la tangente à cette courbe, le point de tangence indique (sur la courbe) l'incidence pour laquelle le rapport de la résistance à la portance est le plus faible. C'est l'incidence du vol optimum. Les opérateurs ont pu saisir la valeur de ce rapport pour une hirondelle volant avec une incidence des ailes de $2^{\circ},5$. On voit qu'elle est extrêmement plus élevée que pour l'incidence optimum de l'avion. Or il se peut que cette incidence de $2^{\circ},5$ ne soit même pas l'incidence optimum de l'hirondelle !

moyen d'un chronomètre à secondes, dont le cadran sera photographié sur le film lui-même, superposant ainsi la mesure du temps à celle de l'espace.

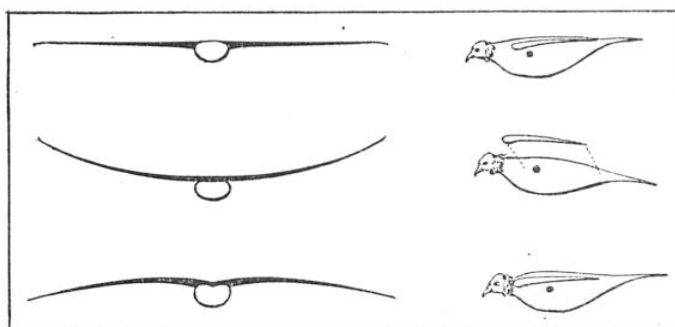
Telle est la mise en scène qu'il fallait réaliser pour utiliser le cinéma, de manière efficace, à l'observation des avions en vol et des oiseaux.

Le cinéma à double objectif

MM. Huguenard, Magnan et Planiol ont élégamment résolu les difficultés qui se présentaient.

D'abord, il n'est pas facile d'obtenir, simultanément sur un même cliché, l'image nette d'un objet placé à 4 mètres de distance (cadre-repère), et d'un autre objet situé à 300 ou 400 mètres (avion). Le même objectif ne saurait fournir une « mise au point » aussi contradictoire. Il a donc fallu doter la cinématrailleuse de deux objectifs, ayant chacun des distances focales différentes, destinés à photographier l'un le cadre repère, l'autre le volateur. Pour que leurs images se superposent, ces objectifs ont été disposés comme l'indique la figure de la page 216. Ce dispositif a très bien réussi. On aurait pu penser que chaque objectif allait donner les deux images, l'une nette, l'autre floue. Il n'en a rien été : l'objectif destiné à photographier le cadre n'a donné que le cadre et de même celui calculé pour l'avion. Le film impressionné ne contenait que les deux images attendues.

L'usage d'un chronomètre auxiliaire put être abandonné, le rythme de déroulement du film ayant été reconnu suffisamment régulier



TROIS POSITIONS DIFFÉRENTES DE L'AILE D'UN VAUTOUR AU COURS D'UN VOL PLANÉ :

L'on aperçoit que, même en vol plané, la courbure de l'aile du vautour n'est pas invariable. A droite, les positions correspondantes (d'une même coupe de l'aile) relativement au corps de l'oiseau dont le centre de gravité est marqué par un point.

pour numérotier les clichés dans le temps.

D'autre part, les aviateurs opérant de concert avec les observateurs, les évolutions des appareils ont pu s'effectuer dans un plan sensiblement parallèle à celui du cadre-repère. Celui-ci prenait, dès lors, le rôle d'un simple tableau noir sur lequel s'inscrivaient des trajectoires planes.

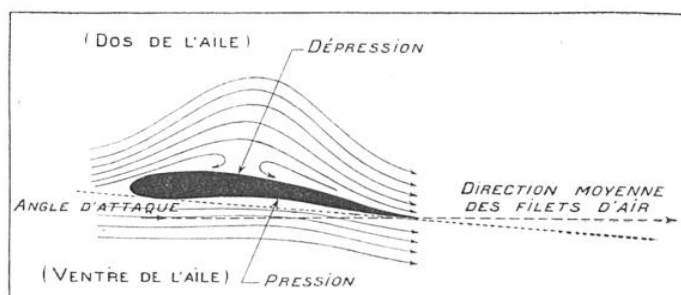
Evidemment, les oiseaux furent plus rebelles à cette mise en place. Il fallut, certains jours, cinématographier des nuées d'hirondelles pour en déceler une, sur le film, dont le trajet *en vol plané*, parallèle au cadre-repère, permit une mesure exacte de sa « finesse ».

La finesse de l'hirondelle est triple de celle de l'avion le plus fin

Nous voyons, en effet, immédiatement quelle facilité nous offre la méthode cinématographique pour mesurer la finesse d'un volateur. Il suffit de le saisir *en vol plané* sur un trajet très court pour connaître aussitôt de combien il tombe et de combien il avance dans le même temps. Le rapport de ces deux quantités, ne portât-il que sur quelques décimètres, suffit à indiquer la finesse du volateur.

Evidemment, pour que ce soit là la finesse aérodynamique vraie, il faudrait être assuré que le volateur avait, à l'instant observé, l'incidence optimum.

Pour l'avion, il est bien simple de demander à l'aviateur de manœuvrer successivement à toutes les incidences compatibles avec le vol plané. L'ensemble des mesures fournit alors



LE « SPECTRE AÉRODYNAMIQUE » D'UNE AILE D'AVION :
Ce « spectre » montre la forme et la densité des filets d'air en dessus et en dessous de l'aile d'un avion au cours du vol. On aperçoit combien peu uniforme est la répartition des pressions de l'air sur l'aile rigide d'un aéroplane.

l'ensemble de la polaire. Et l'incidence optimum ressort d'elle-même sur cette courbe.

Pour l'oiseau, il faut se contenter des hasards de l'observation. Mais, quoi qu'il arrive, on est certain que la finesse mesurée ne peut qu'être améliorée par des observations ultérieures. C'est ainsi qu'une hirondelle a révélé, certain jour, une finesse de 19,5, alors que l'avion le plus fin ne dépasse pas 6. Ce résultat surprenant ne peut que s'améliorer par des observations ultérieures en faveur de l'hirondelle, puisque le pilote, lui, ne saurait mieux faire (actuellement) tandis que l'hirondelle sait, seule, si elle peut mieux planer qu'à l'instant où elle fut saisie par la cinématrailleuse.

L'analyse mathématique des trajectoires

Jusqu'ici, nous n'avons envisagé que l'observation chronophotographique d'un avion en vol plané (moteur stoppé).

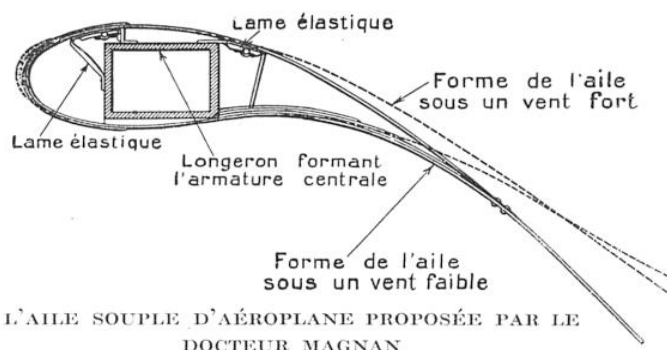
L'observation de la trajectoire d'un avion sous l'effort du moteur, au cours de manœuvres variées, n'est pas moins instructif.

Voici, par exemple, un triple « looping » cinématographié à Villacoublay (voir fig. de la page 217). La trajectoire obtenue est pointée de seconde en seconde. Son seul aspect montre donc quelle était la vitesse de l'appareil en chacune de ses positions caractéristiques : pendant la première seconde, l'avion fait 183 kilomètres à l'heure ; durant la cinquième, au sommet de la boucle, roues en l'air par conséquent, il ne parcourt plus que 82 kilomètres à l'heure. Au sortir de la boucle, à la dixième seconde, il fait 194 km à l'heure. Ces vitesses, géométriquement observées, permettent un rapprochement avec celles qu'indiquent les appareils du bord (trompes à venturis, fils

chauds). La concordance fut reconnue exacte.

A chacune des secondes successives, le rayon moyen de la courbe parcourue jointe à l'inclinaison de l'avion sur l'horizontale permet de calculer l'accélération subie par l'appareil (normalement à la courbe). On constate alors que le graphique des accélérations ainsi calculées coïncide avec le graphique donné par les accélérographes du bord (précédemment décrits). L'analyse de la trajectoire observée conduit bien, ainsi que nous l'avons dit, à un recouvrement des observations du bord.

Il n'est pas jusqu'à l'effort du moteur cinématographiquement contrôlé par la vitesse de rotation de l'hélice, qui ne puisse intervenir dans les déductions que les mathématiciens sont capables de tirer de l'analyse des trajectoires obtenues par la méthode ici décrite. C'est à M. Sainte-Laguë que revient l'honneur d'effectuer ces analyses dont les calculs sont parfois très délicats.



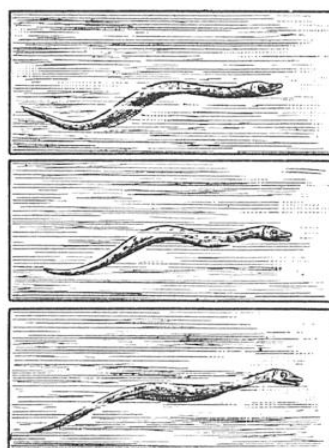
L'AILE SOUPLE D'AVION PROPOSÉE PAR LE DOCTEUR MAGNAN

Afin d'imiter l'oiseau, le docteur Magnan imagine de donner aux ailes d'un planeur une certaine élasticité qui leur permettrait de diminuer leur courbure quand augmenterait la vitesse de translation. Ainsi, l'avion conserverait constamment une finesse optimum, si — comme tout porte à le croire — la finesse d'une aile rigide n'est pas elle-même optimum, quelle que soit la vitesse. Le mécanisme inventé par M. Magnan suppose qu'une déformation élastique suffit à modeler l'aile sur la vitesse. Mais il se peut que la loi reliant la meilleure forme de l'aile à la vitesse, ne soit pas aussi simple. Dans ce cas, il faudrait imaginer un mécanisme déformant l'aile sur la commande du pilote, d'après la vitesse soutenue et cela suivant la loi exacte, non encore formulée. Malheureusement, jusqu'ici, tous les mécanismes essayés se sont montrés beaucoup trop lourds pour l'avion.

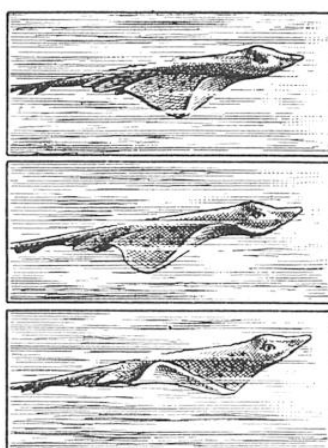
Conclusion pratique : le laboratoire en plein air remplace la soufflerie aérodynamique

Du rapide exposé qui précède il résulte que la vérification des qualités aérodynamiques des avions ne doit plus se faire sur une simple maquette, dans le courant d'air artificiel d'un tunnel de soufflerie. C'est l'aérodrome qui doit être, désormais, le véritable champ d'études.

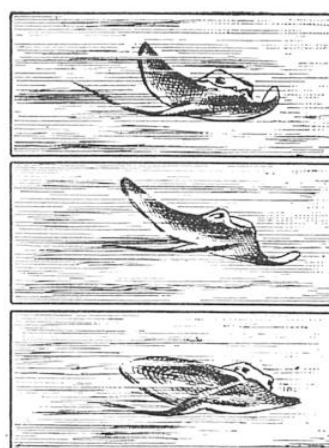
Pour les motifs que nous énoncions au début de cet article, on peut affirmer que la « similitude » ne saurait être invoquée pour relier les actions et réactions entre une maquette réduite et le vent de la soufflerie, et les mêmes actions et réactions entre l'avion de grandeur naturelle évoluant réellement.



MURÈNE



RAIE

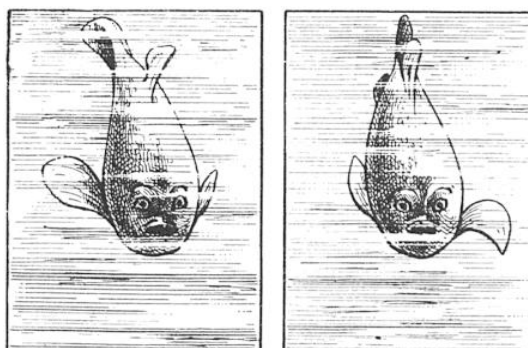


MOURINE

Le problème de l'aile souple

Comme premiers résultats, MM. Huguenard, Magnan et Sainte-Laguë ont montré que la finesse des aéroplanes les plus fins ne dépassait jamais beaucoup le nombre 6, alors que les constructeurs l'évaluaient beaucoup plus haut (théoriquement ou d'après les études sur maquette). Par contre, l'oiseau, notamment l'hirondelle — en tant que planeurs — possède une finesse que l'on sous-estimait à 12, alors qu'elle atteint au moins 19,5. Ceci montre quels progrès demeurent à faire.

La voie ouverte par le docteur Magnan et ses collaborateurs permettra peut-être d'imiter l'aile de l'oiseau en tant que *planeur*. On sait qu'il existe, dès maintenant, une question de « l'aile souple ». Elle se résume en deux mots : la « polaire » d'un avion est-elle valable à toutes les vitesses que prend l'avion ? En d'autres termes, la finesse d'une aile demeure-t-elle identique quand l'avion marche vite et lorsqu'il va lentement ? Si la polaire d'une aile varie avec la vitesse, il faut, de toute évidence, chercher à modifier la forme de l'aile, en cours de vol, en l'adaptant aux variations de vitesse.



BLACK - BASS

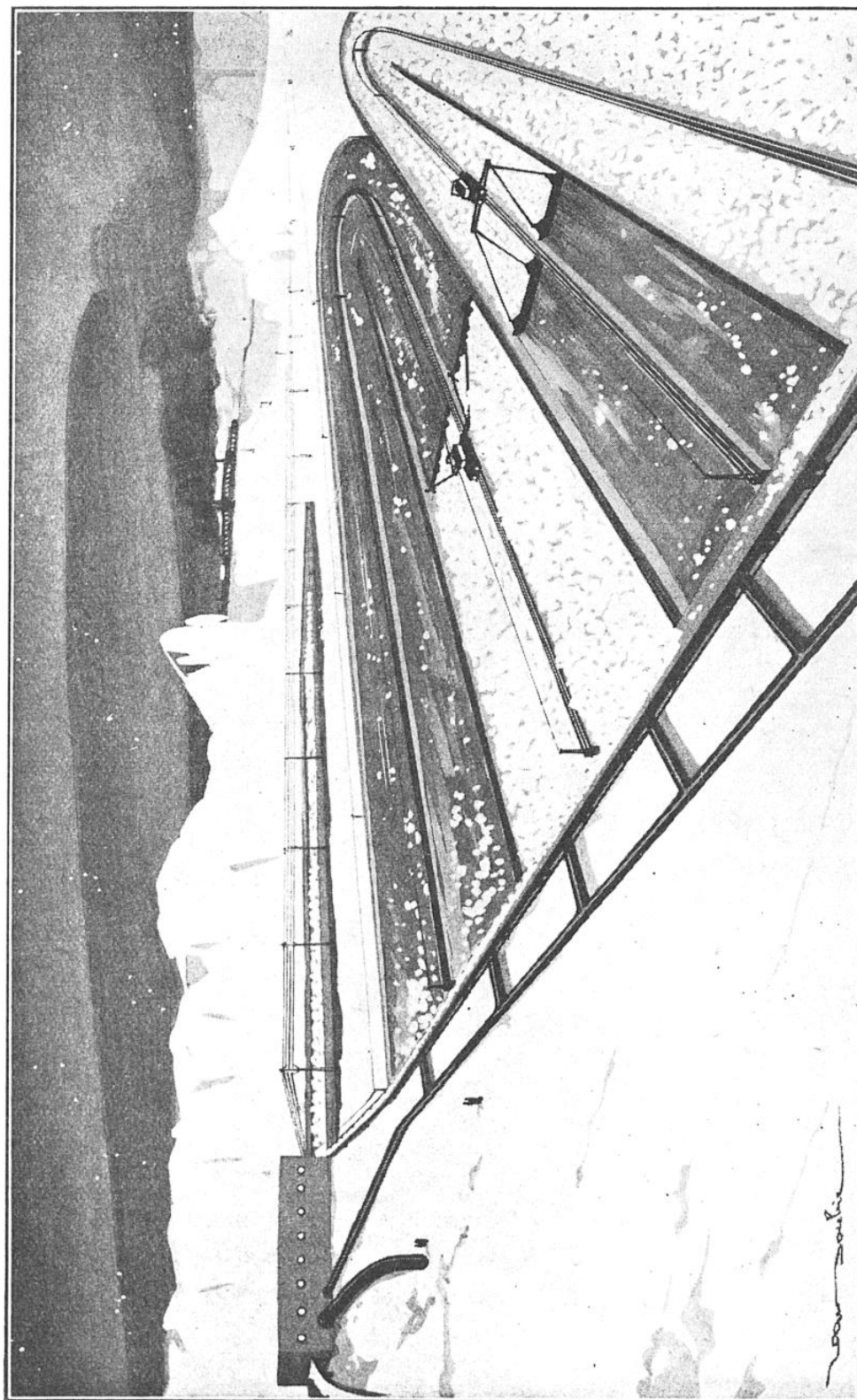
EXEMPLE DE NAGE DE POISSONS

En haut : Trois exemples de nages extrêmement différentes : la reptation de la murène (à gauche) ; la réaction sur l'eau de la raie (au centre) ; le battement d'ailes de la mourine (à droite). En bas : black-bass, « Chronomètre de l'Aquarium », ainsi nommé à cause de la régularité des battements de ses nageoires latérales qui, seules, le maintiennent en équilibre, l'épine dorsale en l'air.

Il semble bien qu'il en soit ainsi. Dès lors deux solutions se présentent : ou bien faire une aile *élastique* qui diminue automatiquement sa courbure sous le vent du vol, ou bien inventer un mécanisme déformant l'aile par servomoteur, à la commande de l'indicateur de vitesse. C'est cette dernière solution qui est la plus rationnelle, mais on ne voit pas encore la possibilité d'équiper légèrement un tel système. C'est pourtant un système de ce genre qui permet-

tra, seul, d'effectuer les expériences et les essais capables d'éclairer la question.

Enfin, l'on ne saurait terminer sans indiquer que la méthode chronophotographique H. M. P. appliquée aux poissons fournit pour les navires, et surtout les sous-marins, des indications précieuses. Ainsi l'on a mesuré qu'un requin de 3 mètres de longueur devrait posséder une puissance motrice de 45 ch s'il naviguait comme un vulgaire sous-marin. Or, un tel requin ne dispose pas d'une puissance musculaire supérieure à 2 ch ! Toute question de nage mise à part, le « profil » d'un tel sous-marin vivant mérite d'être sérieusement médité par les ingénieurs maritimes. JEAN LABADIÉ.



COMMENT ON PEUT CONCEVOIR LE PROJET D'USINE POLAIRE DU DOCTEUR BARJOT

La partie la plus caractéristique de l'installation, la plus délicate aussi à établir, sera les canaux de congélation. Nous supposons, ici, qu'ils sont établis sur la banquise et que des réseaux mécaniques drainent la saumure congelée qu'un transporteur mécanique (rails du premier plan) transporte à l'usine. Des bâtiments, l'on voit sortir (en noir) le tuyau plongeur captant l'eau à 0°. Au loin, les usines chimiques utilisant le courant électrique produit.

UN NOUVEAU PROJET D'UTILISATION DE LA CHALEUR SOLAIRE : L'USINE POLAIRE FONCTIONNANT AU-DESSOUS DE ZÉRO DEGRÉ

Par Charles BRACHET

Ce n'est point un paradoxe que de parler de chaleur solaire à propos d'un projet de centrale fonctionnant au-dessous de zéro degré. On sait, en effet, que, toute chute de température peut être transformée en travail, et par conséquent, de même que MM. Boucherot et Claude ont envisagé l'utilisation de la différence de température existant entre l'eau de surface des mers tropicales et l'eau profonde de ces mêmes océans, de même il n'est pas impossible de concevoir la transformation en travail de la chute de température que l'on rencontre entre la glace superficielle des océans polaires et l'eau qui se trouve immédiatement sous la banquise. La source chaude et la source froide se trouvent simplement inversées dans leurs positions respectives. Cependant, la centrale polaire future exige une technique spéciale, et nos lecteurs trouveront ci-dessous l'exposé du projet du docteur Barjot, dont la réalisation permettrait de fournir une abondante énergie électrique dans d'excellentes conditions de rendement.

DEUX ingénieurs, dont la science égale l'audace, MM. Georges Claude et Paul Boucherot, ont résolu d'extraire de l'océan tropical autant d'énergie qu'en pourront exiger les pays côtoyant les mers chaudes pour leur industrie présente et à venir.

Nous avons exposé (1) par quel ingénieux procédé les deux techniciens comptaient utiliser la *différence de température* existant entre la surface des mers tropicales (28° C.) et leurs eaux profondes (+4° C.). Nous avons décrit, par anticipation, les usines futures où de puissantes turbines sont actionnées par de la vapeur d'eau à *trois centièmes d'atmosphère* (correspondant à cette faible différence de 24 degrés).

Or, voici qu'un autre inventeur, le docteur Barjot, a l'idée de s'occuper des régions circumpolaires. Il est persuadé qu'on peut extraire de l'océan boréal autant de chaleur et d'énergie qu'en pourraient exiger, à leur tour, des pays comme le Canada septentrional ou la Sibérie, aux immenses richesses naturelles, que paralyse la rigueur du climat.

La houille blanche des pôles

C'est encore la chaleur solaire accumulée dans l'eau marine que le docteur Barjot compte mettre à contribution pour créer de l'énergie utilisable.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 116, page 137.

Comment se présente cette « accumulation de chaleur » dans un océan « glacial » ?

D'une manière fort simple. Tant qu'une certaine masse d'eau n'est pas congelée (sauf le cas exceptionnel de la surfusion), elle contient, même au voisinage du zéro centésimal, immensément plus d'énergie que n'en contient la *même masse* de glace. C'est le cas de la plus grande partie des eaux dans les régions polaires durant les quelque trois mois d'été dont ces pays bénéficient à peine. Survient le gel. L'eau se recouvre d'une couche de glace, tandis que l'atmosphère connaît des températures atteignant parfois — 50° C. Mais, quelques mètres au-dessous de la banquise, l'eau demeure liquide, contenant, par conséquent, un surplus d'énergie. Elle doit le maintien de l'état liquide à la protection du bouclier glacé *isolant*. Relativement à l'atmosphère, la masse d'eau liquide constitue donc un réservoir d'énergie colossal, inépuisable. Le problème est d'utiliser cette réserve, c'est-à-dire d'y puiser autant de chaleur qu'on voudra pour la transformer en travail industriel.

L'utilisation de la chaleur de fusion

Le principe d'utilisation de l'énergie thermique, par n'importe quelle machine, ne saurait varier, depuis que Carnot a démontré que la transformation *de la chaleur en travail*, doit s'effectuer nécessairement par une *chute*

de température du fluide moteur entre une source chaude (bouilleur) et une source froide (condenseur).

La source chaude du docteur Barjot serait justement celle qui sert à MM. Claude et Boucherot de source froide (l'eau sous-marine aux environs du zéro centésimal). La source froide de M. Barjot serait, par contre, l'atmosphère dont la température moyenne, dans les régions polaires, se mesure par -22°C . Mais, alors, il ne saurait être question de « vapeur d'eau » comme fluide moteur (1). En tombant de 0°C . à -22°C . l'eau ne peut que se solidifier.

Il faudra donc transposer le problème et

du condenseur, le rendement pratique de la machine ne dépassant pas l'évaluation extrêmement prudente de 4 %, on peut considérer que chaque mètre cube d'eau congelée pour vaporiser le fluide moteur, fournirait un travail égal à celui que donnerait ce même mètre cube tombant dans une turbine hydraulique, d'une hauteur de 1.300 mètres.

Réalisée, une telle opération industrielle équivaldrait à l'établissement, toujours extrêmement coûteux, d'une longue conduite forcée. Or, ici, les deux sources (froide et chaude) étant quasi contiguës, séparées uniquement par l'épaisseur de la banquise, n'exigent aucun travail d'architecture extra-

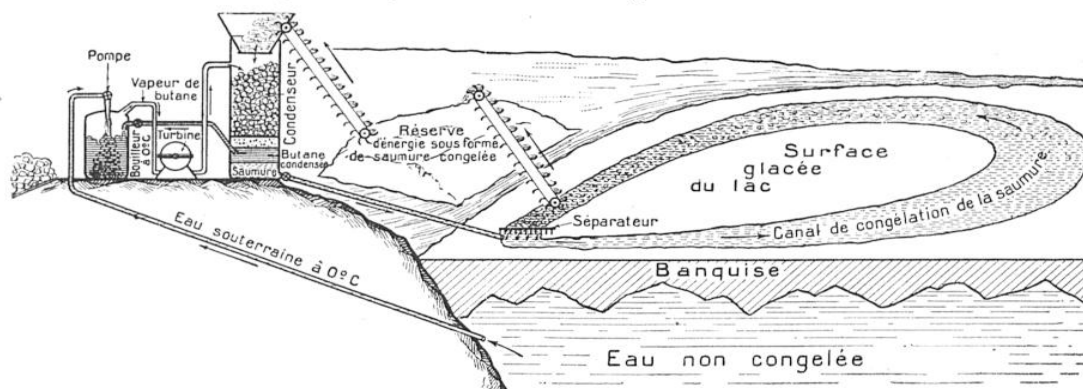


FIG. 1. — SCHÉMA DU FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL DE L'USINE POLAIRE

Dans l'épaisseur même de la couche de glace (recouvrant soit un lac, soit un fleuve, soit la mer), on a établi le canal (en circuit fermé) dans lequel la saumure s'écoule au sortir de l'usine pour s'y congeler. Au terme de ce circuit, une noria accumule le mélange obtenu sur le parc de réserve, d'où un second élévateur le porte aux condenseurs de l'usine. Sous la banquise, une conduite souterraine vient puiser l'eau non congelée et la porte dans les bouilleurs à butane.

utiliser comme fluide moteur un corps intermédiaire, qui soit encore à l'état de vapeur à 0°C . et devienne liquide aux environs de -22°C . Telle est la première condition à remplir.

Placé au contact de l'eau, à 0°C ., le corps volatil (supposé choisi) se vaporiserait pour se condenser ensuite au contact de la source froide, à -22° , après avoir traversé une turbine, où sa force vive sera devenue du travail. L'évaporation du corps volatil entraînera la congélation d'une masse d'eau correspondante. Un mètre cube d'eau qui se congèle au voisinage de zéro absorbe environ 80.000 grandes calories, c'est-à-dire la chaleur de combustion de 10 kilogrammes de charbon.

Si l'on admet -22°C . comme température

(1) Théoriquement, on pourrait, il est vrai, utiliser la vapeur émise par la glace qui, à 0° , possède une pression d'environ 4 millimètres de mercure, mais, pratiquement, il ne faut pas songer à utiliser une vapeur à si faible pression initiale.

ordinaire, pour être mises en communication. Dans le procédé tropical Claude-Boucherot, les deux sources (surface et eaux profondes) sont séparées par une distance de 2.000 mètres et les réunir par une conduite volumineuse devient une grosse difficulté.

L'établissement d'une telle usine ne serait donc pas nécessairement dispendieux ; si l'on en croit l'auteur, il suffirait de 25 dollars pour le kilowatt installé, environ dix fois moins que le coût du même kilowatt dans les chutes d'eau les mieux situées.

Le choix du fluide moteur

Voici maintenant le devis de réalisation que propose le docteur Barjot et que des experts sont en train d'étudier pour des essais prochains dans le Haut-Canada.

L'agent intermédiaire, proposé par l'inventeur, est un hydrocarbure volatil.

Les corps répondant à la condition d'être vaporisés à 0°C . et liquides à -22°C . sont

en nombre restreint. L'anhydrique sulfureux remplit cette condition, mais les tubes d'évaporation qu'il faudrait établir un peu sur le modèle des chaudières de turbines ordinaires (à grande surface), seraient vite recouverts d'une couche de glace qui les isoleraient thermiquement. Il faut envisager un autre procédé d'ébullition, un procédé par mélange *direct* avec l'eau « chaude » (0°C.), ce qui élimine tous les corps solubles dans l'eau.

Comme corps insolubles, il n'existe guère

seulement à l'échappement de la turbine vers le condenseur et une pression d'admission de trois quarts d'atmosphère, assureraient le fonctionnement de la turbine (entre les limites de température considérées ci-dessus).

Cependant, il vaut encore mieux choisir un autre hydrocarbure, le *butane*, dont l'ébullition normale s'effectue à -17°C. La quantité d'hydrocarbure nécessaire au fonctionnement de l'usine sera très limitée,

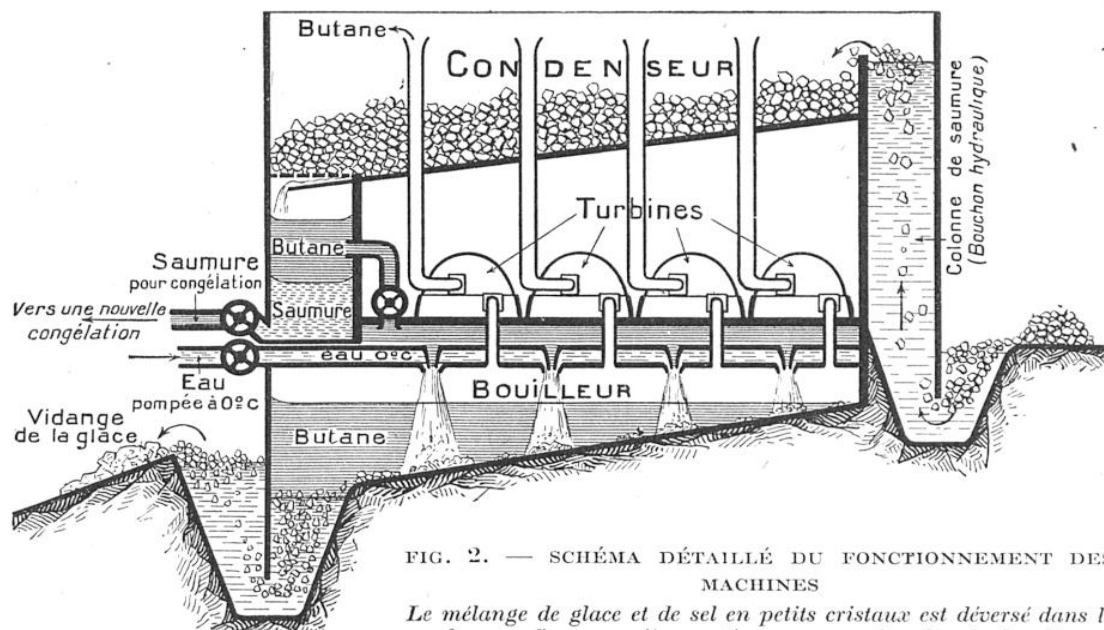


FIG. 2. — SCHÉMA DÉTAILLÉ DU FONCTIONNEMENT DES MACHINES

Le mélange de glace et de sel en petits cristaux est déversé dans le condenseur d'une manière continue par un « bouchon hydraulique ».

L'eau à 0°C. se déverse dans le bouilleur en même temps que le butane qui s'est condensé à travers le mélange, tandis que celui-ci se liquéfie progressivement. Butane et saumure se séparent par simple différence de densité. La saumure retourne au canal de congélation et le butane retombe (en même temps que l'eau chaude à 0°C.) dans le bouilleur où il s'évapore, pour remonter dans les turbines qu'il actionne et recommencer le même cycle après une nouvelle condensation.

que les hydrocarbures formant les premières fractions de distillation du pétrole brut.

Le *propane*, par exemple, bout à -45°C. Cette température d'ébullition, qui, d'ailleurs, s'abaisse encore dans le vide, est déjà beaucoup trop basse : les condenseurs devraient être assurés d'être constamment refroidis au-dessous de cette température ; or ils ne le seraient qu'exceptionnellement la nuit, et en hiver.

En montant l'échelle des hydrocarbures volatils, nous rencontrons l'*éther de pétrole*, qui bout à $+35^{\circ}\text{C.}$ sous 76 centimètres de mercure, il est vrai, mais qui, dans le vide, possède naturellement une température d'ébullition beaucoup moins élevée. Grâce à quoi, une pression d'un tiers d'atmosphère

et, d'ailleurs, d'un usage indéfini, puisqu'elle circulera dans un appareil étanche.

Le bouilleur et le condenseur

Le butane étant insoluble dans l'eau, prenons-le à l'état *liquide*, c'est-à-dire à la température ambiante supposée de -22°C. ; il suffit de le malaxer en vase clos avec de l'eau à 0°C. pour le faire évaporer rapidement. Cette évaporation entraîne comme contre-partie la congélation de cette eau. Ces glaçons sont éliminés à la manière de la cendre d'un foyer de chaudière — et ce sont des « cendres », en effet, c'est-à-dire les résidus « d'un phénomène de production de chaleur ». Seulement, ici, le phénomène est d'ordre *physique*, non *chimique* comme la combustion.

Le vase clos servant de bouilleur devra être soumis à une extraction méthodique de l'air dissous dans l'eau qui vient s'y congeler. Mais c'est là un travail qui n'exige pas plus de 1 % de l'énergie produite. L'auteur se base sur les expériences effectuées à ce sujet par MM. Claude et Boucherot. Dans les « bouilleurs » de leurs usines, il passe vingt fois plus d'eau (pour un même travail) que dans les bouilleurs prévus par le docteur Barjot. L'eau des bouilleurs tropicaux ne cède, en effet, qu'une partie de sa chaleur interne par évaporation. Ici, elle cède, en se congelant, vingt fois plus de chaleur. Or MM. Claude et Boucherot sont arrivés à cette conclusion que l'extraction des gaz n'entraînait pas, dans leur procédé, plus de 25 % de pertes sur l'énergie produite. Puisque, ici, la circulation d'eau est vingt fois moindre, la conclusion logique veut que le travail d'extraction de l'air dissous devienne négligeable. D'autant plus que les condenseurs Barjot n'exigent pas la même opération d'extraction des gaz (ceux-ci sont expulsés automatiquement par la solution saline).

Si le bouilleur est simple, puisque l'échange de température entre l'eau et le butane s'y fait par simple mélange, le condenseur peut-il de même éviter le système tubulaire, c'est-à-dire un vaste réseau de tubes refroidis de l'extérieur, à l'intérieur desquels le fluide se condensera ? Un tel réseau ne peut être refroidi que par le balayage de l'air atmosphérique glacé. Pendant la nuit, le rendement serait excellent. Mais, pendant le jour, le thermomètre monte toujours, si peu que ce soit : la condensation serait défectueuse, et cela précisément à la fin de l'après-midi, qui est l'heure de la plus grande demande d'énergie électrique dans tous les pays.

Le procédé Barjot évite la construction de ce genre de condenseurs, en employant une *solution saline intermédiaire*, qui « puisera le froid » dans l'atmosphère extérieure, en s'y congelant, mais seulement aux températures envisagées de -22°C . et au-dessous. Puis cette solution saline, qui, dans ces conditions, s'est solidifiée (1), est envoyée dans le condenseur, où elle assure la condensation du butane par simple contact.

Si l'on prend la précaution de former un stock quotidien de solution solidifiée, en profitant de l'abaissement de température nocturne, les condenseurs de l'usine sont assurés d'un refroidissement continu, à température constante — même si, en été, la congé-

lation de la solution devenait impossible pendant le jour.

Et l'on aperçoit là une seconde matérialisation du paradoxe par lequel semble fonctionner cette usine étrange : voici de la glace qui, à -22°C ., représente à son tour le tas de charbon ! Son stock n'est autre chose, en effet, qu'une réserve d'énergie. Et ceci est logique, puisque ici, comme, d'ailleurs, dans l'usine Claude-Boucherot, ce qui « coûte » à entretenir, ce n'est pas la « source chaude » (elle est, dans les deux cas, à température constante et à portée de la main), mais bien la « source froide », lointaine dans l'espace pour MM. Claude et Boucherot, irrégulière dans le temps pour M. Barjot.

Rien ne montre mieux les idées sommaires qu'on se fait d'ordinaire sur les machines thermiques.

Grande simplicité du matériel

L'on conçoit quelle est la grande simplicité du matériel.

Autour de la turbine, l'on ne voit que deux immenses réservoirs en tôle servant, l'un, de bouilleur, l'autre de condenseur. Les schémas que nous avons établis, d'après M. Barjot, montrent clairement que ces deux cuves ne comportent aucun organe intérieur. Dans les deux cas (l'évaporation du butane comme sa condensation), l'échange des températures entre la source (chaude ou froide) et le fluide moteur s'effectue par contact direct, par simple brassage.

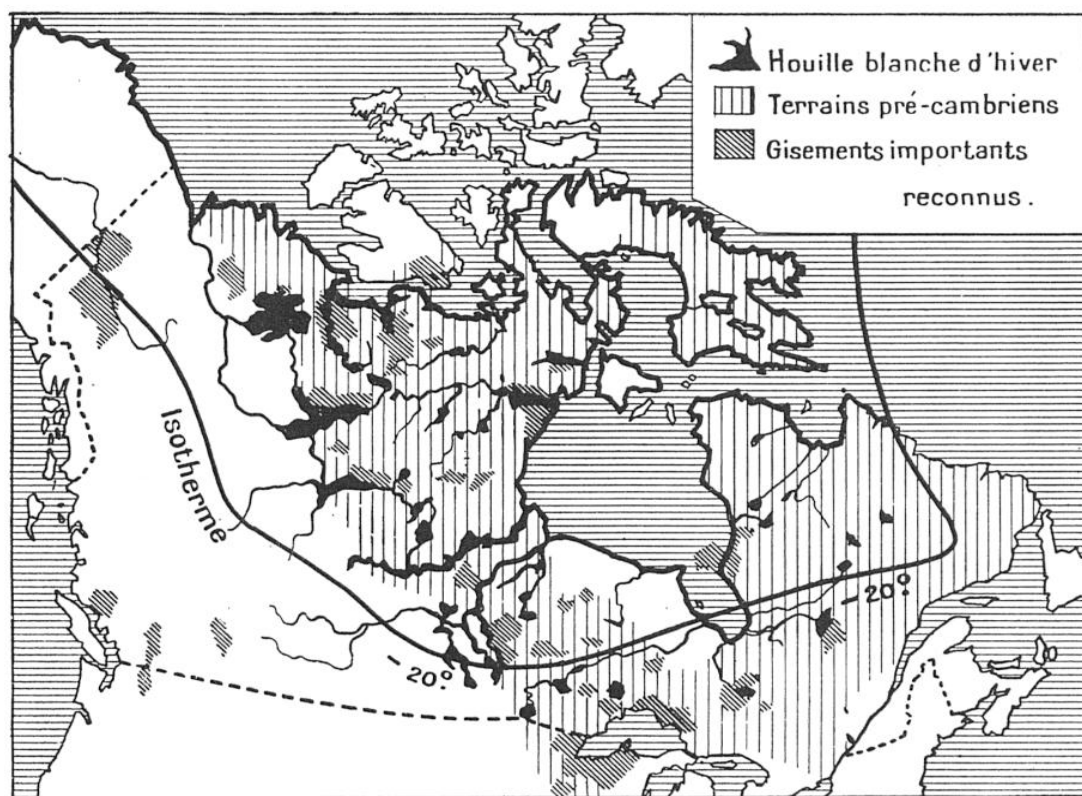
Veut-on un exemple de la « surface » de condensation offerte par la solution saline ? Cette solution saline (vulgaire saumure) se congèle en blocs fort peu volumineux, analogues à des pavés. Une tour de 4 mètres de diamètre et de 15 mètres de haut, pleine de solution, représentant (par blocs de 1 kilogramme) les trois quarts du volume total, offre aux vapeurs une surface de condensation de 6.000 mètres carrés. Il faudrait 100 kilomètres de tubes de 2 centimètres de diamètre pour construire, suivant les formules ordinaires, un condenseur équivalent.

Quel sera le mécanisme de production de glace dans la solution ? Et quelles quantités de saumure faut-il mettre en service ?

Pour alimenter durant vingt-quatre heures une centrale électrique d'une puissance de 30.000 chevaux fonctionnant à plein rendement, il suffirait d'un lac artificiel de saumure d'un kilomètre carré, congelé sur une épaisseur de 15 centimètres.

Mais ce n'est pas ainsi qu'il serait pratique de procéder. Au lieu de former un lac stagnant où l'on pêcherait les glaçons

(1) Il s'est formé un *eutectique*, c'est-à-dire une bouillie de glace et de sel en petits cristaux. N. D. L. R.



Isotherme d'hiver - 20°; délimite la région où le procédé peut être mis en application .

FIG. 3. — CARTE INDICANT LES IMMENSES RÉGIONS DU CONTINENT NORD-AMÉRICAIN DANS LESQUELLES POURRAIENT ÊTRE INSTALLÉES LES USINES BARJOT

On remarquera que l'intérieur des terres, lardé d'innombrables lacs et cours d'eau, présente autant de sites utilisables que les côtes maritimes. La richesse minérale de ces régions (le plus vieux bouclier géologique du globe) montre assez que l'énergie créée ne demeurera pas sans emploi.

formés dans la solution, il serait infiniment plus simple d'établir un long canal en circuit fermé aux abords de l'usine. La solution revenue à l'état liquide (par cession de ses frigories à la vapeur liquéfiée) s'écoulerait dans ce canal à l'état de saumure. Au fur et à mesure qu'elle avancerait à l'air libre, la saumure se refroidirait, se recouvrirait de glaçons de plus en plus nombreux. Le mouvement du courant empêcherait ces glaçons de se bloquer en nappe compacte. Les glaçons parvenus à l'extrémité du circuit canalisé, seraient tamisés par une grille, puisés par une noria et accumulés en tas, dans le chantier de l'usine.

Le canal circulaire qu'elle exigerait pourrait être ménagé dans l'épaisseur même (très suffisante pour contenir sa section) de la banquette du lac, de la rivière ou de la mer près desquels on travaillerait.

La mer (cas le plus général) fournirait, d'autre part, autant de saumure qu'on voudrait. On sait, en effet, que la congélation d'une quantité limitée d'eau de mer donne, en premier lieu, de la glace, ce qui a pour conséquence de concentrer le sel demeuré dans l'eau restante. C'est le procédé qu'on emploie en Sibérie, faute de soleil, pour extraire le sel marin. *Si les bouilleurs de l'usine étaient alimentés en eau de mer, ils fourniraient automatiquement la saumure nécessaire aux condenseurs, par le seul fait de la congélation progressive de cette eau de « chauffage ».*

L'usine « souple » par excellence

Mais voici le plus curieux : l'usine ainsi entendue se plierait d'elle-même aux nécessités de la production pour laquelle elle aurait été établie.

En effet, la demande d'énergie baissera si la température extérieure s'élève. Mais, alors, il suffit de diluer la saumure pour amener la congélation au-dessus des -22°C . prévus, à -15°C ., par exemple. Le rendement serait légèrement affaibli, mais l'usine continuerait à fonctionner. Finalement, l'on peut donc espérer que, plus il fera froid, plus on demandera d'énergie, et plus l'usine en fournira à meilleur compte.

L'avenir du projet

Quel est le champ d'exploitation possible de ces usines ?

A peu près uniquement la zone circumpolaire de l'hémisphère boréal, c'est-à-dire le nord du Canada et de la Sibérie, l'Alaska, le Groënland, l'Islande, les côtes russes de la mer Blanche. Le pôle Sud n'est pas ainsi bordé de terres habitées suffisamment rapprochées pour offrir une exploitation industrielle comme, par exemple, celle du fleuve Saint-Laurent (Canada), qui déverse par jour à la mer plus d'énergie que n'en produisent annuellement toutes les usines hydroélectriques réunies du Canada.

Cependant, si l'on venait à découvrir dans le continent polaire antarctique proprement dit des richesses minières intéressantes, nul doute que le procédé constituerait le seul moyen d'exploitation.

Mais le Canada est tout désigné pour inaugurer cette passionnante expérience. Les plus récentes prospections ont montré que, sur une étendue de 5 millions de kilomètres carrés, les bords de la baie d'Hudson et de l'océan Arctique sont formés uniquement de terrains précambriens, dont la caractéristique essentielle est la richesse en minerais de toutes sortes. Songez à l'or du Klondyke, où des aventuriers firent fortune en

recueillant seulement le métal à la surface du sol. Aujourd'hui, les placers du Klondyke s'exploitent en dégelant le sous-sol sur plusieurs mètres d'épaisseur au moyen d'injections de vapeur. Que ne ferait-on pas avec du courant électrique à bas prix ! Mais, pour revenir au Canada, sachons que le pétrole abonde dans le bassin du Makensie, comme l'or et le zinc autour du lac des Esclaves, le fer aux îles Belcher et le cuivre natif à la Coppermine River (67° de latitude) : il y aurait là plusieurs milliards de tonnes de métal. Or, le Canada arctique, tout parsemé

de lacs, fournit un nombre d'emplacements favorables absolument illimité pour l'installation d'usines Barjot. Remarquons, enfin, que, si le chômage s'imposait à celles-ci durant les deux ou trois mois d'été que connaît la région arctique, c'est justement à cette époque que les usines hydroélectriques fournissent un énorme excédent d'énergie, par suite de la fonte des neiges. La conjugaison des deux espèces d'usines se

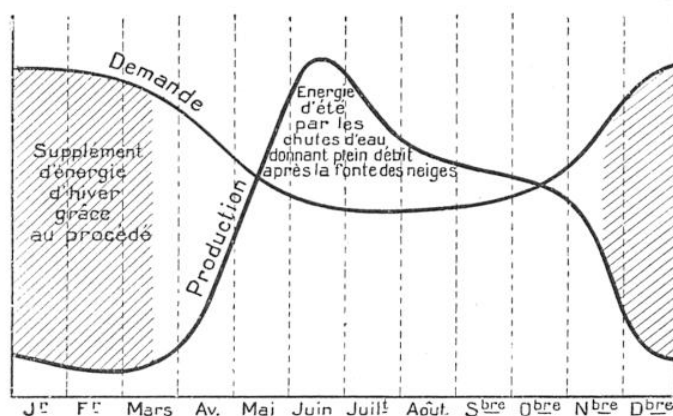


FIG. 4. — GRAPHIQUE MONTRANT QUELLE DISPROPORTION SÉPARE, EN TOUT MOIS DE L'ANNÉE, LA DEMANDE ET LA PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LE CANADA SEPTENTRIONAL.

Les chutes hydrauliques sont à peu près annulées par les glaces durant cinq mois d'hiver. C'est précisément l'époque où les usines Barjot fourniront leur plein rendement, de sorte qu'à ce moment la production se haussera au niveau de la demande et au delà. C'est uniquement au cœur de l'été que la différence entre la demande et la production subsistera, légèrement. En tout cas, l'égalisation des deux courbes aura fait un grand progrès.

prêtant un mutuel secours est tout indiquée.

Avec le procédé Claude-Boucherot, l'usine polaire Barjot nous fait entrevoir, pour un avenir peut-être rapproché, une transformation probablement capitale de notre production de force motrice. Si l'on arrivait à accumuler l'électricité dans des appareils assez légers pour en permettre le transport autrement que par câbles — mais rien, malheureusement, n'autorise, pour l'instant, cet espoir — il est certain que les installations coûteuses des centrales thermiques ne pourraient soutenir la concurrence des usines polaires ou des usines tropicales sur îles flottantes, celles-ci et celles-là n'étant, d'ailleurs, que des usines thermiques sans charbon, des usines solaires.

CHARLES BRACHET.

DE NOUVEAUX HYDRAVIONS ALLEMANDS SONT EN CONSTRUCTION POUR LES VOYAGES A GRANDE DISTANCE

Par Paul LUCAS

Les grands voyages aériens ont été, jusqu'à ce jour, réalisés uniquement par des avions dits « de grand raid », spécialement aménagés en vue d'accroître leur rayon d'action. Estimant que le moment est venu maintenant de prévoir l'organisation d'un service commercial à grande distance, la Compagnie allemande « Luft Hansa » a confié à la Société Rohrbach l'exécution d'hydravions susceptibles d'emporter à plusieurs milliers de kilomètres un certain nombre de passagers et leurs bagages. Ces appareils, dont nous donnons ci-dessous les caractéristiques, sont conçus d'une manière originale, en vue d'augmenter la sécurité et d'améliorer leur tenue à la mer, et les essais effectués ont montré leurs remarquables qualités marines.

LA Société allemande Rohrbach, poursuivant la réalisation d'hydravions de fort tonnage, a récemment mis au point plusieurs modèles d'appareils d'une conception nouvelle et extrêmement intéressante. Ces types d'hydravions sont spécialement conçus pour accomplir des vols à grande distance, transatlantiques ou autres, avec le maximum de sécurité pour l'équipage et les passagers éventuels ; de plus, ils peuvent être utilisés pour le transport des marchandises, la charge payante pouvant être suffisamment importante pour justifier les dépenses d'un voyage, et même permettre l'organisation d'un service commercial régulier.

Les deux derniers modèles construits par cette société, le *Rohrbach-Romar* et le *Rohrbach-Rostra*, sont tous deux des hydravions à coque et à flotteurs latéraux. La principale différence entre ces appareils et les hydravions de fort tonnage construits

par ailleurs réside dans la forme de la coque, qui révolutionne, en quelque sorte, les idées admises jusqu'à présent.

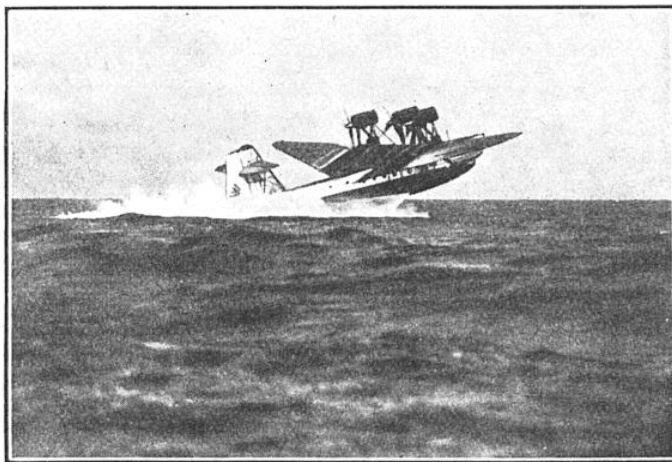
On admet généralement, en effet, que la largeur de la coque doit varier proportionnellement au tonnage, et être d'au moins un mètre par 4 tonnes. Rohrbach, au contraire, cons-

truit des coques très étroites, et d'autant plus étroites, relativement, que l'avion est plus gros. C'est ainsi que, pour le *Romar* de 19,5 tonnes, la largeur de la coque est établie sur la base de 1 mètre pour 8,5 tonnes.

De plus, ces coques sont très amorties (1), afin d'éviter les chocs trop violents lors de l'amerrissage

par grosse mer. Il est donc évident que, étant donné le peu de largeur de la coque et son grand amortissement, l'appareil devra, lors du décollage, atteindre une très grande vitesse avant de pouvoir monter sur le redan. Pour obtenir ce résultat, il

(1) L'amortissement d'une coque est caractérisé par l'inclinaison des parois de la coque sur l'horizontale.



LE « ROHRBACH-ROMAR » AU COURS DES ESSAIS DANS
LA BAIE DE TRAVEMUNDE

sera nécessaire de disposer d'un grand effort de traction, et de n'avoir à vaincre qu'une faible résistance à l'avancement. C'est pourquoi les moteurs sont disposés tous de front et nettement au-dessus de l'aile ; de plus, la coque est très effilée à l'avant et à l'arrière.

« Le Rohrbach-Romar »

Le *Rohrbach-Romar* est un appareil monoplan, à ailes trapézoïdales, fixées à la partie supérieure de la coque et complètement en porte à faux ; l'aile est constituée par des caissons centraux en duralumin, auxquels sont fixés d'autres caissons formant les bords d'attaque et de fuite ; parmi ces derniers, certains sont aménagés en réservoirs à combustible.

Sous chacune des ailes est fixé un flotteur de un mètre de largeur et de 6 mètres de longueur. Leur forme est en tous points semblable à celle de la coque, très effilée à l'avant et à l'arrière ; leur fond est très amorti à l'avant et plat à l'arrière.

La coque est à deux redans et à fond très amorti, comme nous l'avons déjà dit. Le fort tirant d'eau est de 1 m 40 lorsque le poids de l'appareil atteint 19,5 tonnes ; des cloisons étanches divisent la coque en un certain nombre de compartiments, de manière à assurer sa flottaison, même en cas de voie d'eau ; il serait possible d'ailleurs, dans ce dernier cas, de vider chaque compartiment séparément au moyen d'une pompe.

Tout à fait à l'avant de la coque est rassemblé tout l'appareillage de commande : poste radiotélégraphique et poste de pilotage. Derrière les sièges des pilotes et au-

dessus d'eux, se trouve le poste du mécanicien, qui peut ainsi surveiller constamment le fonctionnement des moteurs.

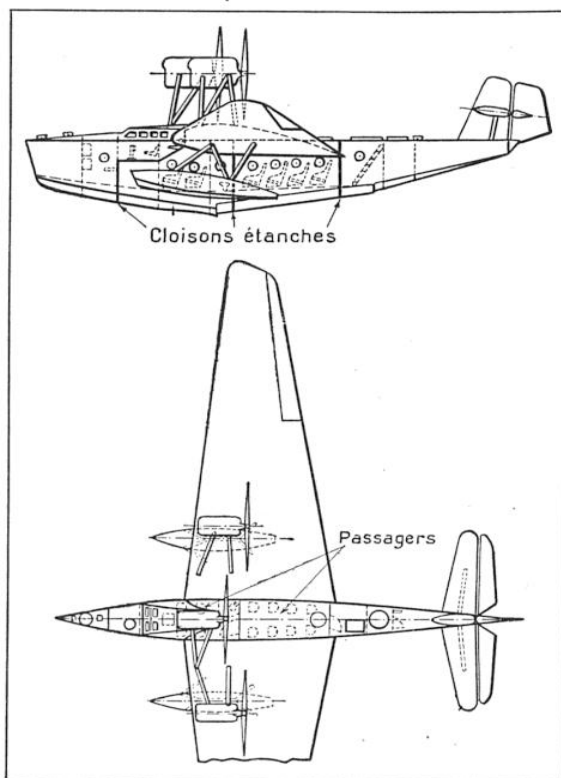
L'appareil est construit pour transporter douze passagers. Une cloison étanche sépare la cabine des passagers de la partie avant de la coque, une autre sépare cette cabine de l'arrière, et une troisième cloison partage l'espace intermédiaire en deux parties. Dans la partie antérieure peuvent prendre place

quatre voyageurs, et huit dans la partie postérieure. Entre les deux se trouve la toilette. A l'extrémité postérieure de la coque, sont situés l'escalier et la porte d'entrée, ainsi que la soute à bagages.

Les trois moteurs BMW VI multipliés de 550/750 ch sont montés sur des berceaux d'acier, dans des nacelles de forme spéciale, pour diminuer la résistance de l'air. Des pompes assurent l'alimentation des moteurs en combustibles, chaque moteur possédant son réservoir. Un dispositif est, d'ailleurs, prévu pour faire passer le combustible d'un réservoir à l'autre pendant le vol en cas de besoin. Le démarrage s'effectue au moyen d'un démarreur Bristol, ou d'un dispositif de secours à air comprimé.

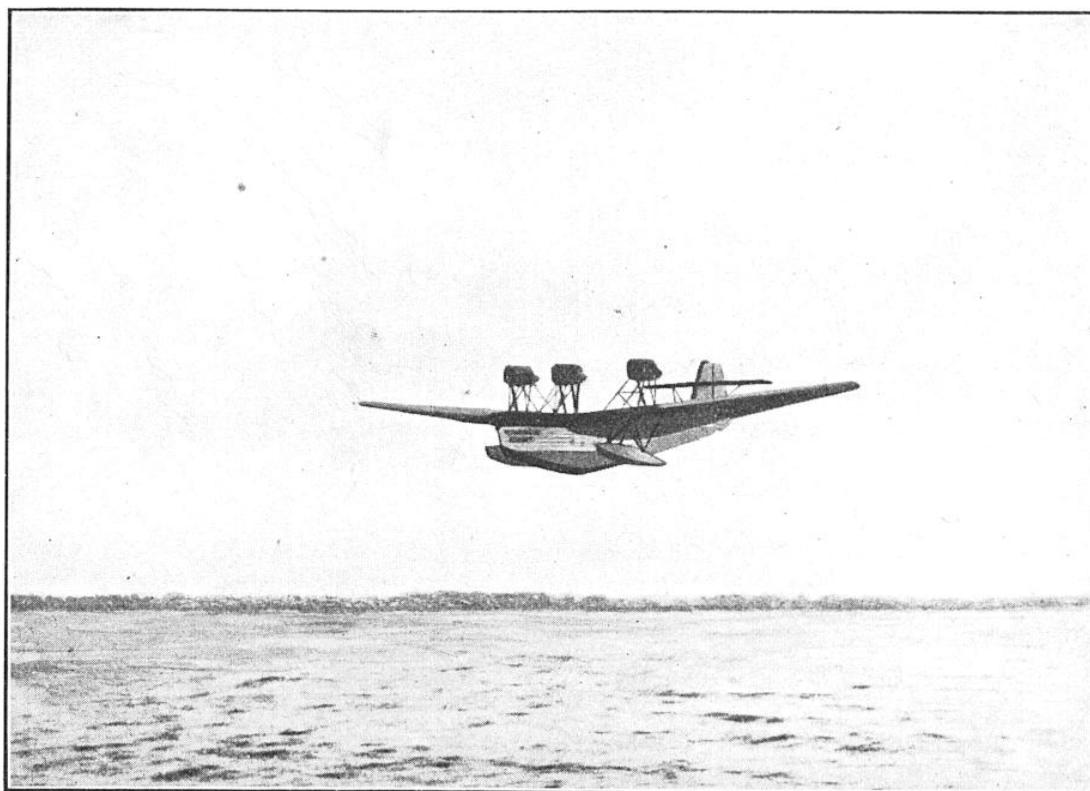
Les dimensions générales du *Rohrbach-Romar* sont : longueur totale, 22 mètres ; hauteur totale, 8 m 50, et envergure, 36 m 90.

Dans le cas où le poids total en charge atteint 19,5 tonnes, sa vitesse maxima est d'environ 206 kilomètres à l'heure, et sa vitesse commerciale d'environ 173 kilomètres à l'heure. Avec quatre hommes d'équipage et 1.000 kilogrammes de charge utile, il est capable de couvrir 4.000 kilomètres.



ÉLÉVATION ET VUE EN PLAN DU « ROHRBACH-ROMAR » DE 19,5 TONNES

Ce dessin montre la forme très effilée de la coque, à l'avant et à l'arrière, ainsi que la forme des ailes et la disposition des flotteurs. Destinés à assurer un service commercial régulier à longue distance, les hydravions de ce type peuvent transporter jusqu'à douze passagers, en plus des quatre hommes d'équipage.



LE « ROHRBACH-ROMAR » DE 15,5 TONNES EN VOL

On remarque sur cette photographie la disposition des moteurs nettement au-dessus des ailes, dans le but d'éviter la réaction de l'air brassé par les hélices sur le bord d'attaque des ailes.

Le « Rohrbach-Rostra »

Le *Rohrbach-Rostra*, de 9 tonnes, possède, à quelques détails près, les mêmes caractéristiques générales que le *Romar* : même forme de coque effilée et amortie, ailes trapézoïdales et flotteurs de même forme générale que la coque. Celle-ci est aménagée pour recevoir cinq passagers. Comme dans le *Romar*, le poste de pilotage est situé à l'avant des ailes ; derrière lui se trouvent la cabine du navigateur, puis la cabine des passagers, puis enfin, à l'arrière, la soute à bagages et à rechanges. Les deux moteurs Gnome et Rhône « Jupiter » démultipliés de 450/610 ch sont également élevés au-dessus de l'aile. Ils sont alimentés par des pompes à partir de quatre réservoirs placés dans l'aile.

Les dimensions générales du *Rohrbach-Rostra* sont : longueur, 15 m 60 ; hauteur totale, 6 m 40 ; envergure, 26 m 90 ; son tirant d'eau pour un poids total en charge de 9 tonnes est de 1 m 10.

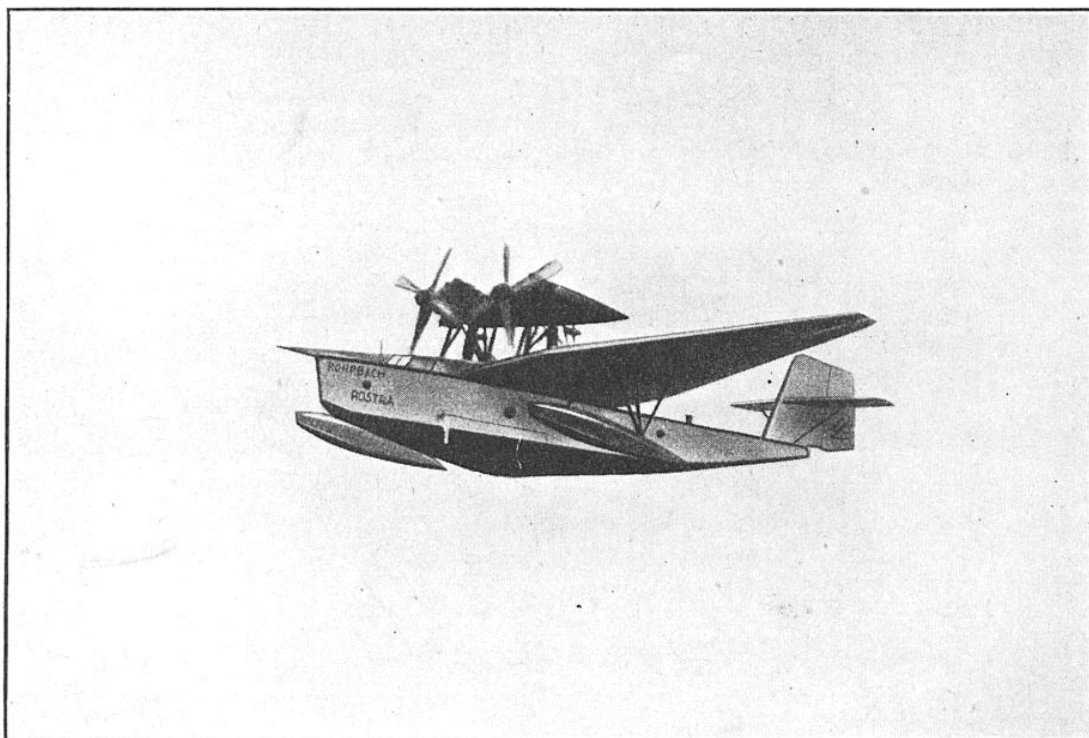
Avec un poids total en charge de 8.000 ki-

logrammes, le *Rohrbach-Rostra* peut réaliser la vitesse commerciale de 175 kilomètres à l'heure, sa vitesse maximum étant 214 kilomètres-heure. Il est capable, avec cette charge, d'effectuer un vol en ligne droite de 2.180 kilomètres en quinze heures.

Le « Romar » et le « Rostra » possèdent de belles qualités marines

Cette forme de la coque assure une excellente tenue à la mer, particulièrement pour le décollage et l'amerrissage par grosse mer. Le fort tirant d'eau (nous avons vu qu'il peut atteindre 1 m 40 avec le *Romar*) a pour résultat d'abaisser considérablement le centre de gravité de l'ensemble de l'appareil. C'est là un facteur de stabilité très important. D'autre part, l'action des flotteurs semble tout à fait efficace pour maintenir l'équilibre latéral, à l'arrêt.

Pour le décollage, nous avons vu que l'appareil ne peut monter sur le redan que lorsqu'il a déjà atteint une assez grande vitesse : la vitesse de décollage est, par



LE « ROHRBACH-ROSTRA » EN VOL

La disposition générale est la même que pour le Rohrbach-Romar. On remarque sur cette photographie la forme très effilée de la coque et des flotteurs et le mode de fixation des flotteurs sous les ailes.

conséquent, relativement voisine de cette dernière ; il s'ensuit que l'appareil ne court sur le redan que pendant peu de temps, ce qui est particulièrement intéressant lorsque la mer est agitée ; l'amortissement de la coque lui évitera, d'ailleurs, le talonnage, parfois très rude, qui s'exerce sur les coques à fond plat lors du décollage par grosse mer.

Pour l'amerrissage, en particulier, la forme de la coque augmente beaucoup la sécurité, tant par grosse mer que dans le cas d'un amerrissage très piqué. En effet, les dangers de capotage sont extrêmement réduits, étant donné la forme effilée de l'avant de la coque et des flotteurs ; de même que précédemment, l'amortissement de la coque a pour effet de soustraire l'appareil aux chocs violents qu'occasionnent les grosses vagues.

Les essais effectués, en décembre dernier, à Travemünde, en présence de nombreux techniciens, ont permis de contrôler les qualités de tenue à la mer, de décollage et d'amerrissage du *Rohrbach-Romar*. L'appareil, d'un poids total en charge de 14.500 kilogrammes, exécuta un certain nombre d'évo-

lutions, de décollages et d'amerrissages, en divers points choisis à l'avance, où l'état de la mer avait été trouvé caractéristique ; il supporta ces épreuves d'une manière tout à fait satisfaisante.

Les qualités de vol du *Rohrbach-Romar* semblent, en outre, être particulièrement bonnes, cet appareil ayant dernièrement atteint 2.000 mètres d'altitude avec 6.540 kilogrammes de charge utile.

Il semble bien, en résumé, que ces deux types d'appareils puissent prétendre à exécuter des vols transatlantiques de démonstration, et que l'on puisse envisager, avec de tels hydravions, l'organisation d'un service commercial régulier. C'est ce que semble penser la compagnie allemande Luft-Hansa A. G., à la commande de qui les usines Rohrbach ont construit trois appareils du type *Romar*. La Luft-Hansa aurait, paraît-il, l'intention d'entreprendre, dans le cours de 1929, toute une série de raids à grande distance, parmi lesquels une traversée de l'Atlantique-Sud, avec escale aux îles du Cap Vert et à Fernando-Noronha.

P. LUCAS.

LES RÉSEAUX ÉLECTRIQUES N'ATTIRENT PAS LA FOUDRE

**Cependant les usagers de l'électricité doivent
être protégés contre les dangers d'électrocution.**

Par Charles LEDOUX

Les accidents, heureusement assez peu fréquents, occasionnés dans les réseaux électriques par la foudre, ont fait naître l'idée d'une coïncidence troublante entre le coup de foudre et la présence de ces réseaux. Idée d'autant plus naturelle que les lignes électriques enregistrant toujours le passage de l'éclair, passage qui souvent aurait pu passer inaperçu, semblent démontrer une fréquence anormale de ces coups de foudre. Cependant le mécanisme, l'éclatement de l'éclair, favorisé uniquement par une ionisation, rendant certaines parties de l'atmosphère plus conductrices, ne peut être influencé par une ligne électrique située à une dizaine de mètres au-dessus du sol, ainsi que cela a été reconnu par la Société Météorologique de France. Cependant, si les réseaux électriques n'attirent pas la foudre, il n'en est pas moins vrai qu'un danger réel réside dans la propagation du coup de foudre jusqu'aux centrales et aux abonnés du secteur électrique. En dehors, en effet, des troubles localisés qu'il produit, le coup de foudre provoque des surtensions considérables qui peuvent mettre hors service les machines ou occasionner un risque d'électrocution chez les usagers. Il est donc indispensable de protéger les installations contre ces surtensions et ce sera la conclusion de l'article ci-dessous.

Le développement progressif de l'électrification générale du pays, et de l'électrification rurale, en particulier, a mis en relief, avec une très grande acuité, le délicat problème des relations existant entre la foudre et les installations électriques.

Quelques accidents malheureux survenus dans des installations insuffisamment ou même non protégées, ont ému les populations rurales chez lesquelles l'électrification est récente ou seulement sur le point d'être réalisée.

Les idées les plus excessives, nées d'une frayeur assez compréhensible, ont été émises. Mais l'alarme ainsi donnée montre que le grand public n'est pas suffisamment au courant de la question et qu'il est bon de le familiariser avec elle. Nous montrerons que, si les réseaux électriques n'attirent pas la foudre, ils doivent cependant être bien protégés contre elle.

Qu'est-ce que la foudre ?

Les météorologistes n'ont malheureusement pas encore pu établir, jusqu'ici, de manière indiscutable, le mécanisme exact de la formation et du développement des décharges orageuses. On en est réduit à admettre, sur ce point, des hypothèses plus

ou moins vraisemblables (1). Cependant des progrès certains ont été réalisés récemment dans la connaissance des manifestations électriques de l'atmosphère. Sans entrer dans les détails, nous rappellerons un certain nombre de points importants concernant l'éclatement de l'éclair.

Les nuages orageux sont très généralement chargés positivement, les charges électriques positives portées par les gouttelettes de pluie étant réparties dans la masse du nuage mais principalement à sa base, ce qui peut s'expliquer très simplement par l'attraction exercée sur elles par la charge négative de la terre.

Au fur et à mesure que la charge croît, la valeur du champ électrique croît également et lorsqu'elle atteint une valeur suffisamment élevée, l'air ambiant perd ses qualités isolantes — il y a rupture diélectrique, — et devient conducteur. C'est ce phénomène qui permet à l'éclair d'éclater en traversant une épaisseur considérable d'air, ce qui, en temps normal, eût exigé des tensions formidables. Il y a ionisation par choc et l'on peut considérer l'éclair comme un flux d'ions se déplaçant avec une vitesse énorme, capable

(1) Voir l'article de L. Houlléviq sur la foudre, dans *La Science et la Vie*, n° 136, page 285.

d'atteindre 200.000 kilomètres par seconde. L'éclair se propage, en quelque sorte, à la manière d'une fusée.

Cette conception, qui nous amène bien loin de l'étincelle jaillissant entre deux conducteurs, explique pourquoi des éclairs peuvent jaillir à des distances de 500 à 2.000 mètres, sans qu'il soit nécessaire que l'ordre de grandeur des tensions mises en jeu dépasse quelques millions de volts.

Elle explique également pourquoi la foudre ne suit pas les régions où le champ électrique est maximum mais les régions où la conductivité est la plus grande, c'est-à-dire où l'ionisation est la plus intense.

Ce dernier point a été mis en relief par les récents travaux de M. Bouget et de M. C. Dauzère, le distingué directeur de l'Observatoire du Pic du Midi de Bigorre. Ces savants ont montré que certains lieux sont particulièrement frappés par la foudre et qu'en ces lieux l'ionisation y est permanente et toujours considérable. Cette propriété est liée à la nature géologique du sol, le relief ne jouant qu'un rôle très secondaire, puisque certains bas-fonds, certains cols, sont fréquemment atteints par la foudre, alors que les sommets qui les dominent, et paraissant plus exposés, sont néanmoins rarement frappés.

Les lignes électriques n'attirent pas la foudre

C'est la question que se posent, avec angoisse, les populations rurales, chaque fois qu'un réseau de distribution électrique est frappé dans une région où la foudre faisait rarement des dégâts.

La Société Météorologique de France a discuté ce point important, lors de sa séance du 7 mai dernier, au cours de laquelle tous les membres présents ont répondu par la négative. Empressons-nous de dire que les électriciens exploitant des réseaux de distribution d'électricité sont entièrement de cet avis, bien qu'ils aient souvent à souffrir des méfaits de la foudre.

Ainsi donc, les lignes électriques n'attirent pas la foudre. Cela s'explique aisément, si l'on se reporte à ce que nous avons dit précédemment. En effet, quelle influence

peut avoir une ligne électrique passant à une dizaine de mètres au-dessus du sol sur un nuage orageux, dont la base est à 2.000 mètres au-dessus ? Et même si la disproportion n'était pas aussi formidable, la manière dont progresse l'éclair suffirait amplement à l'expliquer, la ligne électrique ne pouvant exercer une attraction sur l'éclair que lorsque celui-ci arrive dans son voisinage immédiat. Ne voit-on pas, en effet, très fréquemment la foudre tomber dans un lac entouré de montagnes, d'arbres et de maisons ? dans la mer à proximité d'un navire entièrement métallique ? au pied d'arbres très élevés, etc. ?

Les lignes électriques, comme les paratonnerres, ne peuvent attirer la foudre que lorsqu'elle passe dans leur voisinage immédiat ; c'est pourquoi un paratonnerre n'est vraiment efficace que si le réseau métallique protecteur qu'il constitue est à mailles suffisamment serrées.

Dans ces conditions, diront les sceptiques, comment se fait-il que, dans certains villages où la foudre ne tombait jamais, elle produise des dégâts depuis qu'on y a installé l'électricité ? La raison de cette plus

grande fréquence apparente est bien simple, ainsi qu'on va le voir ci-dessous.

Les lignes électriques enregistrent les coups de foudre avec une fidélité parfaite

Lorsque la foudre tombe dans un champ ou une prairie à proximité d'un village, on ne s'aperçoit même pas, la plupart du temps, de ce qui s'est passé. On entend simplement un coup de tonnerre plus violent que les autres et, si aucun arbre ne porte la trace du coup de foudre — rien n'indique le passage de l'éclair, — les dégâts sont nuls. Mais le jour où une ligne électrique traverse ledit champ, les coups de foudre cessent de passer inaperçus, puisqu'ils détériorent la ligne et, parfois, les installations qui lui sont reliées. Il peut même arriver que, lorsque les installations sont insuffisamment protégées ou même non protégées, les lignes transportent la foudre à une certaine distance du point frappé et l'introduisent jusque chez les usagers multipliant ainsi les dégâts.

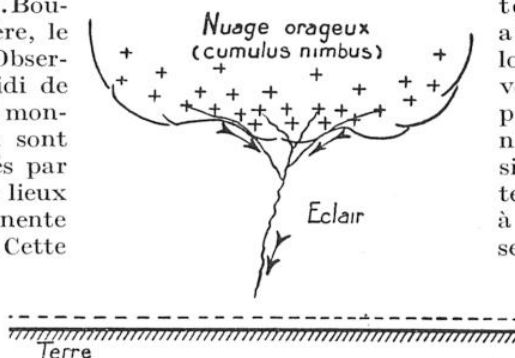


FIG. 1. — SCHÉMA MONTRANT LE MÉCANISME DE LA DÉCHARGE DE LA FOUDRE

Les charges positives du nuage se précipitent vers la terre à travers les filets conducteurs déterminés par la rupture diélectrique de l'air.

Action de la foudre sur les lignes à haute tension

Tout le monde sait combien peuvent être violents les effets destructeurs de la foudre. Lorsque celle-ci frappe directement une ligne électrique, elle produit tout d'abord des effets localisés au point de chute (conducteurs sectionnés, isolateurs brisés, ferrures arrachées, poteaux en bois déchiquetés).

Mais si ces effets locaux sont parfaitement connus, ils ne sont ni les seuls ni les plus redoutables.

La foudre frappant directement une ligne, ou tombant dans son voisinage immédiat, provoque une variation très brusque du potentiel dans la portion influencée. Elle agit d'une manière analogue à celle du marteau sur la corde du piano, la ligne constituant un circuit oscillant susceptible d'être excité par choc.

Au point influencé de la ligne prennent naissance deux ondes qui se propagent de part et d'autre de ce point d'une manière analogue à celle d'une onde de pression dans une conduite d'eau. Ces ondes mobiles, dont la forme est déterminée par l'allure même de la décharge orageuse et la position relative de la ligne, sont réfractées et réfléchies aux points de changement de constantes et aux extrémités des circuits, déterminant ainsi un système d'oscillations amorties plus ou moins complexe.

L'ordre de grandeur des surtensions dues à la foudre est déterminé, non seulement par l'amplitude du phénomène orageux, mais aussi et surtout par l'isolement des installations. Par exemple, pour un réseau aérien à 10.000 volts, dans lequel les isolateurs mouillés ne peuvent guère supporter une tension momentanée de plus de 30.000 volts, toute surtension supérieure à cette valeur est immédiatement écoulee au sol le long d'un isolateur et ne peut, par conséquent, se propager dans les installations. On peut donc affirmer que, dans une large mesure, la valeur des surtensions d'origine atmosphérique est proportionnée à l'isolement du réseau.

Dans la plupart des cas, étant donné l'amortissement propre des circuits, surtout dans les installations de faible puissance, l'onde mobile est seule dangereuse pour les enroule-

ments des transformateurs. En effet, pendant son passage dans les enroulements, il naît des tensions très considérables entre spires qui provoquent des claquages entre spires. Par conséquent, l'arc entre spires ainsi amorcé, arc entretenu par le courant normal de service, peut amener des claquages à la masse et des contacts funestes entre les enroulements à haute et basse tension.

Ces accidents de matériel sont très graves car, outre une interruption de service parfois longue, ils peuvent causer également des accidents de personnes lorsque le courant à haute tension se répand dans les installations à basse tension.

Ainsi donc, la foudre, frappant une ligne à haute tension, ne risque guère de provoquer directement des accidents de personnes ; mais, par ses répercussions secondaires, elle peut faire courir un réel danger aux usagers si des précautions sérieuses ne sont pas prises.

Causes internes de surtensions dans les installations à haute tension

En admettant que l'on puisse supprimer toute influence

extérieure sur les lignes à haute tension (par exemple en utilisant des câbles souterrains), on ne réussirait pas du même coup à supprimer les surtensions, car ces dernières proviennent très fréquemment de causes internes.

En effet, toute cause amenant une modification dans l'équilibre électrostatique et électrodynamique du réseau provoque une surtension d'autant plus importante que la variation est plus rapide.

Par exemple, la mise en service ou hors service d'un élément d'une installation détermine un phénomène transitoire. La fermeture ou l'ouverture d'un interrupteur détermine une onde mobile qui, par ses réflexions successives aux extrémités des circuits, engendre une oscillation amortie aboutissant au nouveau régime établi du réseau.

De même les arcs à la terre, qui s'amorcent aussi bien sur les réseaux aériens que sur les réseaux souterrains, provoquent la formation d'ondes mobiles et d'oscillations fort dangereuses.

L'amplitude et la forme de ces surtensions, déterminées par les conditions de service

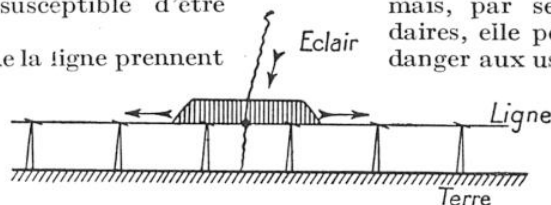


FIG. 2. — LA Foudre tombant sur une ligne électrique provoque la formation de deux ondes se propageant de part et d'autre du point influencé

du réseau et ses caractéristiques, en particulier son isolement, sont, en tous points, comparables à l'amplitude et à la forme des surtensions d'origine atmosphérique.

Cette digression, qui nous entraîne un peu en dehors du cadre de cet article, a le mérite de mettre en relief un point important de l'étude des surtensions.

Action de la foudre sur les lignes à basse tension

Lorsque la foudre frappe directement une ligne à basse tension, les effets destructeurs localisés dans le voisinage immédiat du point de chute sont les mêmes que pour les lignes à haute tension.

En raison de l'apport des charges électriques importantes transportées par l'éclair, la tension de la ligne frappée est considérablement augmentée, cet accroissement n'étant limité que par l'isolement du réseau pour lequel le coefficient de sécurité est plus élevé que pour les lignes à haute tension. Cet accroissement considérable de la tension par rapport au sol, transmis parfois à plusieurs centaines de mètres du point foudroyé jusqu'à l'intérieur des habitations, constitue un danger très important pour l'usager.

Si donc les lignes électriques n'attirent pas la foudre, elles sont néanmoins susceptibles d'en disséminer les effets.

Il est fréquent de constater des effets destructeurs considérables et très généralisés sur un réseau à basse tension (compteurs avariés, conducteurs détruits, coupe-circuit fondus, isolants percés, etc., avec quelquefois incendie consécutif) lorsqu'il a été frappé par un coup de foudre.

Il faut protéger les réseaux

Cet exposé, dans lequel nous nous sommes efforcé de mettre en lumière les dangers que présente la foudre pour les distributions d'énergie électrique et leurs usagers, n'est peut-être pas aussi rassurant que certains le désireraient.

Il serait peu sérieux, à notre avis, de dissimuler la réalité d'un danger qui, pour être heureusement rare, n'en est cependant pas

moins grand. La sécurité ne s'obtient pas en cachant sa tête dans le sable comme l'autruche, mais en prenant les mesures de protection utiles (1).

Il est nécessaire de protéger les installations à haute tension pour éviter les accidents de transformateurs et leurs répercussions possibles. Il est nécessaire de protéger les réseaux à basse tension pour limiter strictement au voisinage immédiat du point frappé les méfaits d'un coup de foudre et pour éviter tout danger en cas de contact accidentel entre les enroulements à haute et basse tension.

Il est possible de réaliser aujourd'hui une protection à peu près parfaite des réseaux à haute et à basse tension, et les accidents de personnes, qui sont en somme exceptionnels, pourraient être encore diminués.

Disons encore que les accidents les plus graves que l'on ait eu à déplorer dans les

réseaux ruraux se sont produits dans des installations insuffisamment protégées ou même non protégées. Il faut que les populations rurales sachent à quels dangers elles s'exposent lorsqu'elles réalisent quelques maigres éco-

nomies sur les dispositifs de sécurité.

Ajoutons enfin que les précautions véritables contre les accidents dus à la foudre ne peuvent être que préventives. A l'approche d'un orage, et plus encore pendant l'orage, il est parfaitement inutile et même quelquefois dangereux d'interrompre le courant à haute ou à basse tension, car les manœuvres sous la pluie ne sont pas toujours aisées dans les postes ruraux. C'est une méthode surannée, issue de la peur, et qui doit disparaître.

De toute manière, l'usager qui « verra du feu » en un point quelconque de son installation, agira sagement en se tenant à l'écart ou en prenant toutes les précautions requises pour couper le courant.

La véritable sagesse consiste à exiger sur le réseau la présence de dispositifs de sécurité bien établis, avant que des accidents se soient produits et à s'en rapporter entièrement à eux.

CHARLES LEDOUX.

(1) Voir l'article de M. Barbillon, sur la protection des lignes, dans *La Science et la Vie*, n° 142, p. 263.

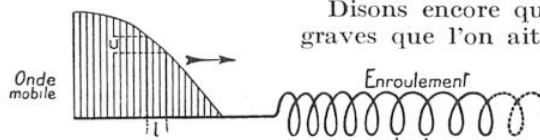


FIG. 3. — SCHÉMA MONTRANT L'ACCROISSEMENT DE LA TENSION ENTRE SPIRES DANS UN ENROULEMENT AU PASSAGE D'UNE ONDE

Tension normale entre spires, 1 à 5 volts; au passage de l'onde, la tension V atteint de 100 à 1.000 volts sur la longueur l .

COMMENT ON A ÉDIFIÉ LA NOUVELLE GARE DE LIMOGES, L'UNE DES PLUS BELLES DE FRANCE

Par Jean BODET

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

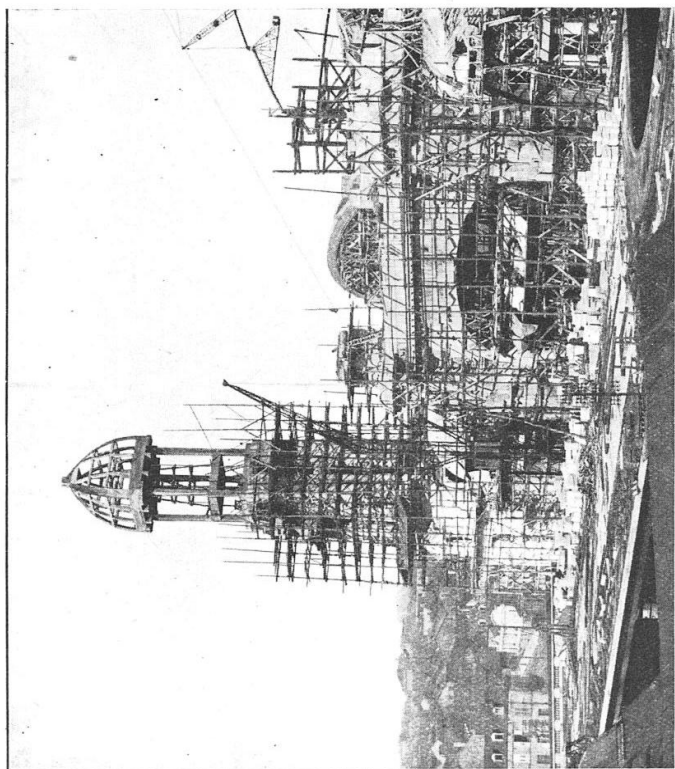
Récemment, était officiellement inaugurée la nouvelle gare de Limoges-Bénédictins, édifiée à l'emplacement de l'ancien bâtiment, devenu insuffisant pour le trafic intense de cette station où circulent quotidiennement plus de deux cents trains. Transformer en une gare ultramoderné, sans, pour cela, gêner nullement la circulation, une station dont la construction remonte à soixante-dix ans, ne fut pas, on l'imagine, un travail aisé. Grâce, cependant, aux progrès de la technique dans l'art de bâtir, à l'utilisation rationnelle de matériaux, les ingénieurs ont su résoudre ce problème, et, aujourd'hui, la gare de Limoges est l'une des plus belles de France. Car il faut ajouter que par le choix judicieux des aménagements intérieurs, des matériaux et même des couleurs, la gare de Limoges est un exemple remarquable de l'adaptation de la conception artistique à la construction moderne.

LA Compagnie d'Orléans a ouvert dernièrement au public la nouvelle gare de Limoges-Bénédictins, construite par la Société des grands travaux de Marseille, et commencée depuis 1924. Elle remplace l'ancienne gare, devenue tout à fait insuffisante pour les besoins du trafic, la ville de Limoges se trouvant à l'intersection de la

grande artère de Paris à Toulouse, et de la transversale de Bordeaux à Milan et à Strasbourg, et, de plus, tête de ligne pour les directions d'Angoulême et la Rochelle, de Poitiers, de Clermont-Ferrand et de Brive. Chaque jour, sans tenir compte des trains spéciaux ou facultatifs, la gare est traversée par près de 80 trains de voyageurs et 50 trains



VUE DE LA NOUVELLE GARE DE LIMOGES, PRISE DANS L'AXE DU CHAMP-DE-JUILLET



VUE PERSPECTIVE DU BATIMENT PRISE CÔTÉ BRIVE, AVEC, AU MILIEU, AU SECOND PLAN, On y remarque, à gauche, près du campanile, la grue «Kaiser» et, à droite, la grue «Hockel», toutes deux des façades, côté

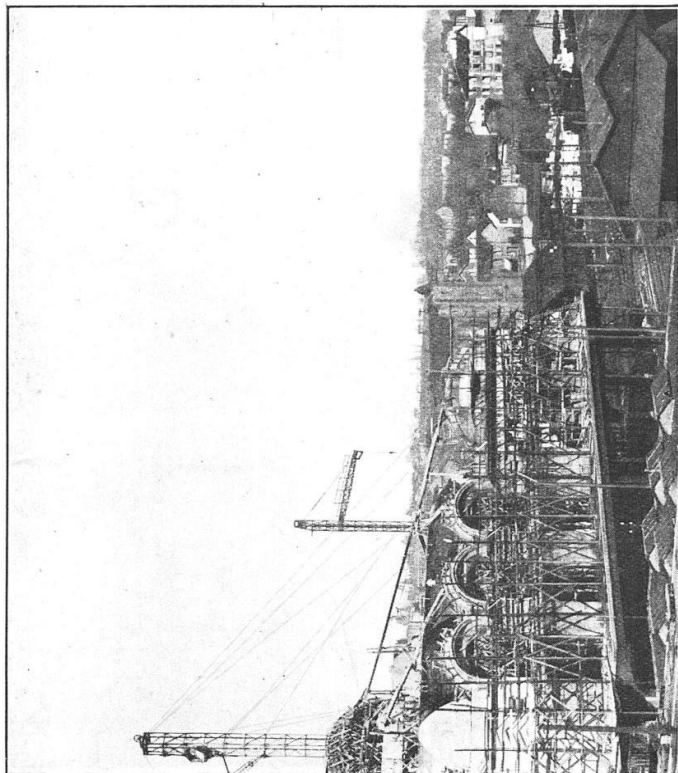
de marchandises ou de denrées ; 90 trains de marchandises supplémentaires, à destination ou en provenance de la gare auxiliaire de Puy-Imbert, traversent la gare dans l'un ou l'autre sens.

A différentes époques, l'ancienne gare, dont la construction remonte à soixante-dix ans, avait dû être l'objet de travaux complémentaires d'agrandissement et d'amélioration, qui, cependant, n'avaient pu donner entière satisfaction ; en effet, les agrandissements présentaient toujours de très grandes difficultés, étant donné la situation de la gare presque au centre de la ville, la pente très accentuée du terrain vers la rivière la Vienne et surtout la présence d'un tunnel de 1.024 mètres passant sous une partie de la ville. On ne pouvait donc remédier au manque de place et aux inconvénients qui en résultaient que très insuffisamment.

En outre, l'exiguïté du bâtiment des voyageurs proprement dit, qui ne comportait qu'un rez-de-chaussée et, sur une partie seulement des ailes, un entresol, avait pour effet de créer un embouteillage général de tous les services aux heures et aux jours d'affluence.

Il était donc devenu absolument indispensable, à la fois, d'augmenter le nombre des voies, et d'agrandir le bâtiment des voyageurs.

Or, tout agrandissement était rendu impossible du côté de la Vienne par suite de la pente du terrain, tandis que, du côté de la ville, l'espace libre était limité par la présence du mur de soutènement du Champ-de-Juillet. La solution adoptée par la Compagnie d'Orléans fut celle d'une gare surélevée, le bâtiment des voyageurs devant empiéter sur la voie publique, et le grand hall et la cour



LA TOUR A BÉTON MUNIE DE SA FLÈCHE ET DE SA « COULOTTE » A CONTREPOIDS installée sur la plate-forme en béton armé, au-dessus des voies, et destinée au levage des matériaux des Brive et côté Paris.

des voyageurs être construits au-dessus des voies. La ville, de son côté, entreprit les travaux de démolition du mur de soutènement du Champ-de-Juillet et l'aménagement des abords de la gare par la création d'avenues nouvelles et de jardins publics. Cette disposition a permis de porter de cinq à dix le nombre des voies pour les trains de voyageurs, tout en réservant le nombre de voies suffisant pour les trains de marchandises.

L'organisation générale du chantier

La nouvelle gare est construite presque entièrement en béton armé, les façades seules étant recouvertes de pierre de taille, et les charpentes partiellement métalliques.

A l'intérieur du chantier, des voies de 0 m. 60 assuraient le transport des matériaux. Le sable et le gravier, déchargés mécaniquement, dès leur arrivée sur le chantier, par une grue automobile de 27 tonnes, tombaient automatiquement d'une cage en bois dans des wagons qui les conduisaient à un dépôt situé près du magasin à ciment. Une bétonnière en assurait le traitement.

Pour éviter le transport du béton par des moyens rudimentaires et très lents, l'entrepreneur a utilisé une tour à béton système Lakewood de 60 mètres installée à proximité immédiate de la bétonnière.

C'est une tour métallique démontable, le long de laquelle peut se déplacer un cadre d'acier portant une trémie. Le béton est chargé à la base de la tour dans une benne mobile intérieure, qui s'élève par un câble d'acier jusqu'à la hauteur de la trémie, dans laquelle elle se déverse automatiquement. Le béton s'écoule ensuite par gravité dans des rigoles en pente et relativement étroites,

dites « couloottes », plus ou moins longues suivant la distance entre le pied de la tour et le point le plus éloigné à atteindre. Des articulations permettent le déversement du béton en un point quelconque des chantiers.

Le montage de ces couloottes a été effectué d'une manière différente, suivant l'état d'avancement des travaux et la distance à laquelle le béton devait être transporté, comme il est possible de le voir sur les illustrations.

C'est ainsi que tant que le béton ne devait être employé que dans un rayon d'une quarantaine de mètres, on fit usage de deux sections seulement de couloottes, articulées entre elles de manière à former un coude d'angle variable. Avec ce montage, l'une de ces sections va de la trémie jusqu'à l'articulation, et l'autre de l'articulation au point variable du chantier où le béton doit être coulé. La deuxième section était munie d'un contre-poids dans le

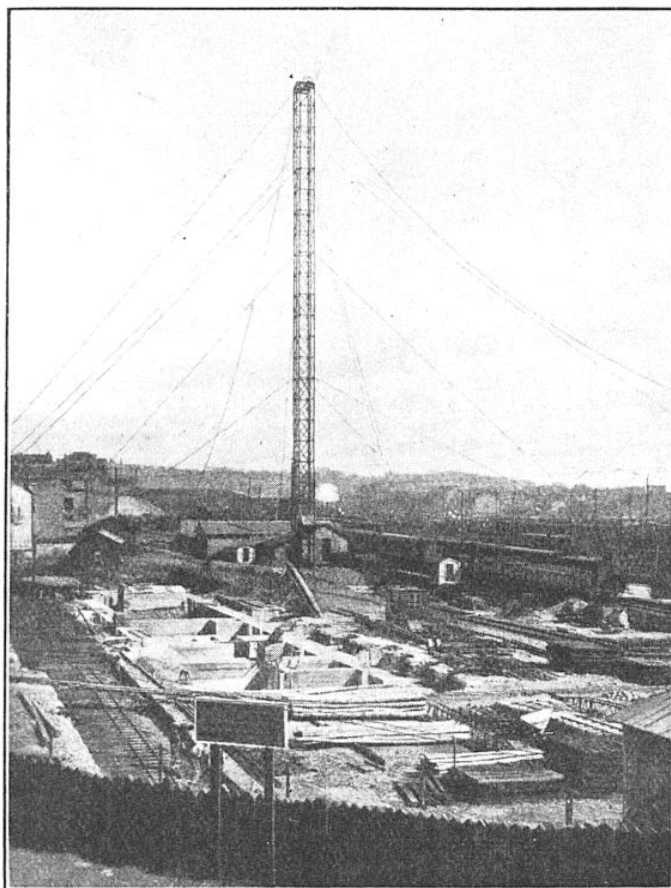
but de réduire le temps nécessaire pour déplacer les couloottes d'un point à un autre, et permettre à un nombre d'hommes plus réduit d'effectuer cette opération.

A mesure que le bâtiment en construction s'élevait, il devenait nécessaire de déplacer dans le sens vertical tout le dispositif de la tour ; pour cela, la trémie et la poutre métallique furent fixées sur un cadre en acier qui glissait sur des guides fixés aux montants de la tour, et pouvait ainsi être déplacé très rapidement. Le cadre, une fois à la hauteur voulue, était boulonné aux mon-

tants de la tour. Lorsque, au contraire, le ciment devait être transporté jusqu'en des points du chantier très éloignés du pied de la tour, et que deux sections seulement devenaient tout à fait insuffisantes, on dut établir une ligne continue de couloottes, toutes suspendues à un câble supérieur.

Le câble de suspension des couloottes passait librement sur le sommet de la tour et était ancré dans le sol. Les couloottes étaient de section semi-circulaire, qui a été reconnue comme offrant la moindre résistance au passage du béton.

La tour utilisée avait 60 mètres de hauteur et a pu alimenter le chantier jusqu'à une hauteur de 30 mètres. Les bennes, actionnées par un moteur à vapeur de 30 ch, débitaient environ 400 mètres cubes de béton par journée de dix heures.



TOUR A BÉTON DE 60 MÈTRES DE HAUTEUR TOTALE EN COURS DE MONTAGE

La nouvelle disposition des bâtiments

L'ensemble de la gare repose sur une plate-forme générale

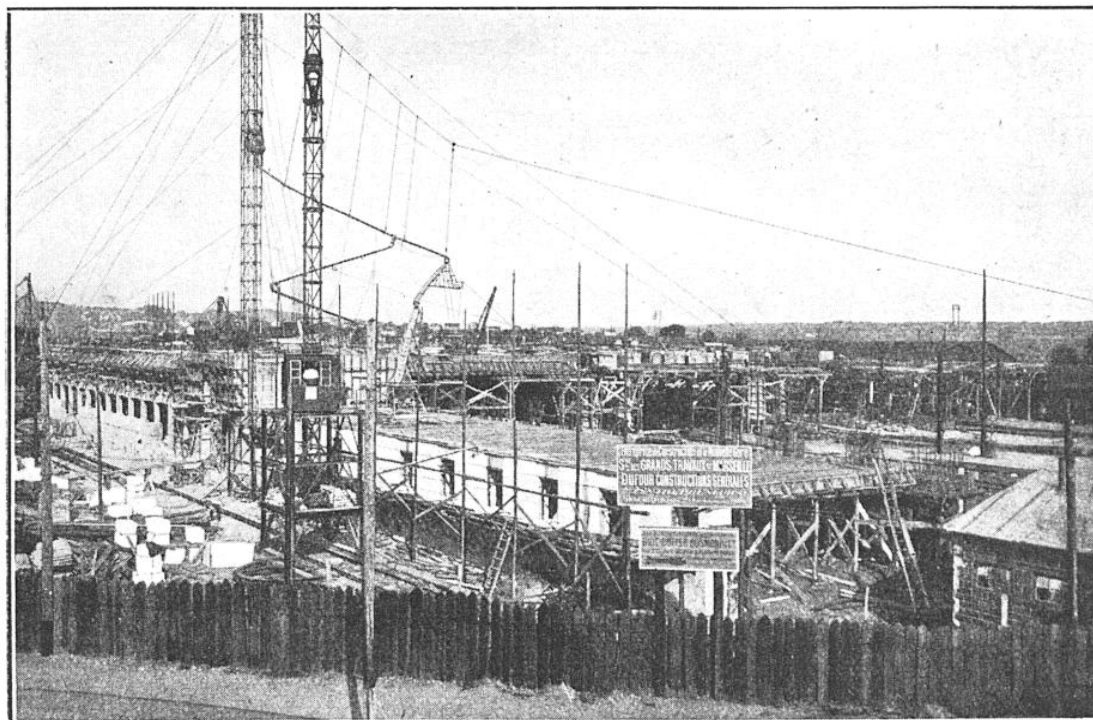
surélevée, de 96 mètres de longueur dans le sens des voies et 70 mètres de largeur, établie à 7 mètres au-dessus des rails. Cette plate-forme constitue le hall et la cour des voyageurs, ainsi que le premier étage d'un deuxième bâtiment côté place Maison-Dieu, réservé aux services administratifs.

Les voyageurs peuvent accéder à la cour par deux directions opposées : du côté de la ville, une rampe de 30 mètres de largeur prolonge en ligne droite l'avenue de la Gare-des-Bénédictins ; du côté du service des marchandises, un pont de 15 mètres de

largeur, se raccorde par une courbe de 23 mètres de rayon avec une deuxième rampe de 217 mètres de longueur et 12 mètres de largeur. Cette rampe est en terre-plein sur 95 mètres, et le surplus en arcades évidées en béton armé, utilisées comme magasins ou dépôts.

Les fondations de la plate-forme principale et du pont ont nécessité des travaux particulièrement importants, étant donné la

façade de la gare, côté place Maison-Dieu. Ce dernier bâtiment comprend trois parties. La première, de 48 mètres environ de longueur et de 23 mètres de hauteur totale, comporte un rez-de-chaussée, un entresol, deux étages et un comble de deux étages. L'ossature, charpentes comprises, est en béton armé, et la façade est revêtue de pierre. Au rez-de-chaussée et à l'entresol sont aménagés divers bureaux pour le personnel



VUE DU CHANTIER DE LA GARE DE LIMOGES PRISE DU CHAMP DE JUILLET

On y remarque, au premier plan, la grue Kaiser, installée sur la place Maison-Dieu, et, derrière cette grue, la tour à béton avec ses coulottes de distribution.

nature du terrain, fond d'un ancien vallon où coule un ruisseau aujourd'hui canalisé et servant d'égout collecteur à tout un quartier de la ville. Les piliers de fondation, qui supportent tout le poids de l'édifice, reposent sur le rocher, trouvé à des profondeurs variables et parfois très grandes. Comme ces piliers ne peuvent être placés que dans l'axe des trottoirs, et que la distance qui les sépare peut atteindre jusqu'à 19 mètres, on a dû donner aux poutres principales une très forte section, en rapport avec leur charge, parfois considérable.

Cette plate-forme supporte, en effet, toutes les superstructures du hall des voyageurs et les étages du bâtiment qui forme la

ayant directement affaire au public. Au premier étage, c'est-à-dire de plain-pied avec le hall, est installé le restaurant du buffet, dont les cinq baies dominent la place Maison-Dieu.

Ce premier bâtiment s'adosse à un campanile à base carrée de 10 m 50 de côté et de 52 mètres de hauteur. Celui-ci contient une horloge à quatre cadrans, de 4 mètres de diamètre, à aiguilles lumineuses, et est surmonté d'un vase en cuivre repoussé de 5 mètres. La hauteur totale est ainsi portée à 57 mètres, hauteur égale à celle de l'église Saint-Michel, monument le plus élevé de Limoges.

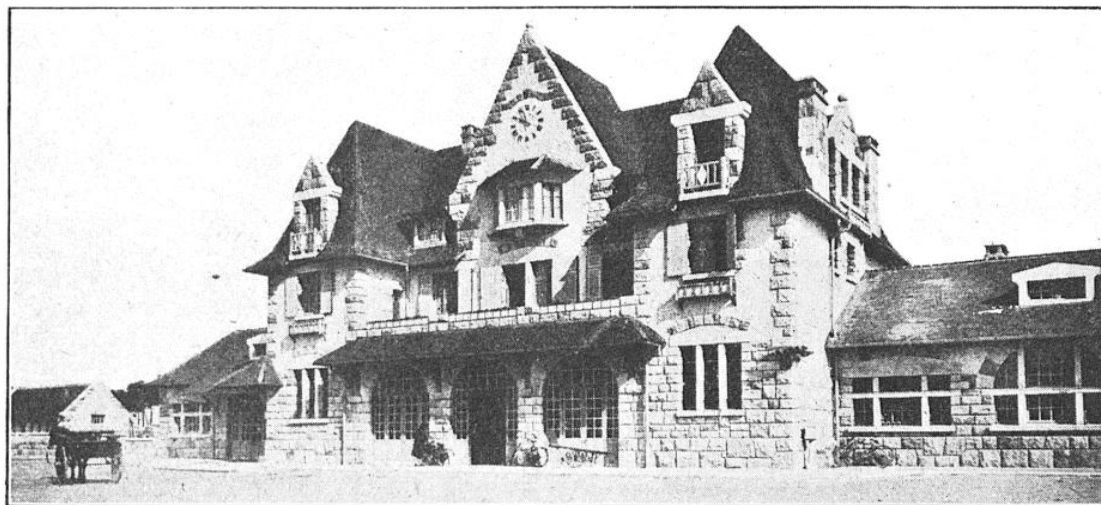
A ce campanile fait suite un bâtiment

annexe de 37 m 50 de longueur, situé sous la cour surélevée et ne comportant qu'un rez-de-chaussée et un étage.

La partie centrale du hall des voyageurs est recouverte d'une coupole hémisphérique de 31 mètres de hauteur, dont la charpente est entièrement en béton armé, et supportée par quatre groupes de piliers formant un carré de 27 m 40 de côté. Ces groupes de piliers sont réunis deux à deux par des arcs en saillie. La décoration extérieure de la coupole consiste en des lignes méridiennes, ornées de motifs en cuivre repoussé. En arrière de la coupole (côté Paris), l'arc est

grammes de charge utile. Deux souterrains accolés de 4 mètres de largeur chacun, l'un pour les voyageurs, l'autre pour les bagages, font communiquer les trottoirs entre eux. La galerie des bagages est desservie par six ascenseurs, un pour chaque trottoir.

La Compagnie d'Orléans a entrepris également, au cours de ces cinq dernières années, la reconstruction d'autres gares de moindre importance. Ces dernières, qui ont été loin d'exiger des travaux aussi compliqués et aussi importants que ceux de la gare de Limoges, présentent cependant un grand



LA NOUVELLE GARE DE LA BAULE RESSEMBLE A UN ANCIEN MANOIR BRETON

prolongé par une charpente de même forme, jusqu'à la grande baie elliptique percée dans la façade. Les deux corps latéraux, de part et d'autre de la coupole centrale, sont sensiblement symétriques et couverts en verre sur une grande partie de leur surface. Des plafonds lumineux sont disposés sous toutes les parties vitrées.

Dans le grand hall sont réunis tous les services des voyageurs, tels que bureau des bagages, distribution des billets, salles d'attente, bibliothèques, consigne, etc... Tous les édifices qui les contiennent, ainsi que les boiseries du buffet, sont en bois coloniaux, bilinga ou acajou du Gabon, provenant des exploitations du Consortium forestier des Grands Réseaux.

Les voyageurs peuvent se rendre de la salle des pas perdus aux trottoirs par cinq escaliers de 2 mètres de largeur. Le service des bagages est assuré par quatre bascules automatiques et dix ascenseurs de 1.000 kilo-

intérêt, quoique à un autre point de vue. Les ingénieurs qui les ont construites, abandonnant la méthode qui n'a que trop longtemps consisté à édifier à travers toute la France des bâtiments standards sans aucun caractère, se sont efforcés de faire œuvre originale et de déterminer, pour chaque cas particulier, le type de construction le plus en harmonie avec le cadre dans lequel il doit figurer. Cette recherche a, de plus, porté aussi bien sur les coloris des façades et la décoration intérieure que sur les grandes lignes du bâtiment.

C'est en cherchant ainsi leur inspiration dans les styles régionaux, que ces ingénieurs ont été amenés à donner à la gare de La Baule l'allure d'un ancien manoir breton, et à emprunter aux édifices romans du Languedoc les détails de la décoration de la gare de Capdenac, dont l'allure générale est cependant très moderne.

JEAN BODET.

L'EXPOSITION INTERNATIONALE DU FEU A RÉUNI LES APPAREILS LES PLUS MODERNES POUR NOUS PRÉSERVER DE L'INCENDIE

Par Jean CAËL

La lutte contre le feu a toujours été un des plus grands soucis des municipalités, surtout dans les grandes agglomérations, où un simple incendie risque de donner naissance à un véritable sinistre. Aussi le matériel de protection et de lutte s'est-il constamment perfectionné. L'Exposition Internationale du Feu, qui s'est tenue récemment à Paris, est une nouvelle preuve des recherches effectuées dans ce sens. La participation de l'étranger nous a permis d'étudier comment est organisée dans le monde la lutte contre la flamme destructrice et, dans l'article ci-dessous, nos lecteurs liront avec intérêt la description des nouveautés concernant le matériel qui sert à donner l'alarme ou à combattre le fléau.

LE feu, le premier ami et le premier ennemi de l'homme, a toujours conservé ce double caractère. De nombreuses expositions nous ont révélé ses bienfaits sous toutes ses formes, sous tous ses aspects. En voici une qui a rassemblé tous les moyens et procédés propres à combattre ses méfaits. Elle était fort intéressante, parce que l'étranger lui a apporté son concours. Nous ne voulons pas dire par là que les constructeurs français leur étaient inférieurs, mais seulement qu'il a été particulièrement instructif de connaître les méthodes employées dans les autres pays et les progrès récents qui ont pu être réalisés.

L'électricité au service des corps de pompiers

Tous les réseaux avertisseurs d'incendie fonctionnent à peu près comme des centraux



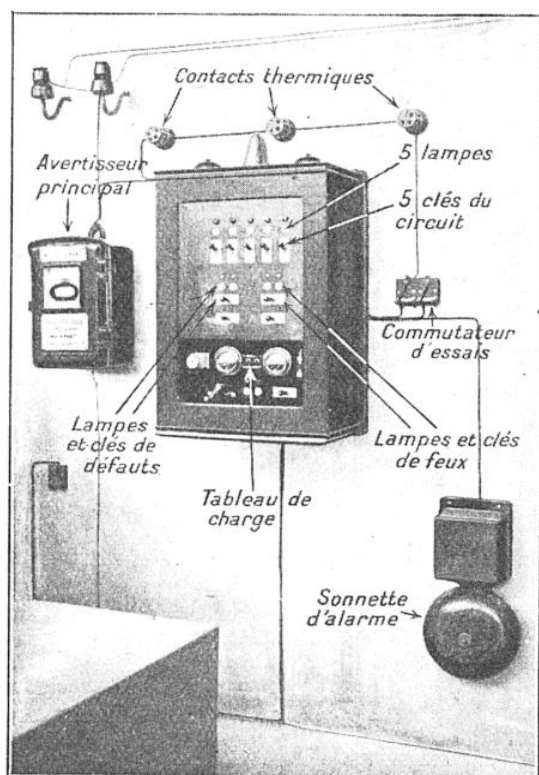
AVERTISSEUR PUBLIC A REMONTAGE IMMÉDIAT « ERICSSON »

téléphoniques, mais dans des conditions différentes. Les avertisseurs publics ou privés sont reliés au poste le plus proche : dès que l'on brise la glace, l'appel se fait, l'avertisseur donne automatiquement son numéro et l'équipe de garde part immédiatement dans sa direction. Là, elle se renseigne sur le lieu où vient de naître un foyer.

Voici comment est conçu un tel système en Suède par la Société Ericsson :

Au bureau central de secours et dans les postes de quartiers, sont installés des appareils qui reçoivent automatiquement toutes les communications des avertisseurs.

Les circuits sont bouclés sur le poste central et, sur chacun d'eux, on peut placer trente avertisseurs, lesquels sont parcourus en permanence par un courant de repos fourni par une batterie centrale et dont la présence est signalée par un milliampèremètre. Sous l'appel d'un



BUREAU CENTRAL DE SECOURS, SYSTÈME
« ERICSSON »

avertisseur, le circuit correspondant est interrompu ; un relais, dit de surveillance, entre en action et aiguille le circuit sur une deuxième batterie, dite de signalisation. Aussitôt, une sonnerie retentit et un appareil enregistreur, type Morse, se met en marche. La bande de papier reçoit, par points et traits du signal Morse simplifié, le numéro de l'avertisseur. Dans les installations très importantes, un plan à grande échelle de la ville porte une lampe à l'emplacement de chaque avertisseur. Cette lampe s'allume en même temps que s'imprime le signal Morse.

Les avertisseurs publics sont de plusieurs modèles. Les plus simples appartiennent à la catégorie des avertisseurs magnétiques actionnés à la main par une manivelle. Sur le circuit de la magnéto est placée une came portant des bossages (points et traits) qui commandent l'envoi du signal Morse correspondant au numéro de l'avertisseur. Ces appareils ne conviennent qu'aux petites agglomérations.

Dans les villes importantes, on utilise les avertisseurs à mécanisme d'horlogerie. Dans

l'un des modèles, ce mécanisme doit être remonté après chaque signal d'alarme, avec une clé spéciale, au moment où l'on remplace la vitre cassée. L'autre type d'avertisseur est, au contraire, à remontage immédiat. Aussitôt la vitre cassée, on tire sur une poignée qui remonte le mouvement d'horlogerie, lequel envoie ensuite le signal, toujours par l'intermédiaire d'une came à bossages Morse.

Dans les locaux commerciaux ou industriels importants, on peut installer un avertisseur secondaire branché sur l'avertisseur public. Il est simplement actionné par un bouton qui commande à son tour un relais de déclenchement, placé dans l'avertisseur public et qui fait fonctionner normalement ce dernier. Les pompiers perçoivent alors un signal optique indiquant que l'alarme a été donnée par le poste secondaire (normalement, on n'installe qu'un seul poste secondaire sur un avertisseur public, mais rien ne s'oppose à ce que plusieurs y soient branchés).

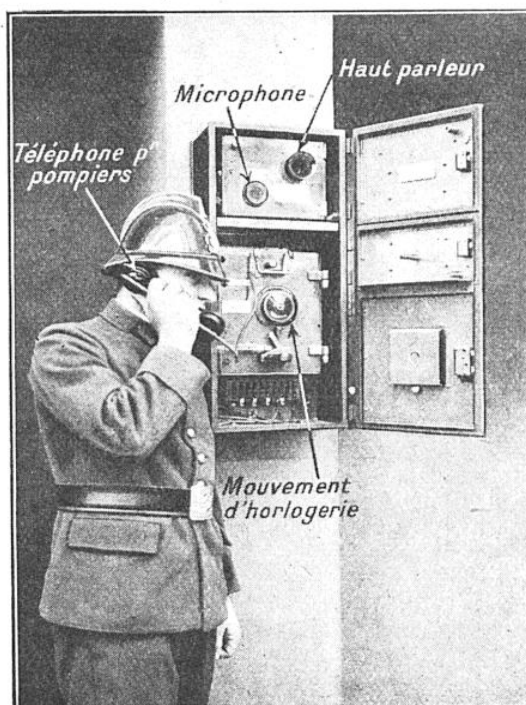
Sur la face avant de l'avertisseur à remontage immédiat, se trouve un appareil télé-



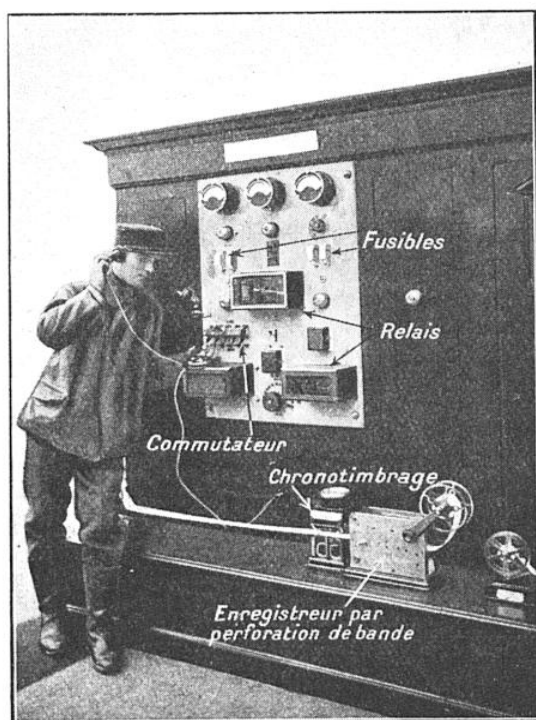
AVERTISSEUR PUBLIC DE LA « GAMEWELL
FIRE ALARM »

phonique, qui permet à un agent de service sur la voie publique de se mettre en communication avec le bureau central, puis, par son intermédiaire, avec le commissariat de police du quartier, pour signaler un accident, par exemple, ou appeler des agents de renfort en cas de besoin. Cette communication téléphonique n'empêcherait aucunement la manifestation d'un signal d'alarme émis éventuellement au même instant.

Enfin, dans les établissements importants, des appareils automatiques peuvent être installés, en nombre quelconque, aux endroits dangereux. Ils sont constitués en principe par deux soudures réunissant deux pains de lamelles métalliques. Cette soudure fond à 60 degrés, sous l'action d'une élévation de température du milieu où l'appareil est placé. Aussitôt, les contacts sont rompus et un signal d'alarme entre en action dans une centrale locale placée, soit dans la loge du concierge, soit en un endroit de l'établissement où un personnel réside en permanence. Cette centrale locale, étant reliée à la centrale des pompiers par l'intermédiaire d'un avertisseur public, transmet le signal d'alarme de cet avertisseur. Le tableau indicateur qui constitue la



AVERTISSEUR PUBLIC « SIEMENS-FRANCE »,
MODÈLE MURAL



BUREAU CENTRAL DE POMPIERS DE LA
« GAMEWELL FIRE ALARM »

centrale locale, détermine approximativement l'endroit où le feu a pris naissance. En outre, il signale tous les défauts susceptibles de se produire dans l'installation (fils coupés, courts-circuits, etc.), sans qu'il puisse y avoir aucune confusion avec l'avertissement d'incendie. Le rétablissement du contact par la soudure s'effectue à l'aide d'une pince chaude et non à la flamme qui modifierait le point de fusion de cette soudure.

Tous les systèmes avertisseurs d'incendie fonctionnent à peu près sur ces données avec des variantes différentes pour chacune d'elles.

Dans le système exposé par la « Gamewell Fire Alarm », chaque poste de quartier est relié au bureau central de la localité et tous les signaux d'alarme transmis au premier sont également envoyés au second, qui peut prendre ainsi, immédiatement, toutes les mesures utiles pour parer aux besoins, si l'incendie menace de prendre une grande importance ou si deux alarmes se succèdent.

Les avertisseurs sont également à remontage par une poignée, et les signaux se traduisent en perforations groupées (... etc.) sur la bande de papier. Un mécanisme d'horlogerie imprime en même temps l'heure de

l'arrivée du signal. En cas de rupture accidentelle du circuit, celui-ci se rétablit aussitôt par la terre, afin d'assurer dans tous les cas la réception des signaux d'alarme. Cette rupture se signale, d'ailleurs, automatiquement sur la bande de papier du poste de quartier et du poste central par la perforation d'un point.

Les avertisseurs sur colonnes sont réservés aux installations sur la voie publique. Ils comportent un poste téléphonique mis à la disposition des agents pour appeler le commissariat le plus proche en cas de besoin.

Une des expositions les plus importantes de ce genre a été celle de la « Société Siemens-France », filiale de la Société Siemens de Berlin.

Dans le système utilisé par les grands établissements publics, les usines, les maisons de commerce, les postes de contrôle de ronde sont combinés avec les avertisseurs et inservient, sur une bande de papier, la date et l'heure à laquelle le contrôleur est passé devant chaque avertisseur, ainsi que le numéro du poste. Mais, si un avertisseur a fonctionné, l'inscription est complétée par celle de la lettre F (feu) et la sonnerie d'alarme retentit.

Si, pour une cause quelconque, le contrôleur allant d'un poste à un autre met plus de temps qu'il ne lui est nécessaire, un signal d'alarme est envoyé automatiquement par le poste central. Pendant la journée, ou bien

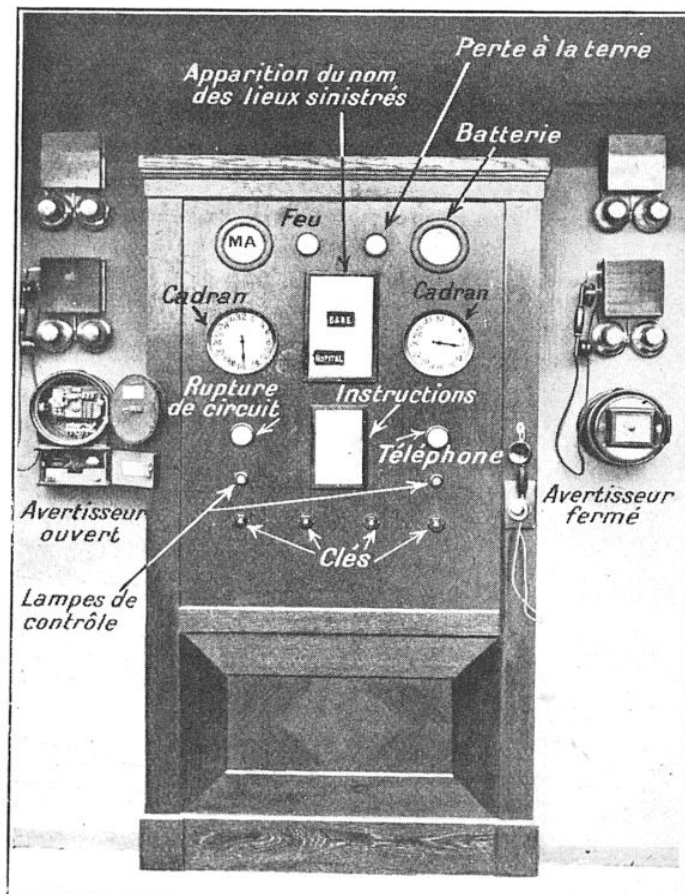
lorsque le contrôle est terminé, ce dispositif de sécurité est mis automatiquement hors circuit.

En dehors des grandes installations courantes réalisées par la firme allemande, un système plus modeste, destiné aux agglomérations de peu d'importance, a été imaginé et mis en pratique récemment.

Comme dans toutes les installations, les avertisseurs sont installés en série sur un circuit bouclé, à raison de trente-deux appareils par circuit. Mais les courants transmis par l'avertisseur, dont la glace aura été brisée, sont reçus dans l'un des deux cadrans qui figurent sur le tableau du poste central. Ces cadrans rappellent tout à fait ceux du télégraphe Breguet avec une aiguille centrale se déplaçant sur des nombres correspondant aux numéros des avertisseurs. On utilise donc ici des émissions et des ruptures de courant qui

permettent à l'aiguille de se déplacer par saccades jusqu'à ce qu'elle ait atteint le numéro indicatif de l'avertisseur actionné. A ce moment, la lampe « feu » s'allume et en même temps, sur un transparent central, apparaît le nom de l'endroit où se trouve l'avertisseur : gare, hôpital, usine, etc...

Chaque circuit est bouclé sur deux cadrans semblables pour permettre de recevoir deux appels en même temps. Les ruptures se signalent automatiquement par une lampe spéciale. Deux autres lampes sont utilisées



POSTE CENTRAL « SIEMENS-FRANCE », DESTINÉ AUX AGGLOMÉRATIONS D'IMPORTANCE MOYENNE

pour la vérification des circuits, et les mises accidentelles à la terre agissent également sur une lampe spéciale. Enfin, si, à partir d'un avertisseur, une communication téléphonique est demandée, une lampe spéciale s'allume et la communication s'établit instantanément. Deux sonneries fonctionnent, l'une sous l'action des signaux d'alarme l'autre lorsqu'un dérangement existe dans l'installation, tant que la clé de remise en état normal n'a pas été abaissée.

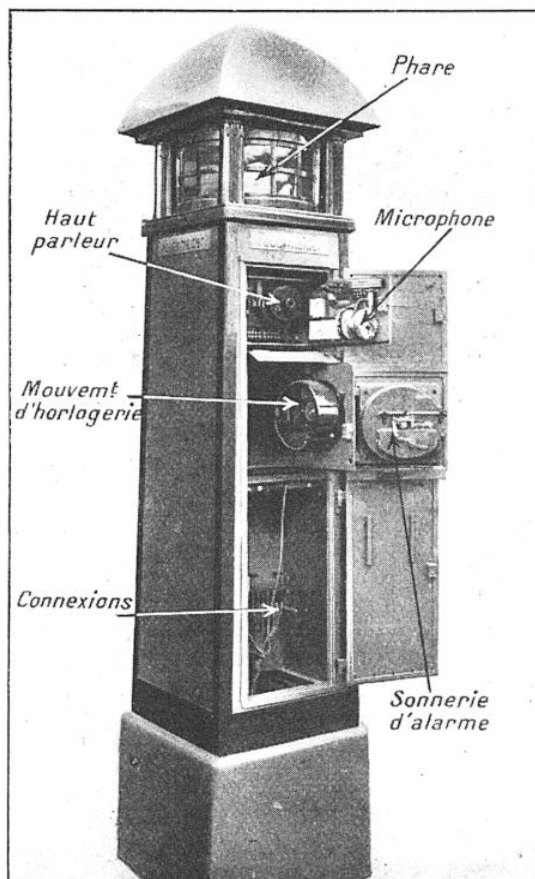
Les avertisseurs publics, pour les importantes installations de ville, sont fixés sur des colonnes surmontées d'un phare, qui brille pendant la nuit pour signaler leur présence, sans que l'on soit obligé de les chercher. C'est là un avantage précieux, adopté d'ailleurs par toutes les installations étrangères, car le public est en général mal renseigné sur l'emplacement des avertisseurs sur les voies publiques. De plus, dès que la glace a été brisée, une porte s'ouvre automatiquement et un microphone fixe permet de donner des renseignements supplémentaires au poste central des pompiers, lequel peut, à son tour, demander des détails sur le lieu et l'importance de l'incendie, ces demandes parvenant dans un récepteur haut-parleur, également fixe. Enfin, un téléphone mobile est enfermé dans un compartiment inférieur, que les agents de police et les pompiers peuvent ouvrir à l'aide d'une clé spéciale et qui leur permet de se mettre en relation avec le poste le plus proche.

Dès que l'on a appuyé sur le bouton de l'avertisseur, l'alarme est enregistrée au poste central sur le papier d'un appareil Morse,

qui répète trois fois de suite le numéro de l'avertisseur. Ce signal est perforé. En même temps, l'heure de l'alarme s'imprime sur la même bande de papier. Dans les très grandes installations, un transparent, placé au-dessus du tableau, indique également le numéro de l'avertisseur, qui est encore répété par une sonnerie. Les avertisseurs peuvent, d'ailleurs, être très nombreux, sans pour cela compromettre l'arrivée au poste central d'une alarme venant d'un avertisseur quelconque après deux, trois, quatre ou plus d'autres alarmes. La première est enregistrée immédiatement, puis chacune des suivantes à son tour d'arrivée, sans que la moindre confusion puisse se produire dans les signaux.

Plusieurs avertisseurs automatiques, destinés aux usines et à tous les établissements importants, ont été imaginés par la firme allemande. Le modèle courant est dit « Avertisseur à maximum ». Il est constitué essentiellement par une lame en U, faite de deux métaux à coefficient de dilatation très différent soudés l'un à l'autre. Dès que la température ambiante atteint un de-

gré déterminé, la lame libre de l'U s'éloigne du contact sur lequel elle repose normalement et coupe le circuit de l'avertisseur. Un autre avertisseur, dit « différentiel », est représenté par un tube en verre à deux branches, l'une de ces branches étant plus épaisse que l'autre. On y introduit du mercure qui occupe le même niveau dans chaque tube et, sur les deux surfaces, une petite quantité d'un liquide qui s'évapore facilement. La branche en verre mince est traversée par deux fils de platine, placés l'un au-dessus de l'autre, tous deux noyés



AVERTISSEUR PUBLIC « SIEMENS-FRANCE »,
MODÈLE SUR COLONNE

dans le mercure et relies au circuit d'incendie. Si la température s'élève, le tube mince en éprouve rapidement les effets ; son liquide s'évapore, exerce une pression sur le mercure, qui reflue dans l'autre branche, et le circuit se trouve rompu.

En dehors de ces appareils, il existe également un avertisseur automatique, basé sur la fusion d'une soudure spéciale et fonctionnant lorsque la température atteint 75°.

Une machine extinctrice à bicarbonate de soude

Par ses dimensions imposantes (12 mètres de longueur) et par la triple solution qu'elle représente, cette machine fit sensation à l'Exposition.

Son outillage principal est conçu pour projeter, sur le foyer d'incendie, du bicarbonate de soude en poudre, en utilisant les gaz d'échappement — neutres — du moteur.

Avant leur intervention, les gaz subissent une épuration, puis un refroidissement. On les comprime ensuite à deux ou trois atmosphères et ils sont, de nouveau, refroidis. Après passage dans un séparateur d'huile, ils traversent un deuxième épurateur et, par un injecteur, chassent dans la tuyauterie la poudre de bicarbonate de soude, à laquelle on ajoute une petite quantité de grès pulvérulent, pour éviter l'agglomération.

C'est cette poudre, chassée par les gaz d'échappement comprimés sur le foyer d'incendie, qui en assure l'extinction.

Sur la flamme, le bicarbonate se décompose en carbonate neutre, en gaz carbonique et en vapeur d'eau. Voici quelques chiffres qui nous ont été communiqués par le représentant français de la machine construite par les Forges, Acieries et Ateliers de Construction royaux de l'État hongrois.

Si l'on projette sur le feu 20 kilogrammes

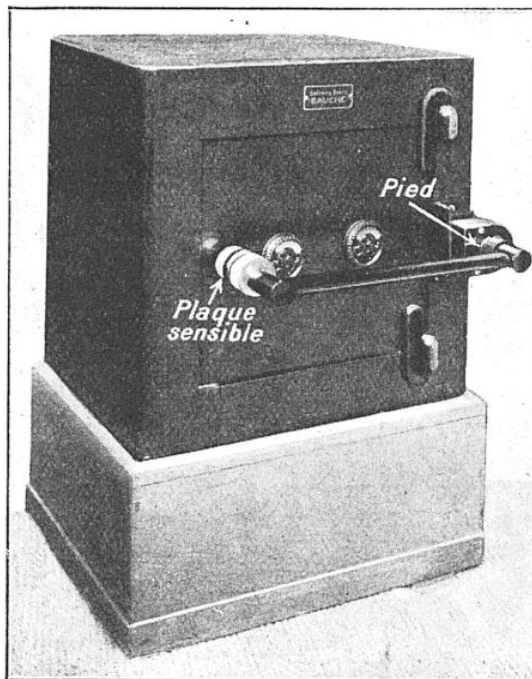
de poudre à la minute, on le recouvre de 10 kilogrammes de carbonate en poudre et en même temps de 8.000 litres de gaz carbonique et de 10.000 litres de gaz d'échappement.

En opérant dans un endroit fermé : chambre, magasin, dont toutes les ouvertures peuvent être maintenues en état de fermeture, il suffira d'ajouter, à l'atmosphère du milieu, 8 % d'un gaz neutre pour arrêter la combustion. Dans ce cas, on pratique un trou dans une porte pour faire passer la lance.

Si l'incendie se développe dans un milieu aéré, il faut 25 % de gaz neutre pour en avoir raison.

La mise en service d'une machine aussi puissante que celle que représente la figure (page 251) ne paraît pas utile. Il serait préférable d'utiliser plusieurs unités à plus faible débit pour obtenir un résultat qui serait sans doute aussi avantageux.

La machine est également équipée pour projeter de la neige carbonique sur l'incendie. Nous ignorons si des expériences ont été effectuées par ce



APPAREIL DE PROTECTION CONTRE L'INCENDIE DE COFFRES-FORTS ET DE CHAMBRES FORTES

procédé. Enfin, tout à fait à l'avant, une pompe d'un modèle spécial peut également envoyer de l'eau par des lances.

Appareil de sécurité pour les coffres-forts

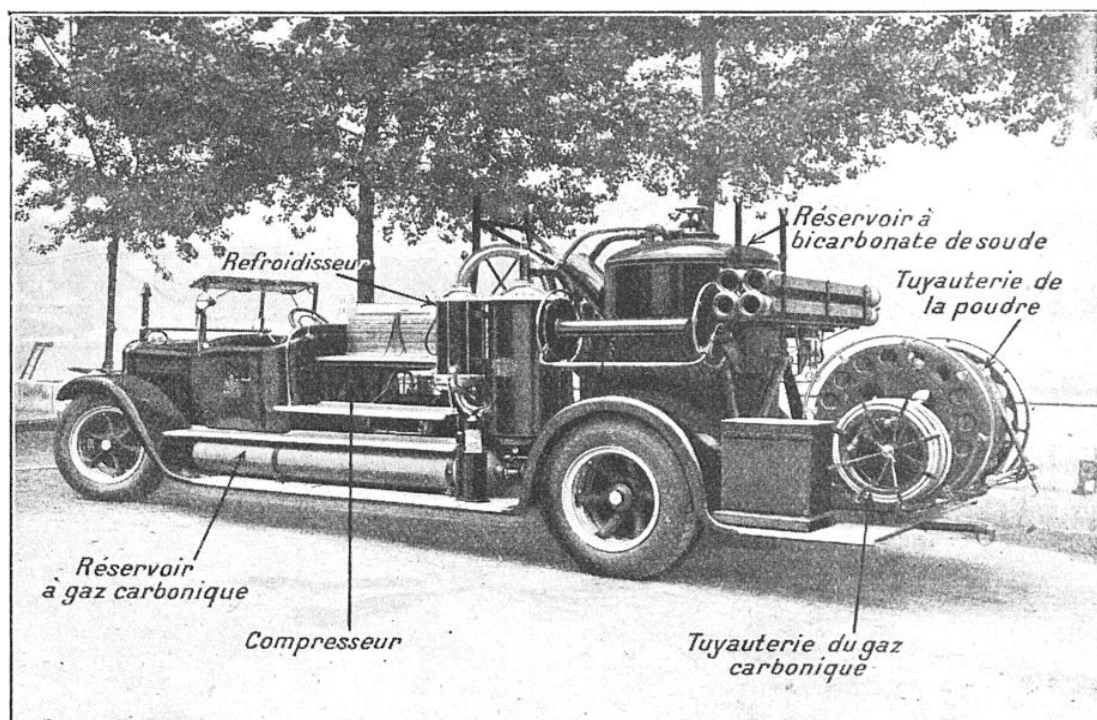
L'appareillage tubulaire que représente notre photographie est installé sur un coffre-fort. Dès qu'il subit la moindre tentative d'effraction (attaque par chalumeau ou outils mécaniques), une rupture de circuit se produit, et le signal d'alarme est actionné.

Le tube creux est mobile pour permettre l'ouverture de la porte ; à l'intérieur se trouvent deux leviers inégaux capables d'osciller dans des plans perpendiculaires l'un à l'autre. Une des branches du levier de gauche commande le dispositif de contact,

tandis que l'autre levier, perpendiculaire au premier, appuyé contre la porte du coffre-fort à protéger par l'intermédiaire d'une goupille.

Grâce à la multiplication ainsi obtenue, la plus légère déformation de la porte ou d'une partie quelconque du coffre se traduit par un déplacement de l'extrémité du levier entre ses contacts pour assurer la rupture du circuit électrique.

Lorsqu'un feu de cette nature se déclare, il est toujours dangereux de l'attaquer, surtout dans les cas de haute tension. Seules les projections de sable, jusqu'ici, étaient recommandées ; cependant quelques spécialistes admettent l'emploi du liquide Pyrène à base de tétrachlorure de carbone, qui aurait été soumis à des essais sur 100.000 volts, au Laboratoire central d'électricité, avec de bons résultats. Les Etablisse-



VUE D'ENSEMBLE D'UNE MACHINE A PROJETER UNE POUDRE EXTINGUANTE

Quelques notions élémentaires sur les incendies et leur extinction

Terminons cet exposé rapide par quelques notions d'ordre pratique.

Le moins prévenu en telle matière n'ignore pas qu'il est parfaitement inutile de projeter de l'eau sur le pétrole enflammé. Pour empêcher un tel foyer de se propager, il convient de l'étouffer sous des couvertures ou encore en projetant du sable.

Les techniciens de la lutte contre le feu ont établi une distinction entre les feux d'origine électrique, les feux gras et les feux secs.

La seule mesure préventive contre les premiers réside dans l'isolement des lignes, qui doit être aussi parfait que possible.

ments Phillips et Pain ont imaginé un appareillage comportant un fusible qui laisse tomber un poids agissant sur un percuteur, lequel brise une ampoule contenant du liquide. Celui-ci se gazéifie instantanément et donne la pression nécessaire à la projection du liquide Pyrène, qui arrose le transformateur par des ajutages. Certains constructeurs assurent que la projection d'une mousse spéciale donne le même résultat. Le Laboratoire central d'électricité est seul qualifié pour donner un avis éclairé sur cet important problème ; c'est à lui, d'ailleurs, que les réseaux s'adressent toujours en pareil cas.

On désigne, sous le nom de feux gras, ceux d'hydrocarbures. La mousse convient parfaitement dans ces cas. C'est un produit

qui foisonne en se projetant et recouvre aussitôt les surfaces enflammées d'une couche protectrice.

Enfin, les feux dits *secs* : feux de bois, de paille, etc..., doivent être éteints à l'eau. On peut, d'ailleurs, les combattre, à l'origine, à l'aide d'extincteurs à main projetant, soit des liquides, soit des gaz, soit même avec quelques seaux d'eau. Mais, si ces premiers secours sont insuffisants, l'abondante projection d'eau devient nécessaire.

Pour tous ces premiers secours, l'Exposition du feu a révélé qu'il existe une grande quantité d'appareils, dont l'efficacité est souvent de même ordre ; mais les intéressés se soucient rarement de l'emplacement qui leur convient dans les locaux. Il est du plus élémentaire bon sens de les installer en des endroits très passagers, bien visibles, afin de ne pas s'exposer à une perte de temps par leur recherche.

Dans les grandes usines américaines, des « répétitions » s'effectuent périodiquement, afin d'entraîner le personnel spécial à la manœuvre de tous les appareils et les ouvriers à se diriger, sans hâte, immédiatement vers les escaliers d'évacuation, sans vouloir d'abord passer aux vestiaires. Peut-être certains établissements français prennent-ils de telles précautions, mais, pour beaucoup, les me-

sures de protection contre l'incendie constituent un accessoire auquel on n'accorde que fort peu d'attention. Un peu moins d'optimisme serait nécessaire.

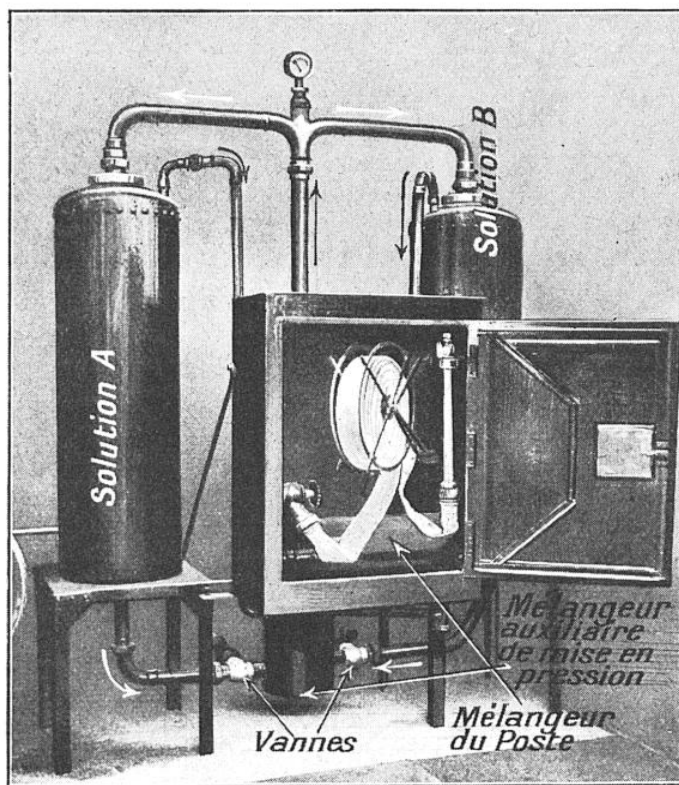
Nous nous sommes bornés, dans cette étude, à présenter à nos lecteurs les appareils

nouveaux et intéressants concernant l'alarme à donner en cas d'incendie. Il va de soi que tout l'outillage moderne utilisé pour le combat contre l'incendie lui-même y était représenté. On y remarquait notamment le matériel des usines Renault, dont les modèles de pompes sont prévus soit pour les petites agglomérations (communes, usines, etc...), soit pour les grandes villes (moto-pompe marchant à 60 kilomètres à l'heure, débitant de 100 à 120 mètres cubes à l'heure sous une pression pouvant atteindre 12 kilogrammes).

Des échelles pliantes perfectionnées, comme l'échelle Karl Metz,

étaient également exposées. Le développement de cette dernière peut atteindre 36 mètres. Trois leviers suffisent pour assurer la commande du levage, de la rotation et du déploiement de l'échelle.

Ainsi les visiteurs ont pu se rendre compte des perfectionnements apportés pour la signalisation rapide d'un sinistre ainsi que pour la lutte contre l'incendie. J. CAËL.



APPAREIL PRODUCTEUR DE MOUSSE SOUS PRESSION
« PHILLIPS ET PAIN »

L'appareil produit la mousse extinctrice directement sur le lieu d'utilisation ; il est à autogénération de pression. Les deux solutions A et B sont admises par des vannes à un mélangeur auxiliaire, où une partie seulement de ces solutions est transformée en mousse sous pression, qui remonte par le tube central à la partie supérieure des deux réservoirs. Les solutions peuvent alors s'échapper par les deux petits tubes descendants et se rendre au mélangeur du poste où se forme la mousse. On évite ainsi l'usage des bouteilles de gaz comprimé, des moto-pompes pour obtenir la pression nécessaire sur les solutions.

LE PHONOGRAPHE ET LA VIE

Un peu de technique, beaucoup de pratique.

Par P. FAILLET

Un reproducteur électrique puissant et fidèle

L'EMPLOI, chaque jour plus développé, du phonographe dans les salles de cinéma, où il remplace l'orchestre, et dans les grands hôtels, où il constitue une appréciable source de distractions collectives supplémentaires, a entraîné les constructeurs à étudier spécialement ce qu'on appelle généralement les « pick-up ». En voici un, puissant et fidèle, qui apporte, en outre, quelques nouveautés : c'est le reproducteur électrique « La Voix de son Maître ».

Etant conçu dans un but strictement utilitaire, dissimulé en partie dans la coulisse, sa présentation est surtout pratique ; il se compose donc de trois meubles, qui peuvent être placés, au besoin, dans deux ou trois pièces différentes : le pick-up proprement dit, l'ampli-

ficateur et, bien entendu, le haut-parleur.

Le pick-up et son porte-aiguille sont d'un type nouveau véritablement ingénieux. Placé sur la partie supérieure d'un meuble pupitre, que montre suffisamment la figure 1, il se compose d'un bras mobile, placé en porte à faux sur un pivot et soutenu, à la partie opposée au pick-up, par un contrepoids ; on parvient ainsi à un ensemble d'une légèreté remarquable et l'aiguille frotte sur le disque en l'effleurant ; on remédie, de cette façon, à ce défaut primitif des reproducteurs électriques qu'assez justement on accusait d'user rapidement les disques. Autre particularité qui influe remarquablement sur la pureté des sons :



FIG. 1. — PARTIE SUPÉRIEURE DU PUPITRE SUPPORTANT LE DIAPHRAGME ÉLECTRIQUE
« LA VOIX DE SON MAÎTRE »

Au fond, à gauche, bouton de mise en marche ; derrière le disque, sébiles pour aiguilles usagées, compartiments pour boîtes à aiguilles tungstyle et sébiles pour aiguilles neuves. Le bras du pick-up se termine par une boîte tanche contenant ses organes et supportant une aiguille tungstyle. À côté du disque et en avant, se trouve le régulateur de vitesse. Devant l'axe du bras du pick-up, on voit le support sur lequel on le place au repos. Enfin, au premier plan et à droite, bouton de contrôle du volume du son, permettant ainsi d'obtenir toutes les puissances de reproduction et, en particulier, d'obtenir l'amplification correspondant exactement à certains instruments : piano, violon, violoncelle, etc.

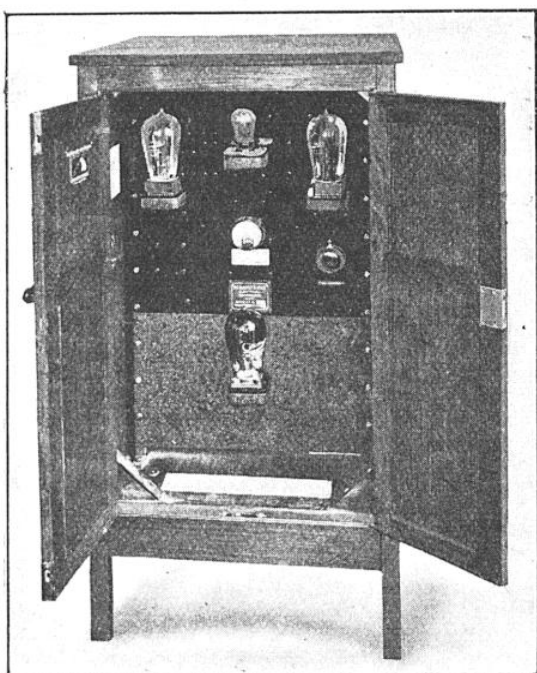


FIG. 2. — INTÉRIEUR DE L'ARMOIRE-AMPLIFICATEUR, LES PORTES ÉTANT OUVERTES

En haut, à droite et à gauche, valves amplificatrices ; au milieu, valve modulatrice ; en bas, valve redresseuse ; au centre, potentiomètre ; à droite du potentiomètre, réglage du bourdonnement produit par le courant.

le porte-aiguille est fixé directement sur un mince diaphragme, et l'ensemble, comportant les bobines électriques, les pièces polaires et l'aimant à action permanente, est enfermé dans une boîte étanche, baignant dans l'huile. A droite et à gauche, sont disposées des cases pouvant recevoir, verticalement, des disques, petits et grands.

Les différents organes de l'amplificateur et du transformateur (fig. 2) sont renfermés dans une petite armoire.

Quant au haut-parleur (fig. 3), c'est tout simplement un énorme diaphragme capable de diffuser les sons, préalablement amplifiés, sans distorsion ; malgré la difficulté technique on est parvenu à construire une membrane extrêmement mince et rigide de grand diamètre, sur laquelle les sons, émis par la bobine du centre, se répartissent avec homogénéité jusqu'à la périphérie.

Des câbles souples relient ces trois parties distinctes de l'appareil, qui peuvent ainsi être rapprochées ou éloignées l'une de l'autre.

Le disque, en tournant, doit faire une « bonne moyenne »

Quand votre automobile ne roule pas assez vite, vous arrivez en retard au lieu fixé pour le rendez-vous, et le déjeuner est brûlé ;

si elle roule trop vite, vous risquez un accident, et cela est plus grave. Rien d'aussi désagréable, évidemment, n'arrivera si le plateau qui entraîne votre disque d'un mouvement continu s'emballe ou traîne désespérément ; mais la correcte audition du morceau que vous voulez entendre en sera singulièrement éprouvée.

On conçoit aisément, sans qu'il soit nécessaire de s'y attarder, que le disque doit tourner à la vitesse même à laquelle il a été enregistré pour restituer parfaitement les sons. Cette vitesse étant précisée sur l'étiquette multicolore du disque — soixante-dix-huit à quatre-vingts tours-minute habituellement, — possédant, d'autre part, le petit appareil compte-tours que nous vous avons décrit (voir *La Science et la Vie*, n° 145, page 76), il semble bien aisé d'établir un synchronisme parfait entre l'enregistrement et l'audition. En principe, oui, et en pratique, généralement oui encore. Mais cependant, si des oreilles parfaitement exercées sont très souvent choquées à l'audition phonographique, les oreilles du plus vaste public le sont aussi, parfois et surtout lorsqu'à l'erreur de tonalité s'ajoute,

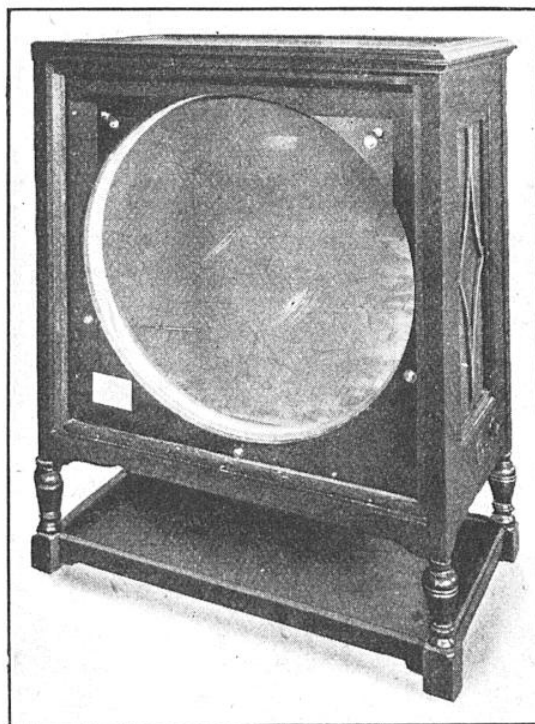


FIG. 3. — LE HAUT-PARLEUR

On voit, au centre, le diaphragme proprement dit (une membrane métallique très mince et très tendue), qui est caché, pendant l'audition, par un panneau. Sur le côté droit et en bas du meuble, bouton de mise en marche et bouton de contrôle du volume du son.

trop choquante, une erreur grossière de mouvement.

C'est que le changement de vitesse n'altère pas seulement la tonalité du morceau ; il en modifie aussi le rythme, l'allure et, en certains cas, il est plus désagréable encore d'entendre un *andante* devenir un *allegro* que de remarquer la transposition tonale elle-même. Et puis, il ne faut pas oublier non plus que le changement de tonalité entraîne aussi l'apparition d'une multitude de petits parasites matériels, dont la succession finit par faire d'un très bon enregistrement un disque fort médiocre.

Le remède ? En principe, faire tourner le plateau à la vitesse habituelle de 78-80 tours à la minute. Mais, lorsqu'il s'agit d'un enregistrement évidemment « soigné », du fait du morceau (symphonie de Beethoven, par

exemple) ou de l'exécutant (un Chaliapine) et que l'on remarque quelques petits défauts, il ne faut pas hésiter à rechercher la véritable tonalité dans laquelle le compositeur a écrit son morceau et, diapason en main, retoucher, avec le régulateur, la vitesse du plateau. Cela peut paraître excessif, mais, en réalité, cela n'est pas long.

Or, encore une fois, l'audition est souvent ainsi améliorée dans des proportions déconcertantes, non point seulement par suite de l'exactitude des rapports des sons entre eux, mais encore par suite de la disparition de bon nombre de parasites.

Bien entendu, on pourrait objecter qu'il serait plus simple de connaître la vitesse exacte à laquelle est pris l'enregistrement. Il vaut mieux, cependant, s'assurer soi-même de ce détail.

F. FAILLET.

A TRAVERS LES DISQUES ⁽¹⁾

DÉLIBÉRÉMENT nous laisserons de côté, ce mois-ci, dans la critique suivante, quelques bons disques pour ne critiquer qu'un contingent réduit des meilleurs dans les différentes catégories.

MUSIQUE SYMPHONIQUE. — La maison Gramophone a eu la jolie audace d'enregistrer le *Sacre du Printemps*, d'Igor Stravinsky, et l'intelligence de choisir la récente interprétation qu'en a donnée, salle Pleyel, M. Pierre Monteux ; on a ainsi le double plaisir d'étudier un morceau symphonique de musique moderne d'importance et, pour les initiés, de goûter la façon de jouer d'un jeune orchestre plein d'espoir. Peu de mélomanes non préparés seront capables d'apprécier du premier coup les beautés du « Sacre » ; mais l'utilité du phonographe est ainsi démontrée une fois encore, puisque la machine parlante, permettant la répétition « en petit comité » de cette œuvre d'envergure, ouvrira à tous les portes de ce paradis musical, si riche en joies auditives, que constitue l'œuvre de Stravinsky. En gros, on peut, d'ailleurs, se fier à cet enregistrement, dont les faiblesses passagères ne peuvent guère être remarquées que par des musiciens déjà expérimentés. Pour ne point quitter les Russes, signalons encore chez Odéon une *Nuit sur le mont Chauve*, dont les différents plans sonores sont heureusement étagés. Chez Pathé, le scherzo de *l'Apprenti Sorcier*, de Dukas, est tout à fait bien capté ; joliment exécuté par l'orchestre Padeloup, sous la savante direction d'Inghelbrecht, c'est un véritable régal pour l'oreille. Deux *Danses*, de Dvorak (O.), sont également parfaitement enregistrées ; voilà de l'agréable musique, sérieuse et appréciable par tous, que la machine parlante nous restitue dans sa plus grande félicité. Et, du côté classique, ne manquons pas d'y ajouter (C.) la *Symphonie n° 34*, de Mozart, d'une réelle pureté d'exécution. Enfin, l'orchestre Colonne, à qui cela revenait de droit, joue l'Ouverture de *Benvenuto Cellini* (O.) ; l'exécution manque un peu de chaleur, mais — ceci compense cela — la reproduction est claire et satisfaisante ; et, par goût du contraste, la large, l'ample, la tumultueuse et encore bien naïve Ouverture de *Rienzi*, de Wagner, est parfaitement interprétée par l'orchestre de Phi-

ladelphie (G.) ; un seul petit reproche : une minime vibration métallique qui, trop souvent, plane sur l'ensemble et énerve l'oreille.

CHANT. — Voulez-vous le *bel canto* ? Si M. José de Trévi, qui avait été plus heureux dans *Carmen* (G.), paraît bien languissant et faiblard dans l'Aubade du *Roi d'Ys* (G.), Ameliano Pertile aborde le *Trouvère* (G.) ; ce ténor italien possède un organe qui, fait rare, unit une surprenante puissance à une belle pureté ; encore, pour la machine parlante, ne faut-il pas qu'il exagère l'ampleur de sa voix, car une trop grande disproportion entre les pianissimi et les forte en résulte, à quoi de savantes combinaisons d'aiguilles ne peuvent rien faire ; quant aux chœurs qui l'accompagnent, ils ne valent pas mieux que ceux de notre nationale académie de musique ; c'est toujours une consolation. Chez Pathé, on apprécie toujours le timbre chaud et soyeux de Muratore, si on ne comprend pas les paroles, *Amour discret*, de Schumann, et *Sérénade inutile*, de Brahms, et on ne manque pas de goûter la fantaisie de Bauge et d'Edmée Favart dans les duos de *Ciboulette*. Chez Odéon, Edouard Rouard chante avec une grande compréhension et une belle simplicité la fameuse *Romance de l'Etoile* de Tannhauser (prenez une aiguille douce) et, avec émotion mais aussi ardeur, M. Villabella soupire le languissant *Fortunio*, de Messager (toujours l'aiguille douce). Mme Cora Madon (G.) chante *Comme autrefois* et *Tu me demandes si je t'aime* ; les amoureux réels de l'art de cette émouvante chanteuse se doivent de se procurer ce très bon disque ; pour nous, nous préférons la fantaisiste, l'exquise Marie Dubas, dont l'étourdissant *Pedro* (P.) a été brillamment enregistré et qui serait meilleur encore si l'artiste apprenait à mieux se servir du micro.

Enfin, ne terminons pas sans citer les tout à fait intéressants *Airs d'origine hawaïenne*, chez Columbia, dont trois surtout : les *Belles Femmes*, les *Quatre Iles* et *Hilo Hanakahi*, sont une précieuse contribution à l'histoire de la musique exotique, qui, en ces dernières années, connaît une si remarquable vogue.

(1) C., Columbia ; G., Gramophone ; P., Pathé ; O., Odéon.

LA T. S. F. ET LES CONSTRUCTEURS

Nouveau poste alimenté directement par le secteur alternatif

PARMI les recherches effectuées en vue de rendre plus parfaits et plus pratiques les postes récepteurs, celles relatives à l'alimentation sont certainement parmi les plus délicates et qui ont abouti au plus grand nombre de solutions.

Il est évident que l'alimentation idéale est celle qui permet de brancher le poste sur le réseau électrique sans aucun intermédiaire. De ce fait, en effet, tout entretien d'organes auxiliaires se trouve supprimé.

L'apparition de lampes à grilles de protection, connues sous le nom de lampes *écran*, a été la cause d'un notable progrès, en permettant de réduire le nombre de lampes et par suite l'intensité du courant de chauffage. Malheureusement, ces lampes exigeaient une tension-plaque assez élevée (150 volts) pour obtenir de bons résultats avec quatre lampes seulement. Mais on signale aujourd'hui de nouvelles lampes de même type, pouvant être alimentées directement sur le secteur alternatif, sans l'emploi d'aucune batterie-tampon, grâce au chauffage indirect de la cathode.

C'est en utilisant ces nouvelles lampes que les Établissements Radio P. J. viennent de mettre au point un nouveau poste, dit *Super secteur*, qui représente d'ailleurs toutes les qualités requises d'un appareil récepteur :

grande portée, sélectivité, pureté, élégance.

Les caractéristiques de ce poste sont les mêmes que celles des postes établis précédemment par cette maison : une bigrille, une moyenne fréquence, une détectrice, une basse fréquence.

Aucun collecteur d'ondes extérieur ni cadre n'est nécessaire pour son fonctionnement. L'installation se réduit donc à une prise de courant sur le secteur alternatif, d'une part, et au branchement du haut-parleur, d'autre part. Au bout de quelques secondes, le filament des lampes est chauffé

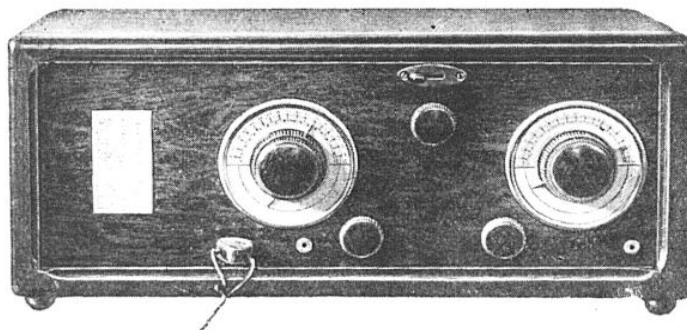
et il n'y a plus qu'à tourner les condensateurs pour obtenir l'audition. Le panneau avant porte, entre les deux condensateurs variables, un bouton permettant, à volonté, de diminuer la puissance d'audition sans toucher au réglage du poste, ce

bouton servant également pour contrôler le volume du son lorsque le poste sert en amplificateur de Pick-Up. En dessous de ce bouton, se trouvent le réglage de la réaction et l'inverseur pour passer des petites ondes aux grandes ondes. Enfin, une plaquette de réglage, placée à gauche du panneau, indique la position des deux condensateurs variables pour les principales stations.

Adresse utile

pour « La T. S. F. et les Constructeurs »

Poste « *Super secteur* » : ÉTABLISSEMENTS RADIO P. J., 17, rue Lacharrière, Paris (11^e).



VUE DE FACE DU POSTE « SUPER SECTEUR » ALIMENTÉ DIRECTEMENT PAR LE SECTEUR ALTERNATIF ET RECEVANT SANS ANTENNE NI CADRE

A NOS LECTEURS. — Nous avons le regret d'informer nos lecteurs du décès de notre collaborateur JOSEPH ROUSSEL, dont la rubrique de T. S. F. était si vivement appréciée par tous.

*** L'adresse du fabricant du cadre « Trigonio », décrit dans *La Science et la Vie*, n° 145, page 82, doit être modifiée comme suit : M. Robert Lénier, 43, rue Magenta, Asnières (Seine).

**LA SCIENCE ET LA VIE est le seul magazine
DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE**

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Un petit appareil pratique pour obtenir instantanément de l'eau chaude par l'électricité

ON sait que les chauffe-eau électriques sont basés sur la chaleur développée par un courant électrique traversant une résistance, par suite de l'effet Joule. La chaleur dégagée est proportionnelle à la résistance électrique et au carré de l'intensité qui la traverse. Il va de soi que le rendement de l'appareil est forcément diminué par le seul fait d'utiliser un intermédiaire, la chaleur développée dans la résistance ne passant pas intégralement dans l'eau à chauffer.

Aussi M. Marcou a-t-il imaginé un dispositif dans lequel la résistance métallique est supprimée et où c'est l'eau elle-même (milieu presque aussi résistant que le fil de fer ou nickel) qui oppose sa propre résistance au passage du courant. Celui-ci est amené, d'une part, au tube métallique qui conduit l'eau et, d'autre part, à un fil situé dans l'axe du tube. Ainsi, le courant ne peut passer qu'à travers l'eau contenue dans le tube et est coupé automatiquement dès que l'appareil est vide.

COUPE DE L'APPAREIL ÉLECTRIQUE A EAU CHAUDE

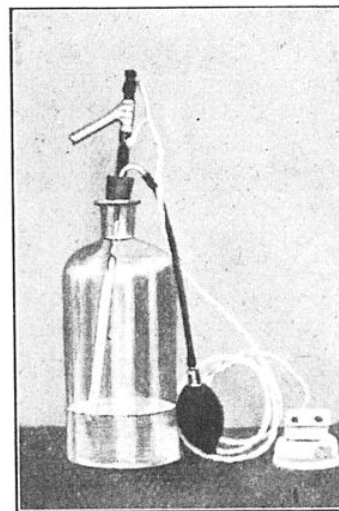
A, flacon à deux goulots A_1 A_2 et contenant l'eau à chauffer ; B, tube métallique traversant le goulot A_1 par un bouchon de caoutchouc C et raccordé à l'ajutage D par un manchon de caoutchouc E ; F, conducteur inoxydable placé dans l'axe de B et isolé par des perles ; K, tube relié à la poire L et traversant le goulot A_2 par un bouchon J.

est inoxydable et l'eau sortant de l'appareil contient simplement des bulles d'hydrogène et d'oxygène, qui se dissipent aussitôt. L'eau est donc non seulement chauffée, mais également stérilisée par l'oxygène.

Pratiquement, l'« ébulliteur électrique » se compose donc d'un tube qui plonge dans un flacon à deux goulots contenant l'eau à chauffer. Le conducteur central est isolé du tube

au moyen de perles en porcelaine. Au second goulot du flacon est adaptée une poire en caoutchouc. Il suffit alors d'envoyer de l'air avec la poire au-dessus de l'eau contenue dans le flacon, pour obliger celle-ci à monter dans le tube. Elle s'échauffe rapidement dans le très faible espace existant entre le tube et le conducteur axial, et, lorsqu'elle a parcouru les sortes de petites chambres constituées par les perles, elle vient s'écouler bouillante par un ajutage en verre Pyrex. Si on cesse d'envoyer de l'air, l'eau retombe dans le flacon et le courant est automatiquement coupé.

L'intensité du courant est faible et d'ailleurs fonction du degré de pureté de l'eau. A Paris, elle est de l'ordre d'un ampère, sous 110 volts. Si les eaux sont calcaires, elle atteint trois et quatre ampères. Dans ce dernier cas, il peut se produire un dépôt de chaux sur le conducteur central qui arrête le passage du courant. Le remède est facile puisqu'il suffit de faire passer de l'eau additionnée d'un peu d'acide chlorhydrique pour faire disparaître ce dépôt calcaire.

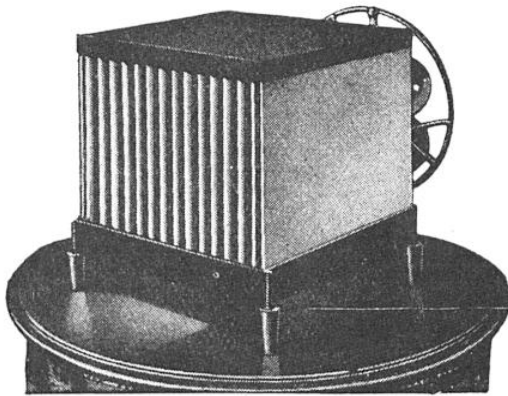


IL SUFFIT D'APPUYER SUR LA POIRE EN CAOUTCHOUC DE CET APPAREIL POUR OBTENIR UN ÉCOULEMENT D'EAU CHAUDE PAR L'AJUTAGE SUPÉRIEUR

Pendant les chaleurs, nous pouvons rafraîchir l'air de nos appartements

UN des phénomènes les plus faciles à utiliser pratiquement pour l'obtention du froid est certainement celui de l'évaporation. C'est l'évaporation qui, en effet, nous fait ressentir une impression de fraîcheur lorsqu'un ventilateur projette un courant d'air sur nos fronts humides de transpiration. Il est clair que le rafraîchissement de notre peau s'accompagne forcément d'un léger rafraîchissement du courant d'air que nous recevons alors.

Or, pourquoi ne pas créer une sorte de « front » artificiel, maintenu toujours dans un



VUE D'ENSEMBLE DU BLOC « FRIGOSE », QUI RAFRAÎCHIT RAPIDEMENT L'AIR QU'IL REÇOIT D'UN VENTILATEUR

état d'humidité convenable, pour rafraîchir l'air envoyé par un ventilateur? En utilisant une surface assez grande, on doit pouvoir ainsi réaliser un abaissement notable de température.

C'est précisément ce qu'a pensé le Dr Bour en imaginant le bloc « Frigose », sur lequel l'air en circulation se refroidit suffisamment pour faire descendre le thermomètre de 5° à 8°, suivant les conditions atmosphériques.

Ce petit appareil est constitué par un bloc cubique d'environ 30 centimètres de côté, garni de panneaux en tissus spéciaux fil-trants et capillaires. Il est donc peu encombrant et se place facilement sur une table, un bureau, etc...

Dès que le bloc a été posé dans sa cuvette préalablement remplie d'eau pure ou aromatisée et aseptisée, celle-ci monte automatiquement dans les tissus. Aussitôt que l'appareil se trouve devant un ventilateur (modèle courant d'appartement), l'air, en balayant la grande surface humide des panneaux, perd une partie de ses calories et c'est un air frais, sain et agréable, qui est ainsi

distribué dans toute la zone entourant l'appareil.

Le fonctionnement de ce bloc « Frigose » ne nécessite évidemment aucun entretien : il suffit d'ajouter, de temps en temps, de l'eau dans la cuvette pour remplacer celle qui a été évaporée.

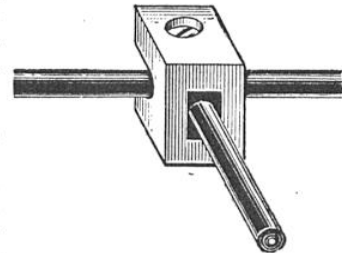
Un raccord électrique pratique pour remplacer les épissures

ON sait qu'aux termes des règlements actuellement en vigueur concernant les installations électriques, les connexions des conducteurs entre eux, ainsi que les dérivations, doivent toujours être assurées par « vis ou dispositifs équivalents, à l'exclusion de toute épissure ». L'épissure exige, en effet, que le fil soit dénudé sur une certaine longueur ; elle doit être faite soigneusement pour assurer un contact parfait, et la toile isolante que l'on doit employer de toute nécessité pour l'isoler, empêche souvent de la loger convenablement dans les baguettes de bois. Le raccord est, au contraire, très sûr, puisque les parties métalliques servant à relier les fils entre eux sont noyées dans de la porcelaine.

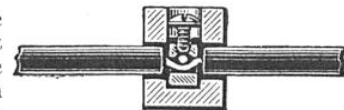
Le raccord que nous signalons aujourd'hui, se compose d'un bloc de porcelaine, qui, en coupe, affecte la forme d'un U, dont une branche est traversée par une vis se fixant dans la branche d'une pièce en laiton, également en U. Les bases de ces deux trous sont percées d'une ouverture pour permettre le passage du fil.

Si l'on désire établir une dérivation sur un fil, il suffit de dénuder ce fil sur quelques millimètres de longueur, de faire la même opération à l'extrémité du conducteur dérivé, d'engager le premier fil en travers du serre-fil en laiton, le deuxième dans les ouvertures de la porcelaine et du serre-fil, et, enfin, de serrer la vis de l'appareil. Les deux fils sont ainsi maintenus solidement en contact l'un avec l'autre.

L'opération se fait très simplement et n'exige aucune connaissance spéciale.



VUE ARRIÈRE DU RACCORD MONTRANT L'OUVERTURE CARRÉE OU EST ENGAGÉ LE FIL MIS EN DÉRIVATION



VUE EN COUPE DU RACCORD MONTRANT LE SERRE-FIL ET SA VIS

Pour faire du café toujours excellent

La confection d'un café bien aromatisé, sans amertume, est une des opérations les plus délicates de la cuisine. Il ne suffit pas, en effet, de mettre la quantité de poudre voulue, de verser dessus de l'eau bouillante pour obtenir un résultat parfait. Il est, en outre, nécessaire que l'appareil dont on se sert soit conçu de manière à conserver tout l'arome du café, c'est-à-dire qu'il soit hermétiquement clos.

Or nos lecteurs savent depuis longtemps que les marinites autoclaves, dont nous avons parlé au moment de leur apparition, permettent précisément de ne pas perdre un atome de l'arome des mets qu'on leur confie et que cette qualité, jointe à la rapidité de la cuisson sous pression, ont, à juste titre, donné une grande vogue à ces appareils modernes. Il en est évidemment de même pour le café. Aussi sommes-nous heureux de présenter aujourd'hui une nouvelle cafetière : le « Perco-Thermos », qui, ainsi que nous avons pu en juger, donne d'excellents résultats.

En aluminium-nickel épais et inoxydable, cette cafetière-filtre se compose d'un récipient de forme élégante, dans lequel on place le filtre proprement dit avec la quantité de poudre nécessaire, après avoir mis, au fond du récipient, le volume d'eau voulu. Sur l'ensemble se fixe un couvercle fermant automatiquement. Un tube vertical aboutit, vers le bas, au voisinage du fond du récipient et, vers le haut, à un ajutage, dont nous verrons le rôle. Le bec de la cafetière est fermé par une soupape munie d'un sifflet. Dès lors, voici comment se prépare automatiquement le café. Le récipient est placé sur le feu (à moins que l'on utilise l'appareil à chauffage électrique) jusqu'à ce que le sifflet se fasse entendre. Pendant ce temps, la poudre de café s'est gonflée sous l'action de la vapeur. A partir de ce moment, la pression de cette vapeur oblige l'eau à

monter par le tube central et elle vient se déverser, par l'ajutage que nous avons mentionné, au-dessus de la poudre. La montée de l'eau se fait en vingt secondes, en une seule fois, en même temps que le sifflet fonctionne. L'eau passe alors lentement, en six à huit minutes, à travers



ENSEMBLE DE LA CAFETIÈRE
« PERCO-THERMOS »

la poudre, préparant ainsi automatiquement un excellent café. Le globe transparent qui surmonte l'appareil, permet d'ailleurs de contrôler la fabrication du café. Celui-ci conserve une température élevée, car la partie inférieure est restée très chaude.

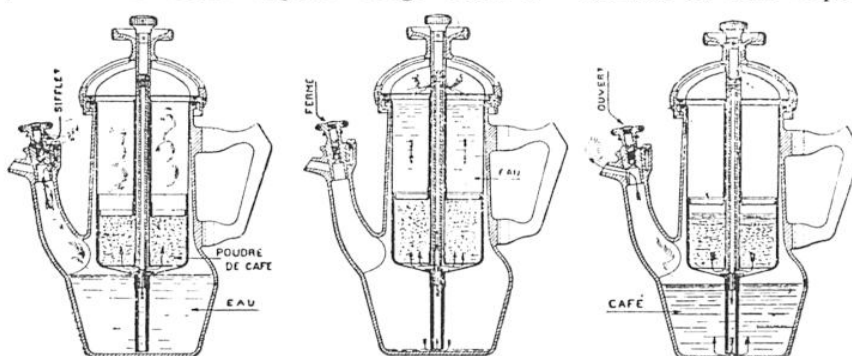
Ajoutons enfin que le nettoyage de cette cafetière est très simple, puisqu'il suffit de dévisser l'écrou qui fixe le couvercle pour retirer d'un seul coup le filtre et le marc.

Un moyen pratique et sûr pour fermer les emballages

On sait que l'on emploie de plus en plus des bandes d'acier minces pour confectionner les emballages les plus divers. Le papier, des ballots de toutes sortes, des disques, des planches, des lames métalliques, des cartons contenant des lampes, des caisses, etc., sont ainsi fermés très solidement et leur expédition en est rendue

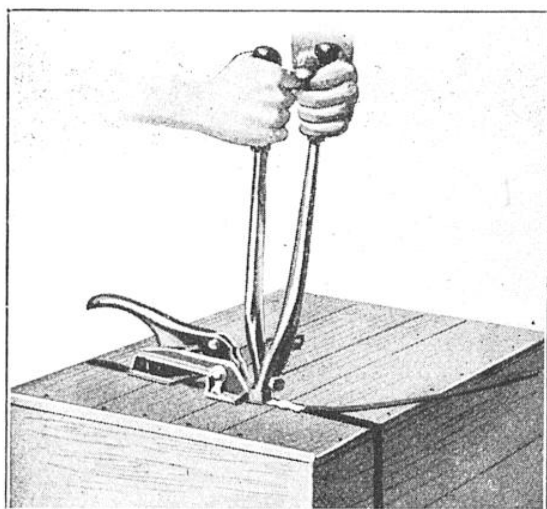
plus aisée. Il est évident que ce mode de fermeture est beaucoup plus rapide que l'emploi de la ficelle, peu résistante, ou de clous, qui risquent de détériorer le contenu des caisses.

Une difficulté subsistait, toutefois, pour réunir les deux bouts de la bande d'acier. Elle est cependant résolue et voici un dispositif intéressant à ce sujet qui utilise un



TROIS PHASES DE LA PRÉPARATION DU CAFÉ AVEC LE « PERCO-THERMOS »

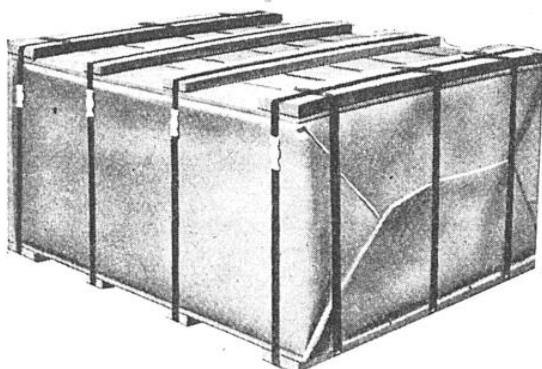
A gauche, la cafetière est sur le feu, l'eau s'échauffe ; au milieu, l'eau est montée, l'appareil est retiré du feu ; à droite, le café est prêt.



COMMENT ON SERTIT LE « SIGNODE » POUR
FIXER LA BANDE D'ACIER

cachet spécial serti sur les extrémités de la bande d'acier. Son mode d'emploi est d'ailleurs très simple.

Après avoir enroulé la bande d'acier autour du colis, on en introduit les deux bouts bien parallèlement dans un appareil tendeur dont on rabat une poignée. On place ensuite le cachet spécial « Signode » et on appuie sur cette poignée sans presser, tandis



UN EMBALLAGE TERMINÉ MONTRANT LE CA-
CHET « SIGNODE »

que l'on maintient en place le « Signode ». Il suffit alors de faire fonctionner l'autre poignée, formant levier, en lui faisant développer toute sa course, sans à-coups, pour tendre convenablement la bande d'acier.

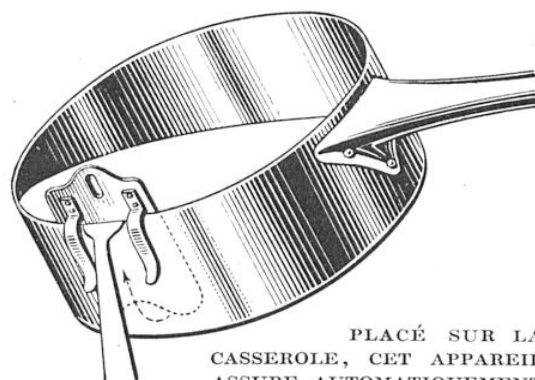
Enfin, on ferme le « Signode » par deux serrissages. Un peu de pratique suffit pour réaliser rapidement l'opération.

Il y a lieu de remarquer, en outre, que les bandes d'acier n'étant pas abîmées peuvent resservir indéfiniment.

Pour séparer la crème du lait ou la graisse du bouillon

Il est assez difficile, en versant avec une casserole, de séparer sûrement la crème du lait ou la graisse du bouillon, voire même des légumes du liquide sur lequel ils nagent.

On a imaginé pour cela un petit appareil en aluminium, qui se fixe et s'enlève instan-



PLACÉ SUR LA
CASSEROLE, CET APPAREIL
ASSURE AUTOMATIQUEMENT
LA SÉPARATION DE LA CRÈME ET DU LAIT

tanément et qui résout automatiquement ce petit problème ménager. En effet, le liquide est obligé, pour s'écouler, de passer en dessous de la plaque d'aluminium, et, ainsi, tout ce qui surnage reste dans la casserole.

V. RUBOR.

Adresses utiles pour les « A côté de la Science »

Chauffe-eau : M. MARCOU, 38, avenue de Paris, Versailles (Seine-et-Oise).

Pour refroidir l'air : ETABLISSEMENTS L'AIR, 155, rue de la Chapelle, Saint-Ouen (Seine).

Raccord électrique : M. DUCHENNE, 129, route de Clamart, Vanves (Seine).

Cafetière : ATELIERS DE BOULOGNE, 14 et 16, rue Béranger, Boulogne (Seine).

Emballages : SOCIÉTÉ SIGNODE, 14, rue de Bretagne, Paris (3^e).

Pour séparer la crème du lait : M. LOMBARD, 61, rue Fontaine-au-Roi, Paris (11^e).



LE CONCOURS "NITROLAC" au Salon de l'Automobile



UN RÉFÉRENDUM doté de 100.000 francs conçu par "NITROLAC" et patronné par l'"AUTO"

Le grand public désignera lui-même sa carrosserie favorite pour 1929.

L'industrie de la carrosserie bénéficiera ainsi de l'examen attentif du public et en tirera des enseignements intéressants.

Une édition spéciale du journal l' " AUTO ", l'édition " NITROLAC ", tirée à plusieurs centaines de mille exemplaires, donnera :

- 1° Le règlement du Concours ;
- 2° La liste des membres du Comité d'honneur du Concours ;
- 3° Un bulletin de vote individuel.

Tout le monde peut participer à ce Concours en remplissant simplement le bulletin de vote de l'édition spéciale " NITROLAC ", qui sera distribué gratuitement au Salon de l'Automobile, ou adressé gracieusement sur demande.

Des bulletins de vote seront également insérés dans le journal l' " AUTO " des samedis 5 et 12 octobre 1929.

CHEZ LES ÉDITEURS

CONSTRUCTION

TRAITÉ GÉNÉRAL DE LA CONSTRUCTION, par Etienne Pacoret. 1 vol., 581 p., 266 fig.

Cet important ouvrage traite de tout ce qui touche à la construction : nature et qualités des matériaux ; préparation des matériaux ; broyage, concassage, malaxage ; métaux et bois de construction ; résistance des matériaux, stabilité ; exécution des maçonneries ; travaux du bâtiment ; travaux publics ; ouvrages d'art ; urbanisme ; routes et chemins de fer ; usines, ateliers, chantiers.

ÉLECTRICITÉ INDUSTRIELLE

PRATIQUE DES INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES, par M. Rouelleau. 1 vol., 164 p.

Ce livre, tout rempli de réalités, n'entend point faire une grande œuvre technique, mais il renferme de nombreux renseignements pratiques en un texte réduit au minimum et complété par des planches d'une grande clarté.

Il permet à l'électricien, à l'ouvrier, à l'entrepreneur, de bien connaître son métier, le matériel qu'il emploie et d'établir un projet d'installation suivant les règlements en vigueur.

COUP D'ŒIL SUR LA PRODUCTION DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE EN FRANCE, par MM. E. Rauber

et M. Laborde. 1 broch. 103 p., 6 tableaux, 1 carte.

Cet ouvrage comprend deux parties :

1° Un inventaire de la situation actuelle, consistant surtout en une étude statistique basée sur les renseignements officiels. Les résultats sont condensés en trois tableaux. Des prévisions pour la période de dix ans qui va de 1927 à 1936 font l'objet des quatrième et cinquième tableaux ;

2° Un examen pour chaque région des projets actuellement en cours d'exécution ou sur le point d'être entrepris.

Les résultats de cette deuxième partie du travail ne peuvent être qu'approximatifs. Cependant le bilan général qu'ils présentent dans leur dernier tableau est des plus significatifs.

DIVERS

PRINCIPES DE MORPHOLOGIE GÉNÉRALE, par Edouard Monod-Herzen. 2 vol.

L'auteur montre dans cet ouvrage comment l'étude des *Formes* relève des Sciences exactes aussi bien que de l'Esthétique, en passant par la Physique, la Biologie et la Psychologie. Successivement sont étudiés : les formes définies, les familles des formes ; comment on passe des cristaux à la matière vivante ; enfin, la morphologie humaine.

A NOS LECTEURS. — La ligne transpyrénéenne d'Ax-les-Thermes à Ripoll vient d'être inaugurée. Nous signalons à nos lecteurs qu'un article remarquablement documenté sur les nouvelles lignes a été publié dans le numéro 134, page 89.

**** Le « Bremen » vient de battre le record de la traversée de l'Atlantique en effectuant le trajet Cherbourg-New-York en 4 jours 17 heures 42 minutes (vitesse moyenne 29,5 nœuds, soit 54 km 634 à l'heure). On trouvera les caractéristiques de ce paquebot allemand dans *La Science et la Vie*, numéro 143, page 389.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 45 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 55 fr.
chis.....	{ 6 mois... 23 —		{ 6 mois... 28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

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 affran-	{ 1 an..... 80 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 100 fr.
chis.....	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois... 50 —

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	{ 1 an..... 70 fr.	Envois recommandés	{ 1 an..... 90 fr.
chis.....	{ 6 mois... 36 —		{ 6 mois... 45 —

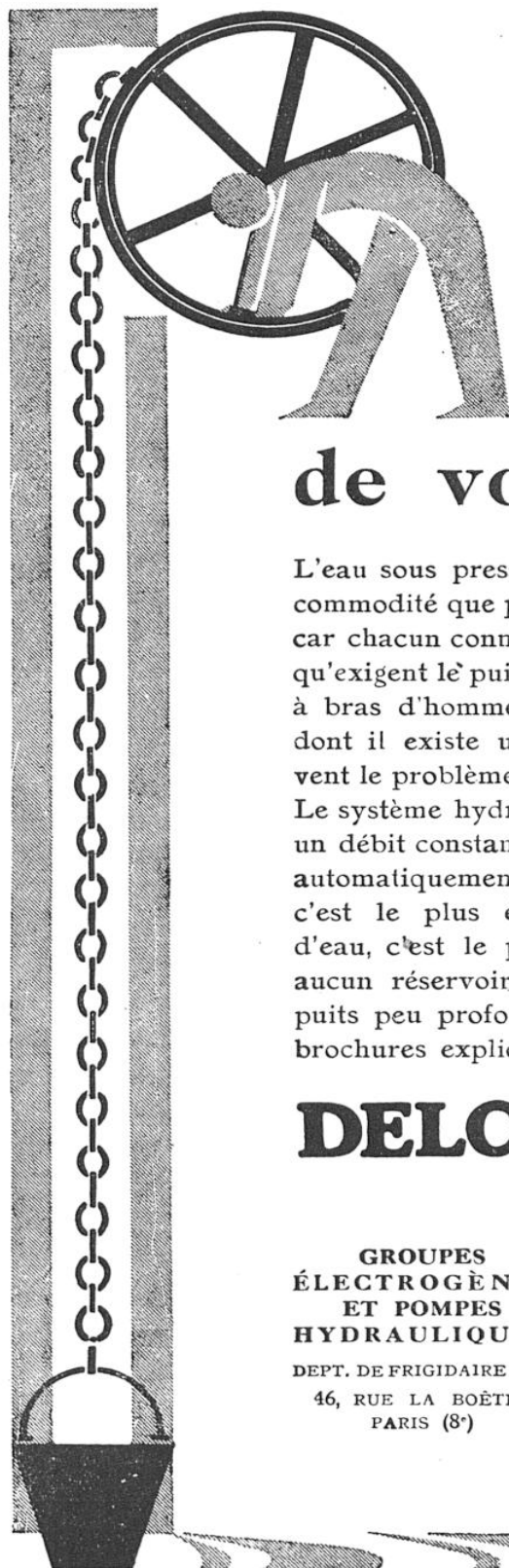
Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Le Gérant : Lucien Josse.

Paris. — Imp. HÉMERY, 18, rue d'Enghien.

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



Ne soyez plus esclave de votre eau

L'eau sous pression à la campagne est une commodité que personne ne songerait à nier, car chacun connaît toute la peine et le temps qu'exigent le puisage et le transport de l'eau à bras d'homme. Les pompes Delco Light, dont il existe une gamme complète, résolvent le problème de la façon la plus pratique. Le système hydraulique Delco-Light fournit un débit constant et uniforme, il fonctionne automatiquement dès qu'on ouvre un robinet ; c'est le plus économique des élévateurs d'eau, c'est le plus simple, il ne demande aucun réservoir indépendant. Types pour puits peu profonds et profonds. Demandez brochures explicatives.

DELCO-LIGHT

GROUPES
ÉLECTROGÈNES
ET POMPES
HYDRAULIQUES

DEPT. DE FRIGIDAIRE LTD
46, RUE LA BOËTIE
PARIS (8°)





MÉTALLISATION

PAR PULVÉRISATION MÉTALLIQUE

du fer
du bois
du ciment
des tissus

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

SAC PROTÈGE-VÊTEMENTS

BREVETÉ S. G. D. G. **"ANTIMIT"**



SEUL MOYEN EFFICACE
contre MITES et POUSSIÈRES

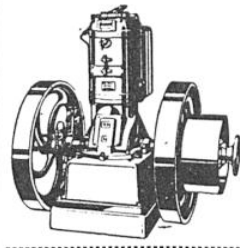
Prix imposé : **3 francs** pièce

En vente : grands magasins, bazars, etc.
Se méfier des imitations
Demandez le sac en papier blanc

SEULS CONCESSIONNAIRES :
C^{ie} Fse Représentation et Commerce
5, rue de Montmorency, Paris (3^e)
Agents, Dépositaires
demandés dans quelques régions.

Marque déposée

Moteur AMADOU



à huile lourde

Le meilleur
Le moins cher

Départ instantané à froid

Agence générale : P. JOSSET & C^{ie}, 98, Cours de la Ceinture, St-Gratien, près Enghien (S.-&-O.)

POUR AVOIR DE BELLES

Roses

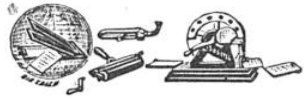
DES Fruits ET DES Fleurs

DEMANDEZ AUX
GRANDES ROSERAIES DU VAL DE LA LOIRE ORLÉANS
le Catalogue illustré par la photo en couleurs franco

PROFITEZ DU SUPERBE COLIS-RECLAME DE
10 variétés de Roses buisson à grosses
fleurs parfumées fleurissant depuis le mois
de Mai jusqu'à Novembre plantés d'expédition
pour 45^f franco port et emballage toutes
gares françaises continentales.
CHÈQUES POSTAUX ORLÉANS 22

DUPLICATEURS Plats

CIRCULAIRES, DESSINS, MUSIQUE, ETC. Rotatifs



1^{er} PRIX du CONCOURS
GRAND PALAIS

IMITATION PARFAITE sans auréole huileuse
de la LETTRE PERSONNELLE

Notices A. B. à
G. DELPY, Const^r, 17, rue d'Arcole, Paris-4^e

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

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

LES VERRES DE LUNETTES
ORDINAIRES FONT
L'EFFET D'OEILLERES.
ON NE VOIT BIEN
QUE DROIT
DEVANT
SOI.

*C'est surtout dans la rue
qu'il faut voir net de tous
côtés!...*

Plus que jamais
vous éprouvez le besoin de voir clair
partout à la fois. L'emploi des
verres "STIGMAL" vous place
dans la même situation que les
personnes à vue normale et dans des
conditions très supérieures à celles
qui emploient les anciens verres.

Adoptez les VERRES "STIGMAL",
votre sécurité en dépend.

LES YEUX PARTOUT
MAIS LA TÊTE
DROITE.

Marque de fabrique



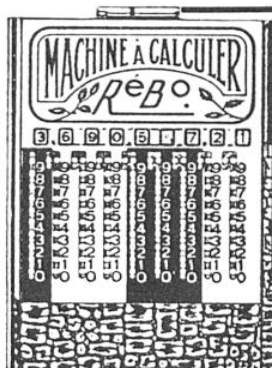
de la Sté des Lunetiers

LES VERRES PONCTUELS

STIGMAL

CORRIGENT ET PROTÈGENT PARFAITEMENT LA VUE

La Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, à Paris, **NE VEND PAS
AUX PARTICULIERS**, mais on trouve ses verres STIGMAL à des prix tout
à fait abordables, ainsi que les autres articles de sa fabrication, chez les Opticiens-
Spécialistes du monde entier



Fait toutes opérations

Vite, sans fatigue, sans erreurs
INUSABLE — INDETRACABLE

En étui porte-feuille, 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., païem. d'av. port en sus

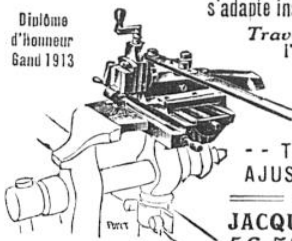
S. REYBAUD, ingénieur

37, rue Sénac, MARSEILLE

CHEQUES POSTAUX : 90-63

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)

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 publica-
tion, luxueusement illustrée,
la plus élégante revue fami-
liale française.

.....
PRIX DU NUMÉRO :

4 francs

L'AGRICULTURE NOUVELLE

REVUE ILLUSTRÉE BIMENSUELLE

PARAISANT

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 ques-
tion de législation rurale, de médecine
vétérinaire ou toute autre concer-
nant 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)

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)

Les Études chez Soi

Spécialisées en toutes matières,
vous permettent d'obtenir rapidement
les Diplômes de

1. **Comptable**, Secrétaire, Ingénieur commercial.
2. **Ingénieur**, Electricien, Mécanicien, Chimiste,
Géomètre, Architecte, Filateur.
3. **Dessinateur** artistique, Professeur de musique.
4. **Agronome**, Régisseur, Directeur de laiterie.
5. **Licencié** et Docteur en Philosophie, Lettres,
Droit, Sciences physiques, sociales, etc., etc.

.....
Demandez Catalogue général

INSTITUT PHILOTECHNIQUE (26^e année)

94, rue Saint-Lazare, Paris-9^e

**LA SOCIÉTÉ GÉNÉRALE
DES HUILES DE PÉTROLE**
21, RUE DE LA BIENFAISANCE -- PARIS

**PEUT VOUS FOURNIR
TOUTES HUILES COMBUSTIBLES
POUR FOURS, MOTEURS, etc...**

**GAS OIL
FUEL OIL
DIESEL OIL
MAZOUT**

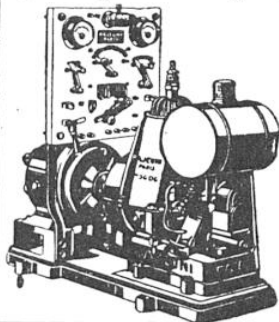


SUCCURSALES ET DÉPÔTS DANS TOUTE LA FRANCE

MANUEL-GUIDE GRATIS INVENTIONS BREVETS, MARQUES, Procès en Contrefaçon

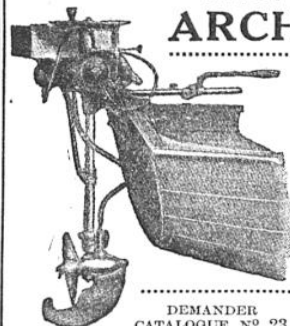
H. Boettcher Fils
Ingénieur - Conseil PARIS
21, Rue Cambon

Groupe électrogène ou Moto-Pompe RAJEUNI



Bien que minuscule, ce Groupe est de la même excellente qualité que les autres appareils construits par les Etablissements RAJEUNI. Il comporte la perfection résultant d'essais et d'expériences continus. La longue pratique de ses créateurs se révèle dans sa construction simple et indéfectible. Catalogue n°182 et renseignements sur demande. 119, rue Saint-Maur, 119 Paris-XI^e. Tél. Roq. 23-32

PROPULSEURS ARCHIMÈDES



s'adaptant à tous Bateaux
2 ½, 3 ½, 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
27, quai de la Guillotière, LYON

DEMANDER
CATALOGUE N° 23

DIMANCHE-AUTO

LE MIROIR DE LA ROUTE

TOUT
ce qui intéresse l'automobiliste !
TOUT
ce qui peut lui être utile !

DIMANCHE-AUTO

instruit
renseigne

24 PAGES ILLUSTRÉES

En vente partout le samedi : 1 franc

SPÉCIMEN FRANCO SUR DEMANDE

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

INVENTEURS
Pour vos
BREVETS
Adr. vous à: WINTHER-HANSEN, Ingénieur-Conseil
35, Rue de la Lune, PARIS (2^e) Brochure gratuite!

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 permet ces répétitions multiples.

Demandez aux

ÉCOLES INTERNATIONALES,
10, av. Victor-Emmanuel-III, Paris (8^e),
tél. Elysées 24-57, la brochure A, adressée
gratuit avec le prix des cours. Vous y verrez
les avantages de la Méthode I. C. S.
(Internat. Correspondence Schools) et
comme il est facile d'apprendre chez soi à
parler, lire et écrire couramment une lan-
gue étrangère. Démonstration gratuite.

Demandez aussi les brochures explicatives
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.



TIMBRES DES MISSIONS

Au kilo, par paquets de 500, 250,
125 grammes. Beaucoup d'Afri-
que du Nord. Notice gratis. Rien
des kilos annoncés ordinaire-
ment : "Timbres Missions".
58, rue J.-Jacques-Rousseau, Paris-1^{er}



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

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



chargeur BARDON

SUR COURANT DE SECTEUR ALTERNATIF
Cet appareil assure la recharge des accumulateurs
4 à 12 volts et 40 à 120 volts.

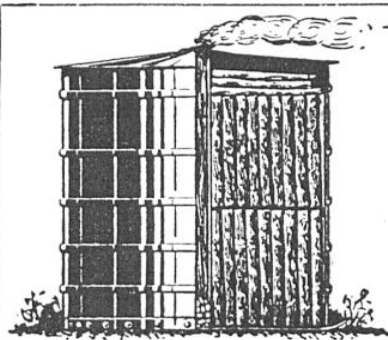
4 à 12 volts	débit 1,3 ampère
40 volts	débit 125 milliampères
80 —	100 —
120 —	70 —

Prix complet avec valves :

350 francs

Notice sur demande adressée aux
Étab. BARDON, 61, boul. Jean-Jaurès, CLICHY (Seine)

PUBLICITÉ A. GIORGI



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

Catalogue S sur demande.

LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

SEUL ILLUSTRÉ QUOTIDIEN



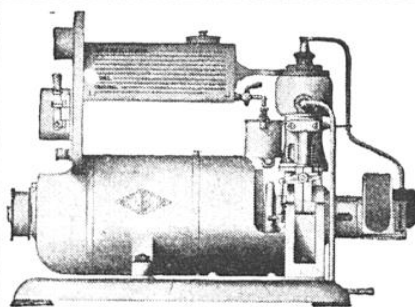
ABONNEMENTS

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



La FORCE et la LUMIÈRE chez vous
au meilleur prix : 1 fr. 20 le Kw., par

“MINIMUS”

Marque déposée
Brev. S. G. D. G.
Poids : 40 kgs

Le groupe électrogène populaire

350-500 watts,

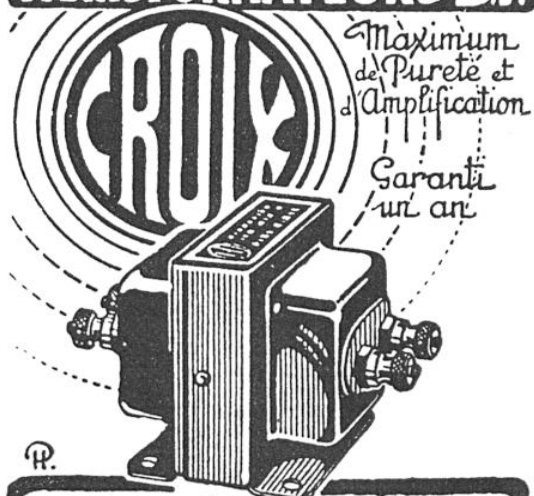
grande série. Vendu complet avec accus 70 ampères, franco gare,
3.950 francs. Ga.anti 1 an. VENTE A CRÉDIT

En série également, groupes 2.000 watts.

CATALOGUE N° 26 ET CONDITIONS FRANCO SUR DEMANDE

Établissements M. LOISIER 27, rue Ledion
Paris (14^e)

Tél. : VAUGIRARD 23-10 R. C. Seine 381.872

TRANSFORMATEURS B.F.

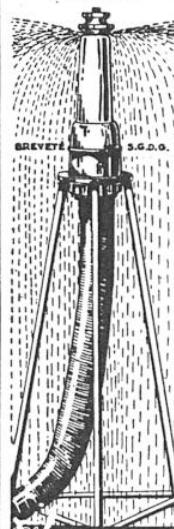
Constructions Électriques "CROIX"

3, Rue de Liège, 3 - PARIS

Téléph. : RICHELIEU 90-68 - Télégr. : RODISOLOR-PARIS

AGENCES

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

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

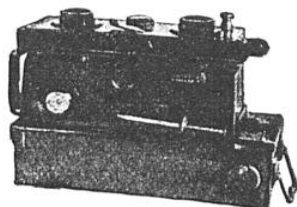
Référence	Pour tuyau de diamètre intérieur de	Appareil seul	Support Trépied
N°1	15%	25.	25.
N°2	20%	32.	
N°3	25%	50.	
N°4	30%	80.	35
N°5	35%	110.	
N°6	40%	150.	

PORT & EMBALLAGE 5^{fr}00Contre Versement : Cote
chèque postal Paris 1354-jb
ou contre remboursementSi cet appareil ne vous
convient pas vous pouvez
pour le retourner dans la
bouteille il vous sera remboursé

"L'ONDÉE" SERVICE DES VENTES:

5. PLACE S^t PIERRE
PARIS (XVIII^e)**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'HOMEOSAppareil stéréoscopique permettant de faire 27 vues sur
pellicules, se chargeant en plein jour.

CATALOGUE B SUR DEMANDE

Étab^ls J. RICHARD, 25, rue Mélingue, Paris
Magasin de vente : 7, rue La Fayette (Opéra)**DIMANCHE-ILLUSTRÉ**SPÉCIMEN FRANCO SUR DEMANDE
20, Rue d'Enghien, PARISMAGAZINE ILLUSTRÉ EN COULEURS
POUR LES GRANDS ET LES PETITS
AMUSANT - DOCUMENTAIRE - INSTRUCTIF**16 pages - PRIX : 50 cent.****A B O N N E M E N T S**

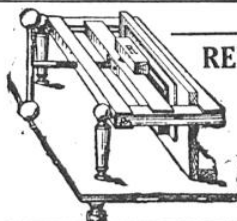
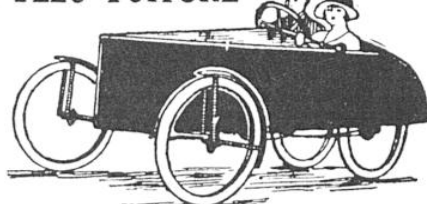
	3 mois	6 mois	1 an
France, Colonies, et Régions occupées.	6 frs	12 frs	24 frs
Belgique.	9 frs	18 frs	35 frs
Étranger.	15 frs	28 frs	55 frs

INVENTIONS ET RÉALISATIONS FINANCIÈRES

SOCIÉTÉ D'ÉTUDE ET DE VALORISATION EN PARTICIPATION

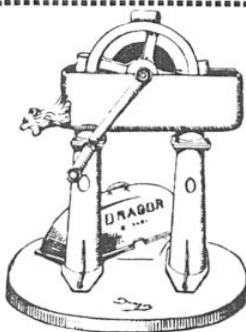
22, rue d'Athènes, 22 - PARIS (9^e) — Téléphone : Gutenberg 65-34 et Central 96-13

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.

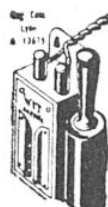
**TIMBRES-POSTE AUTHENTIQUES
DES MISSIONS ÉTRANGÈRES**Garantis non triés, vendus au kilo
Demandez la notice explicative au
Directeur de l'Office des Timbres-
Poste des Missions, 14, rue des Ré-
doutes, TOULOUSE (France),
R. C. TOULOUSE 4.568 A**RELIER tout SOI-MÊME**est une distraction
à la portée de tous
Demandez l'album illustré de
l'Outillage et des Fournitures,
franco contre 1 fr. à
V. FOUGERE & LAURENT, à ANGOULÊME**UN VÉLO-VOITURE****LE VÉLOCAR**Plus rapide et plus confortable qu'une bicyclette
2 PERSONNES, 3 VITESSES

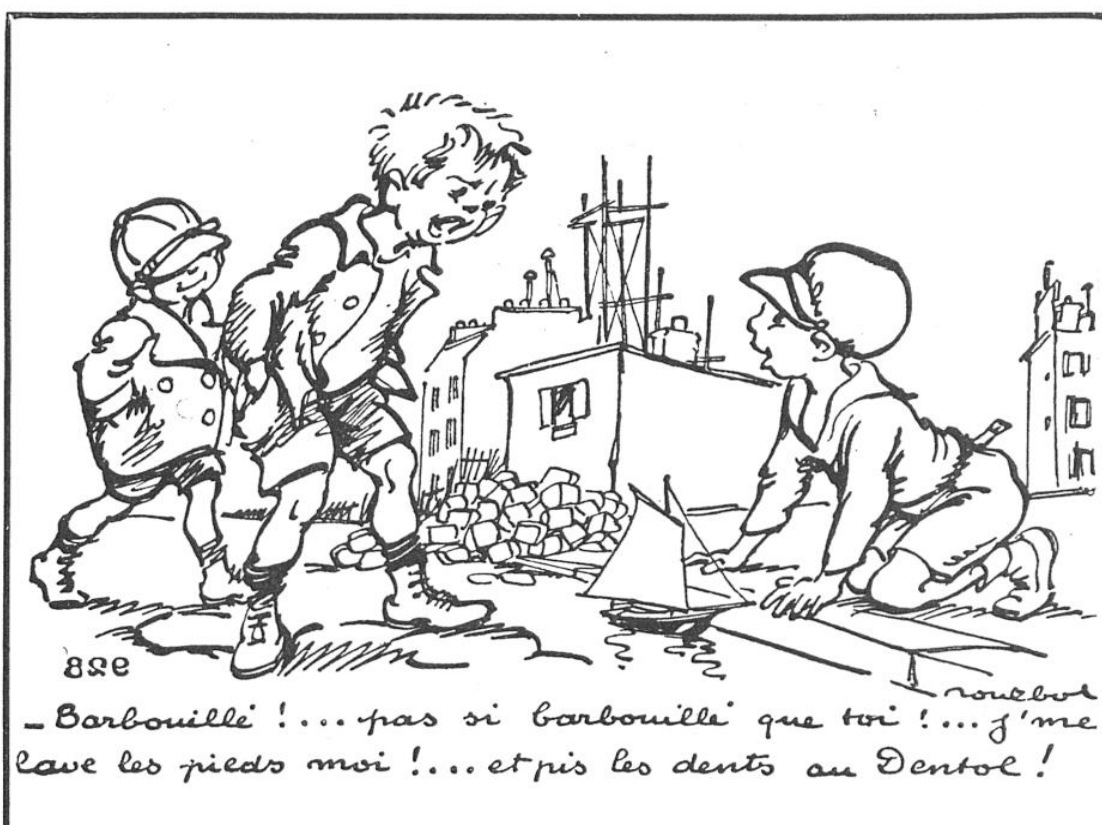
Demandez notice détaillée (Envoyez timbre pour réponse)

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

MOTEURS UNIVERSELS
1/50 à 1/4 C.V.ETES E. RAGONOT
15 RUE DE MILAN, PARIS. Tél. LOUVRE 41-96**DRAGOR**Élévateur d'eau à godets
pour puits profonds et très profondsA la main et au moteur. -
Avec ou sans refoulement. -
L'eau au premier tour de
manivelle. - Actionné par un
enfant à 100 mètres de pro-
fondeur. - Ingelabilité
absolue. - Tous roulements
à billes. - Pose facile et rapide
sans descente dans le puits.
Donné deux mois à l'essai
comme supérieur à tout ce
qui existe. - **Garanti 5 ans**Élévateurs **DRAGOR**
LE MANS (Sarthe)

Voir article, n° 83, page 446.

LUTETIA MODÈLES 1929GROUPES 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 placesM. ÉCHARD, Ingénieur-Contr., 31, boulevard de Courbovois
Tél. : MAILLOT 15-51 NEUILLY-SUR-SEINEQuand vous avez chez vous
la lumière électrique
vous pouvez aussi avoir du Feu
sans dépense supplémentaire de courant
par l'Allumoir Electrique ModerneAvec un petit
appareil
En vente "WIT" chez tous les Electriciens
Demander NOTICE franco, au Constructeur du "WIT"
69, Rue Bellecombé, LYON.LE MEILLEUR
ALIMENT MÉLASSÉ4 GRANDS PRIX
4 HORS CONCOURS
MEMBRE DU JURY
DEPUIS 1910**PAIL'MEL**BRICHER SUR LES SACS
PAIL'MEL
M.J.
TOURYPOUR CHEVAUX
ET TOUT BÉTAILUSINE FONDÉE EN 1901 À TOURY (EURE & LOIR.)
Reg. Comm. Chartres B 41



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**.

R. C. SEINE 124.350

INSTITUT DE MÉCANIQUE & D'ÉLECTRICITÉ PAR CORRESPONDANCE

DE

l'Ecole du Génie Civil

(25^e année) 152, avenue de Wagram, PARIS-17^e (25^e année)

Les prix comprennent la fourniture des cours, des devoirs et leur correction

MÉCANIQUE GÉNÉRALE

DIPLOMES D'APPRENTIS ET OUVRIERS

Arithmétique, géométrie, algèbre (Notions). — Dessin graphique. — Technologie de l'atelier. — Ajustage.
Prix de cette préparation 185 fr.

DESSINATEURS ET CONTREMAITRES D'ATELIER

Arithmétique. — Algèbre. — Géométrie pratique. — Notions de physique et de mécanique. — Éléments de construction mécanique. — Croquis coté et dessin industriel. — Technologie.
Prix de la préparation 325 fr.

CHEFS D'ATELIER ET CHEFS DE BUREAU DE DESSIN

Arithmétique. — Algèbre. — Géométrie — Trigonométrie. — Physique. — Mécanique. — Résistance des matériaux. — Règle à calcul. — Construction mécanique. — Outillage et machines-outils. — Croquis coté et dessin industriel.
Prix de la préparation 600 fr.

SOUS-INGÉNIEURS DESSINATEURS ET SOUS-INGÉNIEURS D'ATELIER

Compléments d'algèbre et de géométrie, de résistance des matériaux, de construction mécanique. — Cinématique appliquée. — Règle à calcul. — Electricité industrielle. — Machines et moteurs.
Prix de cette préparation 800 fr.

INGÉNIEURS DESSINATEURS ET INGÉNIEURS D'ATELIER

Éléments d'algèbre supérieure. — Mécanique théorique. — Mécanique appliquée. — Résistance des matériaux. — Usinage moderne. — Construction mécanique. — Règle à calcul. — Construction et projets de machines-outils. — Machines motrices. — Croquis coté. — Dessin industriel. — Electricité.
Prix de la préparation 1.250 fr.

DIPLOME SUPÉRIEUR

Préparation ci-dessus, avec en plus : Calcul différentiel. — Calcul intégral. — Géométrie analytique. — Mécanique rationnelle. — Résistance des matériaux. — Physique industrielle. — Chimie industrielle. — Géométrie descriptive.
Prix de ce complément 600 fr.

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) CONTREMAITRE-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. — Unités. — Conduites des appareils. — Bobinage. — Notions d'hydraulique. — Mesures. — Éclairage. — 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. — Éclairage. — Hydraulique. — 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. — Mesures.
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.

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.

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,
CONTREMAÎTRE,
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° 5932.

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° 5940.

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°

France et Colonies : 4 fr.

N° 147. - Septembre 1929

LA SCIENCE ET LA VIE

NITROLAC
MAIL A FROID



LE CONCOURS
"NITROLAC"
AU SALON 1929