BnF Gallica

La Science et la vie

Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)

BnF Gallica

La Science et la vie. 1920/08-1920/09.

1/ Les contenus accessibles sur le site Gallica sont pour la plupart des reproductions numériques d'oeuvres tombées dans le domaine public provenant des collections de la BnF. 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 et notamment du maintien de la mention de source.
- La réutilisation commerciale de ces contenus est payante et fait l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

CLIQUER ICI POUR ACCÉDER AUX TARIFS ET À LA LICENCE

2/ Les contenus de Gallica sont la propriété de la BnF au sens de l'article L.2112-1 du code général de la propriété des personnes publiques.

3/ Quelques contenus sont soumis à un régime de réutilisation particulier. Il s'agit :

- des reproductions de documents protégés par un droit d'auteur appartenant à un tiers. Ces documents ne peuvent être réutilisés, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.
- des reproductions de documents conservés dans les bibliothèques ou autres institutions partenaires. Ceux-ci sont signalés par la mention Source gallica.BnF.fr / Bibliothèque municipale de ... (ou autre partenaire). L'utilisateur est invité à s'informer auprès de ces bibliothèques de leurs conditions de réutilisation.

4/ Gallica constitue une base de données, dont la BnF est le producteur, protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle.

5/ Les présentes conditions d'utilisation des contenus de Gallica 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.

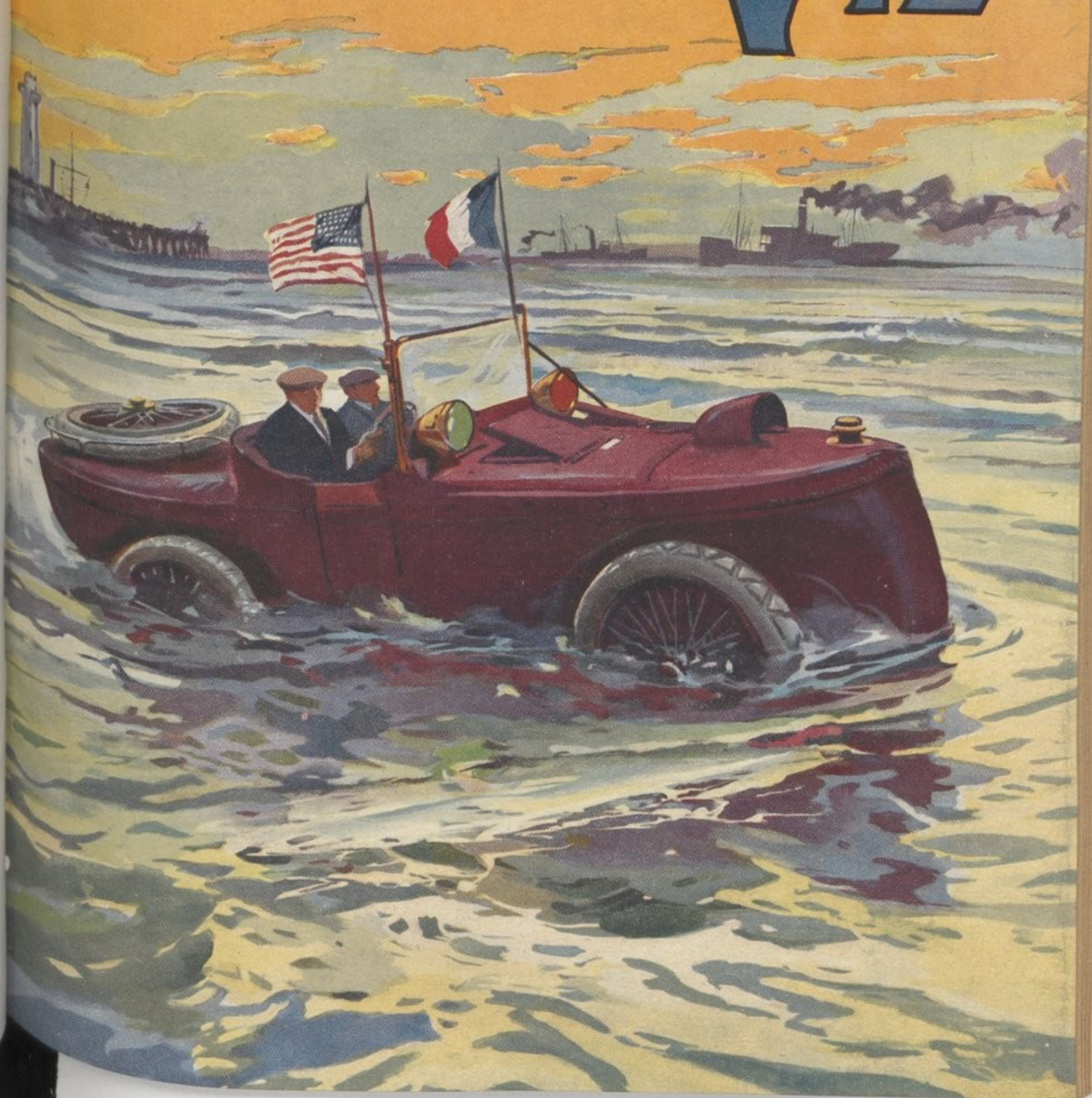
6/ L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur, notamment en matière de propriété intellectuelle. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

7/ Pour obtenir un document de Gallica en haute définition, contacter
reutilisationcommerciale@bnf.fr.

N° 52. - Prix : 3 fr.

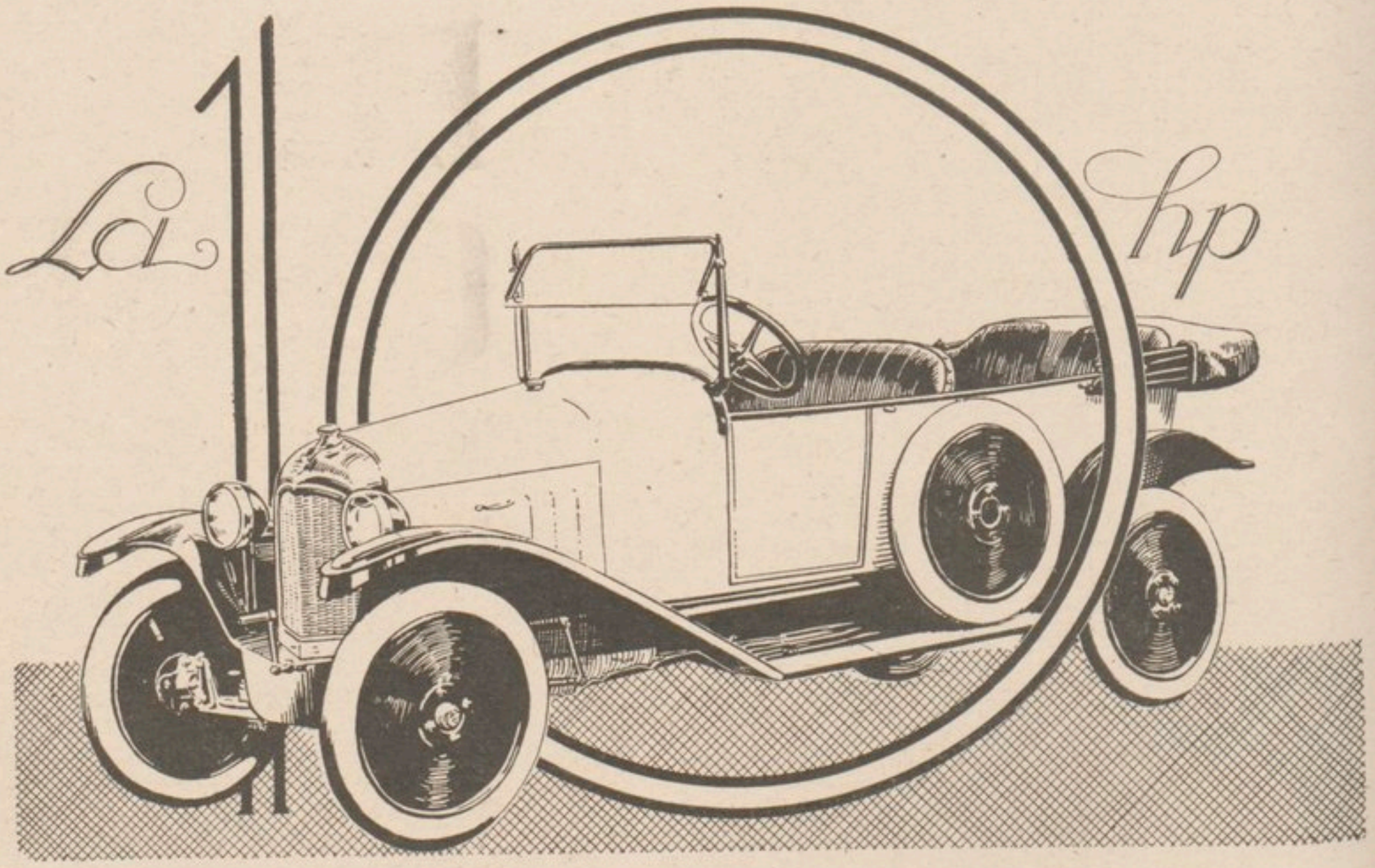
Septembre 1920.

LA SCIENCE ET LA VIE



Source gallica.bnf.fr / BDIC (Bibliothèque de documentation internationale contemporaine)

La première voiture française construite en grande série



ANDRÉ CITROËN

est la voiture économique

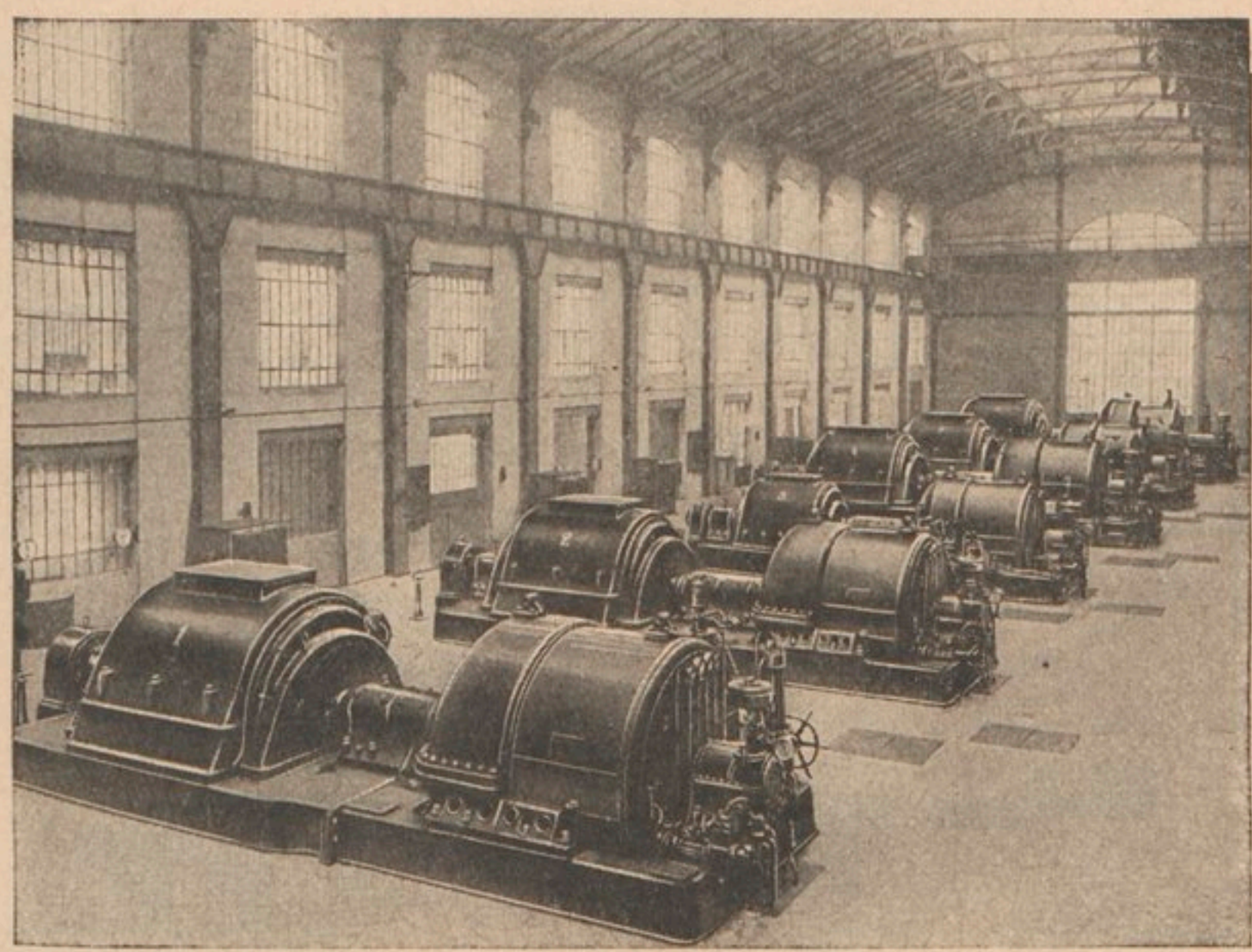
L'ÉCONOMIE sur l'essence et les pneumatiques est la plus considérable de toutes, car elle s'accroît à chaque tour de roue, à chaque kilomètre franchi. Par suite du parfait rapport du poids du véhicule à la puissance du moteur, la 10 HP CITROËN permet de réaliser cette économie à un plus haut degré que toute autre voiture ; elle ne consomme, aux 100 kilomètres, que 7 litres 1/2 d'essence et 250 grammes d'huile. L'usure des pneumatiques est très réduite en raison de sa légèreté.

ANDRÉ CITROËN INGÉNIEUR CONSTRUCTEUR 115 à 143, QUAI DE JAVEL, PARIS

Usines à :
BELFORT
MULHOUSE (Haut-Rhin)
GRAFFENSTADEN (Bas-Rhin)

Maisons a :
PARIS, 4, rue de Vienne
LYON, 13, rue Grolée
LILLE, 61, rue de Tournai
NANCY, 21, rue St Dizier

SOCIÉTÉ ALSACIENNE DE CONSTRUCTIONS MÉCANIQUES ▪ ▪ ▪



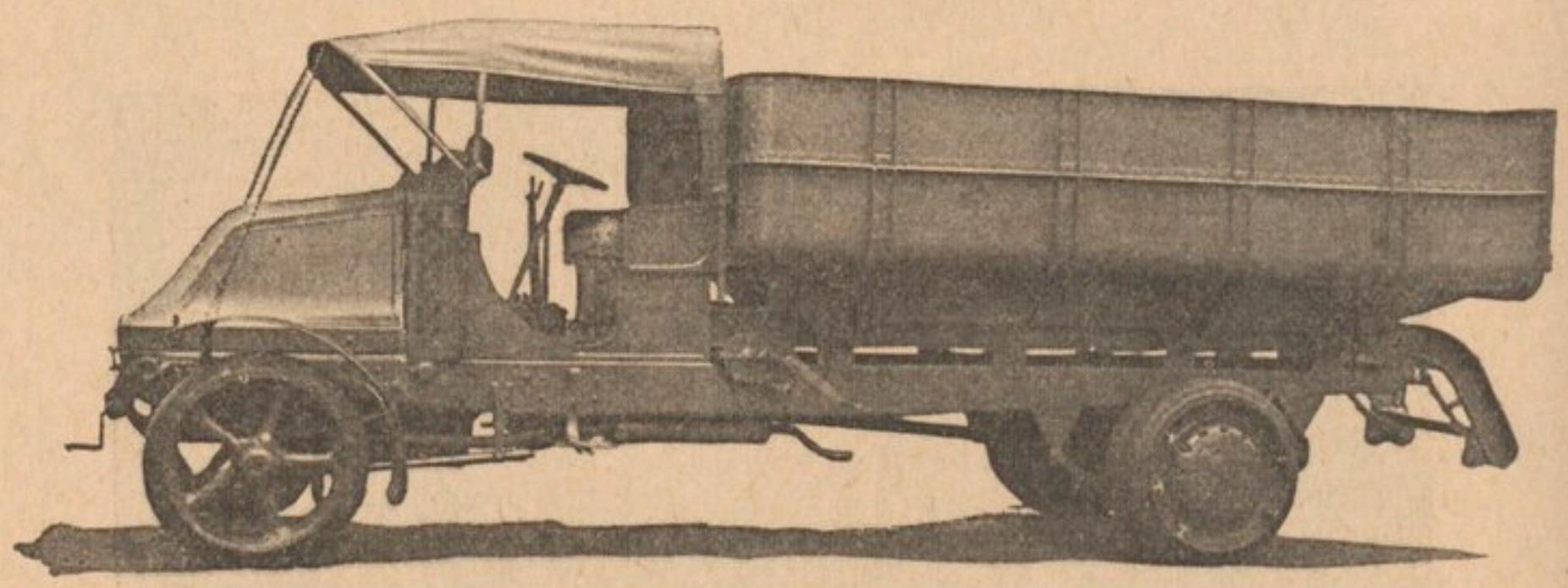
Stations Centrales pour Réseaux de Distribution Mines, Usines, etc...

PRINCIPALES FABRICATIONS : Chaudières - Machines et turbines à vapeurs - Moteurs à gaz - Machines soufflantes - Matériel électrique pour toutes applications - Traction électrique - Fils et câbles isolés pour l'électricité - Machines pour l'industrie textile - Machines et appareils pour l'industrie chimique - Locomotives à vapeur - Machines-outils pour le travail des métaux - Crics - Vérins - Bascules - Transmissions.

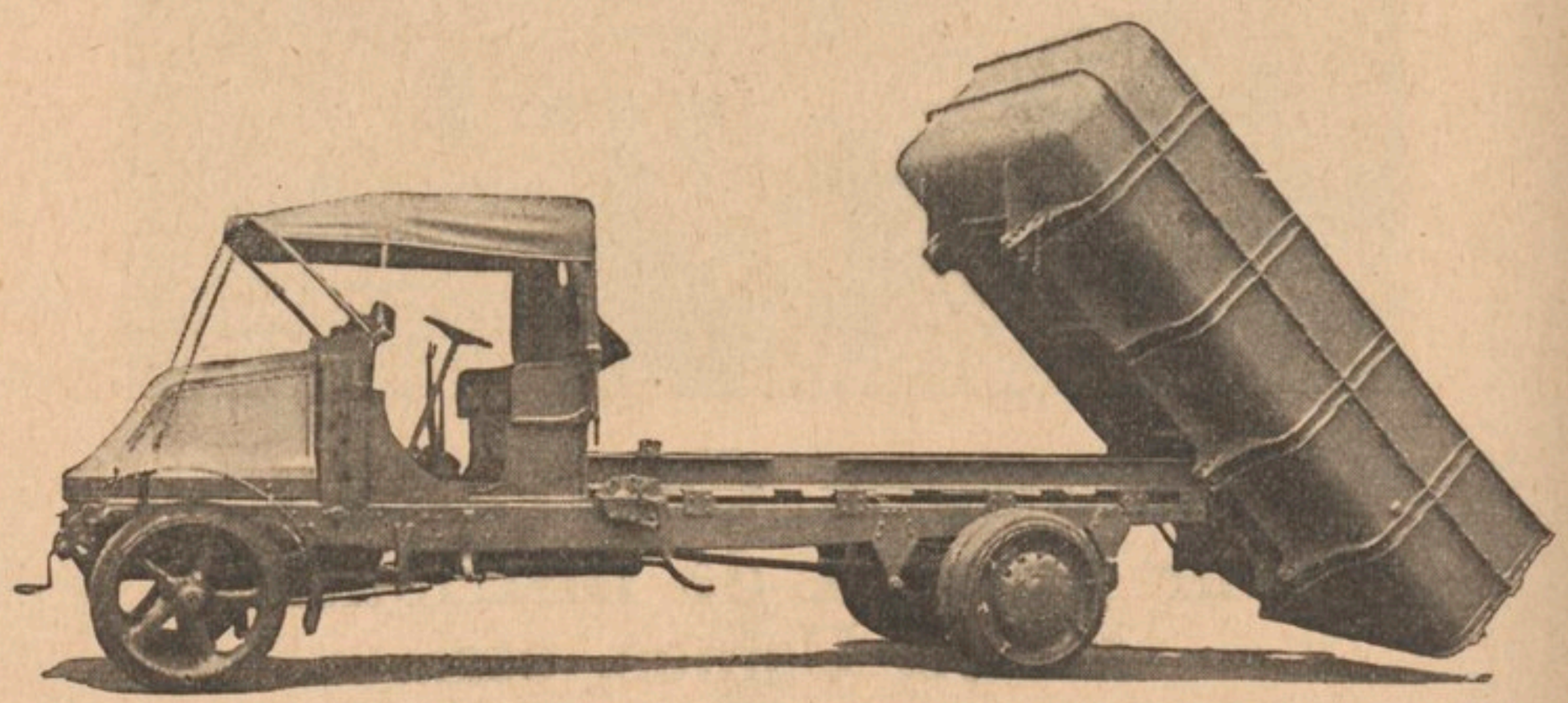
MANUTENTION MÉCANIQUE sur Camions Automobiles

par les Procédés E. FOUCHÉE - Brevetés S. G. D. G.

Bennes basculantes. - Bennes à déchargement latéral. Plateformes basculantes. - Citernes sur châssis automobiles. - Tonnes d'arrosage et de vidange. - Carrosseries amovibles. - Remorques. - Grues Derrick.



Benne mue à la main, de 8 m³ 5 de capacité, sur Renault 7 tonnes. - Position de route.



Benne mue à la main, de 8 m³ 5 de capacité, sur Renault 7 tonnes. - Position basculée.

E. FOUCHÉE (Ingénieur-Constructeur)

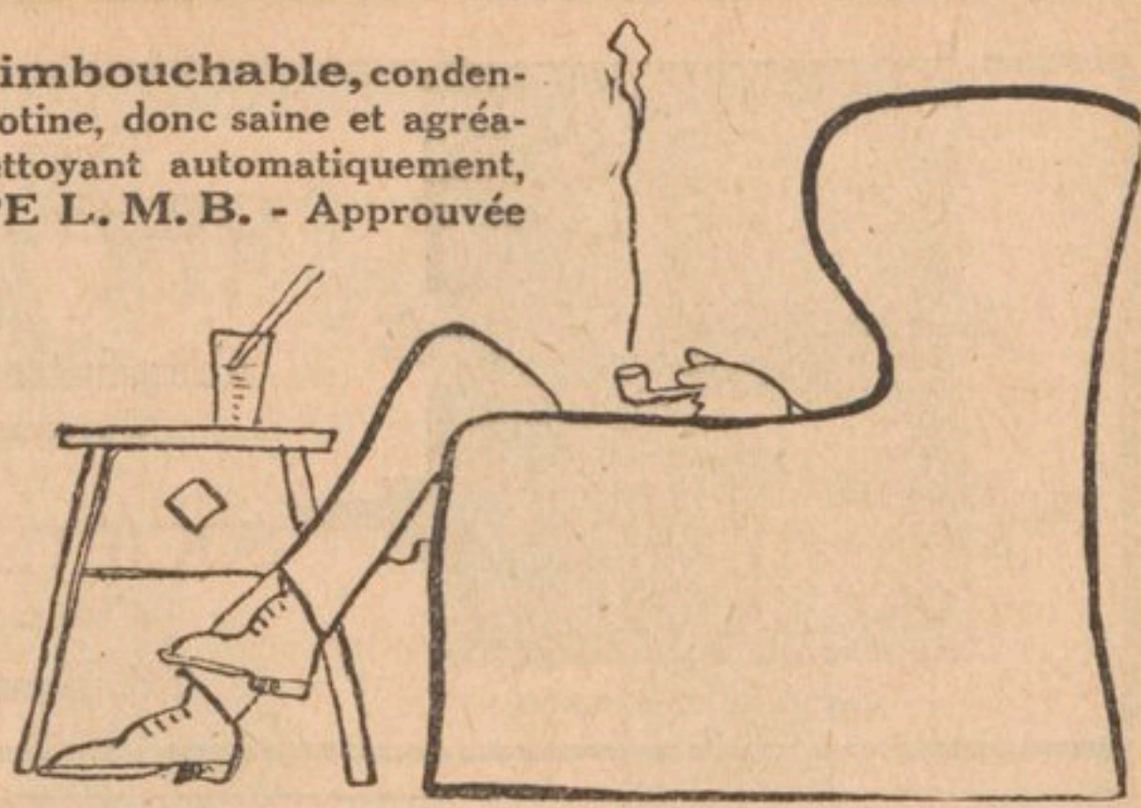
227, Boulevard Pereire, 227 - PARIS

Téléphone : WAGRAM 45-83

LA PIPE positivement imbouchable, condensant 38 % de nicotine, donc saine et agréable à tous, se nettoyant automatiquement, se nomme la **PIPE L. M. B.** - Approuvée à l'unanimité par la Société d'Hygiène de France, ses purs modèles anglais, d'une ligne impeccable et remarquablement finis, sont robustement taillés en plein cœur de vieille racine de bruyère odoriférante.

Curieuse brochure : *Ce qu'un fumeur doit savoir* et la manière de choisir et soigner vos pipes : Envoyée gratis par **L. M. B. PATENT PIPE,** 182, rue de Rivoli, Paris.

En vente : **L. M. B. PIPE STORE,** 182, rue de Rivoli ; 125, rue de Rennes, à Paris ; Galeries Lafayette, Louvre, Printemps, Samaritaine et tous Grands Magasins.



GRAND PRIX BRUXELLES 1910

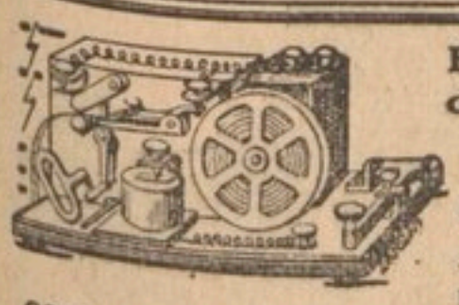
LE MEILLEUR, LE MOINS CHER DES ALIMENTS MÉLASSÉS

PAÏL'MEL

POUR CHEVAUX ET TOUT BÉTAIL

EXIGER LA MARQUE PAÏL'MEL M.L. TOURY

USINES À VAPEUR À TOURY (EURE ET LOIR)



ÉCOLE SPÉCIALE de **T.S.F.**

69, R. FONDARY, Paris-15e

agréée par l'État, patronnée par les Cies de Navigation.

COURS ORAUX (SOIR ET JOUR) et par CORRESPONDANCE

Préparant à tous les examens officiels

Études techniques bien à la portée de tous pour AMATEURS ou BONNES SITUATIONS : P.T.T. - Génie - Marine - Cies Maritimes - Colonies - etc.

LECTURE au SON et MANIPULATION en 1 MOIS, même chez soi au moyen du **RADIOPHONE LESCLIN** breveté

Notre préparation toute spéciale ASSURE le SUCCÈS à tous les élèves en quelques mois

Appareils Modernes de T.S.F. - Demander Notice n° 2 et réf. 0 f. 30

Si vous désirez sur votre automobile un éclairage parfait avec des appareils élégants et robustes

DEMANDEZ LE CATALOGUE DES

PHARES BESNARD

Vous y trouverez tout ce qui convient, électricité ou acétylène pour la voiture de luxe aussi bien que pour le camion.

Nouveaux modèles de lanternes à essence

LES VESTALES

à réglage par rotation extérieure... Les seules qui ne s'éteignent pas.

60, Bd Beaumarchais - PARIS-XIe

Pour restaurer ou construire richement et à peu de frais

Le résultat est tel que l'ouvrier, sans rien changer à son travail ordinaire,

Fait de la Pierre

Exécution rapide et facile
Riche aspect de la pierre
Economie considérable

Simili-Pierre CIMENTALINE

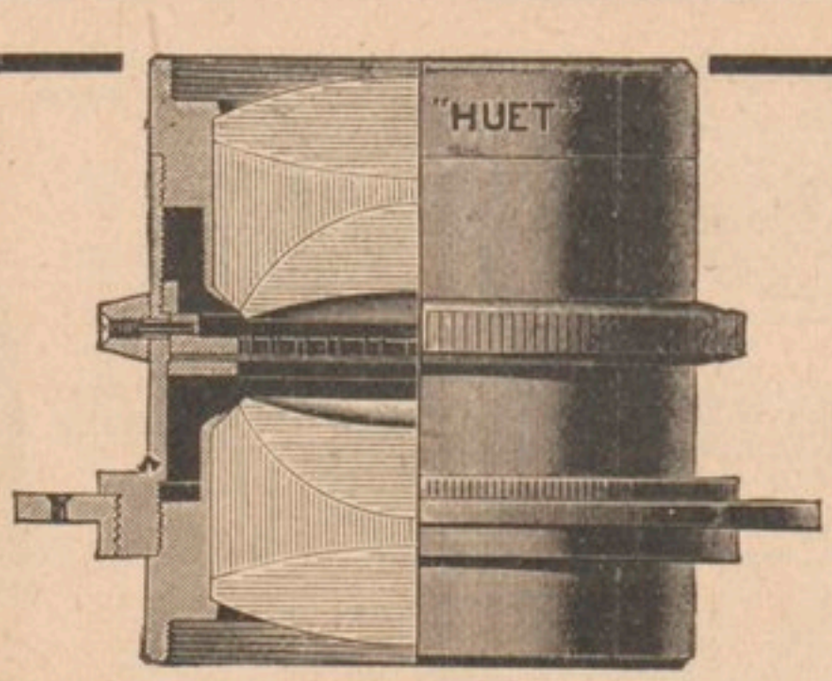
POUR ENDUITS

S'employant dans toutes Constructions à l'extérieur comme à l'intérieur, partout où, par économie, la pierre n'est pas utilisée.

RENSEIGNEMENTS ET ÉCHANTILLONS FRANCO

J.-B. BROUTIN

17, rue de l'Ourcq, PARIS (19e)



CATALOGUE FRANCO

Exiger les
OBJECTIFS "HUET"
ANASTIGMATS
Comparables aux meilleures marques étrangères
Ouvertures : 3,5 - 4,5 - 6 et 6,5 symétrique

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE D'OPTIQUE
Constructeur des jumelles à prismes **"Huet"**
76, Boulevard de la Villette, Paris

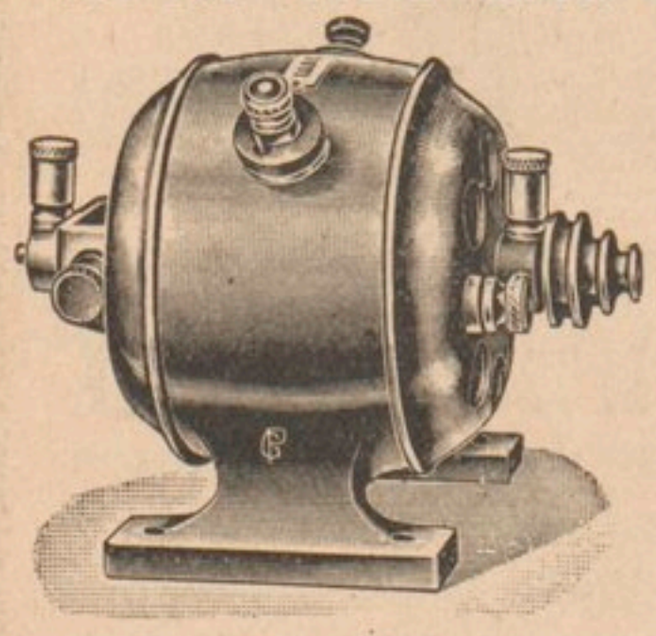
INSTRUMENTS DE PRÉCISION
POUR LES SCIENCES ET L'INDUSTRIE

G. PÉRICAUD
CONSTRUCTEUR
85, Boulevard Voltaire, 85 -- PARIS (XIe)

USINES : PARIS-LYON
Maison fondée en 1900

Tél.: Roquette 00.97

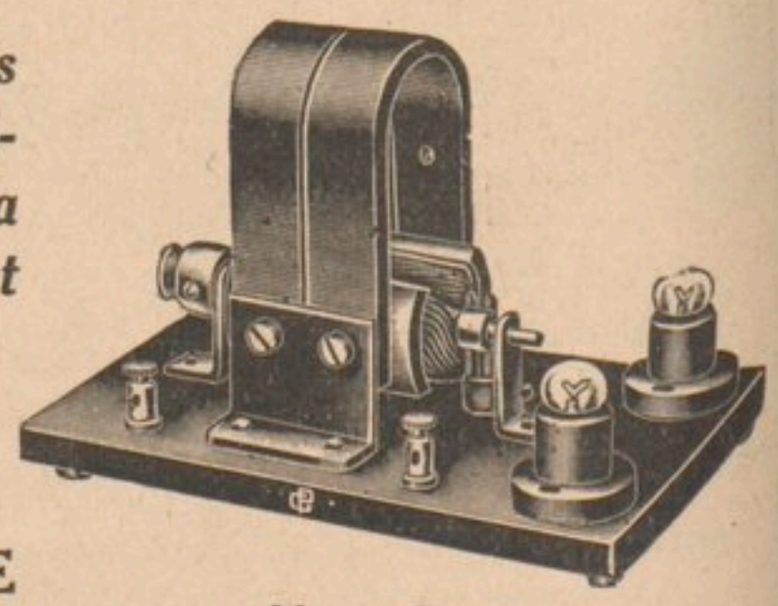
NOTRE NOUVEAU CATALOGUE **J. 10** VIENT DE PARAITRE



Moteur 110 Volts

Deux cents Appareils électriques et scientifiques intéressant la jeunesse des écoles et les amateurs

FABRICATION FRANÇAISE



Magnéto-Dynamo

DEMANDEZ NOS CATALOGUES ILLUSTRÉS
J. 10 : Appareils électriques scientifiques. — ***M. 10 :*** Électricité médicale. — ***T. 10 :*** T. S. F. — ***E. 10 :*** Moteurs - Ventilateurs - Rhéostats - Accumulateurs - Sonneries - Chauffage.
Envoi franco de chacun de ces Catalogues contre 0 fr. 25 en timbres-poste.

A céder

FABRIQUE DE PRODUITS D'ENTRETIEN..	900.000 frs
PRODUITS VINICOLES, LIQUEURS MARQUE ..	800.000 frs
FAB. GLACES ALIMENT. ET BOISSONS GAZEUSES..	650.000 frs
ATELIERS DE MÉCANIQUE GÉNÉRALE	400.000 frs
FABRIQUE DE BRONZES D'ART	300.000 frs
COMMERCE DE GROS EN APPARTEMENT.. ..	220.000 frs
FABRIQUE DE PRODUITS TINCTORIAUX.	100.000 frs
BEAU GARAGE ET RÉPARATIONS	130.000 frs
LIBRAIRIE, CLIENTÈLE DE BIBLIOPHILES.. ..	80.000 frs

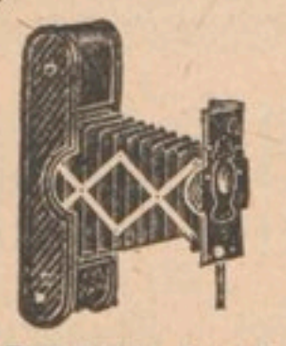
PAUL MASSON, 30, Faubourg Montmartre
Téléphone : Gutenberg 03-97

PHOTO-HALL

5, Rue Scribe (près de l'Opéra) **PARIS** (9e)

Téléphone : CENTRAL 40-52

N.-B. Notre maison qui possède le choix le plus considérable, ne vend que des appareils neufs formellement GARANTIS

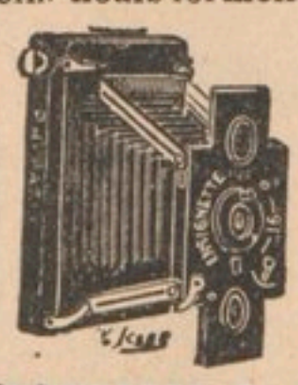


VEST POCKET 4×6 1/2

Appareil KODAK se chargeant avec des bobines de pellicules 4X6 1/2, viseur, *objectif achromatique*, obturateur pour pose et instantané, dos autographic, sac et instruction.

135 Francs

Avec objectif anastigmat. 210 »

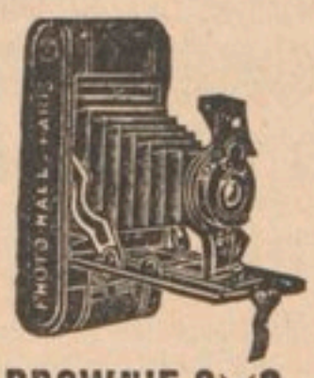


ENSIGNETTE 5×8

Appareil se chargeant avec des bobines de pellicules 5X8, viseur, objectif achromatique, obturateur pour pose ou instantané toujours armé, sac et instruction.

187 Francs

Avec anastigmat BERTHIOT 500 »

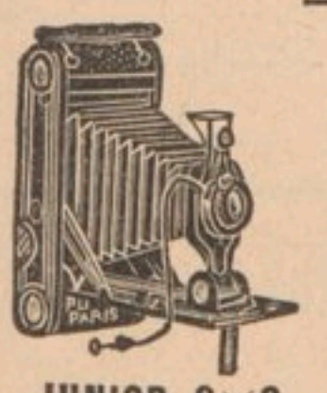


BROWNIE 6×9

Appareil KODAK se chargeant avec des bobines de pellicules 6X9, viseur, poignée, écrous, *objectif achromatique*, obturateur pose et instantané, dos autographic et instruction.

150 Francs

Avec objectif anastigmat. 236 »

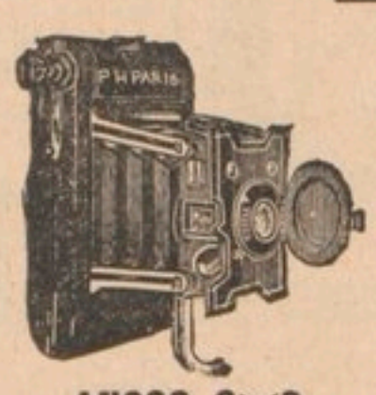


JUNIOR 6×9

Appareil KODAK gainé se chargeant avec des bobines de pellicules 6X9, écrous, viseur, *objectif achromatique*, obturateur pose et instantané, déclencheur, dos autographic et instruction.

338 Francs

Avec objectif anastigmat. 418 »

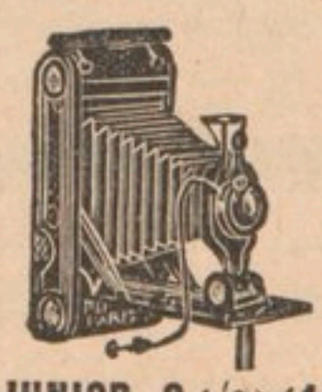


ANSCO 6×9

Appareil gainé se chargeant avec des bobines de pellicules 6X9, viseur objectif achromatique, obturateur pose ou instantane, quatre articulations métalliques assurant une rigidité parfaite et instruction.

150 Francs

Avec objectif anastigmat. 415 »

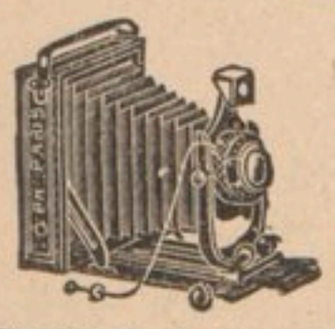


JUNIOR 6 1/2×11

Appareil KODAK gainé, se chargeant avec des bobines de pellicules 6 1/2X11, écrous, viseur, *objectif achromatique*, obturateur pose et instantané, déclencheur, dos autographic et instruction.

376 Francs

Avec objectif anastigmat. 475 »

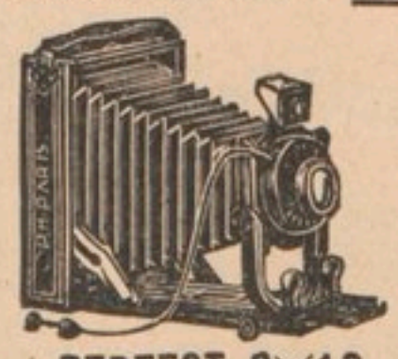


PERFECT 6 1/2×9

Appareil pour plaques 6 1/2X9 ou pellicules film-pack, gâîné peau, crémaillère, écrous, viseur, poignée, *objectif rectiligne*, obturateur de précision, 3 châssis mé al 6 1/2X9, déclencheur et instruction.

195 Francs

Avec objectif auastigmat. 275 »



PERFECT 9×12

Appareil pour plaques 9X12 ou film-pack gaîné peau, viseur, poignée, écrous, crémaillère, *objectif rectiligne*, obturateur à vitesses variables, 3 châssis métal 9X12, déclencheur et instruction.

210 Francs

Avec objectif anastigmat. 295 »

PERFECT 9×12

Appareil pour plaques 9X12 ou pellicules film-pack, gaîné peau, soufflet long tirage, écrous, viseur, poignée, *objectif anastigmat*, obturateur à secteurs, 3 châssis métal 9X12, déclencheur et instruction.

350 Francs

Avec anastigmat BERTHIOT 470 »

CATALOGUE GRATUIT ET FRANCO SUR DEMANDE

Il jette son tabac par la fenêtre

celui qui ne se sert pas de la

Machine à faire les Cigarettes

LEMAIRE

nouveau modèle, qui permet une

économie de 50 0/0

grâce à laquelle la machine est rapidement remboursée

40 cigarettes peuvent être faites avec un paquet de tabac de un franc.

Demandez notice illustrée donnant tous renseignements au fabricant

L. DECHEVRENS, 150, rue de Rivoli, PARIS

CLASSEURS

à perforation - *Système à Levier*

DOSSIERS, CHEMISES

Le Grenadier

Marque déposée

RENÉ SUZÉ

fabricant

9, Cité des Trois-Bornes, 9

PARIS (XIe)

Téléphone : Roquette 71-21

CORDERIES DE LA SEINE

Le Havre *Télégramme :* *CORDEGODET-HAVRE*

Cordages en Manille et en Chanvre.

Câbles en Fils d'Acier à haute résistance,

de tous diamètres, de toutes longueurs et de toutes compositions, employés dans la Marine, les Travaux Publics, les Mines et l'Industrie.

Cordes, Ficelles et Fils.

SPÉCIALITÉS

CABLES MIXTES perfectionnés.

CABLES de LEVAGE ANTI-GIRATOIRES, à torons plats ou triangulaires.

CABLES de CABESTANS

CABLES de TRANSMISSION, tressés à section carrée ou triangulaire.

CABLES de LABOURAGE

FICELLE pour MOISSONNEUSE-LIEUSE

G. A. Valenciennes et Cie

SOCIÉTÉ DE

Constructions Navales du Sud de la France

Siège Social et Chantiers Navals à MARTIGUES (Bouches-du-Rhône)

CONSTRUCTIONS NAVALES

Navires à Voiles, Mixtes et à Moteurs

Bateaux pour la grande pêche

Chalands - Pontons Embarcations de servitude

Canots automobiles Yachts

Télégrammes: **Valenciennes - Martigues**

Téléphone : **Martigues 35**

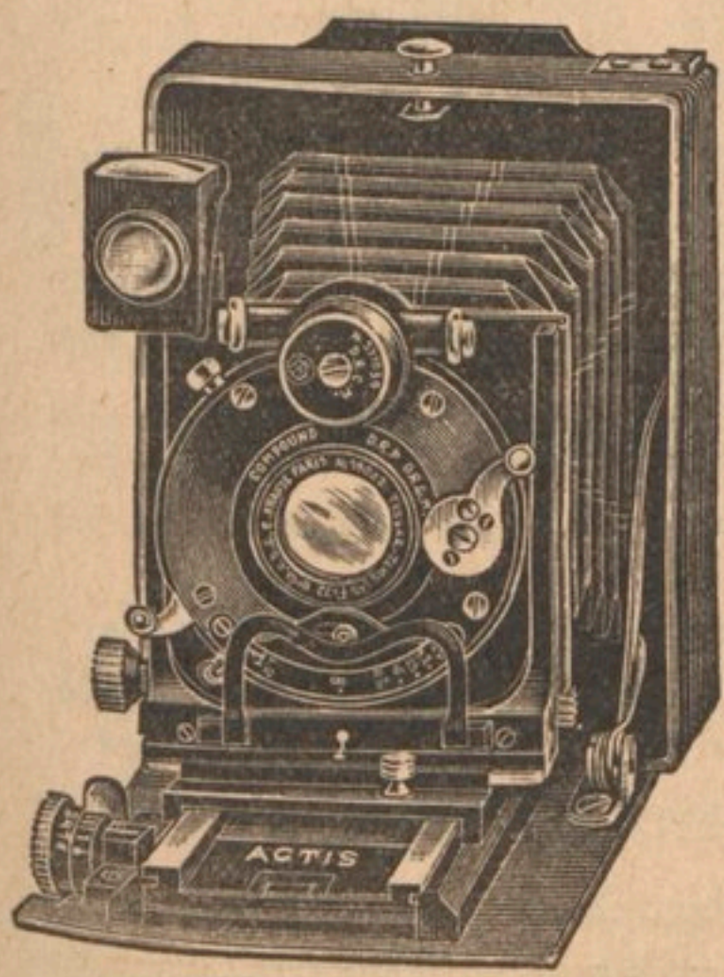
CONSTRUCTIONS MECANIQUES

Cargos, Chalutiers, Remorqueurs à Vapeur et à Moteurs

Moteurs Marins à huiles lourdes et à essence de toutes puissances

Halage, Réparations

TESSAR KRAUSS



Le merveilleux Objectif sur les

Meilleurs Appareils

de toutes Marques

E. KRAUSS, 18, Rue de Naples - PARIS-8e

Catalogue Mai 1920 gratis

POUR LES RÉGIONS DÉTRUITES

PROPRIÉTAIRES,
INDUSTRIELS, ARCHITECTES, ENTREPRENEURS

ne construisez plus !!!

n'installez plus de conduites d'eau sous pression

NI AU SOUS-SOL - NI DANS LES APPARTEMENTS

sans employer les tuyaux de

MÉTAL REX

MAXIMUM DE RÉSISTANCE A LA PRESSION — REX — **MINIMUM** DE RISQUE D'INTOXICATION

LE MÉTAL REX

Est plus résistant que le plomb
Est aussi malléable

Est plus hygiénique
Dure plus longtemps
Se soude mieux

Se pose plus facilement
Se dissimule mieux dans les installations

COUTE MOINS CHER QUE LE PLOMB

ÉCONOMIE DE 40 à 50 %

Économie de 50 % sur les matières - Économie de 50 % sur les transports

La main-d'œuvre, la manutention, les accessoires de pose, tout est **MOINS CHER** quand on emploie le **MÉTAL REX.**

LE MÉTAL REX EST LE SEUL de sa composition ayant fait l'objet d'un avis favorable de la Commission d'examen des inventions intéressant les Armées de Terre et de Mer.

LE MÉTAL REX EST LE SEUL de sa composition dont l'emploi a été autorisé par les Ministères de la Guerre et de la Marine.

DEMANDER LES NOTICES SPÉCIALES

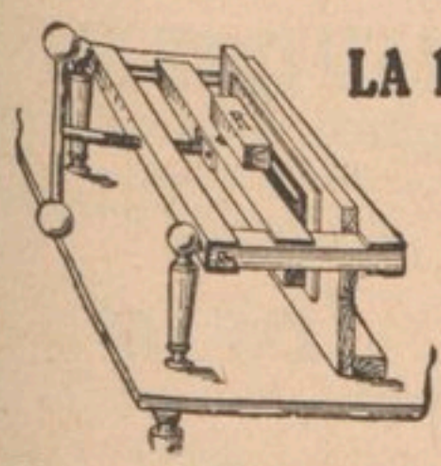
à MM. MARCEL BASSOT & Cie

14 rue de Turenne Paris

T.S.F. GRACE AU
MORSOPHONE
Je sais lire au son

DERNIÈRE CRÉATION
LE MORSOPHONOLA
se fixe sur le *Morsophone* et le fait parler au moyen de BANDES PERFORÉES
Références dans le monde entier. Notice fco sur demande contre 0.60 *en timbres-poste.*
En vente dans tous les Gds Magasins et principales Maisons d'électricité.

CH. SCHMID, BAR-LE-DUC (Meuse)



LA RELIURE chez SOI
Chacun peut
TOUT RELIER soi-même
Livres - Revues - Journaux
avec la
RELIEUSE MÈREDIEU
Notice franco contre 0 f. 25
C. MÈREDIEU I., Angoulême.

CRAYONS VENUS

La marque "VENUS" sur un crayon est une garantie de sa supériorité. Vous êtes certain d'avoir un crayon sans égal en achetant le "VENUS".
Le CRAYON VENUS est parfait en tous points.
Graphite en 17 degrés, du plus tendre (6 B) au plus dur (9 H) et 3 sortes de crayons à copier.

EN VENTE CHEZ TOUS LES PAPETIERS, Gds MAGASINS, etc.
Sté du CRAYON VENUS
24, Boulv Poissonnière
PARIS

APPLICATIONS DE L'AIR COMPRIMÉ
à tous usages industriels

COMPRESSEURS
à basse et haute pressions jusqu'à 150 kilos

COMPRESSEURS - ASPIRATEURS

LUCHARD & Cie, Ingrs-Constrs, 209-211, boulevard Pereire, PARIS
Téléphone Wagram 71-72

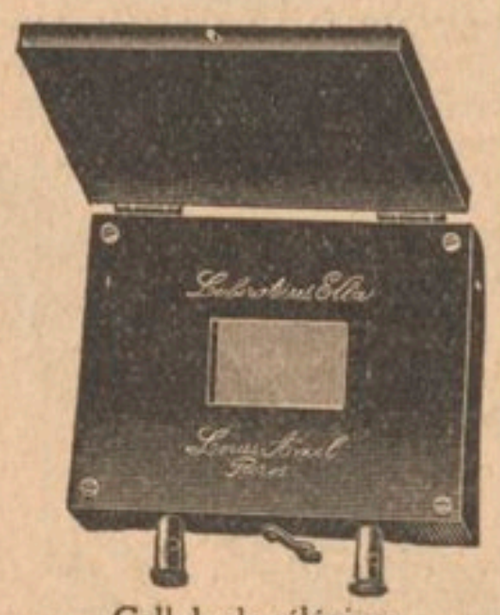
Louis ANCEL

INGÉNIEUR des ARTS et MANUFACTURES

Constructeur-Électricien

91, Boulevard Pereire - PARIS (17e)

Téléphone : Wagram 58-64



Cellule de sélénium

Télégraphie et Téléphonie sans fil.

Dilatomètre enregistreur Chevenard

Convertisseurs électriques pour laboratoires.

Cellules de sélénium extra-sensibles pour toutes applications.

Construction, transformation et réparation d'appareils de laboratoire.

ENVOI FRANCO du Catalogue illustré contre 0 fr. 50 en timbres-poste français.

TRÉSORS CACHÉS

Toute Correspondance de Négociants, Banquiers, Notaires, Greffiers de paix et de Tribunaux, des années 1849 à 1880, renferme des Timbres que la maison **Victor ROBERT, 83, rue Richelieu Paris**, paye à ***prix d'or.***

Fouillez donc vos archives.

Renseignements et ***Catalogue Timbres poste*** sont envoyés franco gratis à toute demande.

Achète cher les Collections.

Inventions

POUR PRENDRE VOS BREVETS

Pour étudier la Valeur des Brevets auxquels vous vous intéressez. *Pour diriger vos procès en Contrefaçons.*

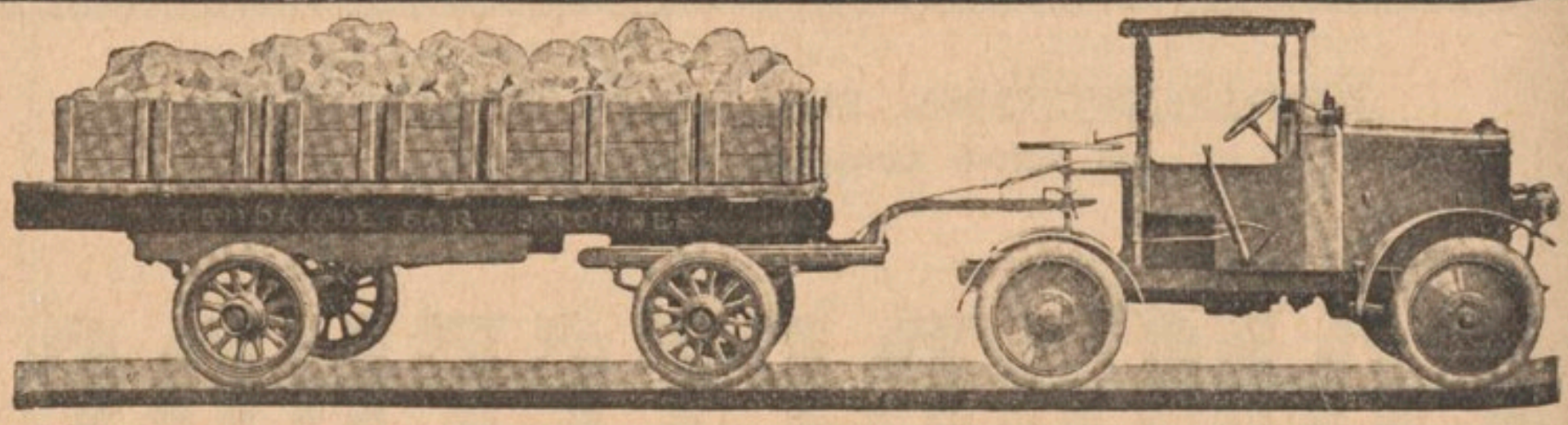
Office Josse

H. JOSSE

Ancien Élève de l'École Polytechnique

17, Boulevard de la Madeleine, 17

PARIS



TRAIN Chenard et Walcker FAR

BREVETÉ S.G.D.G.

Comprenant :

1 TRACTEUR LÉGER CHENARD ET WALCKER
à adhérence réglable par attelage FAR
AVEC REMORQUES FAR

CHARGE UTILE
5 tonnes sur tous parcours

CATALOGUES ET DEVIS SUR DEMANDE

Société des TRAINS Chenard et Walcker FAR

Rue du Moulin-de-la-Tour - GENNEVILLIERS (Seine)

Meeting International d'Indianapolis

Trophée des 300 Milles (482 kil.)

1er RALPH DE PALMA

en 3 h. 18 m. 36 s. 45/100. - Moyenne : 145 kil. 800 à l'heure.

Coupe des 400 Milles

(643 kil. 600)

1er RALPH DE PALMA

en 4 h. 58 m. 33 s. 53/100. - Moyenne : 145 kil. 500 à l'heure.

Grand Prix des 500 Milles

(800 kilomètres)

2e THOMAS

en 5 h. 43 m. 2 s. 29/100. - Moyenne : 140 kil. 600 à l'heure.

Sur VOITURES et MOTEURS BALLOT

MONTÉS AVEC CARBURATEURS

CLAUDEL

Seules voitures françaises ayant terminé l'épreuve

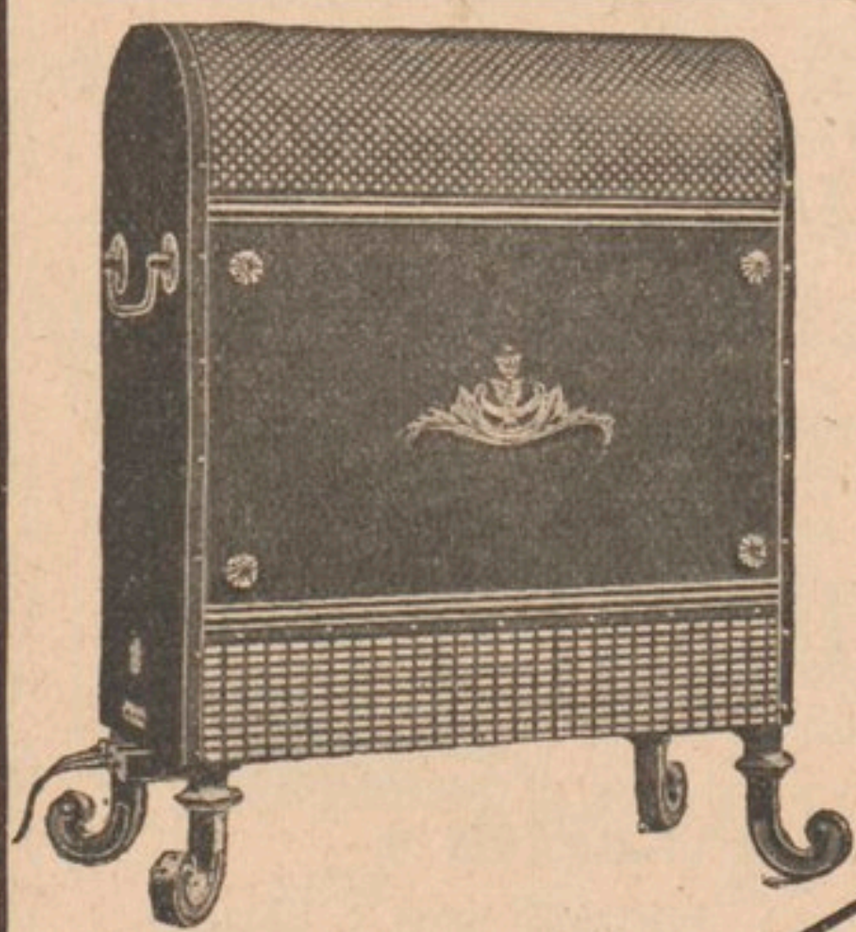
Société Anonyme des Carburateurs et Appareils CLAUDEL

42, Rue de Villiers, LEVALLOIS-PERRET (Seine)

Téléphone : Wagram 46-82 - Wagram 93-30

LE CHAUFFAGE PAR L'ÉLECTRICITÉ

Le complément de toute installation moderne



RADIATEUR CALORIFÈRE
Modèle A orné

RADIATEURS CALORIFÈRES,
RADIATEURS MIXTES,
CHAUFFERETTES,
FERS A REPASSER, etc...

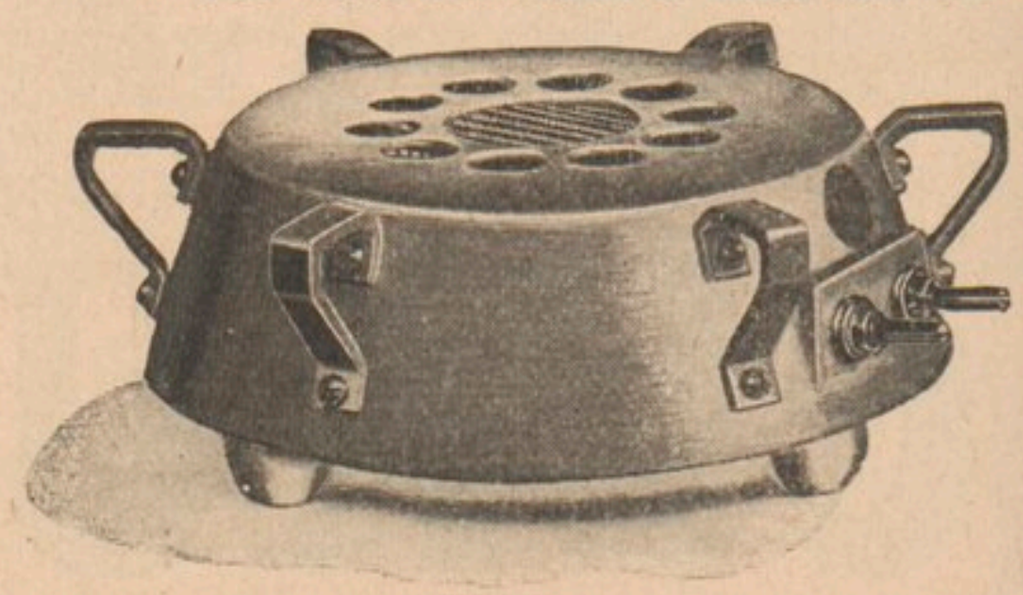
INSTALLATIONS

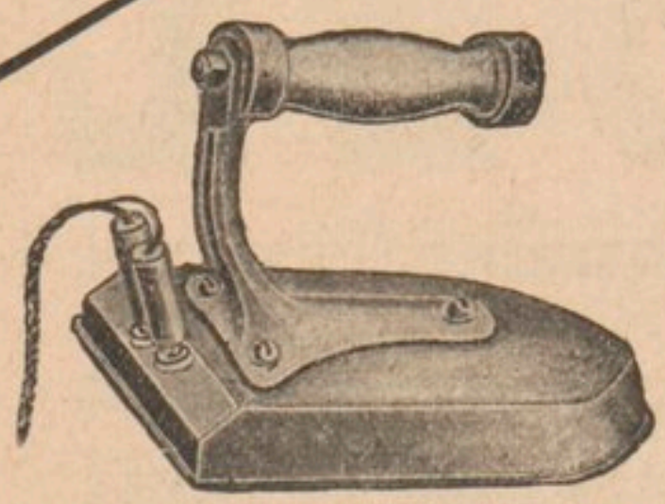
Cie Gle DE TRAVAUX D'ÉCLAIRAGE ET DE FORCE
Anciens Établts CLÉMANÇON
Société Anonyme au Capital de 2.500.000 francs
Siège Social : 23, RUE LAMARTINE, PARIS
RENSEIGNEMENTS, DEVIS ET CATALOGUE FRANCO

Téléphone Gut 17-40 – 18-38
Adresse Télégraphique GIORNO-PARIS

UNIS 1 5 FRANCE

Le Dernier Mot du Progrès
dans les Appareils de chauffage par l'électricité
pour usages domestiques et usages industriels.



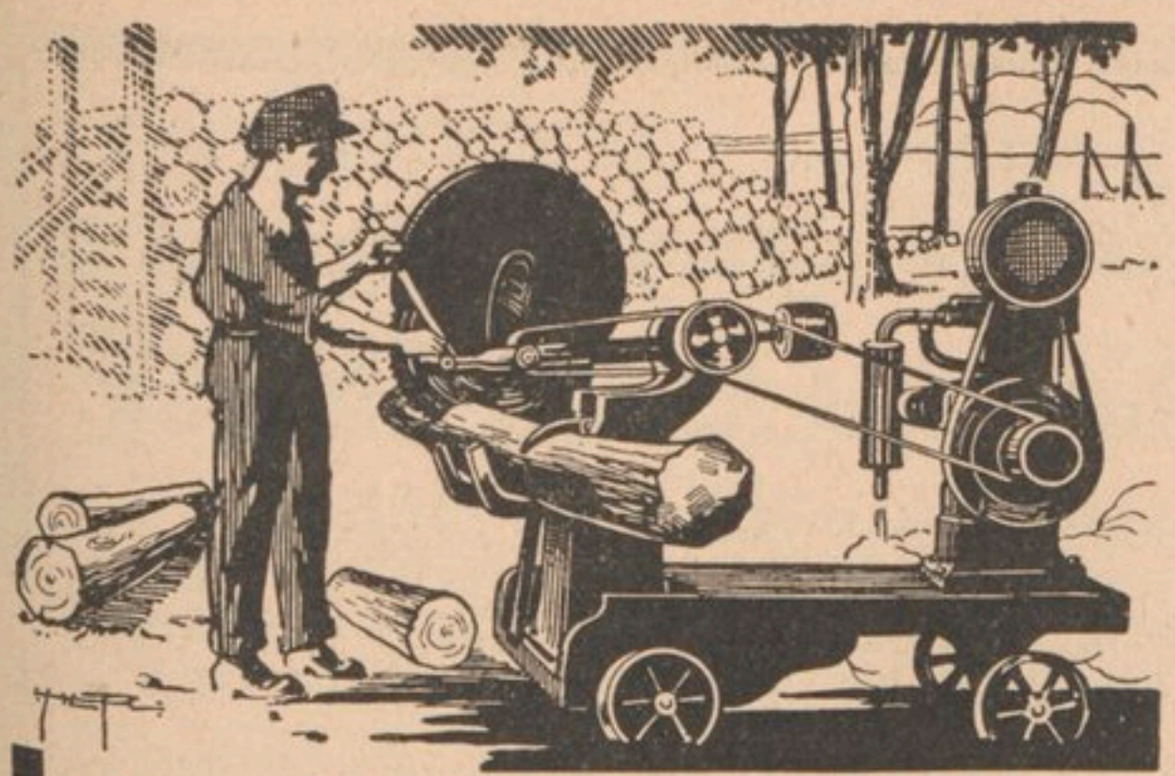


FER A REPASSER

Quatre minutes pour cuire un Bifteck avec le nouveau "CUISEUR" électrique

CUISEURS - RÉCHAUDS
CHAUFFE-PLATS - GRILLE-PAIN

LA CUISINE PAR L'ÉLECTRICITÉ



CETTE MACHINE
VOUS EST INDISPENSABLE POUR CONJURER
la CRISE du CHARBON

Avec une puissance insignifiante, sans fatigue, rapidement

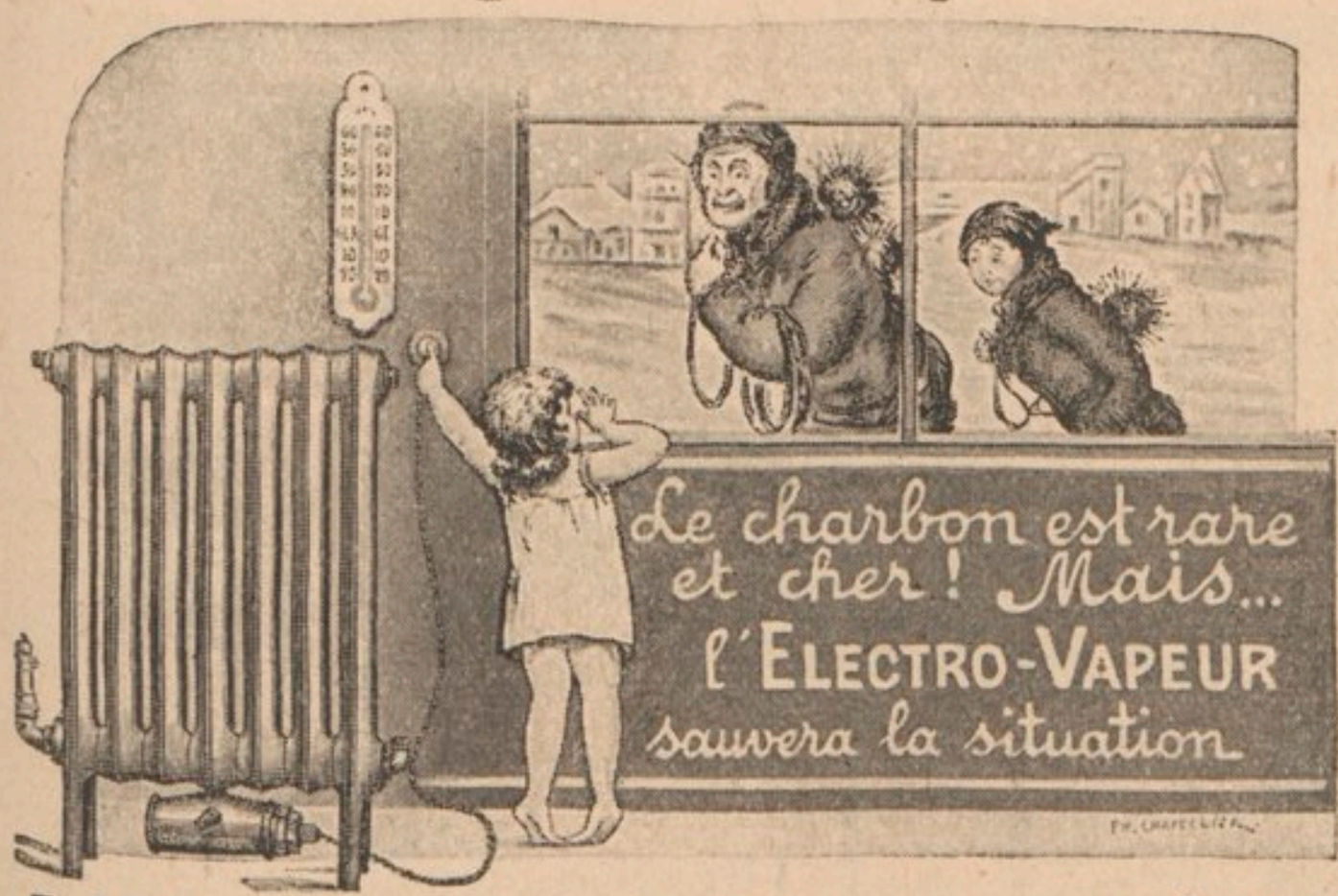
La MOTO-SCIE J.-M. GLOPPE

***COUPERA VOTRE BOIS :* Pour le Chauffage domestique. - Pour vos Chaudières. - Pour la Cuisine.**

Elle peut être actionnée indifféremment par moteur à essence, moteur électrique ou force motrice quelconque de 3 HP

RENSEIGNEMENTS et PRIX-COURANTS à **J.-M. GLOPPE** INGENIEUR-CONSTRUCTEUR
66-68, Avenue Félix-Faure - LYON
Téléphone : **Vaudrey 16.31, 16.32, 16.33** - *Télégramme :* **Jemaglop-Lyon**

Le Chauffage Central *par l'Électricité*



NOUVEAU RADIATEUR ÉLECTRIQUE
Breveté S. G. D. G.

Voir description de cet appareil dans le nº 47 de La Science et la Vie *— Novembre 1919 — Page 580.*

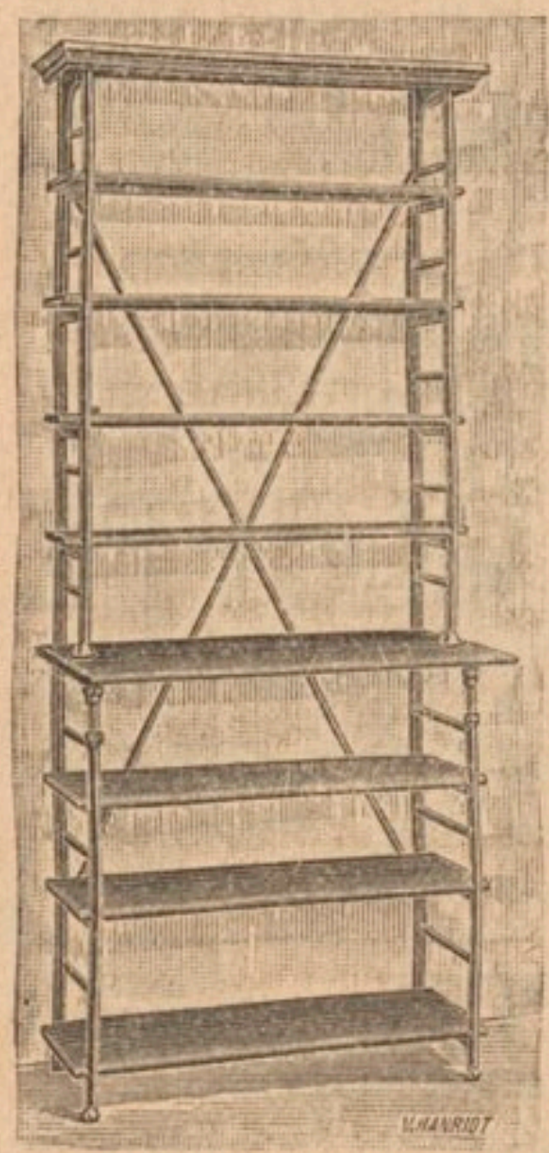
L'Hiver est proche !...

Écrivez de Suite à L'ÉLECTRO-VAPEUR

66 *bis*, Rue Jouffroy, PARIS (17e) - *Tél. :* Wagram 80-93
R. CHAPRON, Concessionnaire exclusif.

Gagner du TEMPS c'est..... S'ENRICHIR !

Ayez vos Livres **toujours en ordre** dans la



Bibliothèque SCHERF

Légère = Solide = Démontable

NOMBREUX MODÈLES -:- TOUTES DIMENSIONS
LOGE BEAUCOUP DE LIVRES SOUS PETIT VOLUME

RAYONS DÉMONTABLES POUR MAGASINS

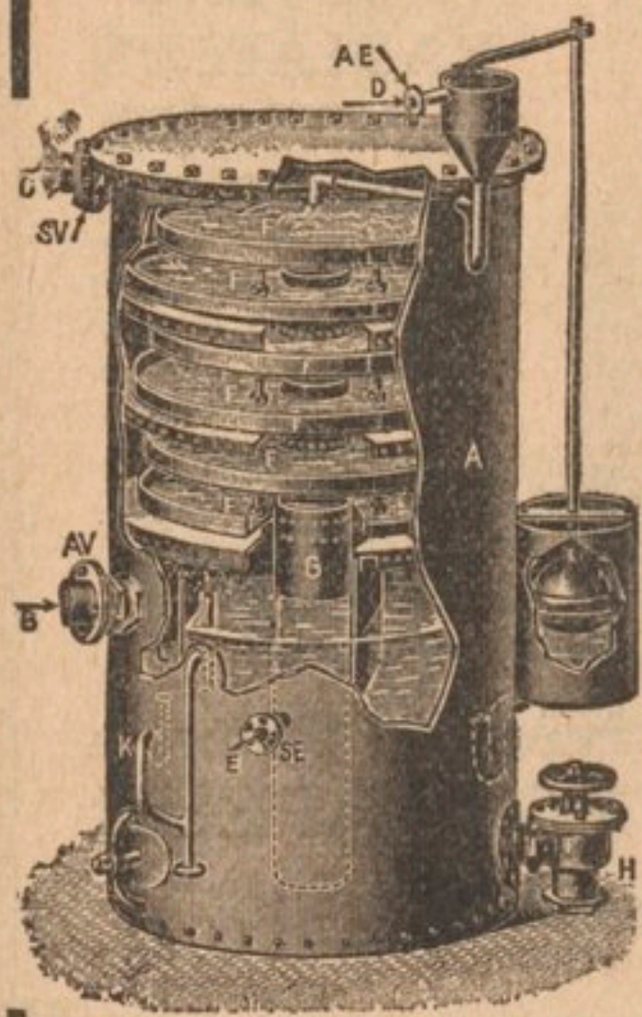
Th. SCHERF fils, BONNAMAUX & Cie
35, Rue d'Aboukir, 35 - PARIS (2me)

ÉTABLISSEMENTS R. E. P.
Chemin de Croix-Morlon, à Saint-Alban
LYON

NOUVEAU CATALOGUE "N° 2" FRANCO SUR DEMANDE

Pour les chaudières à vapeur { *ÉPURATEURS* *RÉCHAUFFEURS* *DESHUILEURS* *d'eau de condensation*

FILTRES INDUSTRIELS



Traitement des Eaux Résiduaires

J.-B. GAIL et **NOËL ADAM**
Successeurs de **HOWATSON**
- 6 -
r. Alexandre-Cabanel
PARIS-XVe

Demander Catalogue S

Les Industries électriques

se développent avec l'aménagement et le transport de nouvelles forces offrant des

SITUATIONS RÉMUNÉRATRICES

à tous ceux qui veulent perfectionner leurs connaissances pratiques et techniques. Suivez

les COURS PAR CORRESPONDANCE de

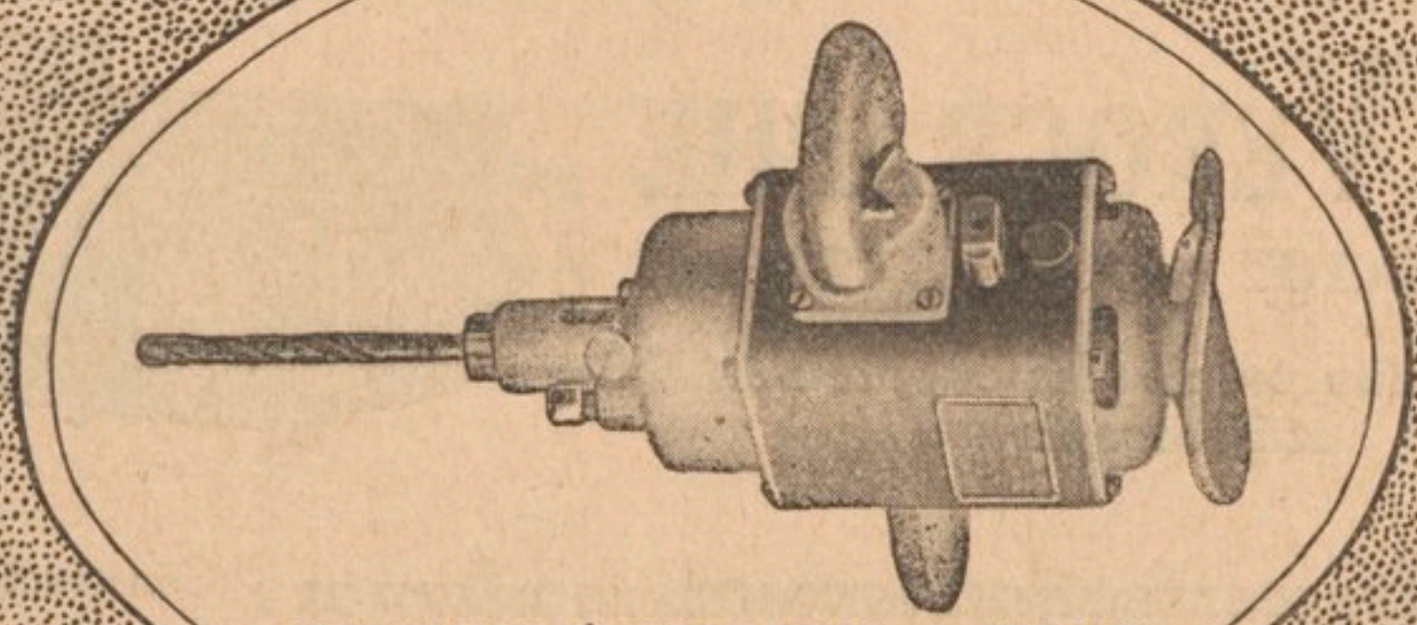
L'Institut Radio-Électrique

40, rue de Bruxelles, Paris
23, rue de Clichy, Paris

DEMANDEZ BROCHURE GRATUITE

Laurent COUFFINHAL St-ETIENNE (Loire)

FOURNISSEUR DE LA MARINE · UNIS-FRANCE · DE LA GUERRE DES CHEMINS DE FER &

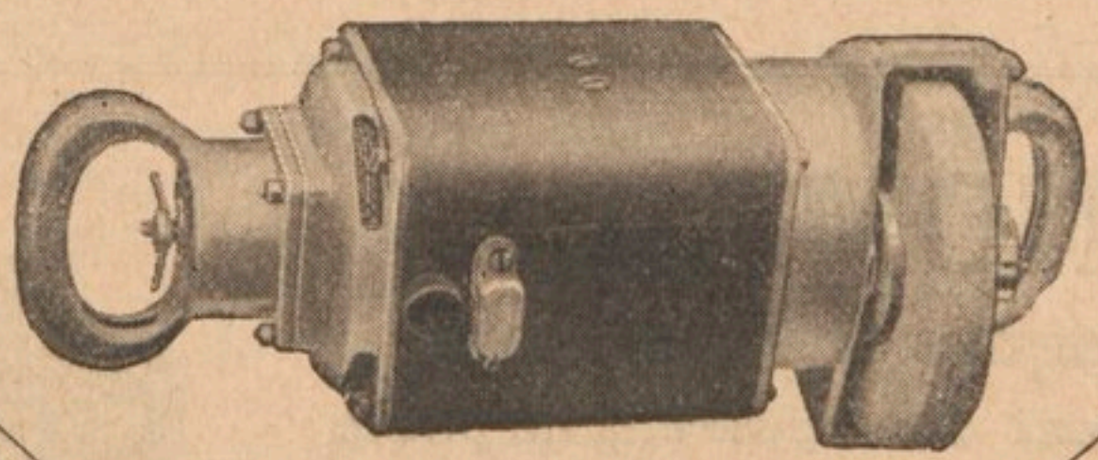


PERCEUSE ÉLECTRIQUE A MAINS

DEMANDEZ CATALOGUE C:

PERCEUSES ÉLECTRIQUES A MAINS & PORTATIVES
PERCEUSES A CREMAILLERE A ADHERENCE MAGNÉTIQUE
PERCEUSES ÉLECTRIQUES D'ETABLI et A COLONNE
MEULES ÉLECTRIQUES A MAINS A EBARBER
MEULES ÉLECTRIQUES A RECTIFIER

MEULE ÉLECTRIQUE A MAINS



PUBLICITÉ HONORÉ, LYON.

Les Établissements TIRANTY

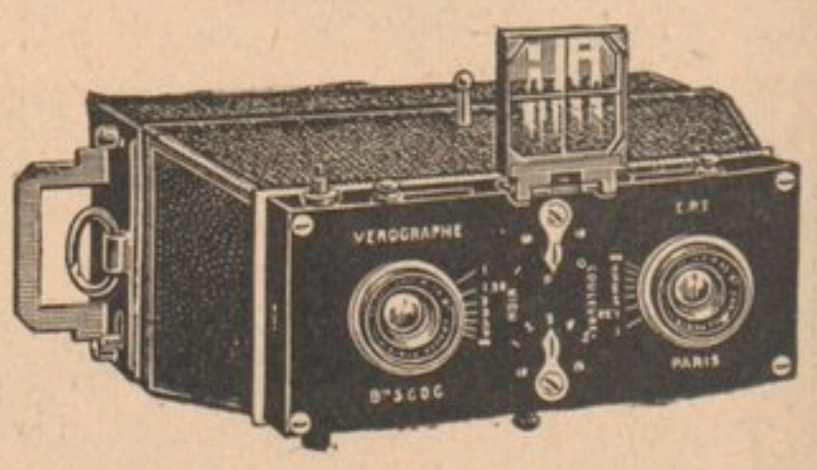
91 et 103, Rue Lafayette, Paris

construisent les APPAREILS les plus MODERNES

LE VÉROGRAPHE

45×107 - 6×13 - 8×16

Le plus précis des Appareils stéréoscopiques



Tous les perfectionnements modernes : Construction entièrement métallique, optique des meilleurs constructeurs (anastigmats F/4.5 - F/5.7 - F/6.3), mise au point sur toutes distances par système hélicoïdal entièrement protégé, obturateur à frein pneumatique et à rendement élevé, décentrement en hauteur, châssis-magasin JACQUET amovible, à 12 plaques se retrouvent dans *Le Vérographe ;* en outre :

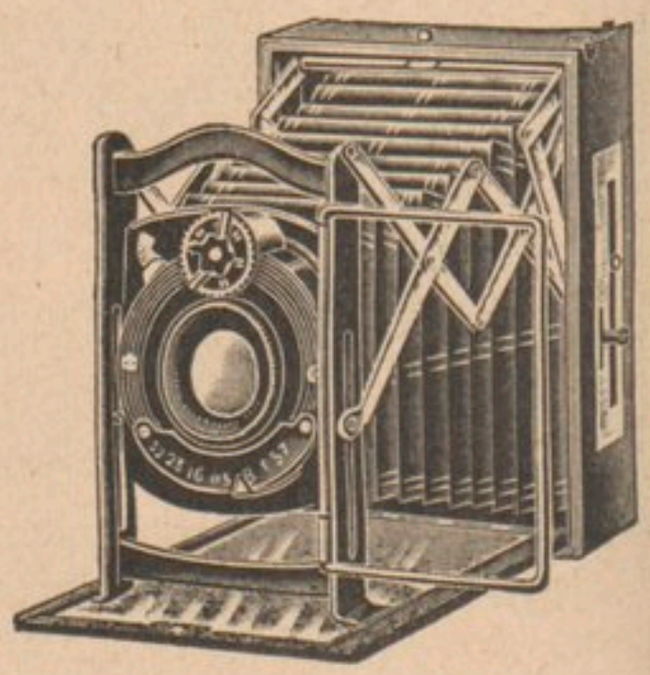
Le Vérographe est le seul Appareil *possédant la faculté d'employer indifféremment, soit un châssis-magasin, soit des châssis simples métalliques de type normal (tant pour les plaques en couleurs que pour les plaques ordinaires),* ***sans adapteur, sans différence de foyer ;*** *c'est également l'appareil à main le plus pratique pour la photographie des couleurs, car lui seul possède un dispositif mécanique pour la correction de mise au point. En outre,* ***Le Vérographe*** *est luxueusement gainé.*

Le GNOME 6 1/2×9

pour plaques et film-packs

Le plus élégant des Appareils de poche

Construit en bois de teck verni, pourvu d'un système de tendeurs articulés assurant un bon parallélisme, et une mise au point automatique, monté avec anastigmat *Olor Berthiot* F/5.7, sur obturateur à secteurs, *Le Gnôme* est, grâce à son volume réduit et à sa précision, le plus pratique et le plus moderne des appareils à main.



N° 52. Tome XVIII.

SOMMAIRE

(AOUT-SEPTEMBRE 1920)

L'origine des mondes et la structure de notre univers, d'après les découvertes de la science moderne	Emile Belot, Ingénieur en chef des Manufactures de l'Etat, vice-président de la Société astronomique de France.	211
Les charges statiques des locomotives		225
Les grands lacs américains reliés à l'Océan atlantique par une série de canaux	André Crober.	227
On peut jauger à distance le contenu d'un réservoir quelconque		238
Une suspension d'auto réglable	Julien Croley.	239
La conquête des hautes altitudes et le turbo-compresseur Rateau	A. de Creuze.	241
Une machine à meuler d'un maniement facile		245
Les progrès de la T. S. F. en France pendant la guerre (deuxième article)	Louis François	247
Pour assurer la sécurité des transports par voie ferrée	Félix Detrimon	263
La combustion renversée et la combustion sans flamme	Louis Sarcault	273
Les orchestres de cloches exigent des mécanismes aussi délicats que compliqués	L. Reverchon.	283
L'hélicoptère serait-il l'appareil aérien de l'avenir ?	E.-H. Lémonon	295
Une grue qui soulève 500 tonnes		306
Réception sur bande luminescente des rayons infra-rouges	René Brocard	307
Les lampes à vapeur de mercure à haut rendement	Clément Casciani	311
L'anguille, poisson mystérieux, et ses troublantes migrations	Louis Roule, Professeur au Muséum d'histoire naturelle.	321
Les combinateurs dans la traction électrique	L.-D. Fourcault	331
Le ballast des voies ferrées nettoyé mécaniquement		335
La tapisserie des Gobelins est un art de patience	Claude Orcel.	337
L'architecture chez les insectes (deuxième article)	Alphonse Labitte, Attaché au Muséum (Hautes-Etudes).	347
Les A-côté de la Science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor	353
L'outillage électrique portatif pour les travaux de perçage	Jules Rouvère	359
Les récipients remplis et étiquetés avec le minimum de main-d'œuvre		364
Quelques explications nécessaires sur la « Christian Science »		365
Un moyen de s'opposer aux effractions et, en même temps, de les signaler		368
Un détecteur idéal pour les postes mobiles de T. S. F.		369

La couverture de ce numéro montre la curieuse voiture automobile « La Sirène », construite par un Américain. Sur route, ce véhicule peut faire 100 kilomètres à l'heure et, sur l'eau, il est susceptible de filer 20 nœuds.

DE COMBIEN DE MONDES L'ESPACE EST-IL PEUPLÉ ?

FIG. 1. — LA MAGNIFIQUE NÉBULEUSE SPIRALE DE LA GRANDE OURSE

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

Depuis la guerre, paraît tous les deux mois. — Abonnements : France, 17 francs. Étranger, 26 francs
Rédaction, Administration et Publicité : 13, rue d'Enghien, PARIS — Téléphone : Bergère 37-36.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays.
Copyright by La Science et la Vie *Août 1920.*

Tome XVIII — Août-Septembre 1920 — Numéro 52

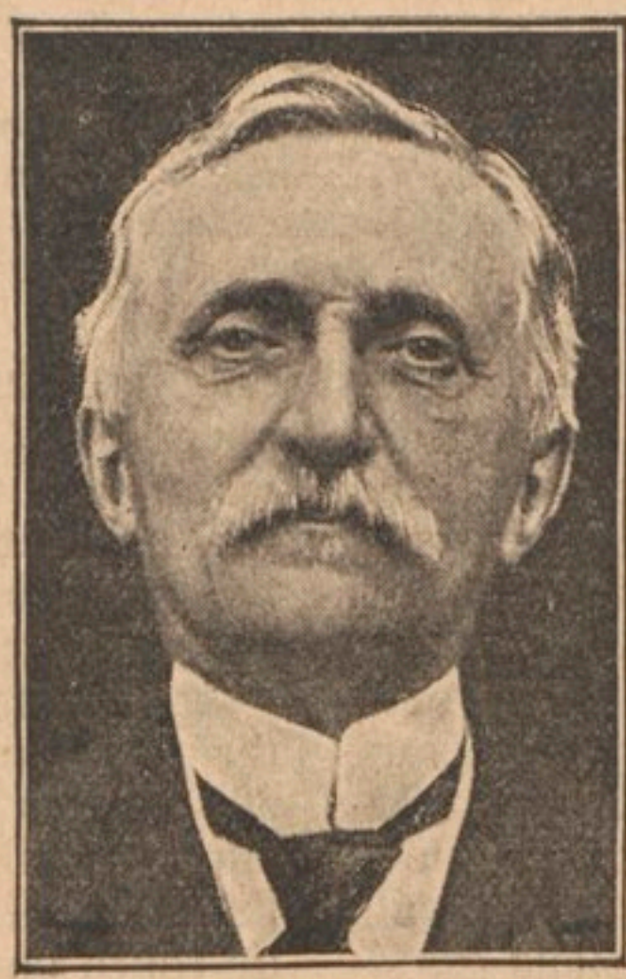
L'ORIGINE DES MONDES ET LA STRUCTURE DE NOTRE UNIVERS

D'APRÈS LES DÉCOUVERTES DE LA SCIENCE MODERNE

Par Émile BELOT

INGÉNIEUR EN CHEF DES MANUFACTURES DE L'ÉTAT
VICE-PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ ASTRONOMIQUE DE FRANCE

Lorsqu'il y a plus d'un siècle, Laplace publia sa célèbre hypothèse de la nébuleuse originelle, il la présenta « avec la défiance que doit inspirer tout ce qui ne résulte pas de l'observation ou du calcul ». Le grand astronome manifestait ainsi, avec la modestie qui convient toujours à la science, une vue pénétrante des progrès qui restaient à faire à l'astronomie en tant que science d'observation. Le système solaire était alors bien mal connu : on ignorait les rotations et révolutions rétrogrades, ce qui permettait de supposer que tous les astres de notre système tournent comme la Terre dans le sens direct. Sur un millier de petites planètes, aujourd'hui cataloguées, on n'en connaissait que quatre. Le télescope n'avait pas encore révélé les formes étranges des nébuleuses spirales dont nous savons maintenant qu'il existe probablement un million. La photographie n'existait pas, œil incomparable qui accumule pendant près de cent heures les impressions lumineuses sur la même plaque, alors que l'œil humain ne les totalise que pendant un dixième de seconde. Enfin le spectroscope n'avait pas encore révélé l'unité de composition chimique de l'univers stellaire et les vitesses radiales des étoiles dont la distance même n'est plus mesurable.



M. E. BELOT

Comment imaginer que tant de données nouvelles qui manquaient à Laplace ne puissent être mises en œuvre pour édifier une synthèse cosmique nouvelle précisant l'origine des mondes ? Essayons d'abord de connaître un peu ces mondes, dont à peine un habitant de notre planète sur cent mille a quelques notions, grâce à l'ostracisme injustifié, déploré par le maître Camille Flammarion, dont est victime, dans les programmes de tous les enseignements, la plus noble et la plus éducative des sciences : l'astronomie.

L'immensité de l'univers et la variété des systèmes sidéraux.

Quittons la Terre, chevauchant un rayon de lumière qui, à la vitesse de 300.000 kilomètres par seconde, met 8 m. 18 s. à venir du Soleil, après avoir

rencontré sur sa route Mercure et Vénus. En un peu plus d'une seconde, nous atteindrons la Lune (distance : 360.000 kilomètres) ; en 4 m. 20 s. Mars ; nous mettrons un quart d'heure à traverser la zone des mille petites planètes avant d'atteindre, en 35 minutes, Jupiter, en 70 minutes Saturne, en 2 h. 30 m. Uranus, et en 4 heures Neptune (fig. 1 *bis*). Sur notre chemin, nous rencontrerons de nombreuses comètes qui, loin du Soleil, n'ont pas de queues et sont à peine visibles comme de petites nébuleuses sphériques. Nous ne verrons plus alors le Soleil que comme une grosse étoile, mais ne sortirons de sa sphère d'attraction qu'après 2 ans de voyage ; car nous n'atteindrons l'étoile brillante la plus voisine α du Centaure qu'après 4 ans de voyage et un parcours de 40.000 milliards de kilomètres. Là, une première surprise nous attend : α du Centaure est une étoile double, composée de deux soleils gravitant l'un autour de l'autre. Notre Soleil unique au centre de notre système est donc une exception, car, dans ce voyage ultra rapide, nous rencontrerons nombre d'étoiles doubles, triples, quadruples, etc.

C'est maintenant par siècles qu'il faut compter la durée du voyage. A une distance mesurée par 1 à 3 siècles, nous rencontrerons les grandes nébuleuses amorphes (Orion, Cygne, etc., fig. 2 et 3), masses gazeuses, à lueur électrique, qui forment sans doute l'une des matières premières des mondes et contiennent surtout de l'hydrogène et de l'hélium. Au bout de 60 siècles de cette fantastique randonnée, nous aurons pu compter un à deux milliards d'étoiles ; dans une fugitive apparition, nous aurons aperçu, gravitant autour des étoiles, des milliards de planètes portant des milliards d'humanités que nous ne connaîtrons jamais ! Et nous ne serons arrivés qu'à la lisière du noyau central de la Voie lactée et non pas même jusqu'à ces nuages stellaires (fig. 4 et 5) que les photographies montrent comme une poussière d'or jetée sur les ténèbres infinies de l'espace. Là, peut-être, nous verrons naître un monde, un système planétaire comme le nôtre par le choc d'une étoile gazeuse sur une nébuleuse, dans un embrasement subit que nous révèlent les « Novæ ».

Ayons maintenant la patience d'admirer ce majestueux spectacle pendant 600 siècles de voyage, à la vitesse de 300.000 kilomètres par seconde, alors l'horizon céleste nous apparaîtra dégagé de toute poussière stellaire. Que verrons-nous au delà ? Dans la direction du Sagittaire, nous distinguerons ce qu'on a appelé les *Univers-Iles*, les amas d'étoiles, ouverts ou globulaires, agglomérations gigantesques dont chacune peut contenir de 30.000 à 100.000 soleils (voir l'Amas des Chiens de chasse, fig. 6), sphère de feu tournant autour d'un axe comme un phare illuminant l'océan de l'éther

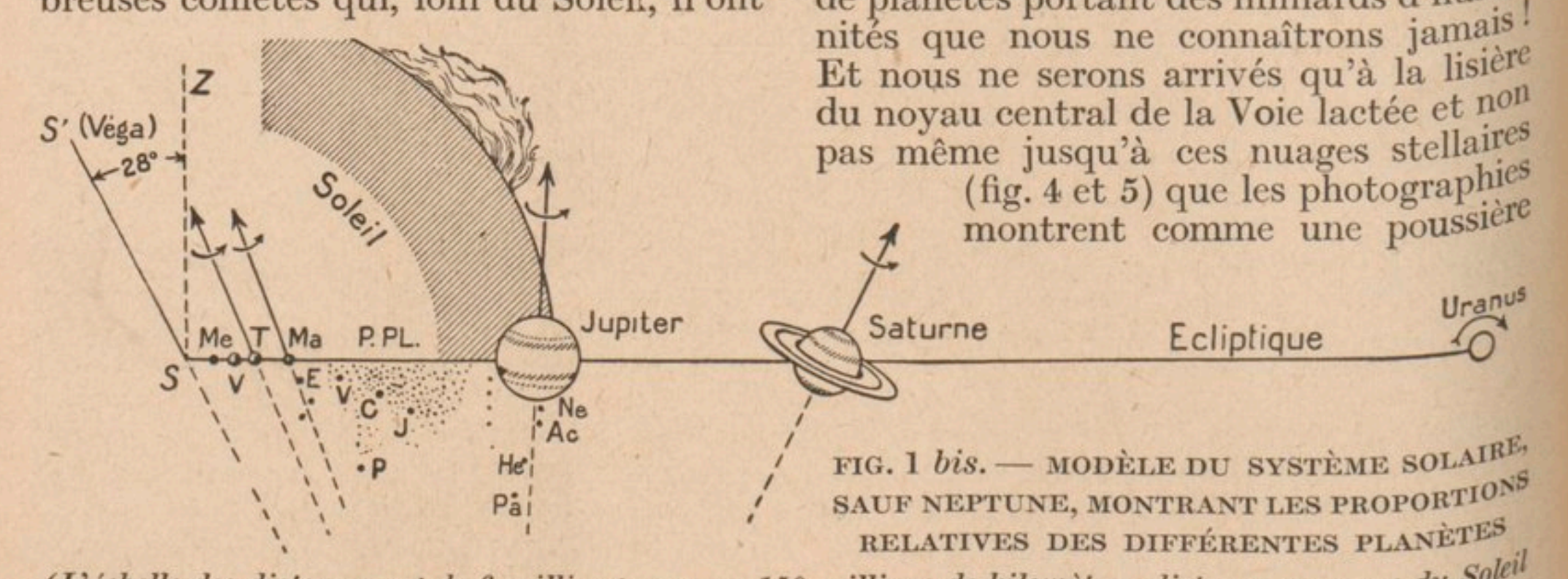


FIG. 1 *bis*. — MODÈLE DU SYSTÈME SOLAIRE, SAUF NEPTUNE, MONTRANT LES PROPORTIONS RELATIVES DES DIFFÉRENTES PLANÈTES

(L'échelle des distances est de 6 millimetres pour 150 millions de kilomètres, distance moyenne du Soleil à la Terre, et celle des diamètres de 0 mm. 6 pour 12.700 kilomètres, diamètre de la Terre.) A cette échelle, le volume du Soleil enfermerait toutes les planètes, jusques et y compris Jupiter. Chaque planète a un axe de rotation dont le pôle nord est dans la direction de chaque flèche. Le Soleil a un axe un peu différent de celui de l'écliptique S Z, *mais qui est loin de coïncider avec la direction de translation* S S' *de tout le système dans l'espace. Tous les axes planétaires ont un mouvement conique, comme celui d'une toupie, autour de l'axe de l'écliptique : à l'origine, tous ces axes et l'axe de translation du système entier (vers l'étoile Vega) étaient dans un même plan et s'y rencontraient en un même point. C'est dans cette position initiale qu'ils sont figurés ici. - On remarquera, à la surface du Soleil, une énorme protubérance observée pendant l'éclipse du 29 mai 1919 ; elle mesurait en longueur quarante fois le diamètre de la Terre et quatorze fois en hauteur.* — S, *centre du Soleil ;* Me, *Mercure ;* V, *Vénus ;* T, *la Terre ;* Ma, *Mars ;* E, *Eros ;* V, C, J, P, *Vesta, Cérès, Junon, Pallas (petites planètes) ;* Ne, Ac, He, Pa, *Nestor, Achille, Hector, Patrocle (petites planètes de la famille de Jupiter).*

infini. D'une enjambée de géant, transportons-nous sur un de ces amas (celui du Dauphin) qui nécessite, pour l'atteindre, un voyage de 2.000 siècles et semble être aux confins extrêmes d'une des spires de l'admirable Voie lactée.

Sondons alors les profondeurs sidérales; nous ne verrons plus que les nébuleuses spirales (fig. 1, 7, 8, 10, 16), c'est-à-dire les autres Voies lactées, les Univers extérieurs au nôtre, et qui se comptent par millions. Le plus proche, c'est la nébuleuse spirale d'Andromède, qui se précipite vers nous à la vitesse de 300 kilomètres par seconde et où, déjà, le télescope a vu la naissance d'une quinzaine d'étoiles nouvelles. A quelle distance est-elle de nous? Peut-être à une distance qui, en années de lumière, est mesurée par 5 à 6.000 siècles.

Ainsi nous mesurons des vitesses, nous voyons des chocs cosmiques et enregistrons des phénomènes qui ont eu lieu il y a 200.000 et probablement plus de 500 000 ans! Nous photographions des astres qui pourraient ne plus exister depuis qu'il y a des hommes sur la Terre. Voilà le grandiose et impressionnant tableau du Cosmos révélé par l'astronomie moderne. Combien différent, dans l'espace et dans le temps, du minuscule horizon sidéral connu des astronomes d'il y a un siècle à peine!

FIG. 2. — LA GRANDE NÉBULEUSE D'ORION

Le problème cosmogonique du point de vue de l'évolution.

Alors le problème cosmogonique nous apparaît dans son effroyable complexité, que ne pouvait soupçonner Laplace. Il ne s'agit plus d'expliquer seulement l'origine de notre petit système solaire. L'unité de plan cosmique est telle, qu'il faut, en même temps, rendre compte des formes étranges et des mouvements des nébuleuses spirales, de la structure de la Voie lactée, de la formation des amas d'étoiles et des Novæ. L'unité de composition chimique des mondes est connue par l'analyse spectrale ; toutes les forces physiques connues sont aussi universelles que la gravitation. La géométrie est à peu près plane dans tous les systèmes : les satellites gravitent dans le plan de l'équateur de leur planète, comme les planètes autour du Soleil dans le plan de l'écliptique. La Voie lactée est à peu près plane, comme le sont les nébuleuses spirales; la preuve en est donnée par ceux de ces astres vus par la tranche (H. V. 24 Chevelure de Bérénice, fig. 10). Tous ces faits convergent vers cette idée que l'évolution de tous les systèmes cosmiques a été la même de tous temps.

Or, que nous enseigne l'évolution de tous les êtres vivants, animaux ou végé-

taux ? Elle est très rapide au début où chacun fixe, en quelques jours ou quelques mois, les caractères distinctifs et la géométrie de son espèce. Si l'attraction avait présidé à l'évolution des êtres cosmiques, celle-ci aurait été, au contraire, très lente au début (1). Par ailleurs, l'attraction aurait dû produire la *concentration* de toute la matière d'un système en une seule masse; or, ce que nous constatons, c'est, au contraire, la *dispersion* des masses autour d'un centre, satellites autour d'une planète, planètes autour du Soleil, spires divergentes dans les nébuleuses spirales. Ainsi donc, une première conclusion s'impose : *l'attraction ne peut expliquer la structure des Mondes.* Il faut chercher leur origine dans les *forces dispersives à action rapide* dans les *astres à évolution courte* qui soient comme les embryons des soleils ; or, ces astres existent, ce sont les étoiles nouvelles ou « Novæ ».

FIG. 3. — LA NÉBULEUSE AMORPHE DU CYGNE

On remarquera tout particulièrement son aspect filamenteux.

Mais l'idée d'évolution évoque aussi celle de variété des espèces. Aujourd'hui, l'hérédité mendélienne (ou caractères de l'hérédité établis par Mendel) rend un compte précis de cette variété par les combinaisons multiples des caractères dominant chez les deux parents. En un mot, la variété des espèces tient au *dualisme* qui préside à la naissance des êtres. Dans l'unité de plan cosmique, la variété bien constatée des espèces sidérales n'est-elle pas due à leur *origine dualiste*, et ne faut-il pas la rencontre de deux types cosmiques déjà différenciés pour engendrer chaque astre de l'univers ? Or, nous connaissons de telles rencontres dans le ciel : ce sont précisément les Novæ, ces astres étranges à évolution rapide. Et ces rencontres qui, naturellement, se produisent dans la Voie lactée, où la matière cosmique est particulièrement abondante, ont le caractère de véritables chocs, car, en quelques heures, des Novæ comme celle de Persée

(1) La vitesse de condensation d'une sphère gazeuse est en raison inverse de la racine carrée du rayon.

(1901) et celle de l'Aigle (1918) passent de la onzième grandeur à un éclat de beaucoup supérieur à celui de Sirius, c'est-à-dire 150.000 fois plus brillantes le jour de leur découverte que la veille.

Dans nos laboratoires comme dans notre atmosphère (bolides), un choc produit de la lumière, des vibrations, une dispersion de la matière autour du point de choc : voilà l'origine de ces forces dispersives dominant l'attraction, à action rapide, que l'idée d'évolution nous a conduit à chercher dans le règne cosmique. Ainsi, dans le choc initial des astres en rotation qui leur ont donné naissance, les satellites ne seraient que les éclaboussures du noyau planétaire; les planètes, les éclaboussures du noyau solaire ; et les spires des nébuleuses spirales, que les jets centrifuges de leur noyau.

Notre cosmogonie dualiste qui, partant des Novæ, étudie les chocs cosmiques et la translation des astres nébuleux produisant leurs rencontres, est ainsi en opposition complète avec les autres cosmogonies, soit monistes, comme celles de l'école de Laplace, où n'interviennent pas les translations, soit même dualistes, comme celle de Chamberlain-Moulton (hypothèse planétésimale) où l'on ne fait intervenir que les *demi-chocs à distance*, marées cosmiques, où seule la gravitation entre dans les calculs des savants.

Qu'elle est donc l'histoire d'une Nova d'après la science moderne ? Une petite étoile gazeuse ou petite nébuleuse planétaire, à peine marquée sur les clichés (onzième grandeur) atteint en quelques heures, par un choc sur un nuage cosmique, l'éclat d'une étoile de première grandeur. Est-ce un soleil obscur qui a brisé sa croûte ? Non, car le spectre continu, toujours faible, disparaît rapidement pour faire place au spectre des nébuleuses, qui est celui du nuage cosmique. L'hydrogène, très abondant, se révèle par ses raies brillantes souvent déplacées vers le rouge et par ses raies sombres fortement dédoublées et déplacées vers le violet ; et les nappes ainsi détachées du noyau stellaire s'approchent de la Terre à des vitesses fantastiques atteignant parfois, comme dans la Nova de l'Aigle (1918), 2.300 kilomètres par seconde.

FIG. 4. — NÉBULEUSE « AMÉRIKA », REMARQUABLE PAR SA CURIEUSE FORME, QUI RAPPELLE LA CARTE DE L'AMÉRIQUE DU NORD

Puis l'éclat de la Nova diminue, souvent par oscillations périodiques; on la voit s'entourer de nappes nébuleuses concentriques s'épanouissant en diamètre. Les photographies ne montrent-elles pas là les anneaux planétaires du système en formation ? Et voilà qu'en deux ans l'évolution se termine par le retour de la Nova à son éclat primitif, mais avec les raies caractéristiques des étoiles Wolf-Rayet, à hélium, qui sont les plus jeunes et les plus chaudes.

Faut-il voir dans cette évolution prodigieuse et rapide un cataclysme comme la fin d'un monde, volatilisé par le feu ? *Solvet sæclum in favilla.* Notre cosmogonie optimiste y voit, au contraire, l'origine d'un système solaire dont la gestation est courte comme celle de tout embryon; elle interprète le choc lumineux d'une Nova comme le *fiat lux*, précédant de bien des jours la lumière d'un soleil condensé et annonçant à l'univers, par ce brillant message, la naissance d'une nouvelle famille planétaire.

La nouvelle cosmogonie dualiste et tourbillonnaire : Ses preuves.

C'est par la méthode que je suis arrivé à débrouiller le problème de l'origine

des mondes. La science moderne s'habitue à faire table rase des idées qui paraissaient les plus fondamentales : constance de la masse (elle varie avec la vitesse) ; permanence des atomes (la radioactivité les désintègre) ; intangibilité de la loi de Newton (elle nécessite, d'après Einstein, un terme de correction qui dépend de la vitesse de la lumière). L'astronomie moderne doit, à son tour, s'habituer à cette idée paradoxale, qui a toujours étonné H. Poincaré lorsque je l'en entretenais, à savoir que : *l'architecture des mondes ne dépend pas de la gravitation.*

Il faut d'abord expliquer ce paradoxe.

La gravitation, à l'origine, peut être *inopérante* ou *latente.* Quand deux astres nébuleux très étendus se rencontrent dans l'espace, leurs centres de gravité sont très éloignés des surfaces de choc : leur attraction mutuelle ne peut leur donner qu'une vitesse minime, quelques kilomètres par seconde, alors que la vitesse relative du choc peut atteindre plus de 2.000 kilomètres ; alors, la gravitation est *inopérante*, faible force perturbatrice parmi les forces dispersives dues au choc cosmique.

Il se peut aussi, comme je l'ai démontré assez récemment dans une note à l'Académie des Sciences, que l'attraction soit constamment en équilibre avec la force centrifuge le long de certaines trajectoires cosmiques ; alors, l'attraction est *latente*, et les calculs ne renferment que les forces dispersives dues au choc.

Nous voici affranchis du monopole explicatif de la loi de Newton (1) ; par cette libération, nous entrevoyons que la mécanique céleste des origines n'est que la mécanique et la physique ordinaires appliquées à des masses fluides telles qu'on peut les expérimenter dans nos laboratoires ; et cela simplifie singulièrement le problème de l'origine des mondes.

Cependant, pour le résoudre, quelle méthode choisirons-nous ? Tout simplement celle qui a réussi aux fondateurs de l'astronomie moderne, Képler et Newton, qui, inconsciemment, ont appliqué la méthode inductive des sciences physiques, Képler trouvant empiriquement ses trois lois applicables aux planètes (2) et

FIG. 5. — AMAS STELLAIRES DANS LA RÉGION D'OPHIUCHUS, COUPÉS PAR DES ROUTES SOMBRES ABOUTISSANT PRESQUE TOUJOURS A DES NÉBULEUSES

(1) Voici la loi de Newton dans toute sa simplicité : « Toutes les particules de matières répandues dans l'univers s'attirent mutuellement en raison directe de leurs masses et en raison inverse du carré de leurs distances. »

(2) La première loi de Képler établit l'*égale description des aires* dans les termes suivants : imaginons une ligne qui joigne le soleil à une planète : tandis que la planète se mouvra sur son ellipse, cette ligne (que l'on appelle en astronomie le *rayon vecteur*) *décrira* ou *parcourra* des portions de l'aire ou de la surface de l'ellipse, et le mouvement sera tel que le rayon vecteur décrira *des aires égales en temps égaux*,

Newton cherchant la théorie capable d'expliquer leurs formes mathématiques.

J'ai donc cherché empiriquement, dans le système solaire, de nouvelles lois ; j'en ai trouvé deux : *la loi des distances des planètes et satellites* à leur astre central, et la *loi des rotations des planètes* autour de leur axe. Chaque loi contenait dans sa formule deux termes : de là l'idée de la cosmogonie dualiste. En un mot, c'est en cherchant l'explication mathématique de ces deux lois que j'ai trouvé la nouvelle cosmogonie : il y avait deux corps à l'origine de chaque astre de notre système; ces corps, en se rencontrant à l'état nébuleux, devaient engendrer des tourbillons, comme en avait déjà émis l'hypothèse notre génial physicien Descartes. Toute la nouvelle cosmogonie tient dans l'énoncé suivant :

Hypothèse dualiste de la cosmogonie tourbillonnaire

Tous les astres et systèmes sidéraux résultent du choc d'un sphéroïde gazeux S (fig. 13) *en rotation sur une nébuleuse amorphe* N, *douée de translation et où le noyau* S *pénètre.*

A défaut des preuves mathématiques par trop compliquées et qu'on trouvera ailleurs, nous exposerons ici quelles réalités physiques nous ont révélé les calculs, et comment on peut réaliser des phénomènes analogues dans nos laboratoires.

FIG. 6. — AMAS GLOBULAIRE M³ DES « CHIENS DE CHASSE »

1° *Phénomène de vibration ou pulsation d'une sphère gazeuse.* — Produisons avec le liquide de Plateau (formé d'eau, de savon et de glycérine) une grosse bulle de savon S_1 (fig. 11) et soufflons en-dessous pour lui donner une translation : nous la verrons s'aplatir alternativement à l'équateur (E_1 E_2) et aux pôles (P_1 P_2). Si l'on pouvait souffler assez fort sans la crever, la matière équatoriale serait projetée en E_1 E_2 sous forme de nappe (N_1 N_2) à section circulaire s'écartant de la bulle. La pulsation de la bulle étant périodique comme toute vibration, d'ailleurs, les positions S_1 S_2 de renflement équatorial sont équidistantes sur la direction S_1 S_2 de la flèche.

Comparons cette expérience avec la figure 13 représentant schématiquement la formation du système solaire primitif. La sphère gazeuse ou *protosoleil*, ayant un rayon égal à soixante-deux fois celui du Soleil actuel, heurte la nébuleuse *N*, le point de choc étant situé à 28° du pôle dans la directiou de l'Apex (1) vers l'étoile Véga.

Le protosoleil entre en pulsation, se renflant à l'Equateur en 1, 2, 3... Si la pulsation est assez intense, des *nappes planétaires* se détacheront de l'équateur, formant dans la nébuleuse des tulipes évasées se dirigeant vers l'écliptique primitive *E E*. Chacune de ces nappes sera incontestablement une *surface tourbillonnaire* puisque chaque molécule y décrit une hélice en raison de sa rotation autour de 1 *S* et de sa translation ;

2° *Phénomène de translation d'une surface gazeuse dans un milieu résistant.* —

sur quelque point de l'ellipse que la planète se trouve.

La seconde loi, en vertu de laquelle les planètes décrivent des ellipses dont le soleil occupe le foyer, détermine la loi de la gravitation solaire pour chaque planète, inépendamment des autres.

D'après la troisième loi, les carrés des temps périodiques des planètes (c'est-à-dire le temps qu'elles mettent pour parcourir leur orbite autour du soleil) sont entre eux dans le même rapport que le cube de leurs moyennes distances au soleil.

(1) L'Apex est le point du ciel vers lequel se dirige le système solaire dans sa translation dans l'espace.

FIG. 7. — MAGNIFIQUE NÉBULEUSE D'ANDROMÈDE, EN FORME DE SPIRALE

Ici, une expérience simple peut encore nous aider. Dans une boîte *A B*, produisons de la fumée de tabac ; abaissons brusquement le couvercle *C C* percé d'un trou rond *O* (fig. 12) de dix centimètres de diamètre. Nous lancerons ainsi dans l'air de grands anneaux de fumée qui se dilateront au fur et à mesure de leur progression de *O* en *M*. On démontre que la courbe *M M* est une courbe logarithmique. Les courbes limitant les contours apparents des nappes planétaires (fig. 13) émises en 1, 2, 3, seront aussi logarithmiques, car il est aisé de comprendre que ces nappes sont des projectiles gazeux (comme nos anneaux de fumée) dans le milieu résistant de la nébuleuse.

Il en résulte que nous pourrons calculer les distances où les nappes planétaires (et, par suite, les planètes) étaient du Soleil quand elles ont atteint l'écliptique primitive *E E*. Or la loi théorique ainsi trouvée est vérifiée très exactement par les distances réelles des planètes, et, de même, par les distances des satellites à leur planète. Cette loi s'énonce ainsi :

Lois des distances et des inclinaisons des axes planétaires.

Le rapport des distances de deux planètes (ou satellites) *consécutives au proto-soleil* (ou au noyau planétaire) *est constant.*

Ainsi la loi des distances que jamais la mécanique newtonienne n'a pu démon-

trer est la première acquisition de la cosmogonie tourbillonnaire. Mais il y en a une seconde, insoupçonnée jusque-là par les astronomes.

On voit sur la figure 13 que les courbes *MM* coupent l'écliptique *E E* sous des angles variés s'écartant de plus en plus de la direction de l'Apex. Or, ces angles sont précisément ceux que forment les axes de nos planètes avec l'axe de l'écliptique ; il y a donc une loi des inclinaisons des axes planétaires que voici :

A l'origine, tous les axes planétaires sont dans un même plan perpendiculaire à l'écliptique et comprenant la direction de l'Apex où ils convergent en un même point (Voir la fig. 1 *bis*). Si la Terre a son axe incliné de 23°27 sur celui de l'écliptique, c'est qu'elle est près du Soleil, dont la direction de translation fait un angle de 28° avec le même axe. Jupiter étant plus loin du Soleil, a son axe presque perpendiculaire à l'écliptique. Saturne (28° a son axe encore plus incliné que la Terre. Mais, qu'arrivera-t-il pour Uranus, deux fois plus éloigné que Saturne du Soleil ? Sa nappe va être rebroussée par sa translation dans la nébuleuse au point de former un véritable anneau (comme nos anneaux de fumée) et alors ses molécules doivent tourner autour d'un axe couché dans l'écliptique. Ainsi cette prétendue anomalie incompatible avec la cosmogonie de Laplace trouve aussitôt son explication dans la nôtre.

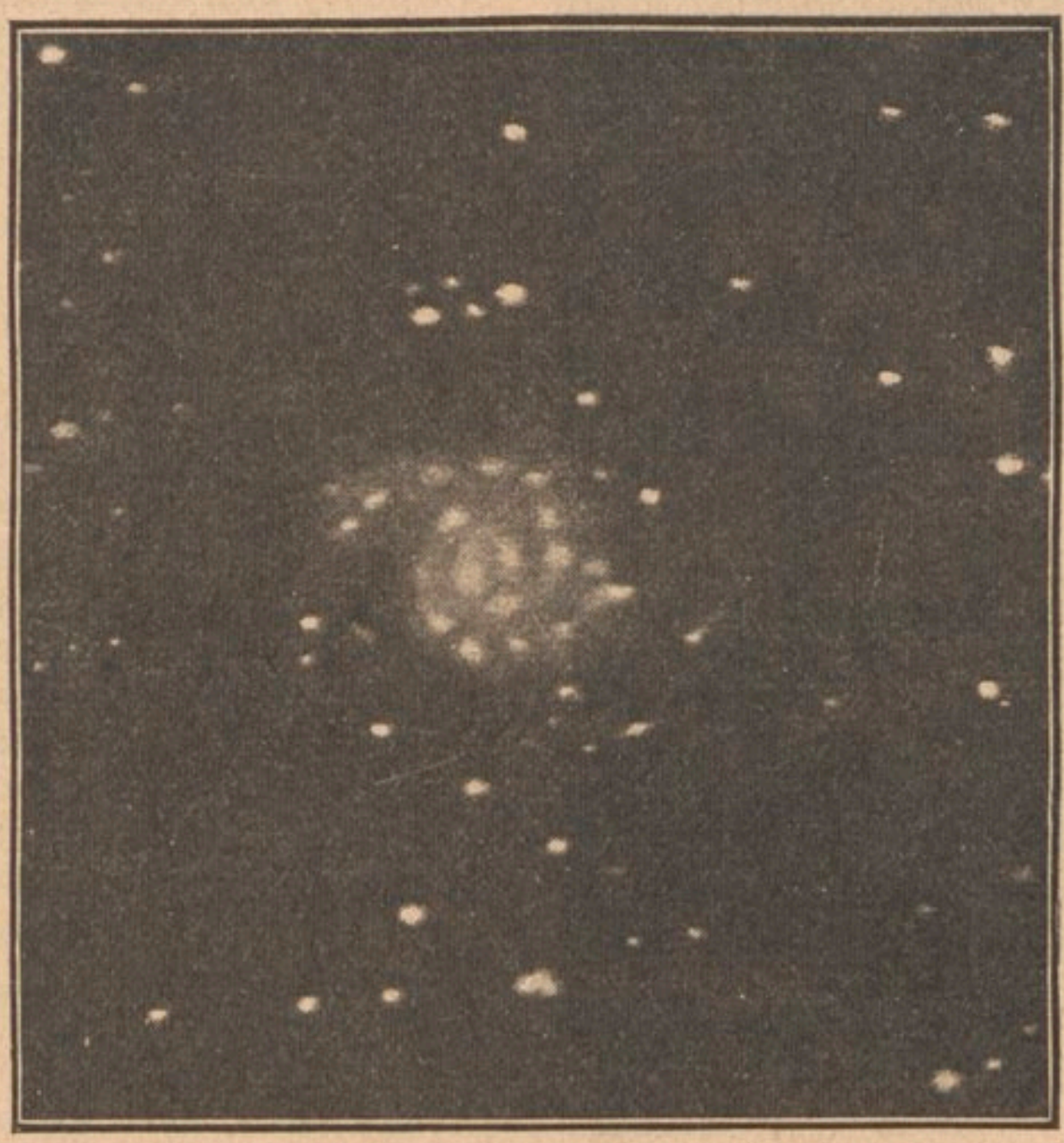


FIG. 8. — NÉBULEUSE SPIRALE DES « POISSONS »

On a accentué les condensations périodiques, qui sont sans doute des amas d'étoiles et qui imitent les spires.

Rotations planétaires, excentricités d'orbite, etc.

Avec la même facilité, nous expliquerons les particularités les plus diverses qui ont arrêté les autres cosmogonies.

Les rotations directes. — Les explications embarrassées de Faye et H. Poincaré sur ce sujet n'ont jamais convaincu personne. Dans notre cosmogonie, la cause de la rotation directe des planètes voisines du Soleil est intuitive. En même temps, on comprend pourquoi, en général, il n'y a qu'une grosse planète par nappe ou anneau. La nébuleuse amorphe *N* a une composante de translation *V* d'arrière en avant (fig. 13), c'est-à-dire de sens opposé à la vitesse des nappes au moment où elles franchissent la ligne *S E*. La vitesse de celles-ci diminue par ce freinage ; elles ont donc tendance à tomber vers le Soleil, mais, rappelées en arrière de leur mouvement par l'attraction du reste de la nappe, elles s'enroulent dans le sens direct qui

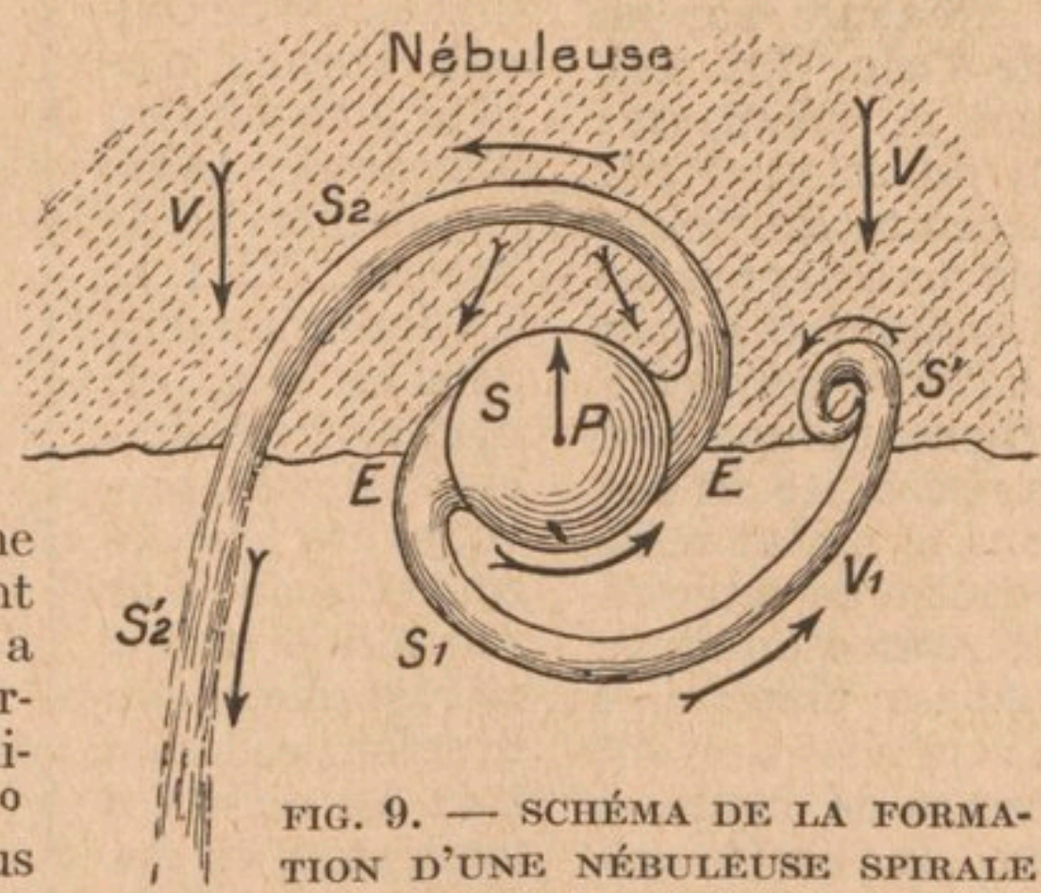


FIG. 9. — SCHÉMA DE LA FORMATION D'UNE NÉBULEUSE SPIRALE PAR LE CHOC ÉQUATORIAL DU NOYAU TOURNANT *S* SUR LA NÉBULEUSE AMORPHE

Le choc forme deux bourrelets EE *qui jaillissent radialement et qui, animés d'un mouvement de rotation, produisent les spires* S_1, S', S_2, S'_2.

FIG. 10. — NÉBULEUSE SPIRALE VUE PAR LA TRANCHE (HV 24 ; CHEVELURE DE « BÉRÉNICE »)

est celui des nappes parce que c'était aussi le sens de rotation du protosoleil.

Les excentricités d'orbite. — Mais pourquoi, dès l'origine comme actuellement, les planètes ne tournent-elles pas circulairement autour du Soleil, mais dans des orbites un peu excentrées (ellipses) ? Remplaçons la nappe circulaire par un cerceau *C* flottant sur l'eau (fig. 14), milieu résistant comme la nébuleuse ; remplaçons l'attraction du soleil *O* par des ressorts reliant au centre les points du cerceau. Puis, soumettons cet ensemble matériel à une traction oblique *O F*, par une corde attachée en *O*. Nous verrons *OF* se déplacer en *O' F'*, (ligne indiquée en pointillé) à cause de la résistance du cerceau au mouvement dans le milieu résistant : *O'* n'est plus au centre de cerceau. De même la translation *S Apex* est oblique au plan de tête des nappes planétaires (fig. 13). Il est évident qu'elles doivent être excentrées, leur centre de figure, à l'origine, étant à droite du centre solaire *S*, qui les entraîne dans l'espace.

Les mouvements de révolution rétrogrades et les comètes. — Il semblerait que nous devions être aussi embarrassés que la cosmogonie de Laplace pour expliquer les mouvements de révolution rétrogrades et les comètes dont les orbites, très aplaties, sont presque paraboliques ; il n'en est rien. Considérons le mécanisme qu'on appelle *un différentiel* et qui se compose essentiellement d'un pignon denté *P* tournant autour du centre *S* et engrenant avec deux secteurs dentés N_1 N_2 (fig. 18). Dans la réalité cosmique, *S* est le Soleil, N_1, une nappe planétaire ayant sa vitesse *V*, de sens direct, N_2, la nébuleuse amorphe ayant sa vitesse V_0 de sens rétrograde par rapport à *S*. C'est le conflit de V_0 et *V* qui crée le tourbillon local planétaire *P*, assurant à la future planète une rotation sur son axe. Examinons ce qui va se passer dans la région rétrograde du système solaire, c'est-à-dire au delà d'Uranus. On a d'abord : *V* plus grand que V_0 ; la planète *P* engrenant avec *V* et V_0 aura *sa rotation rétrograde* et sera entraînée dans le sens de la flèche *D (révolution de sens direct) :* c'est le cas d'Uranus et de Neptune. Mais éloignons-nous du Soleil : la vitesse d'orbite *V* diminue d'après la troisième loi de Képler, V_0 restant constant. On aura donc, à un moment donné : *V* plus petit que V_0. Alors la planète *P* continuera à avoir sa *rotation rétrograde*, mais sera entraînée dans le sens *R* (révolution rétrograde). On ne connaît aucune planète à révolution rétrograde, mais les satellites IX de Saturne, VIII et IX de Jupiter sont dans ce cas, et, pour ces deux derniers, j'avais prévu, avant leur découverte, que leur révolution serait rétrograde comme le seront celles de tous les satellites extérieurs, et des planètes que l'on pourra découvrir au delà de la distance 100 *unités astronomiques* (1).

(1) L'unité astronomique est la distance de la terre au soleil.

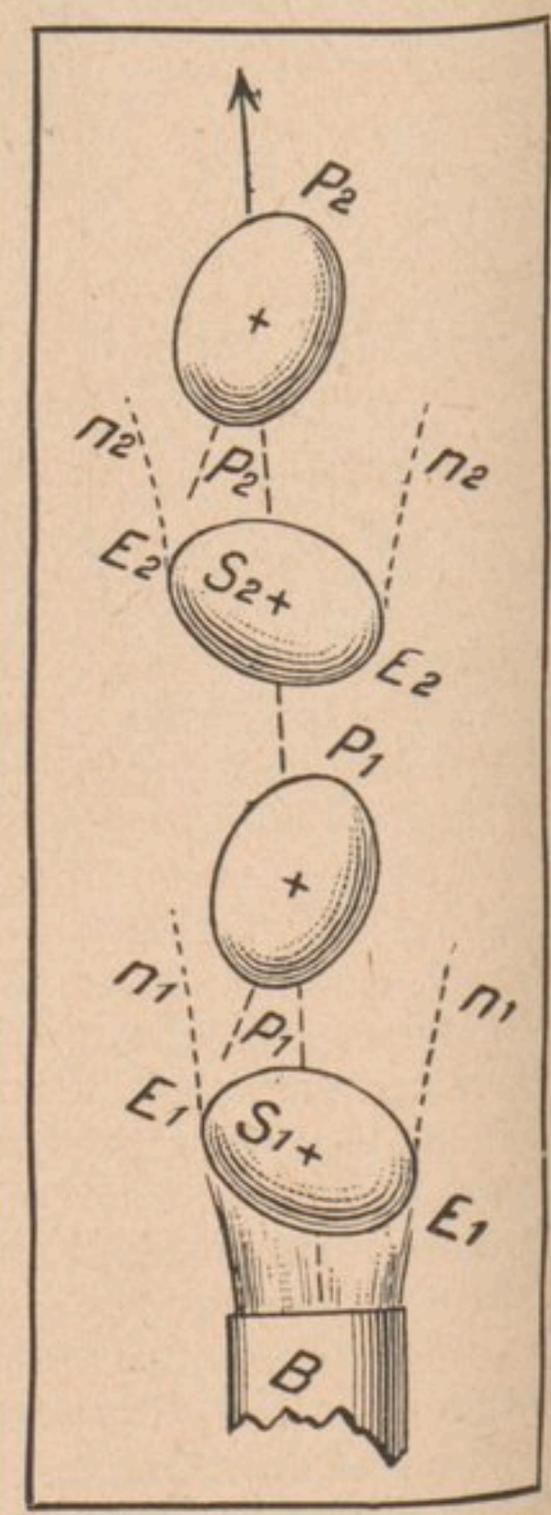


FIG. 11. — PHÉNOMÈNE VIBRATOIRE OU PULSATOIRE D'UNE SPHÈRE GAZEUSE ANIMÉE D'UNE TRANSLATION DANS LE SENS DE LA FLÈCHE

(Voir le texte page 217.)

Mais qu'arrive-t-il si $V = V_0$, ce qui a lieu vers cette distance ? Il y a bien alors collision entre les masses V et V_0, mais aucune tendance à la rotation de P, c'est-à-dire aucune agglomération tourbillonnaire. Dès qu'une masse V rencontre une masse V_0, leur vitesse orbitale s'annule, mais comme le Soleil continue à les attirer et que l'attraction n'est pas équilibrée par la force centrifuge, elles se précipitent en droite ligne vers le Soleil : ce sont *les comètes*, masses nébuleuses sans agglomérations avec orbites à grande excentricité qui peuvent d'ailleurs, en passant près de Jupiter et Saturne, voir leur excentricité se réduire beaucoup par cette *capture*. Il peut aussi y avoir des comètes produites par les parties extrêmes des traînées en lesquelles la masse solaire étire plus ou moins la nébuleuse primitive, suivant la belle théorie de Schiaparelli.

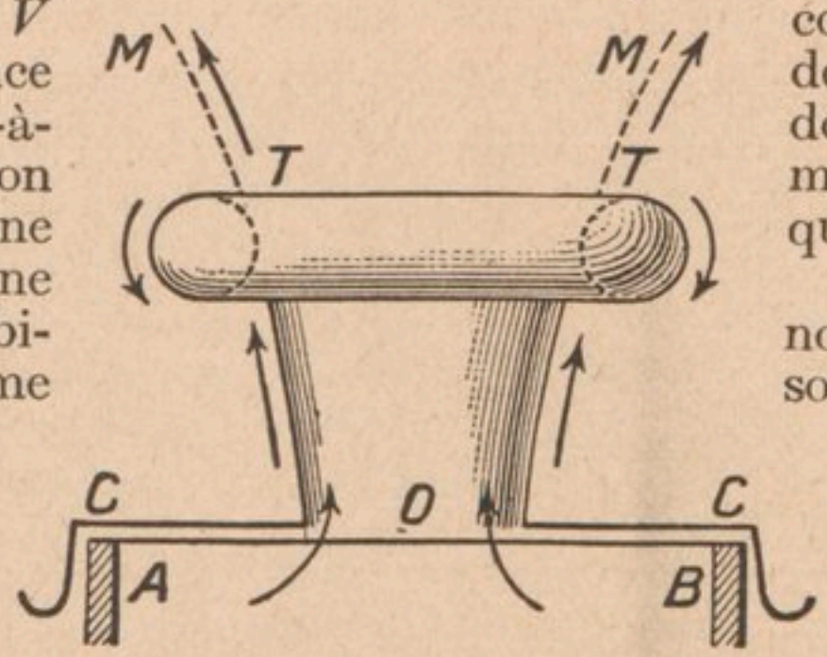


FIG. 12. — REPRODUCTION DU PHÉNOMÈNE DE TRANSLATION D'UNE SURFACE GAZEUSE DANS UN MILIEU RÉSISTANT AU MOYEN D'ANNEAUX DE FUMÉE

M M, *trajectoire d'un anneau de fumée* T T *sortant par* O *de la boîte* A B.

Les nébuleuses spirales et la structure de notre univers.

La synthèse dualiste du système solaire satisfait déjà l'esprit par les multiples vérifications numériques ou qualitatives dont nous avons fait connaître les principales. Mais la structure de notre univers (Voie lactée) et celle des autres univers (nébuleuses spirales) restent encore à expliquer : la richesse de l'hypothèse dualiste va y pourvoir.

C'est par un choc sur la *région polaire* d'un noyau gazeux en rotation que se détachent de l'équateur, par émission radiale, des nappes planétaires. C'est le choc sur la *région équatoriale* d'un noyau gazeux en rotation qui va nous livrer le secret des nébuleuses spirales : ainsi le problème des chocs cosmiques se décompose en deux cas bien distincts donnant lieu à des systèmes aux formes géométriques absolument différentes.

Imaginons (figure 9), un noyau S dont les pôles sont en PP', l'équateur EE' dans le plan de la figure, ainsi que la vitesse relative V dans la rencontre avec la nébuleuse N. Le choc produira deux bourrelets diamétralement opposés $E\,E'$ qui tendront, après leur émission radiale, à tourner autour de l'axe P, puisqu'ils participaient à la rotation du noyau. En réalité, la pulsation périodique de celui-ci donnera des émissions périodiques alimentant deux spires S_1, S_2, qui seront bientôt noyées dans la nébuleuse N. L'action de la vitesse V sera bien différente sur les deux spires : elle tendra à refouler la spire S_1 au moment où sa vitesse V_1 sera opposée à V, ce qui créera un noyau secondaire S', tournant dans le même sens que le noyau S ; par contre, la spire S_2, étirée par la même vitesse V, sera finalement diluée dans l'espace en S'_2.

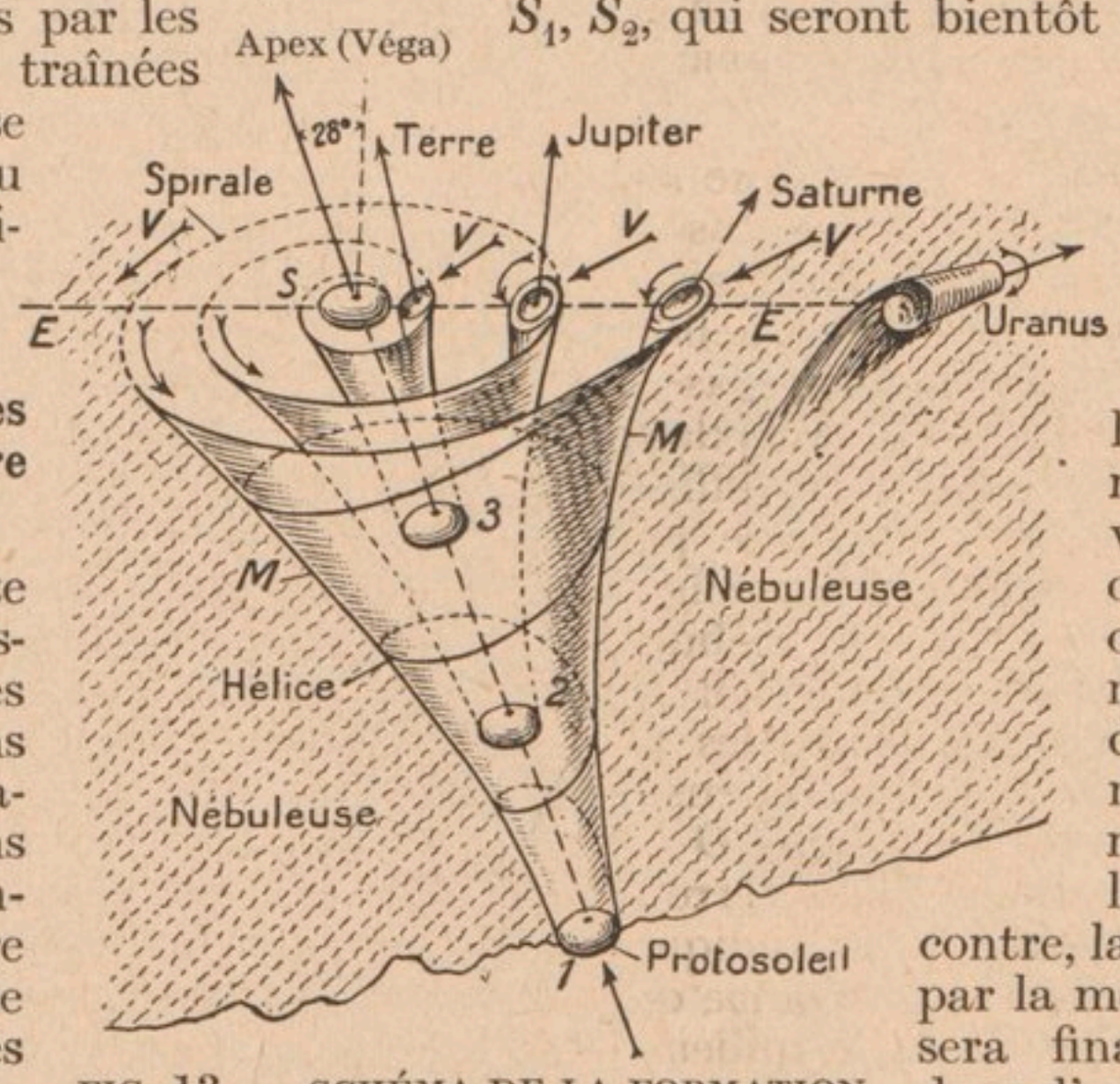


FIG. 13. — SCHÉMA DE LA FORMATION DU SYSTÈME PLANÉTAIRE PAR LE CHOC DU PROTOSOLEIL SUR LA NÉBULEUSE PRIMITIVE

Le choc, faisant vibrer le noyau solaire, en détache, en 1, 2 et 3, les nappes planétaires tourbillonnaires ; la vitesse V *de la nébuleuse refoule et agglomère chaque nappe sur une planète dont l'axe diverge d'autant plus de la direction de l'Apex qu'elle est plus loin du centre* S *du soleil.*

Or, ces conséquences très simples de la théorie sont réalisées dans la nébuleuse des Chiens de chasse (figure 16), qui, comme beaucoup d'autres similaires, présente un noyau secondaire à orbite rentrante ; on voit même sur l'autre spire un noyau de refoulement qui serait figuré aussi sur notre figure schématique si la

spire S'_2 avait été prolongée jusqu'à faire un demi-tour de plus autour du noyau.

Remarquons de suite que ces noyaux secondaires résultent d'un phénomène de *formation unilatérale* avec rotation, exactement comme celle des planètes du côté droit de la figure 13; d'autre part, la théorie que j'ai publiée en 1909 montre que les spires tournent dans le même sens que le noyau, et les mesures de Van Maanen ont confirmé nos prévisions seulement en 1916, alors que, jusque-là, tous les astronomes étaient convaincus que la rotation des spires se faisait en sens inverse ou n'existait pas. Aujourd'hui l'erreur est dissipée.

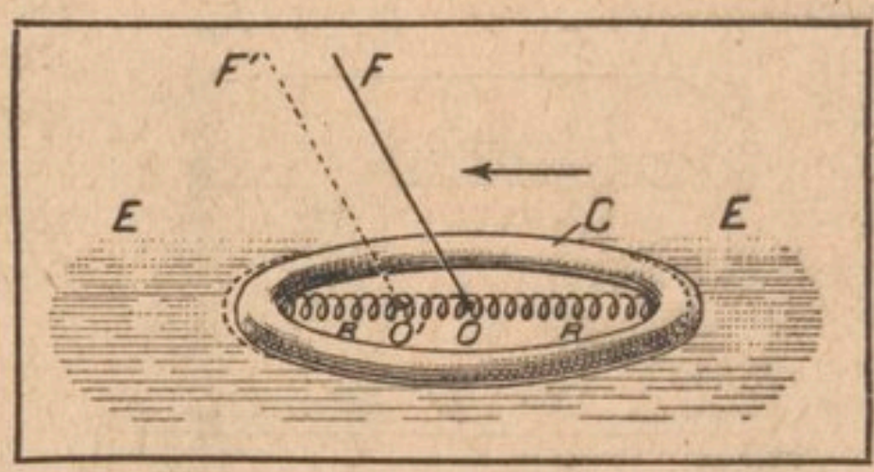


FIG. 14. — EXPÉRIENCE DU CERCEAU FLOTTANT SUR L'EAU POUR EXPLIQUER LES EXCENTRICITÉS D'ORBITE

(Voir le texte à la page 220.)

Arrivons à la Voie lactée, nébuleuse spirale de notre univers stellaire : j'ai eu récemment l'idée qu'elle pouvait être identifiée en plan avec la nébuleuse des Chiens de chasse. La fig. 15, où l'on a reproduit, avec le schéma de cette nébuleuse, les constellations galactiques sur un cercle ayant pour centre le Soleil, montre à quel point cette induction est vérifiée. On sait par Charlier que le centre du noyau de la Voie lactée est vers le Navire; on savait déjà que la partie la plus brillante (c'est-à-dire la plus rapprochée) de la Voie lactée est vers le Cygne. Faisons tourner un rayon visuel autour du cercle galactique dans le sens rétrograde; nous verrons successivement une branche, puis deux branches et même trois superposées (ou à peu près si elles ne sont pas dans un même plan) et c'est précisément ce que l'on constate.

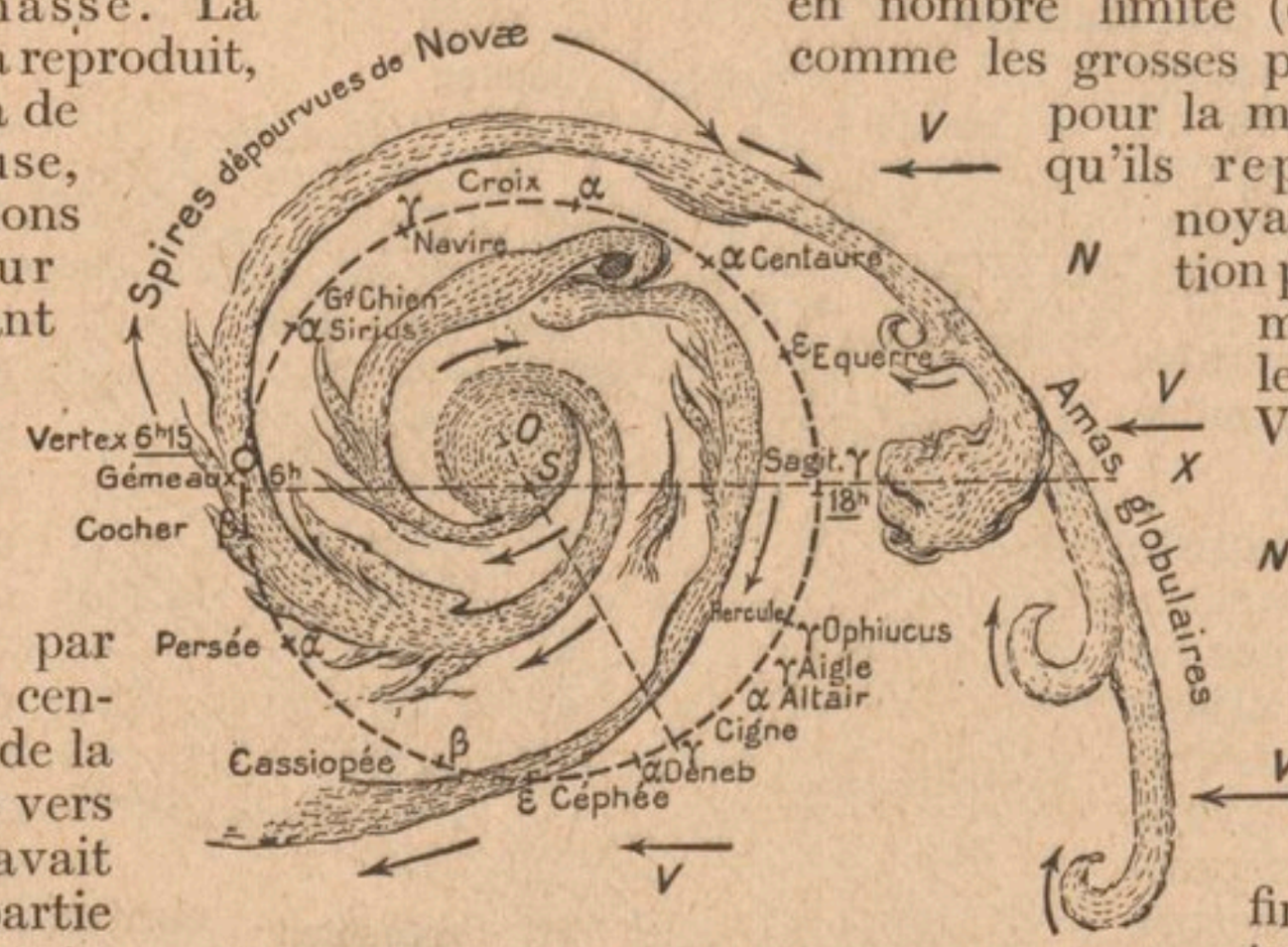


FIG. 15. — LA FORME DE LA VOIE LACTÉE IDENTIFIÉE EN PLAN AVEC LA NÉBULEUSE DES « CHIENS DE CHASSE »

O, *noyau dont le rayon pouvait être de six mille années de lumière ;* S, *position actuelle du Soleil, à peu près dans le plan des spires, qui nous paraissent se projeter les unes sur les autres dans les images de la voie lactée. (Voir la figure 16).*

Jusqu'ici, on n'avait jamais expliqué pourquoi les *amas globulaires ont une concentration unilatérale du côté du Sagittaire* : c'est que la vitesse V de la nébuleuse N de notre univers a agi exactement comme la théorie le prévoit pour refouler la spire extérieure, et, comme on le constate aussi dans la même direction, pour produire la condensation du noyau secondaire de la nébuleuse spirale des Chiens de chasse.

Il y a plus : on voit sur la figure que l'amas du Centaure doit être le plus rapproché, les autres (Sagittaire, Hercule, Dauphin, etc.) étant de plus en plus éloignés sur la spire extérieure; or, les mesures de Shapley ont confirmé cette vue d'ensemble; les distances varient de 20.000 années de lumière pour le premier, jusqu'à 220.000 années de lumière pour le dernier. Les amas globulaires sont en nombre limité (quatre-vingt-six), comme les grosses planètes (huit), et pour la même raison, puisqu'ils représentent des noyaux de condensation périodiques; en un mot, les amas sont les planètes de la Voie lactée.

Les courants d'étoiles de Kapteyn et l'histoire du protosoleil. — La fécondité de notre hypothèse va nous permettre, enfin, d'aborder l'histoire du protosoleil (soleil avant qu'il ait émis les nappes planétaires) et des deux courants stellaires de Kapteyn. On sait, en effet, que les étoiles sont distribuées en deux courants, l'un dirigé vers le Sagittaire, l'autre diamétralement opposé.

Imaginons l'immense noyau ultra gazeux de notre univers stellaire, dont le rayon pouvait être de 300 millions de fois la distance du Soleil à la Terre (figure 17).

Il tournait dans le sens des aiguilles d'une montre avec son axe perpendiculaire à la figure. Dans son choc sur la nébuleuse de notre univers venant du côté *X* (Sagittaire), il éclabousse l'espace de deux spires formées d'une poussière de protosoleils: le nôtre suit la spire extérieure et arrive, après des milliards d'années, dans la région où se trouvent maintenant les amas globulaires 1, 2, 3, 4, 5... Ceux-ci ne se forment aux dépens de la spire que par la rencontre nouvelle avec la nébuleuse universelle. Mais cette rencontre sélectionne les masses : dans le sillage des amas globulaires se trouvent, en *P*, les protosoleils de masses les plus petites, exactement comme dans le sillage de Jupiter et de Mars, on trouve des petites planètes de leur famille (fig. 1 *bis*). Notre protosoleil est de faible masse en regard des autres étoiles ; il sera précipité par la vitesse *V* de *P* en *P'* sur une orbite parabolique dirigée vers le noyau de la Voie lactée. Il rencontrera donc, à un moment donné, la spire intérieure (fig.17) où se trouvent des amas plus petits, dits *amas ouverts O'*, accompagnés sans doute de matière nébuleuse. Le choc de notre protosoleil sur cette matière produira la Nova solaire, c'est-à-dire l'émission des nappes planétaires qui a formé notre système d'après la théorie dualiste. En même temps, la vitesse du protosoleil, qui était, grâce à *V*, de plusieurs milliers de kilomètres, se réduira à celle qui peut correspondre à l'attraction centrale du noyau *O*. Continuant sa course parabolique, notre système contournera ce noyau pour arriver en *S*, la tangente à sa trajectoire se dirigeant actuellement vers Véga, et sa vitesse étant de 20 kilomètres par seconde dans cette direction. On voit nettement que nous sommes entourés d'étoiles se dirigeant vers le Sagittaire, comme le Soleil (courant II) et d'étoiles à orbites circulaires se dirigeant en sens opposé, parce qu'elles font partie du noyau primitif de la Voie lactée (courant I).

FIG. 16. — NÉBULEUSE DES « CHIENS DE CHASSE »

L'évolution de l'architecture des systèmes sidéraux. — Arrivant au terme de notre randonnée cosmique, il faut maintenant en caractériser les étapes et résumer l'évolution des systèmes sidéraux. A leur origine, les vitesses énormes d'une matière très peu dense et très dispersée ne permettent pas à la gravitation de jouer un rôle appréciable dans leur évolution. C'est *la phase cartésienne* des systèmes sidéraux qui n'est pas encore terminée pour les nébuleuses spirales à évolution lente : elle est caractérisée par les chocs entre masses gazeuses à grande

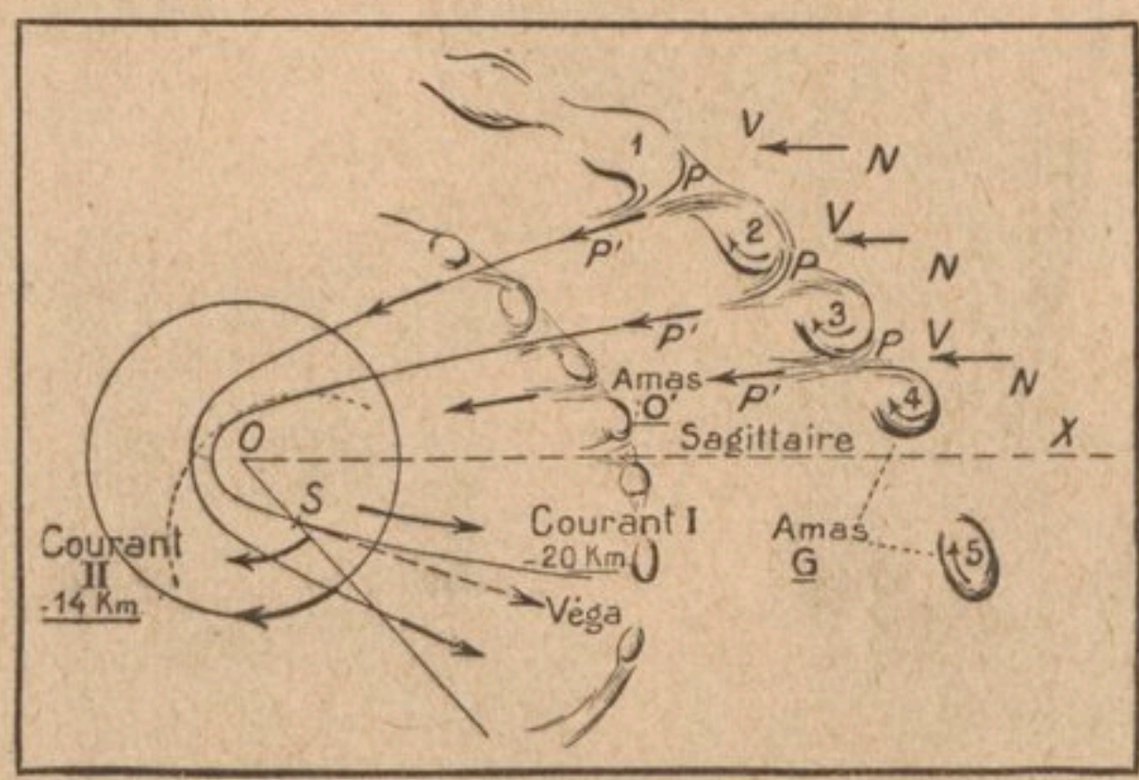


FIG. 17. — SCHÉMA DE FORMATION DES AMAS GLOBULAIRES FERMÉS *G* ET OUVERTS *O'* ET DES COURANTS D'ÉTOILES *I* ET *II*

Les chiffres sont inversés sur la figure. — P', *trajectoire parabolique du protosoleil et* S *du soleil, après qu'il a subi dans la spire* O' *le choc qui lui a donné son cortège planétaire.*

vitesse déterminant, comme l'avait deviné Descartes, d'immenses tourbillons, et, par eux, la forme géométrique des systèmes. Ces chocs, dégradant en chaleur l'énorme force vive des protosoleils, leur assurent une provision de radiation emmagasinée dans leurs profondeurs insondables et capable de réchauffer la vie planétaire pendant plusieurs centaines de millions d'années.

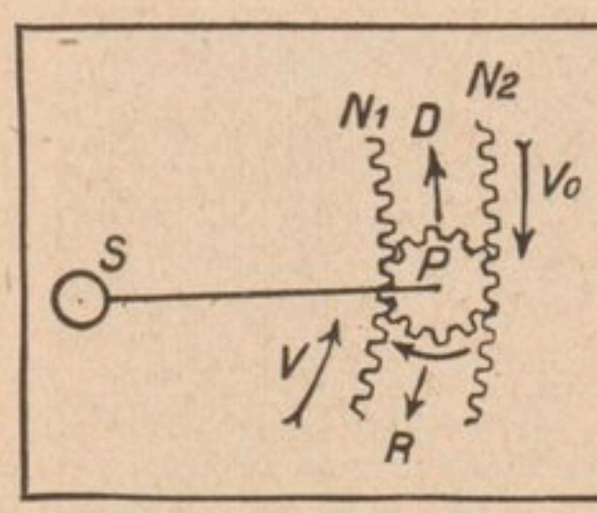


FIG. 18. — MÉCANISME DIFFÉRENTIEL PRODUISANT LES ROTATIONS ET RÉVOLUTIONS RÉTROGRADES

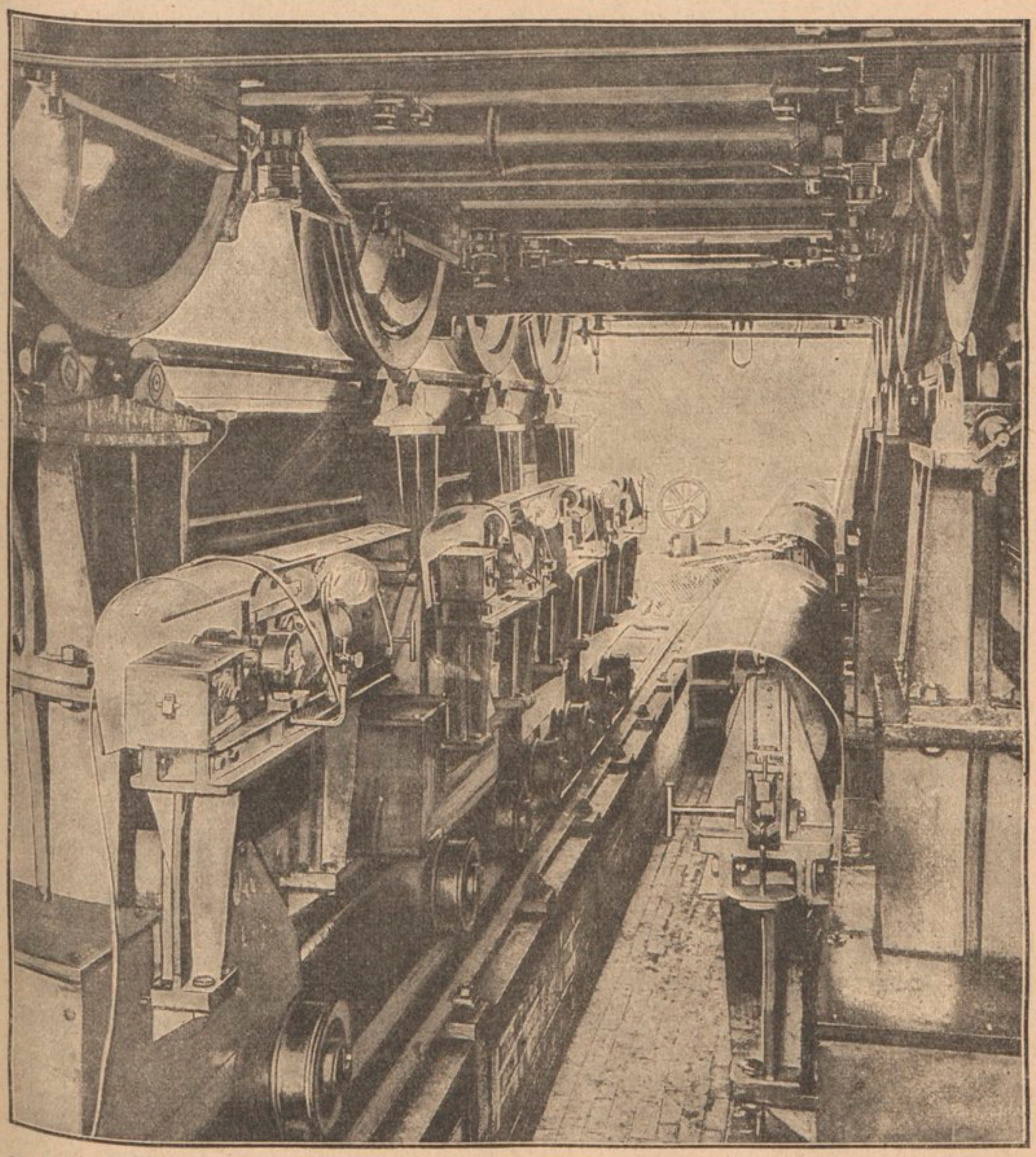
(Voir l'explication dans le texte à la page 220.)

Mais les chocs successifs ont diminué les vitesses cosmiques, provoqué des concentrations de matière et presque vidé l'espace de matière nébuleuse dispersée. Alors la gravitation reprend ses droits : elle règne en maîtresse souveraine sur des astres condensés voyageant dans le vide sidéral. C'est la *phase newtonienne* des systèmes sidéraux, caractérisée par leur stabilité relative et des vitesses lentes, à laquelle les disciples de Newton voudraient réduire toute la mécanique céleste, et où le calcul le plus ardu peut seul atteindre les phénomènes. La phase cartésienne, au contraire, a vu se produire des chocs justiciables de la Physique et de la Mécanique qui sont pratiquées dans nos laboratoires. A un ingénieur français, il appartenait, en étudiant les drames cosmiques des origines, d'édifier le premier chapitre d'une autre mécanique céleste où revivra dans sa patrie l'idée tourbillonnaire de notre grand Descartes.

EMILE BELOT.

FIG. 19. — NÉBULEUSE ET FILAMENTS NÉBULEUX ENTOURANT LES « PLÉIADES », CONSTELLATION FORMANT CE QUE L'ON APPELLE UN « AMAS OUVERT »

LES CHARGES STATIQUES DES LOCOMOTIVES



Les nouveaux appareils répartiteurs des charges statiques de locomotives, installés depuis peu aux ateliers des chemins de fer de l'Est, se composent de quatorze bascules de 12.000 kilos de force chacune, montées sur galets et mobiles sur deux voies disposées dans une fosse. Quand on veut s'en servir pour régler les ressorts d'une locomotive de façon à obtenir une bonne répartition de la charge sur chaque roue, on amène cette machine sur la fosse et on dispose les bascules sous chaque essieu. Le tablier de chacun de ces organes de pesage porte un dispositif formé d'une paire de galets par roue. La position des bascules étant bien réglée par rapport aux roues de la locomotive, les étaux à galets des bascules sont amenés sous les roues qu'un mécanisme de leviers soulève en même temps, de façon qu'elles quittent les rails et reposent sur les galets de chaque bascule. Par suite, l'ouvrier chargé de régler les ressorts, dans la fosse, peut, à l'aide du poids curseur des fléaux, établir la charge qui repose sur chaque roue et indiquer aux ouvriers se tenant sur les côtés de la locomotive, s'ils doivent serrer ou desserrer les ressorts pour amener chaque roue à supporter la charge prévue. On évite ainsi les surcharges pouvant amener des ruptures d'essieux moteurs ou porteurs.

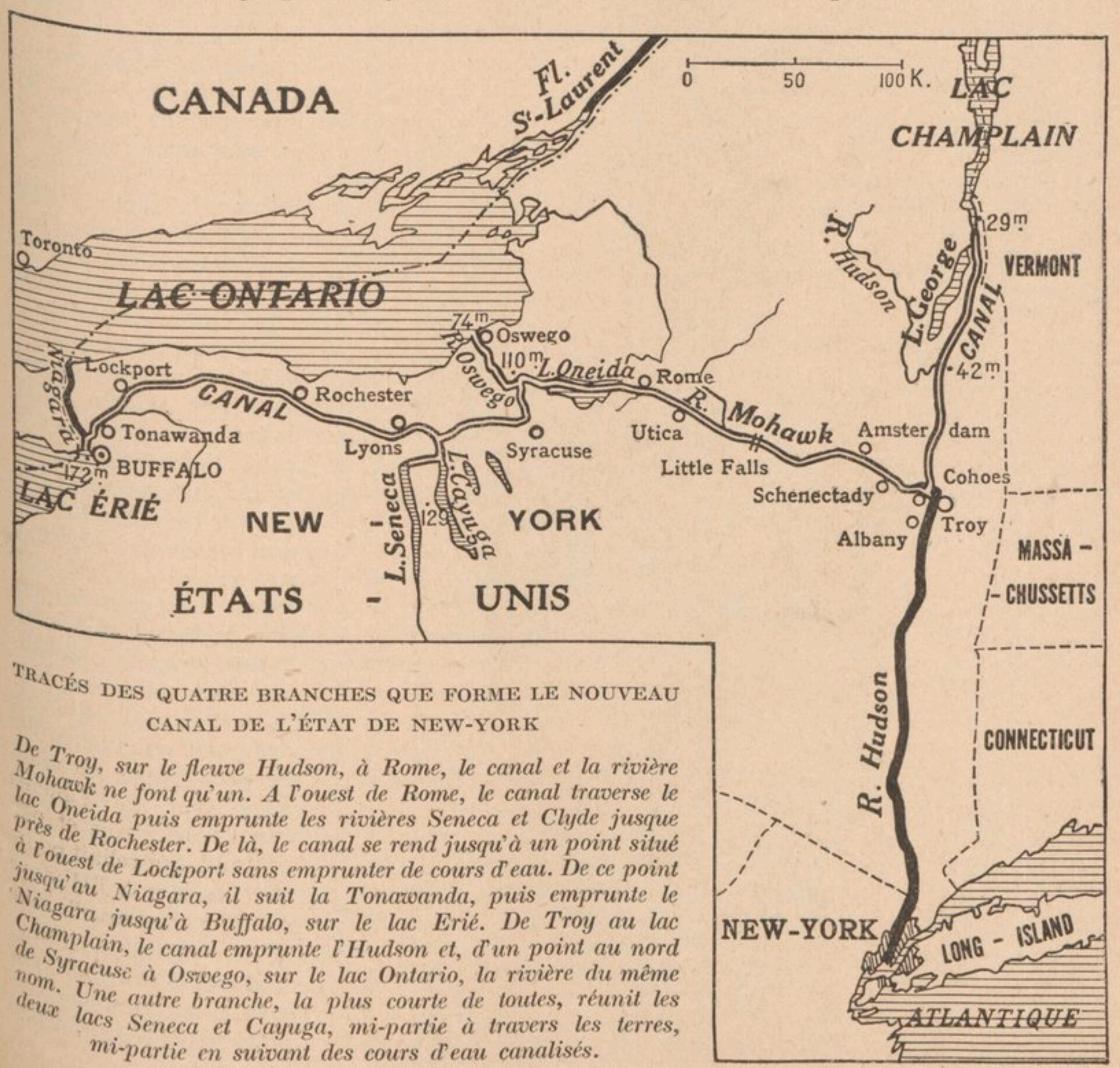
BARRAGE ÉLEVÉ A DELTA POUR ASSURER PENDANT L'ÉTÉ L'ALIMENTATION DE LA BRANCHE ORIENTALE DU CANAL ÉRIÉ

Ce barrage, entièrement en béton armé, mesure une trentaine de mètres de hauteur et retient environ 56.635.000 mètres cubes d'eau dans un bassin naturel. Il est alimenté par les eaux de la rivière Mohawk. On voit, à droite, les vannes de décharge du réservoir dans le canal et le pont que forme ce dernier au-dessus de la Mohawk.

LES GRANDS LACS AMÉRICAINS RELIÉS A L'OCÉAN ATLANTIQUE PAR UN VASTE RÉSEAU DE CANAUX

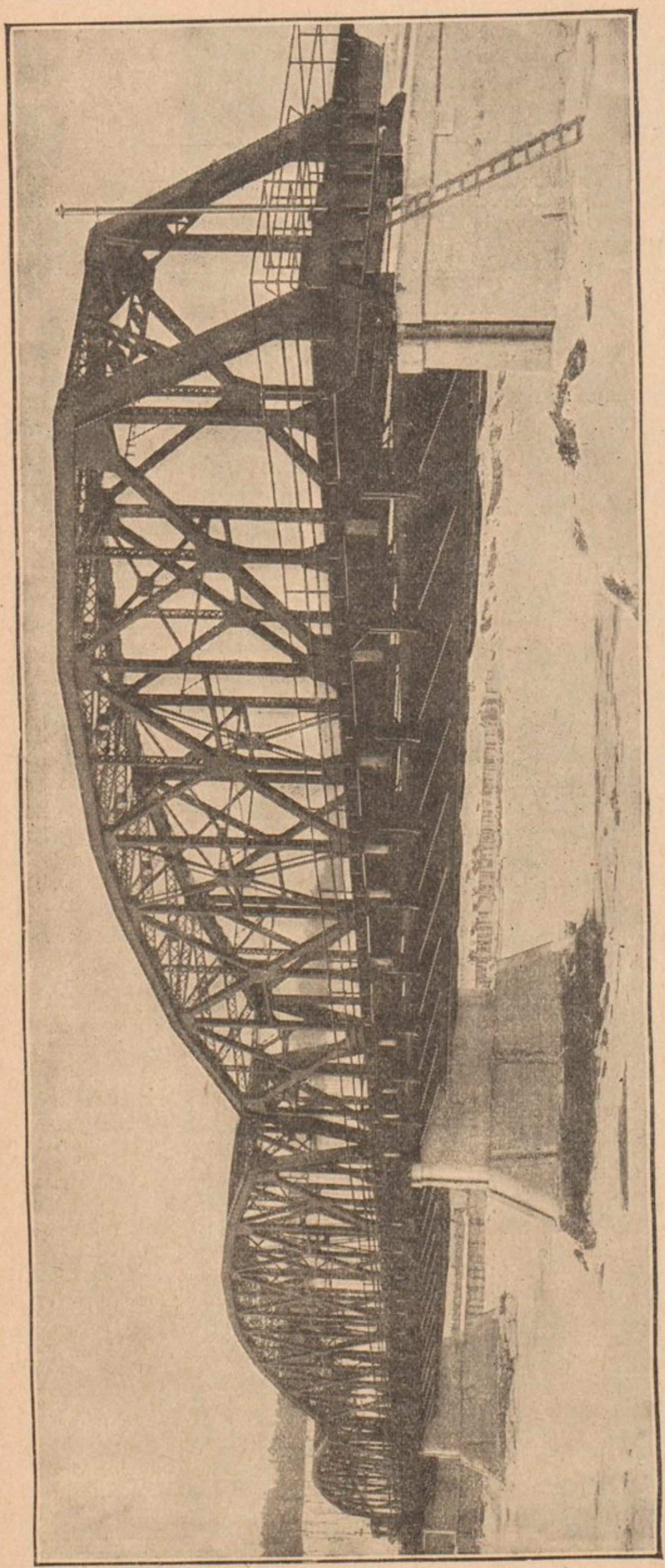
Par André CROBER

Les Etats-Unis sont dotés depuis peu d'un magnifique réseau de canaux et rivières canalisées qui marque le couronnement d'une œuvre véritablement gigantesque à tous égards. Chose curieuse, cette œuvre, que d'aucuns proclament plus grandiose que le percement du canal de Panama lui-même, n'a eu, jusqu'à ce jour, aucun retentissement en France (il est vrai qu'elle n'a pas été marquée par un krach sensationnel) même dans le monde scientifique et industriel ; à peine une ou deux revues techniques l'ont-elles signalée en de courtes notes peu aptes à mettre en lumière l'importance des travaux accomplis et les avantages économiques offerts par le nouveau canal.



TRACÉS DES QUATRE BRANCHES QUE FORME LE NOUVEAU CANAL DE L'ÉTAT DE NEW-YORK

De Troy, sur le fleuve Hudson, à Rome, le canal et la rivière Mohawk ne font qu'un. A l'ouest de Rome, le canal traverse le lac Oneida puis emprunte les rivières Seneca et Clyde jusque près de Rochester. De là, le canal se rend jusqu'à un point situé à l'ouest de Lockport sans emprunter de cours d'eau. De ce point jusqu'au Niagara, il suit la Tonawanda, puis emprunte le Niagara jusqu'à Buffalo, sur le lac Erié. De Troy au lac Champlain, le canal emprunte l'Hudson et, d'un point au nord de Syracuse à Oswego, sur le lac Ontario, la rivière du même nom. Une autre branche, la plus courte de toutes, réunit les deux lacs Seneca et Cayuga, mi-partie à travers les terres, mi-partie en suivant des cours d'eau canalisés.

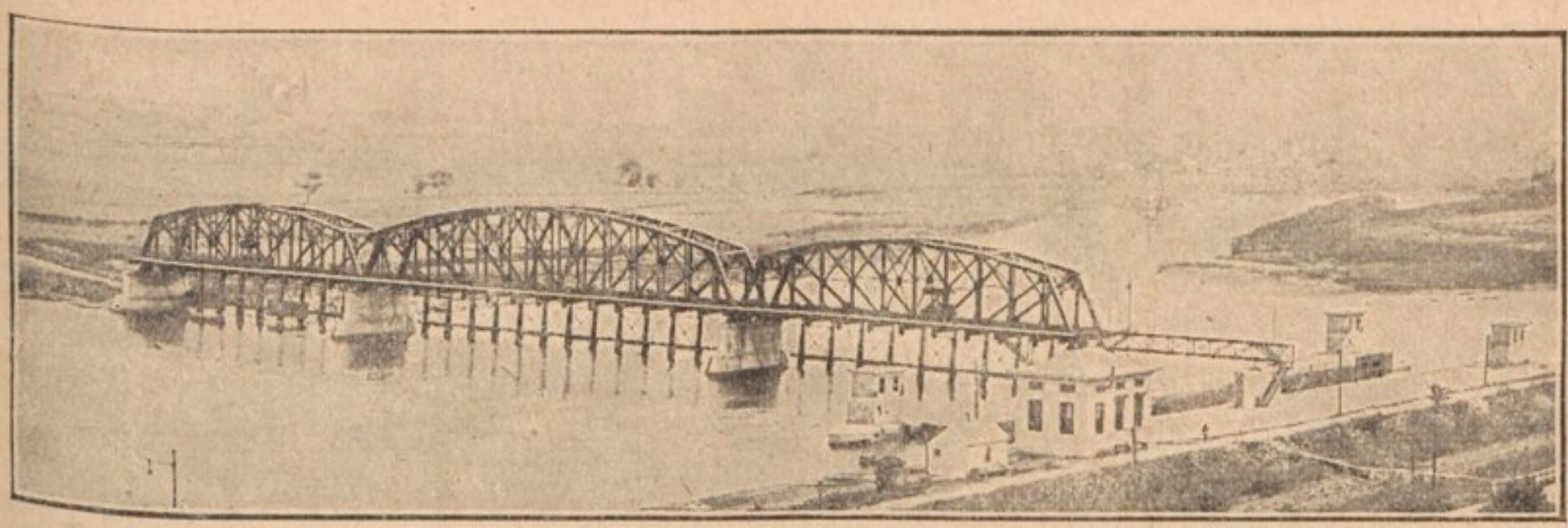


BARRAGE MOBILE DU TYPE « PONT » ÉRIGÉ EN TRAVERS DE LA RIVIÈRE MOHAWK ET DONT LES CHASSIS ET LES VANTAUX ONT ÉTÉ COMPLÈTEMENT RELEVÉS SOUS LE TABLIER DU PONT POUR PERMETTRE AUX GLAÇONS CHARRIÉS PAR LES EAUX DE PASSER

C'est pour combler cette lacune que nous avons entrepris de décrire, aussi clairement que possible et sans technicité inutile, l'œuvre exécutée sous la direction personnelle de M. Frank M. Williams, ingénieur en chef et directeur des travaux publics de l'Etat de New-York. Indiquons, en passant, que c'est cet État qui prit l'initiative et supporta les frais de la construction du canal, lequel ne sort pas de ses frontières politiques.

Le *New York State Canal System* (réseau de canaux de l'Etat de New-York) ou simplement le *Barge Canal* (barge signifie chaland ou péniche, en anglais) a été construit principalement pour réaliser une communication aboutissant à un port de mer américain, New-York en l'espèce, entre les Grands Lacs (lacs Supérieur, Michigan, Huron, Erié et Ontario) et l'Océan Atlantique, cette communication n'étant jusque-là établie — et encore très imparfaitement — que par le canal Welland, celui-là même que les agents du comte Bernstorff, alors ambassadeur d'Allemagne aux Etats-Unis, voulurent faire sauter pendant la guerre, et le fleuve Saint-Laurent, c'est-à-dire par une voie qui ne dessert et n'aboutit qu'à des ports canadiens. On ne peut guère, en effet, faire état de l'ancien canal Erié, étroit et peu profond, qui reliait pourtant les lacs à l'Hudson et auquel la nouvelle voie d'eau s'est substituée.

Relier à la mer, par voie d'eau, des villes de l'importance de Chicago



BARRAGE MOBILE DU TYPE PONT AVEC SES VANTAUX ABAISSÉS

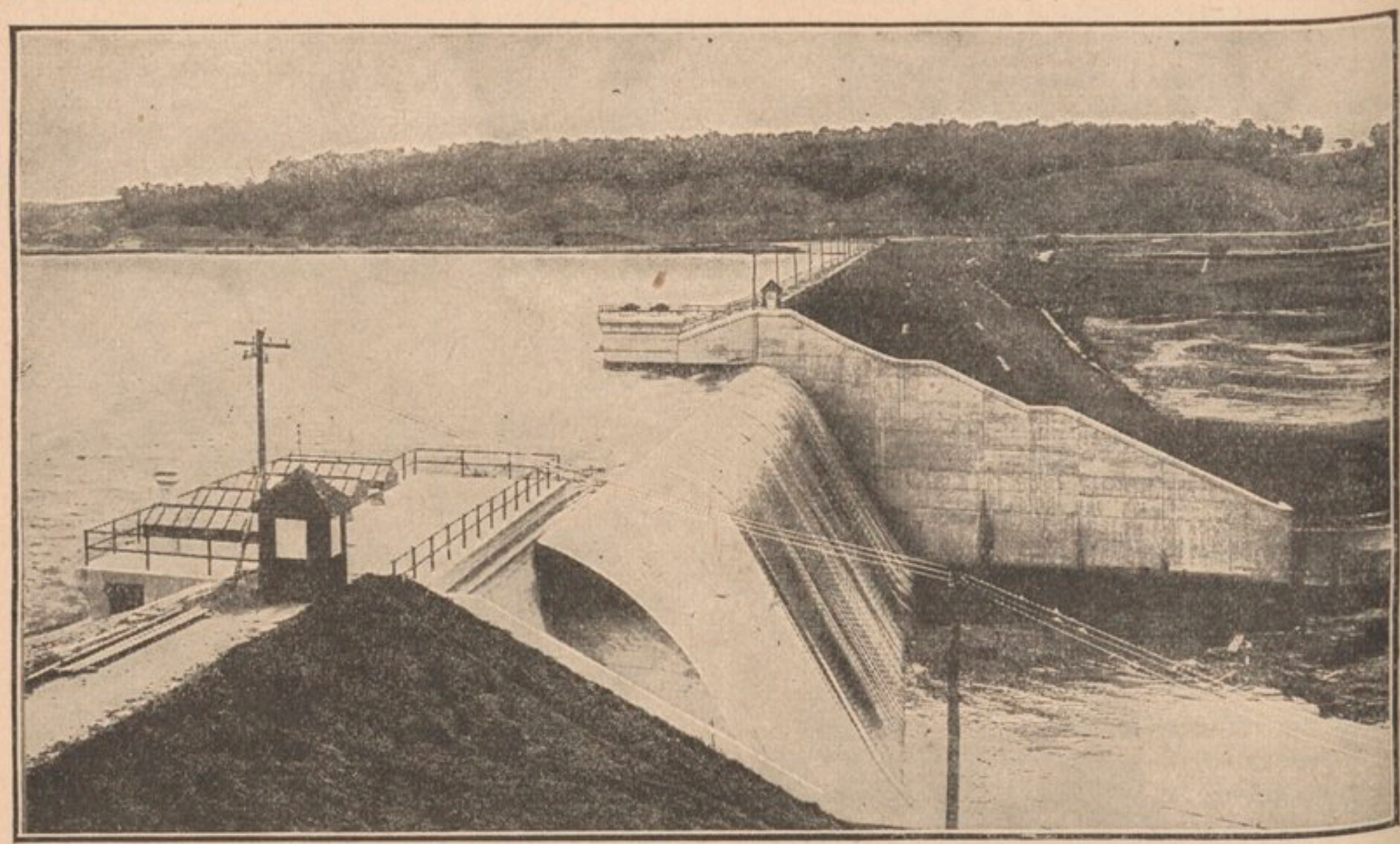
Du côté aval de chaque portée sont suspendus, à charnières, des châssis en acier descendant jusqu'au seuil en béton élevé en travers du lit de la rivière. Chaque châssis porte un vantail supérieur et un vantail inférieur, en plaques d'acier, qui peuvent être, soit partiellement, soit complètement abaissés ou relevés à l'aide de treuils électriques montés sur le tablier du barrage, pour contrôler le débit d'eau.

et Buffalo, situées sur les Grands Lacs, en passant par d'autres cités industrielles et commerciales importantes ; relier l'intense trafic qui se fait sur les lacs en question ainsi que sur des fleuves de l'envergure du Mississipi et de l'Ohio, à celui qui rayonne de New-York ou y aboutit, étaient, on en conviendra, autant d'excellentes raisons pour entreprendre la construction du « Barge Canal ».

Ce dernier n'est pas seulement, aujourd'hui, l'un des plus importants réseaux de navigation intérieure des Etats-Unis (il mesure 1.053 kilomètres de longueur), mais c'est aussi, comme l'ont défini des personnalités éminentes, l'une des plus grandioses manifestations modernes de l'art de l'ingénieur, une œuvre qui, au point de vue génie civil, surpasse même, comme nous l'indiquions en tête de cette étude, celle qui fut accomplie dans l'isthme de Panama.

La construction du « Barge Canal » repose sur un principe qui diffère radicalement de celui qu'on avait jusque-là appliqué aux Etats-Unis, en ce sens que, chaque fois qu'il a été possible, on a utilisé les voies d'eau naturelles et les vallées au lieu de construire les canaux à flanc de coteau ou sur les plateaux. En d'autres termes, on a utilisé le plus possible de cours d'eau en les canalisant, ce qui a eu le double avantage de réduire les dépenses de construction et de faciliter le problème de l'alimentation en eau des diverses branches du canal. Ainsi, du fleuve Hudson à Rome, la rivière Mohawk et le « Barge Canal » ne font qu'un ; le vieux canal parallèle à la rivière a été abandonné et on a canalisé la Mohawk. A l'ouest de Rome, le canal traverse le lac Oneida puis emprunte les rivières Seneca et Clyde jusque près de la ville de Rochester. De là, le canal se dirige vers l'Ouest ; mais, en raison de la conformation du terrain — les cours d'eau étant perpendiculaires au tracé du canal — on a été contraint de percer ce qu'on a appelé une section terrestre, qui s'étend jusqu'à un point situé à l'ouest de Lockport. De ce point jusqu'au Niagara, on a suivi la Tonawanda. Le canal emprunte ensuite le Niagara jusqu'à Buffalo sur le lac Erié. Cette branche principale du canal mesure 613 kilomètres de longueur. Une autre branche du « Barge Canal », celle de l'Oswego, a pour itinéraire la rivière du même nom, à partir d'un point situé au nord de Syracuse jusqu'à Oswego sur le lac Ontario ; sa longueur est de 39 kilomètres. La branche Cayuga-Seneca (131 kilomètres) est une combinaison des deux modes de canalisation, c'est-à-dire qu'elle est en partie naturelle (cours d'eau canalisés) et en partie artificielle ; partant de l'Erié, à l'ouest de la jonction de l'Oswego, elle relie les deux lacs, situés au Sud, dont elle porte le nom. La branche Champlain est en majeure partie constituée par le fleuve Hudson canalisé ; sa longueur est de 270 kilomètres.

Du niveau des hautes eaux au barrage de Troy, sur l'Hudson, à la jonction des branches de l'Erié et de l'Oswego, le canal s'élève, en *remontant* la rivière Mohawk, à une altitude de 110 mètres, puis de 172 mètres lorsqu'il atteint le Niagara. Sur la branche Oswego, le canal descend jusqu'au lac Ontario dont l'altitude moyenne est de 74 mètres au-dessus du niveau de la mer. Le canal Champlain s'élève d'abord jusqu'à une altitude culminante de 42 mètres à Fort Edwards, puis redescend à 29 mètres sur le lac Champlain. La ramification, Cayuga-Seneca s'élève, elle, de 19 mètres à partir du



CE BARRAGE, ÉLEVÉ A HINCKLEY, RETIENT ENVIRON 84.951.000 MÈTRES CUBES D'EAU DANS UN LAC ARTIFICIEL DONT LA SURFACE COUVRE PRÈS DE 13 KILOMÈTRES CARRÉS. IL EST ALIMENTÉ PAR LES EAUX D'UN AFFLUENT DE LA RIVIÈRE MOHAWK

point où elle quitte la branche principale.

Le « Barge Canal » a une largeur uniforme, mesurée au fond, de 22 m. 80 dans la terre des sections artificielles, de 28 m. 65 dans la roche de ces sections, et une largeur qui n'est jamais inférieure à 61 mètres dans les lits des rivières canalisées et les chenaux des lacs qu'il emprunte. Sa plus petite profondeur de percement est de 3 m. 65.

La rivière Niagara, avec l'appoint des eaux des Finger Lakes, tributaires de la rivière Seneca, fournit au canal Cayuga-Seneca, une quantité d'eau suffisante pour alimenter la section occidentale de la branche dite de l'Erié. La branche Champlain est alimentée par les eaux de l'Hudson, captées à Glens Falls. La question de l'alimentation de la section orientale de l'Etat de New-York souleva, par contre, l'un des plus difficiles problèmes que les ingénieurs eussent à résoudre. Il fallait éviter que la navigation fût suspendue entre Rome et le fleuve Hudson par suite du débit insuffisant de la rivière Mohawk pendant les mois très secs de l'été. Le problème ne put être résolu que par la construction de deux énormes réservoirs alimentés, l'un par les eaux de la Mohawk, à Delta, l'autre par un affluent de cette rivière, à Hinckley. Le barrage de Delta, entièrement en béton armé, mesure une trentaine de mètres de hauteur et retient environ 56.635.000 mètres cubes d'eau dans un bassin naturel qui marque l'ancien emplacement du village de Delta. Le barrage de Hinckley est constitué par un mur en maçonnerie recouvert d'un talus de terre; il retient environ 84.951.000 mètres cubes d'eau dans un lac artificiel dont la surface couvre près de 13 kilomètres carrés.

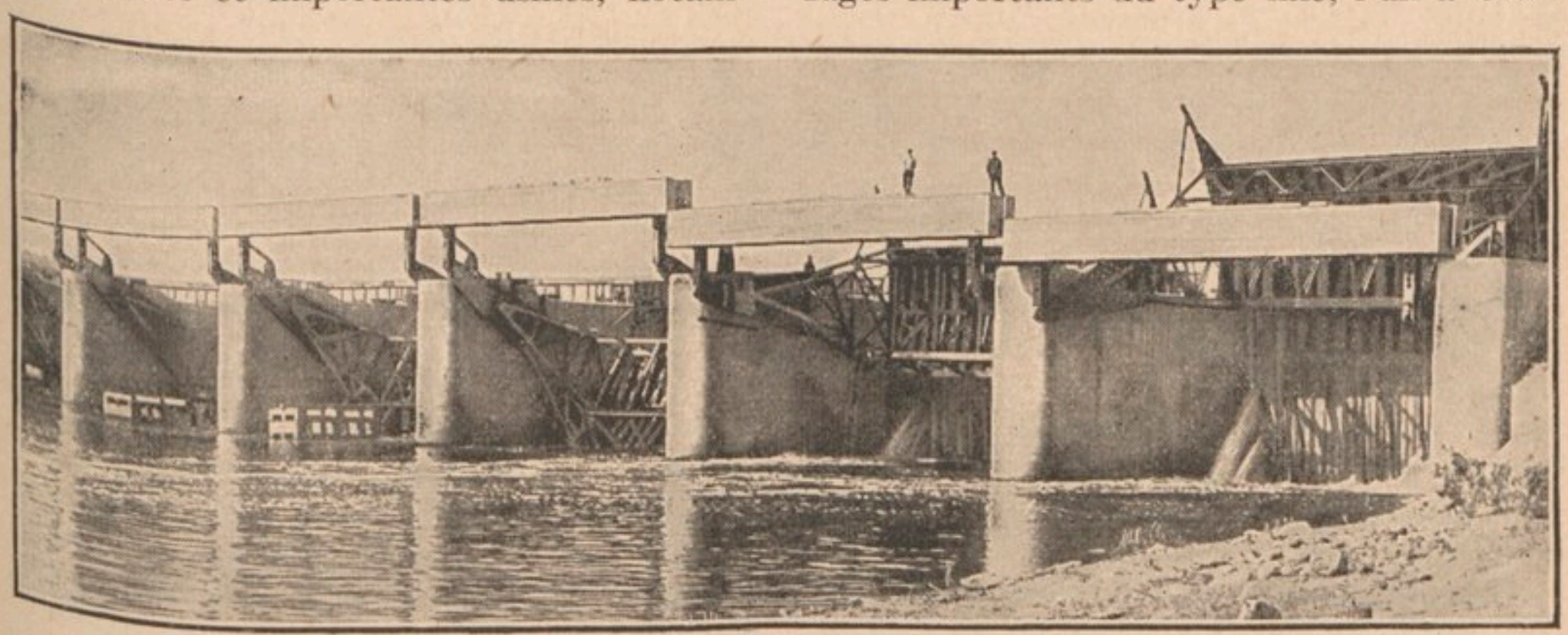
La canalisation des rivières Mohawk, Hudson, Seneca, Oswego et Clyde, qui comprend aussi le contrôle de leurs eaux par des moyens appropriés pour permettre la navigation, constitue l'œuvre maîtresse du « Barge Canal ». C'est elle qui a exigé le plus d'études préliminaires. La méthode adoptée est analogue à celle suivie en Europe pour la canalisation de certains fleuves et rivières ; elle comporte des barrages, des écluses et le dragage de chenaux. Le dragage procure l'uniformité de la largeur et de la profondeur des chenaux ; les barrages maintiennent le niveau de l'eau à la hauteur voulue au-dessus des lits des cours d'eau, transformant ainsi les rivières en une série de lacs étagés ; enfin, les écluses procurent le moyen de passer d'un de ces lacs dans le suivant.

La partie la plus intéressante et la plus typique de ce travail de canalisation est celle qui intéresse la Mohawk. La longueur totale de cette rivière, entre Rome et l'Hudson, est de 233 kilomètres et la surface d'écoulement des eaux excède 8.770 kilomètres carrés. La vallée de la Mohawk est

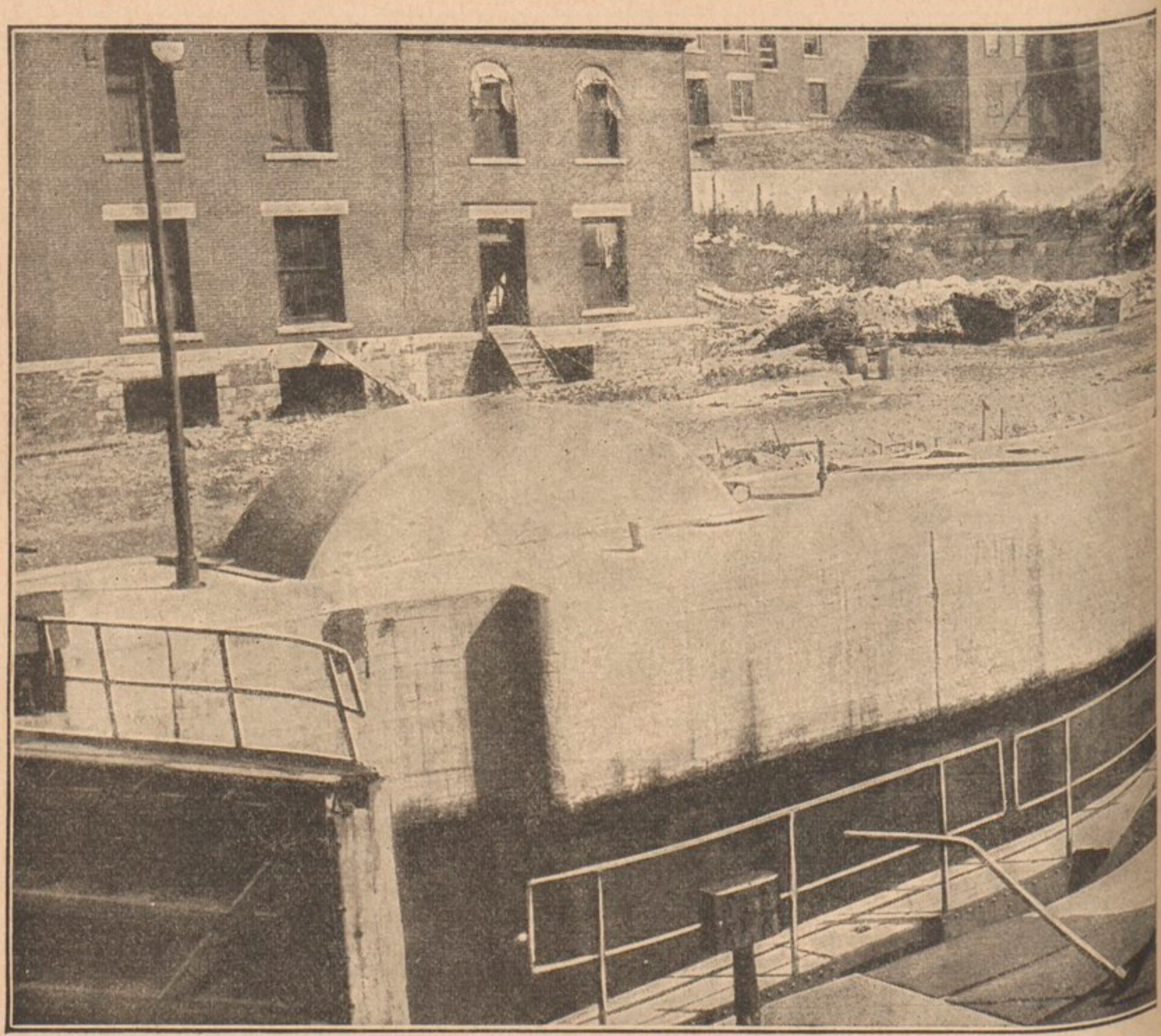
BARRAGE MOBILE TYPE TAINTOR, ÉRIGÉ SUR LA MOHAWK, PRÈS DE WATERFORD
Les barrages de ce type sont formés au moyen de piles entre lesquelles sont montées des portes spéciales. Ces portes, qui affectent la forme de portions de cylindre, pivotent, pour remonter et s'abaisser, autour d'un axe passant par les points d'intersection des rayons issus de leurs génératrices inférieure et supérieure ; elles appuient par le bas contre le seuil en béton. De lourds contrepoids facilitent leur manœuvre.

large ; elle mesure, en de nombreux endroits, un à deux milles *grosso modo* : de 1 km. 500 à 3 kilomètres) ; les plaines qui bordent la rivière sont très fertiles. Les villes de Rome, Utica, Little Falls, Amsterdam, Schenectady et Cohoes, ainsi que les nombreux villages situés dans cette vallée, ont ensemble une population supérieure à 300.000 habitants. Ces villes et villages renferment de nombreuses et importantes usines, notamment Schenectady, berceau de la fameuse et colossale General Electric Company ; les terres arables sont admirablement bien cultivées et les grands établissements de culture et d'élevage ne manquent pas.

Les barrages construits pour contrôler les eaux de la Mohawk sont de deux types : le type fixe et le type mobile. Entre Schenectady et Cohoes ont été érigés deux barrages importants du type fixe, l'un à Cres-



AUTRE VUE DU MÊME BARRAGE. MONTRANT LES CONTREPOIDS DES PORTES



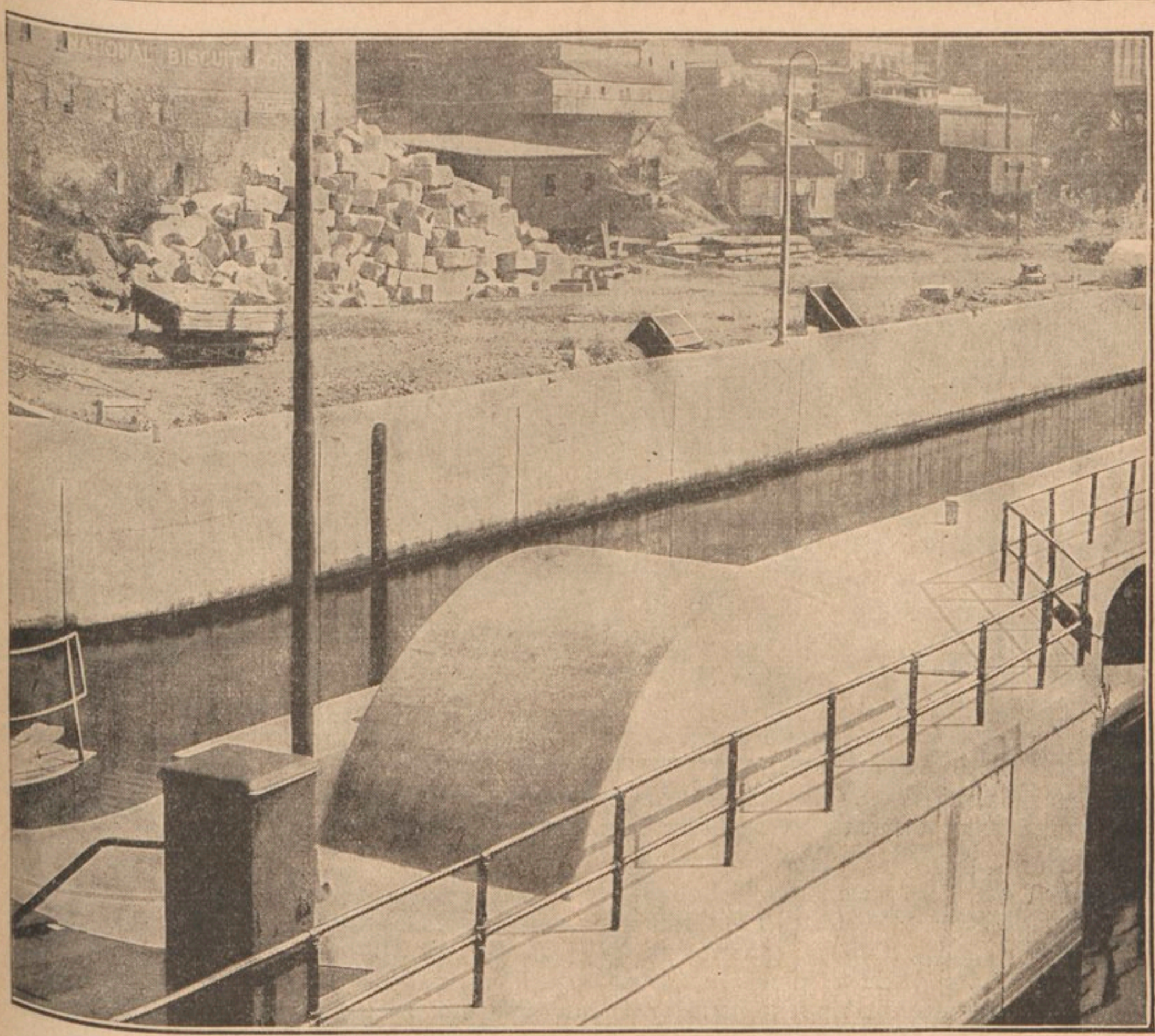
LA PLUS GRANDE ÉCLUSE A SIPHON DU MONDE, CELLE D'OSWEGO

La chambre de cette écluse est alimentée par de l'eau puisée dans le bief inférieur, c'est-à-dire en aval, au dire que Oswego se trouvant à l'embouchure de la rivière, sur le lac Ontario, il y a autant

cent, l'autre à la hauteur du ferry-boat de Vischer. Le barrage de Crescent mesure 586 mètres de long et 11 mètres de haut.

L'aspect général des barrages mobiles du type « pont » est celui de ponts métalliques, car ils ont, comme ces derniers, des culées, des piles et des portées en fortes charpentes d'acier. Du côté aval de chaque portée sont suspendus, à charnières, des montants ou châssis en acier, espacés de 4 m. 50 les uns des autres et descendant jusqu'au seuil en béton élevé sur le lit de la rivière, en travers de cette dernière. Chaque châssis porte un vantail supérieur et un vantail inférieur faits de plaques d'acier épaisses et qui peuvent être abaissés ou relevés, à l'aide de treuils électriques montés sur le tablier du barrage. Pendant l'hiver, dès que la rivière commence à charrier des glaces, ou en cas de forte inondation, on remonte à la fois châssis et vantaux pour dégager complètement le chenal.

De nombreux barrages mobiles sont d'un autre type ; ils sont formés au moyen de piles entre lesquelles sont montées des portes du système Taintor ; ces portes, qui affectent la forme de portions de cylindre, pivotent, pour remonter ou s'abaisser, autour d'un axe passant par les points d'intersection des rayons issus de leurs génératrices inférieure et supérieure. Cette construction curieuse, dont deux de nos gravures permettent de se rendre compte, a le double avantage de ne nécessiter, pour la manœuvre des portes, qu'une force infiniment plus faible que s'il s'agissait de portes verticales, normales au plan de l'eau (par ailleurs, de lourds contrepoids facilitent la manœuvre) et d'augmenter la résistance mécanique des



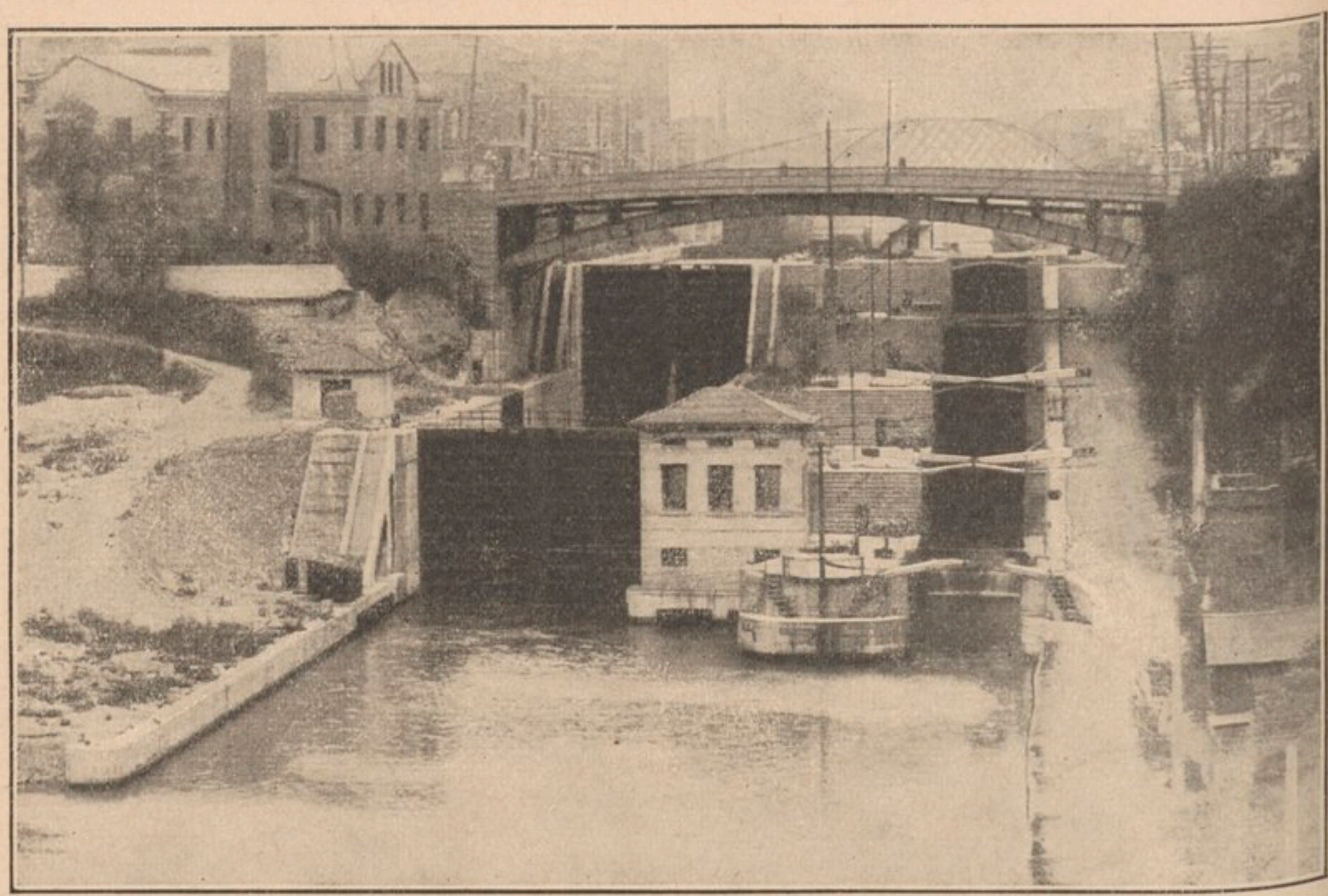
(ÉTAT DE NEW-YORK) SUR LA RIVIÈRE CANALISÉE DU MÊME NOM

moyen de siphons, cela afin d'économiser l'eau de la rivière Oswego qui n'a pas un grand débit. Il faut d'eau qu'on veut en aval de l'écluse. Cette dernière a une levée ou chute de 7 m. 50.

portes grâce à la courbure de ces dernières. L'arête inférieure des portes Taintor prend appui sur un seuil en maçonnerie.

Toutes les écluses ont été construites en béton et ont des dimensions uniformes ; elles ont une largeur et une longueur utiles de 13 m. 55 et 91 m. 45 respectivement ; la profondeur de l'eau au-dessus du seuil est de 3 m. 65. Le « Barge Canal » comporte cinquante-sept écluses de ce genre dont la *levée* (nous disons, au contraire, *chute*, en France), varie de 1 m. 80 à 12 m. 35. Les chambres sont vidées et remplies au moyen de conduits latéraux ménagés dans l'épaisseur des parois de la chambre et munis de valves appropriées, du type vertical ; on a évité ainsi d'avoir à percer les portes d'écluse de vannes de décharge ou *ventelles*. Cependant, la chambre de l'écluse d'Oswego est alimentée, elle, par des siphons. Oswego se trouvant, en effet, à l'embouchure de la rivière du même nom, sur le lac Ontario, rivière qui n'a pas un grand débit, il y a plus d'eau en aval qu'en amont ; par conséquent, si on alimente l'écluse avec de l'eau puisée dans le bief inférieur, on économise l'eau du bief supérieur, c'est-à-dire de la rivière, en amont de l'écluse. Il est bon de rappeler que les écluses à siphons sont d'invention française ; elles furent imaginées par l'ingénieur Burdin et perfectionnées par Girard, auquel ses travaux valurent le prix Montyon (1). La manœuvre de toutes les portes des écluses du « Barge Canal » est électrique et les écluses elles-mêmes sont éclairées à l'électricité, la plupart du temps au moyen de générateurs

(1) Comptes rendus de l'Académie des Sciences du 17 février 1845.



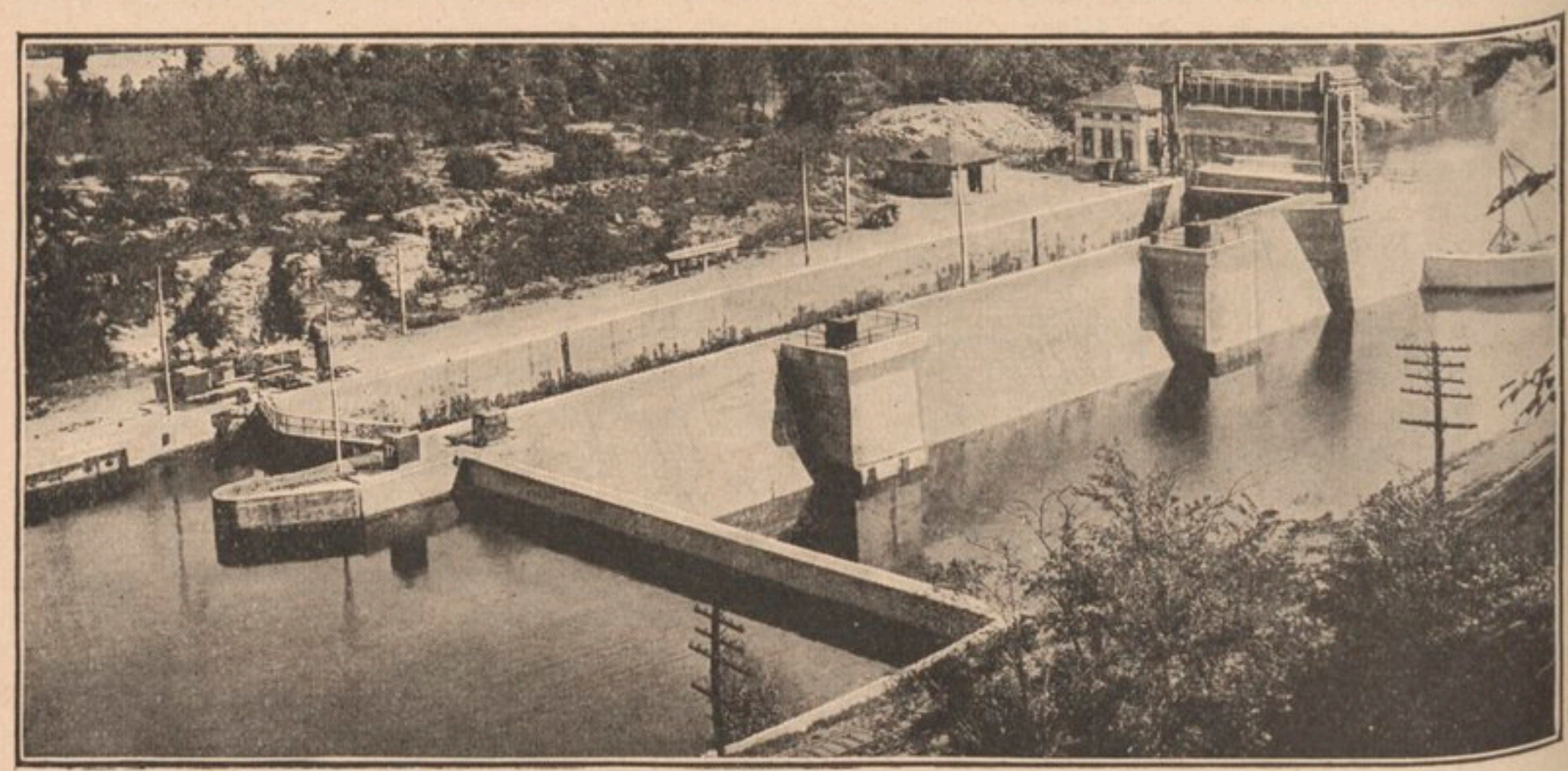
ÉCLUSES DE LOCKPORT ; LES DEUX DE GAUCHE, POUR CHALANDS, ET LES CINQ DE DROITE, POUR BATEAUX PLUS PETITS, ONT UNE CHUTE OU LEVÉE TOTALE DE 14 M. 50

actionnés par des turbines hydrauliques.

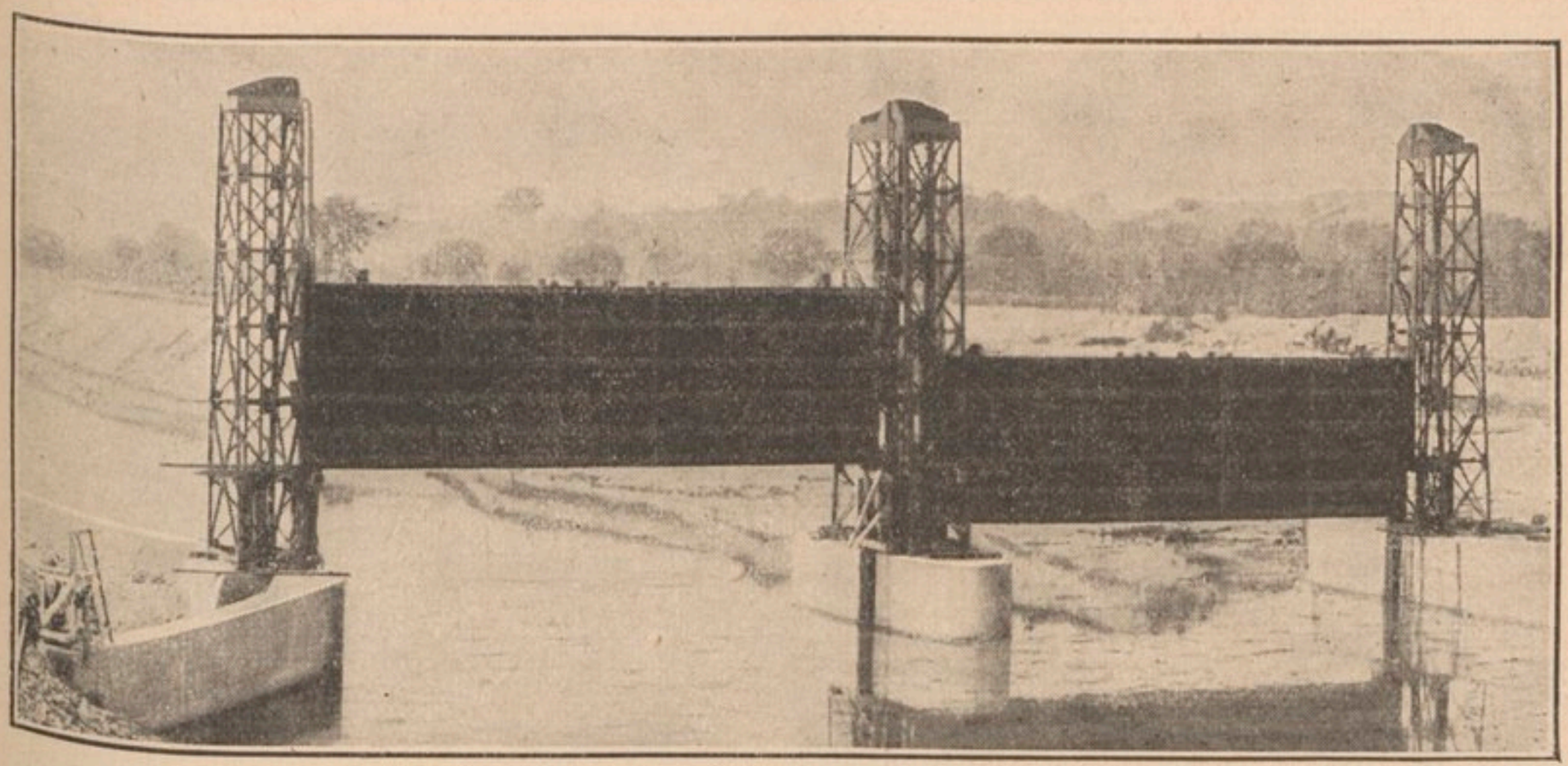
Les cinq écluses de Waterford, le terminus oriental du « Barge Canal », constituent la plus importante volée d'écluses à grand levage qui soit au monde ; leur hauteur de levée combinée est de 51 m. 65.

Le nouveau système de canaux comporte 332 ponts dont 48 sont des ponts de chemins de fer. Presque tous ces ouvrages sont du type fixe ; leur tablier se trouve au minimum légal de 4 m. 35 au-dessus de l'eau. Dans quelques villes, cependant, les conditions locales ont nécessité des ponts de faible hauteur ; on les a construits alors à bascule pour ne pas faire obstacle à la navigation.

D'autres structures, d'aspect curieux, ré-



ÉCLUSE DE LITTLE FALLS, SUR LA RIVIÈRE MOHAWK ; C'EST LA PLUS HAUTE QUI SOIT AU MONDE. LA DIFFÉRENCE DE NIVEAU ENTRE LES DEUX BIEFS EST, EN EFFET, DE 12 M. 20

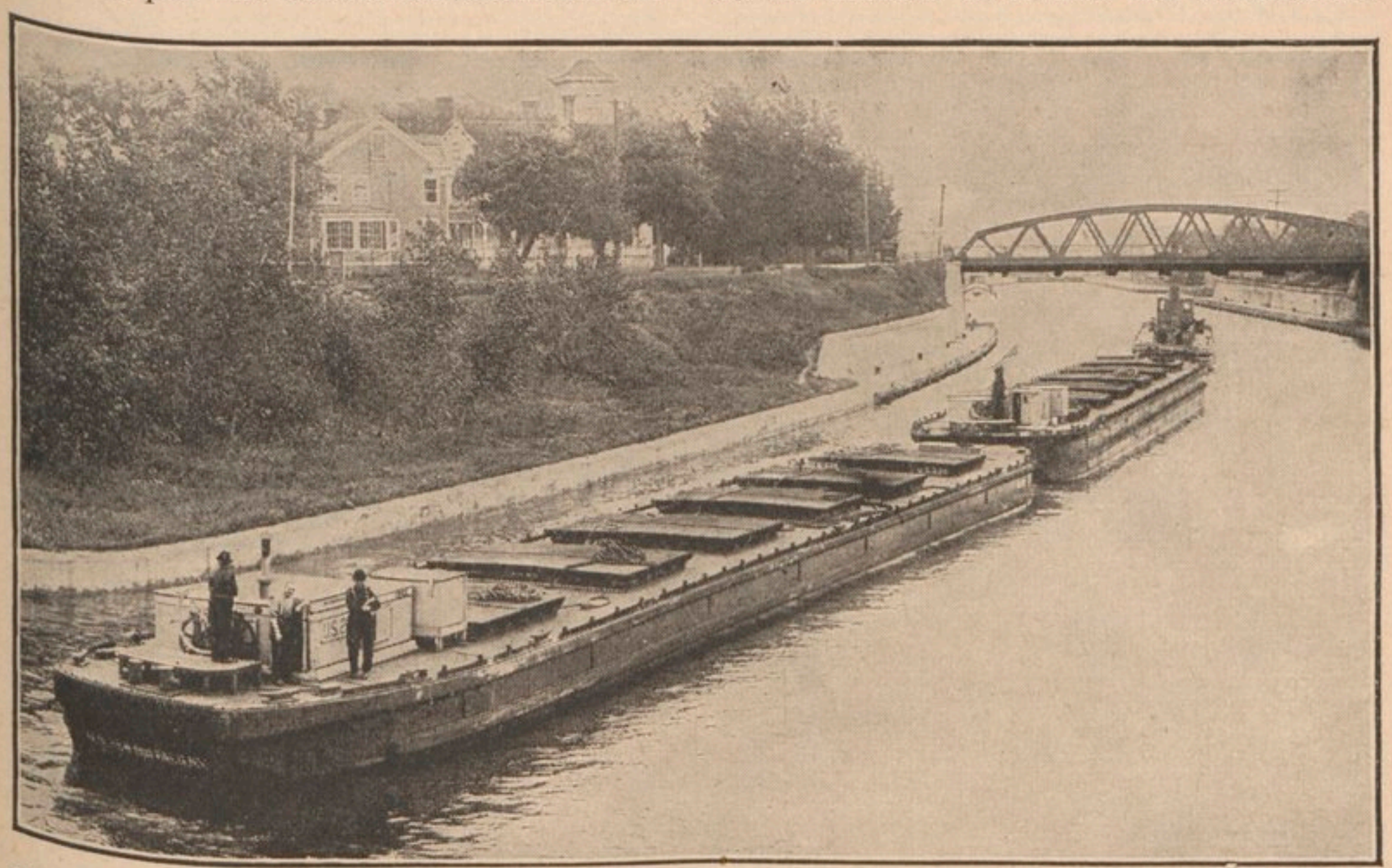


PORTES DE GARDE RÉPARTIES SUR TOUTE LA SECTION TERRESTRE DU CANAL

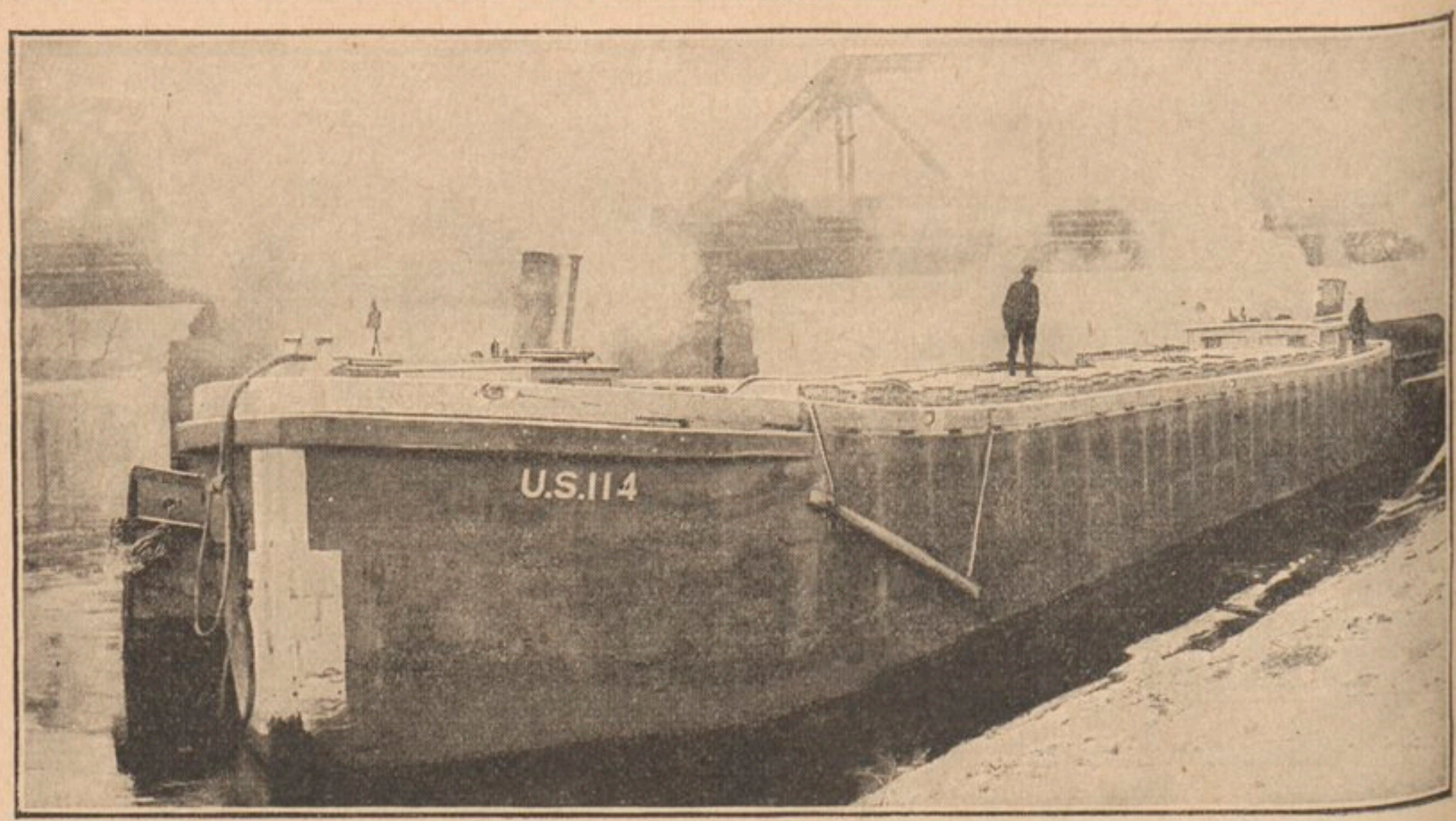
Ces portes ont pour rôle, en sectionnant le canal, de diminuer l'importance des dégradations résultant de l'épanchement des eaux par une brèche accidentelle en un point quelconque d'une rive.

gulièrement espacées, divisent les portions terrestres du canal en sections d'une quinzaine de kilomètres de longueur ; ce sont des portes de garde. Ces portes sont en acier ; elles sont suspendues à des pylônes ou tours également en charpente d'acier ; des contrepoids facilitent leur manœuvre. Le rôle des portes de garde est de diminuer l'importance des dégradations résultant de l'épanchement des eaux par une brèche survenant en un point quelconque de l'une des rives du canal. En pareil cas, en effet, il suffit d'abaisser les deux portes de garde situées de part et d'autre de la brèche pour limiter à la fois l'importance des dégâts causés par l'inondation accidentelle et la perte d'eau.

Le « Barge Canal », y compris ses terminus, a coûté un peu plus de 150 millions de dollars, soit l'équivalent, en monnaie américaine, de 795 millions de francs. Les travaux ont



CHALANDS EN ACIER DE 45 MÈTRES DE LONGUEUR, 6 M. 45 DE LARGEUR ET DE 650 TONNES DE PORTÉE EN LOURD, POUR UN TIRANT D'EAU DE 2 M. 85 SEULEMENT

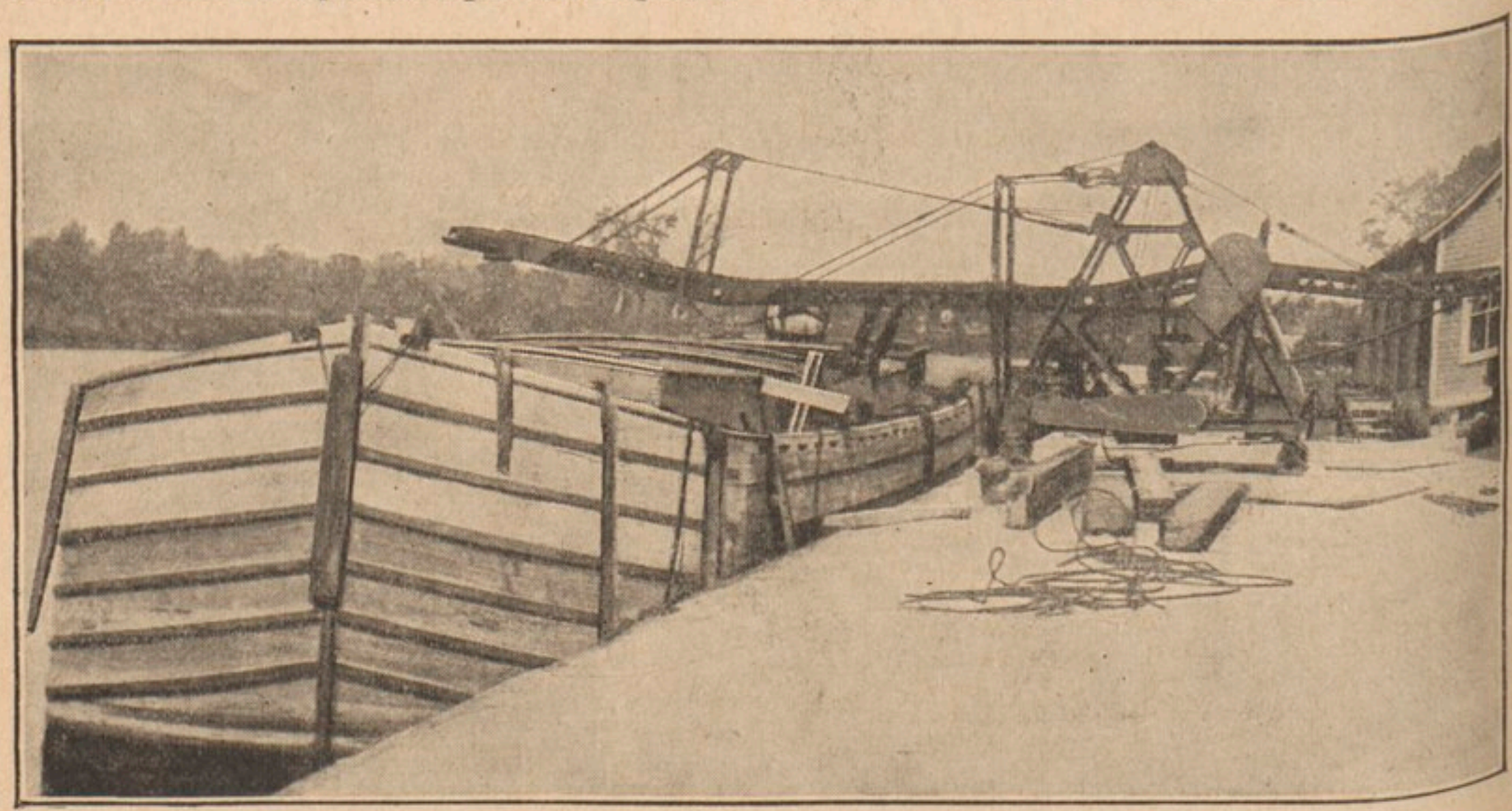


CHALAND EN BÉTON CONSTRUIT SPÉCIALEMENT POUR LE « BARGE CANAL »

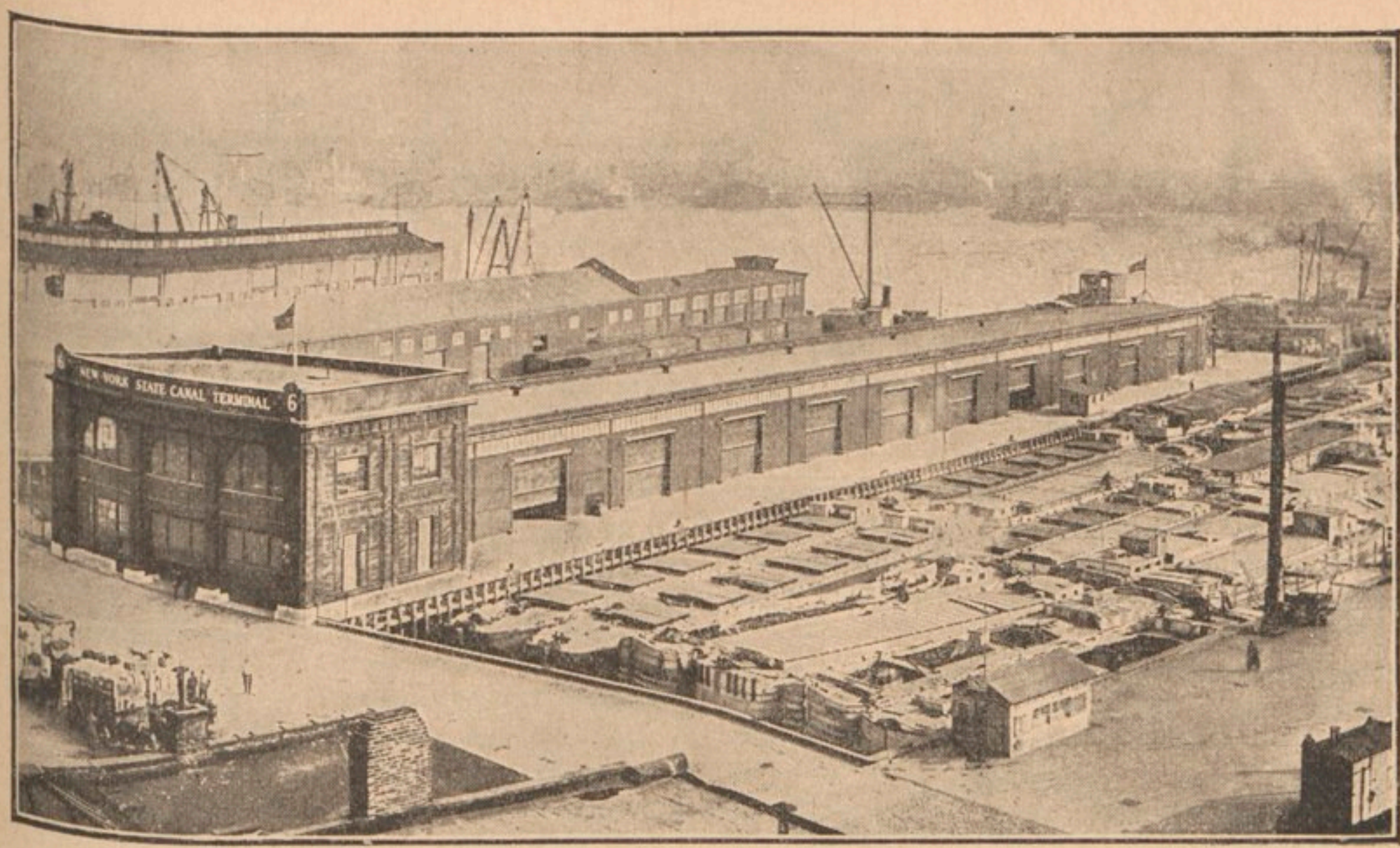
Ces chalands ont les mêmes dimensions que les péniches en acier, mais ne portent que 500 tonnes; ils sont mieux adaptés que ces dernières au transport des chargements lourds ou volumineux.

commencé en 1905 et toutes les branches du canal ont été ouvertes à la navigation en mai 1918. Il est intéressant de rappeler que le canal de Panama a coûté aux Américains, tant pour les travaux effectués par eux que pour le rachat des droits de la compagnie française, 373.000.000 de dollars environ.

Le « Barge Canal » ne possède aucun chemin de halage, le mouvement de ses chalands devant se faire uniquement par remorqueurs quand ces chalands eux-mêmes ne seront pas automoteurs. Deux types de chalands ou péniches, comme on préférera les appeler, ont été adoptés et mis en service sur le canal par le gouvernement américain : l'un en acier, l'autre en béton armé. Les chalands en acier mesurent 45 mètres de longueur et 6 m. 45 de largeur ; leur portée en lourd est au maximum de 650 tonnes pour un tirant d'eau de 2 m. 85. Les chalands en béton armé



LE « BARGE CANAL » EST DOTÉ DES APPAREILS MÉCANIQUES DE MANUTENTION, CHARGEMENT, DÉCHARGEMENT, TRANSBORDEMENT, ETC... LES PLUS MODERNES



VUE A VOL D'OISEAU DU DOCK N° 6, SUR L'EAST RIVER, A NEW-YORK, ET DU BASSIN QUI SERT DE TERMINUS MÉRIDIONAL AU « BARGE CANAL »

ont les mêmes dimensions que ceux en acier mais ne peuvent porter que 500 tonnes. Par contre, leur prix de revient serait, paraît-il, moitié de celui de ces derniers (30.000 au lieu de 60.000 dollars) et on peut les construire beaucoup plus rapidement.

D'autres péniches, en bois pour la plupart et de dimensions plus petites, ainsi que des citernes en acier, circulent également sur le canal, mais elles appartiennent à des compagnies privées ; tout ce matériel sera prochainement uniformisé suivant un nombre restreint de types et de gabarits. Le gouvernement américain mettra sous peu en service sur le canal 20 chalands automoteurs et 51 chalands de remorque. Les premiers seront construits en acier et pourront transporter 2.000 tonnes de fret dont 1.600 de charbon. Ils seront munis de deux machines à vapeur à triple expansion, auront une vitesse de huit nœuds en pleine charge.

Le trafic qui s'est effectué sur le « Barge Canal » pendant la saison de 1919 (le canal est fermé à la navigation pendant une moyenne de quatre à cinq mois en raison des rigueurs de l'hiver) qui se termina le 30 novembre, date de la clôture de la navigation, a atteint le chiffre de 1.238.844 tonnes. Si l'on considère que la capacité d'exploitation du canal est estimée à un maximum de 20.000.000 de tonnes, ce chiffre paraîtra bien faible. Toutefois, il est évident qu'on ne pouvait s'attendre à réaliser immédiatement le rendement optimum, sur le nouveau canal. Il faut, avant que ce résultat soit atteint non seulement que le matériel de navigation adéquat existe en quantité suffisante, mais surtout que, d'une part, les agents transporteurs et, d'autre part, les établissements producteurs, se rendent compte des facilités et avantages offerts par le « Barge Canal ». Il y a là tout une éducation à faire. Avec leur grand sens pratique habituel, les Américains qui, par ailleurs, ne toléreraient pas un échec de nature à leur coûter si cher, ont commencé une vigoureuse campagne en ce sens et, comme toujours, ils n'épargnent aucun moyen efficace de propagande : articles de presse, projections cinématographiques instructives, conférences, etc... On ne pourra juger du résultat qu'à la fin de la saison 1920.

Le « Barge Canal » sera d'autant plus précieux aux Américains, que ces derniers possèdent aujourd'hui — heureuse conséquence pour eux de la guerre — une très importante marine marchande attachée principalement aux ports de la côte est, c'est-à-dire de l'Atlantique, et que leurs moyens de transport par voie ferrée sont actuellement, sur tout le territoire, beaucoup plus désorganisés que les nôtres, ce dont peu de personnes paraissent se douter en Europe.

ANDRÉ CROBER.

ON PEUT JAUGER A DISTANCE LE CONTENU D'UN RÉSERVOIR QUELCONQUE

Nous avons eu occasion déjà de signaler différents appareils imaginés pour jauger automatiquement la quantité de liquide contenue dans un réservoir quelconque, quelles que soient les formes et les dimensions de ce réservoir. Ces appareils très pratiques déjà, ne peuvent toutefois être utilisés que fixés sur le réservoir lui-même, dans lequel ils plongent, le cadran indicateur restant seul visible à l'extérieur. Quand il s'agit du réservoir à essence d'une voiture automobile qui, surtout depuis l'invention des « exhausteurs » à aspiration, se trouve placé à l'arrière et sous la carrosserie, il faut donc descendre de voiture chaque fois que l'on veut consulter la jauge. Il est pourtant intéressant pour le conducteur de connaître à chaque instant de quelle quantité d'essence il dispose afin d'être averti en temps utile de la nécessité prochaine d'un ravitaillement ; car il n'est pas, en automobile, de panne plus bête et plus impardonnable que celle d'un manque subit d'essence, qui vous immobilise souvent très loin de la localité où l'on pourra refaire le plein du réservoir et qui vous met à la merci du chauffeur charitable qui consentira à s'arrêter au passage et à vous céder généreusement les quelques litres nécessaires pour regagner le plus prochain dépôt.

Pour parer à cet inconvénient et pour suppléer à la distraction ou au manque de mémoire du conducteur, on a donc imaginé un appareil qui jauge le réservoir à distance.

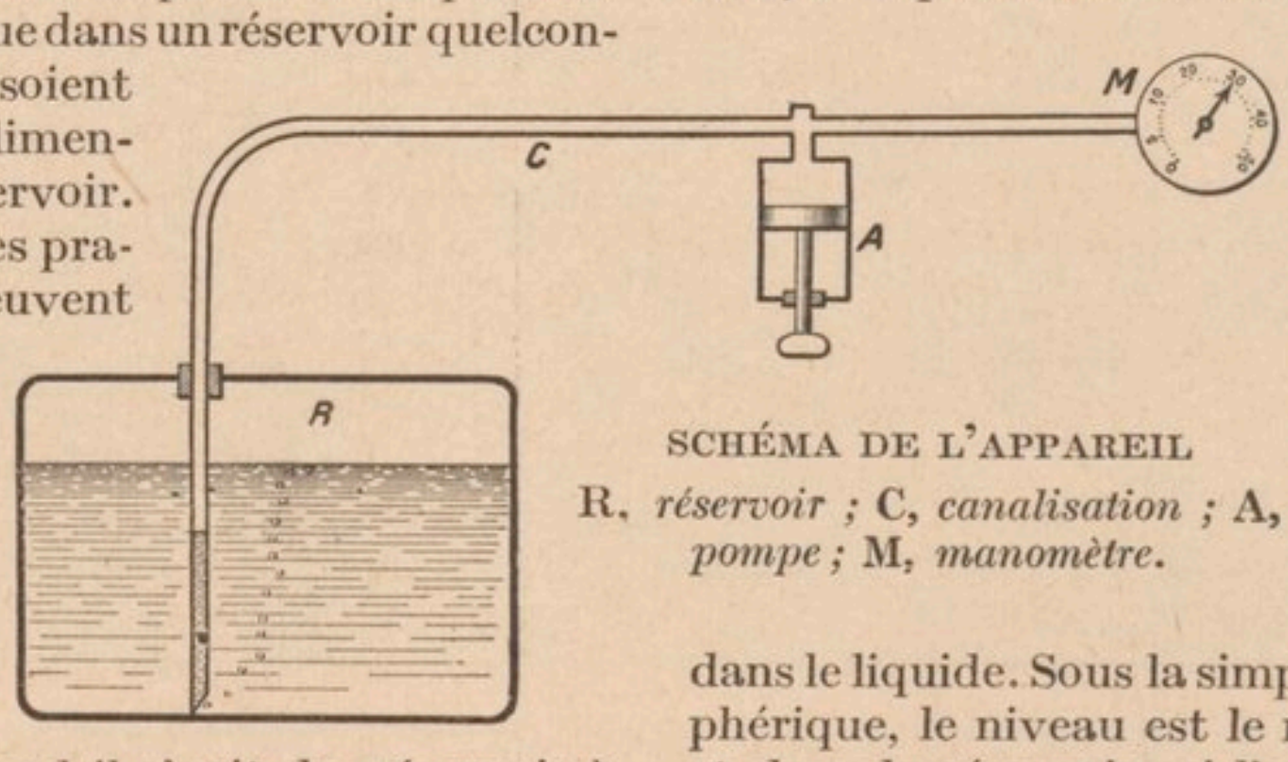
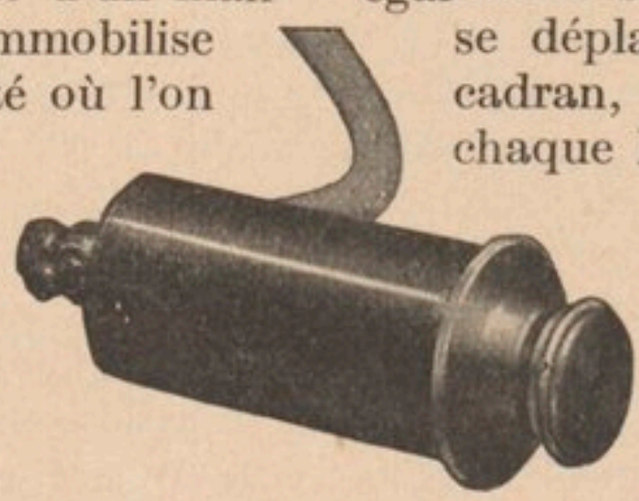


SCHÉMA DE L'APPAREIL

R, *réservoir ;* C, *canalisation ;* A, *pompe ;* M, *manomètre.*

Un manomètre fixé sur le tablier de la voiture, par conséquent sous les yeux du chauffeur, indique à tout instant ce que contient ce réservoir. Le fonctionnement de cet appareil, dénommé « Nivex », est basé sur la mesure de la pression nécessaire au refoulement d'une petite quantité d'air à travers un tube plongé dans le liquide. Sous la simple pression atmosphérique, le niveau est le même dans le tube et dans le réservoir; si l'on veut refouler le liquide contenu dans le tube, il faut exercer dans celui-ci une certaine pression qui sera d'autant plus forte que la quantité de liquide à chasser sera plus grande. Comme le montre la figure ci-contre, au moyen de la pompe *A*, placée sur la canalisation *C* qui relie le réservoir au manomètre *M*, on envoie la quantité d'air nécessaire pour refouler dans le tube la colonne de liquide de même hauteur que la masse de liquide contenue dans le réservoir *R*. La pression s'exerce également sur le manomètre dont l'aiguille se déplace proportionnellement sur le cadran, gradué en litres d'essence. A chaque hauteur de liquide correspond une pression déterminée. Il suffit donc de donner de temps en temps un coup de pompe pour faire monter l'aiguille du manomètre jusqu'à la graduation correspondant à la quantité d'essence contenue dans le réservoir. Ce geste très simple doit devenir bientôt, pour le conducteur d'une voiture, un véritable reflexe qui le préviendra infailliblement de tout manque d'essence.

LE MANOMÈTRE ET LA POMPE FIXÉS SUR LE TABLIER D'UNE AUTO



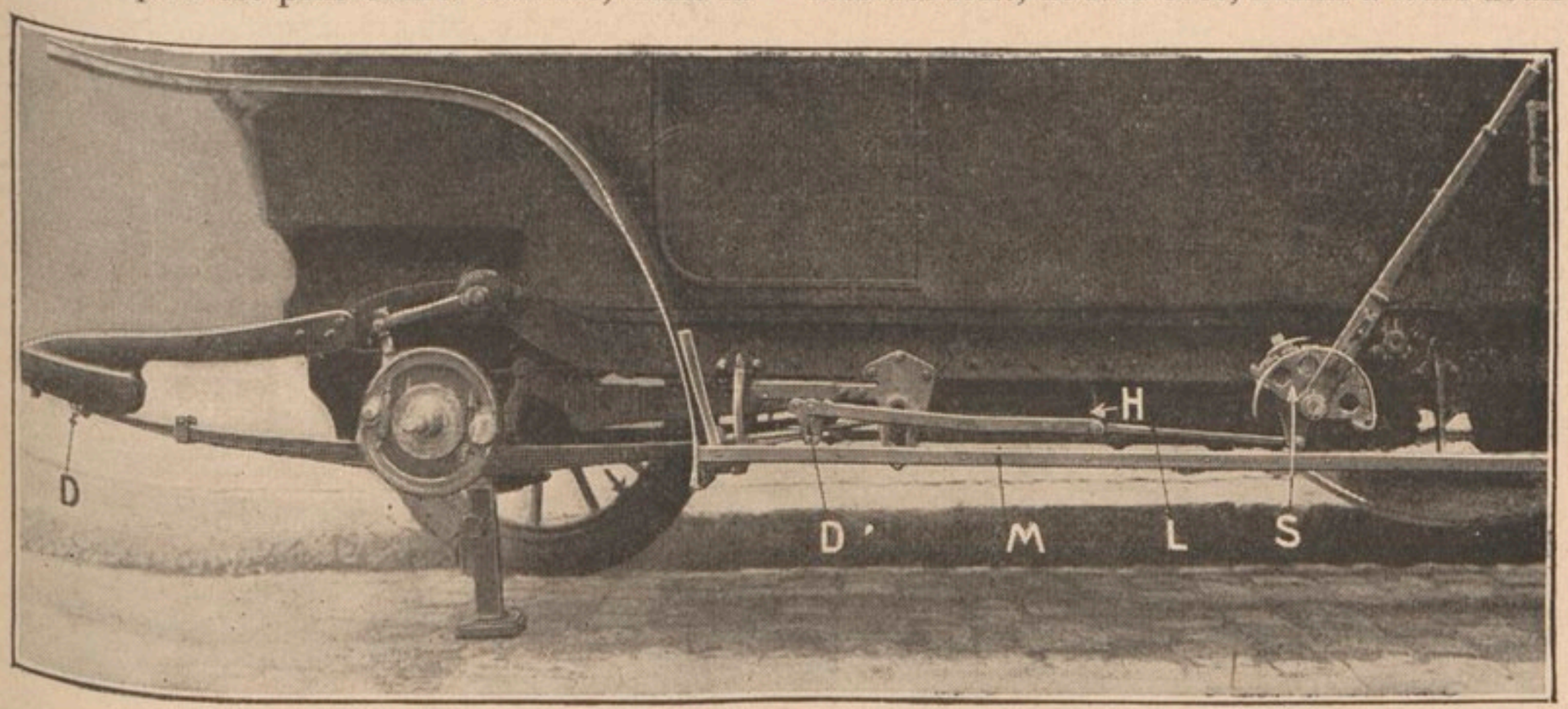
LA POMPE, DONT ON NE VOIT QUE LA TIGE SUR LA FIGURE PRÉCÉDENTE

UNE SUSPENSION D'AUTO RÉGLABLE

Par Julien CROLEY

Nous avons déjà eu l'occasion de décrire ici différents systèmes de suspension qui, soit par une transformation des ressorts, soit par l'addition et l'interposition d'appareils spéciaux, donnent à la suspension une plus grande souplesse et complètent en quelque sorte la flexibilité d'un ressort trop dur. On appelle flexibilité la quantité dont le ressort fléchit quand on augmente de cent kilogrammes le poids supporté, c'est-à-dire que cette flexibilité est de 25 quand la flèche du ressort diminue de 25 millimètres pour une charge supplémentaire de cent kilos. Cette flexibilité est maximum, toutes choses égales d'ailleurs, quand le ressort est sensiblement rectiligne. Il convient donc, en principe, d'étudier la suspension de telle sorte que les ressorts restent droits, dans les conditions normales d'emploi. Mais, néanmoins, cette suspension, qui sera parfaite pour un poids déterminé, cessera de l'être dès que la charge qu'on lui fait supporter variera en plus ou en moins. L'idéal serait donc une souplesse constante et toujours égale du ressort, quelle que soit la charge imposée. Or, dans un ressort, reposant par le milieu sur l'essieu et supportant la voiture à ses deux extrémités, la résistance est d'autant plus grande qu'il est plus court. Comme, dans la pratique, on calcule toujours cette résistance d'après le poids maximum à supporter, il s'ensuit que le véhicule ne sera bien suspendu qu'en pleine charge ; une voiture, construite pour transporter 400 kilos de voyageurs et de bagages, sera inconfortable tant que ce poids ne sera pas atteint. Si, au contraire, on calcule le ressort pour que son efficacité se produise, la voiture étant vide, celui-ci s'écrasera et se rompra avec l'augmentation du poids. En conséquence, puisque la résistance est fonction de la longueur, il faudrait pouvoir faire varier cette longueur suivant le poids à supporter et d'une façon inversement proportionnelle à ce poids.

Sur cette donnée, M. Houdaille a imaginé un dispositif ingénieux et simple qui permet de déplacer à volonté les points de liaison des extrémités du ressort avec le châssis et, par conséquent, de modifier la longueur de ce ressort, le faisant plus court au fur et à mesure que la charge augmente. Les jumelles auxquelles sont d'ordinaire fixées les extrémités du ressort sont supprimées dans ce dispositif ou, plutôt, elles sont remplacées par une sorte de doigts mobiles qui peuvent se déplacer sous le châssis, comme on peut s'en rendre compte sur les figures ci-contre. Les ressorts sont, de leur côté, munis à leurs deux



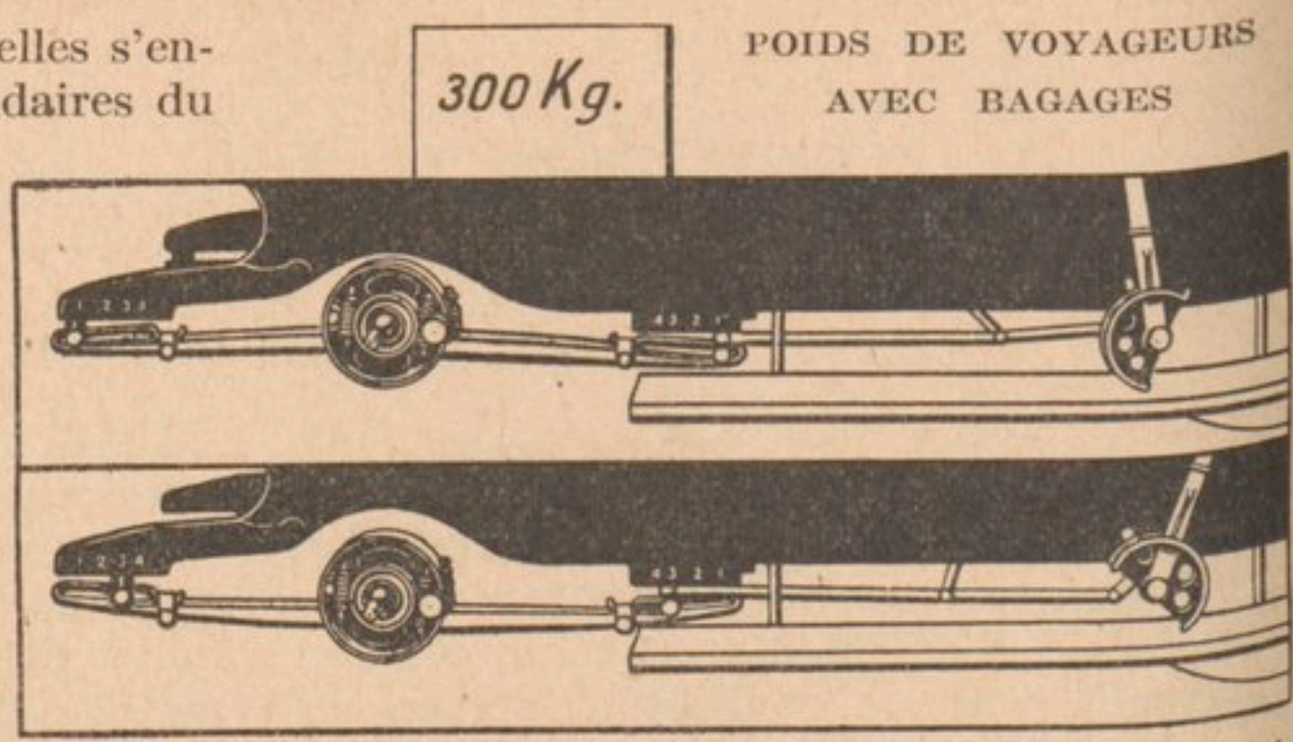
INSTALLATION DE LA SUSPENSION RÉGLABLE SUR UN CHASSIS D'AUTOMOBILE

D D', *doigts mobiles le long du châssis ;* S, *secteur qui, à l'aide du grand levier, commande les tiges* L *et* H ; L, *tige actionnant le doigt* D' ; H, *tige de renvoi actionnant symétriquement le doigt* D, *à l'extrémité opposée du ressort ;* M, *marchepied.*

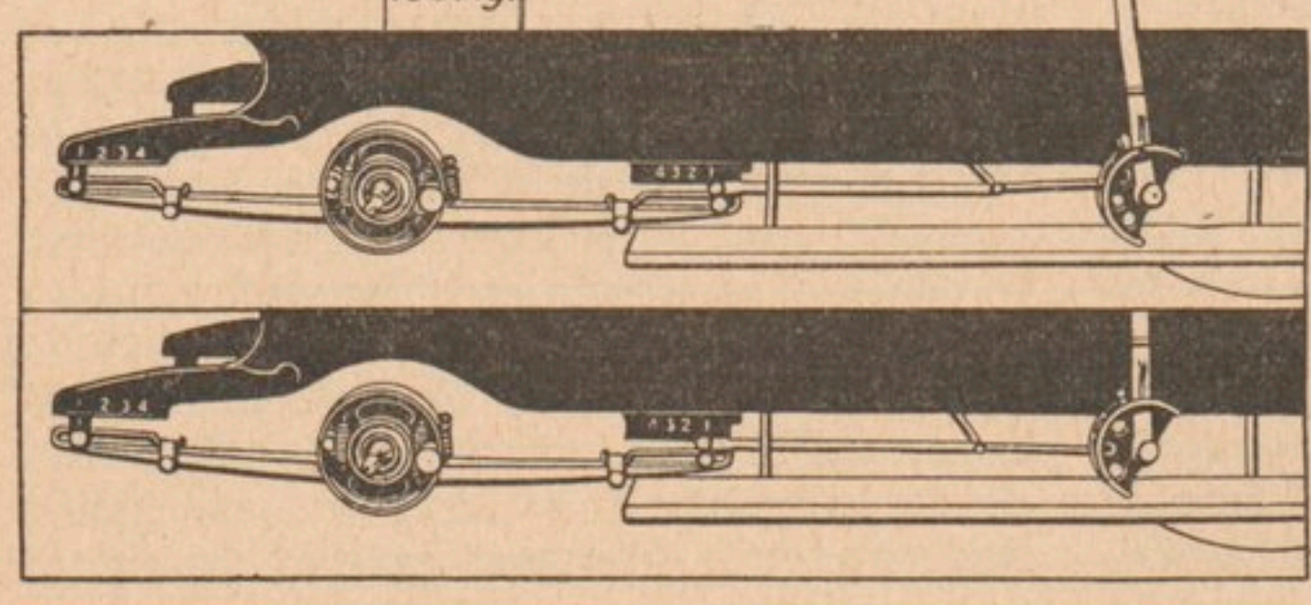
extrémités de glissières dans lesquelles s'engagent et coulissent les doigts solidaires du châssis. Ces doigts sont commandés du siège du conducteur par un levier et un secteur auquel est relié un jeu de tringles et de renvois disposés de telle sorte qu'ils avancent ou reculent simultanément d'une même distance et prennent toujours des positions symétriques par rapport à l'essieu sur lequel le ressort est monté.

Pour un poids léger, les doigts sont maintenus à l'extrémité des glissières laissant libre le jeu du ressort en entier, celui-ci affectant la forme presque rectiligne sous laquelle sa flexibilité est maximum. Si, dans cette position, on augmente d'une centaine de kilogrammes la charge de la voiture, on voit aussitôt le ressort s'infléchir en sens inverse au-dessus de sa ligne normale; mais, alors, manœuvrant le levier et rapprochant d'une certaine distance les doigts vers le milieu du ressort, on ramène celui-ci à la forme rectiligne voulue. Augmentons encore de cent autres kilogrammes la charge, le phénomène analogue se produit; il nous faudra rapprocher encore l'un de l'autre les doigts mobiles dans les glissières et, par conséquent, diminuer d'autant la longueur du ressort pour replacer celui-ci dans sa position première. Et, ainsi de suite, en procédant par additions de poids successives équivalant à deux, trois, quatre ou cinq voyageurs, on obtient autant de positions des doigts correspondant aux positions du secteur qui commande leur déplacement. Ces positions repérées une fois pour toutes sur le secteur, on peut, sans recherche et automatiquement, régler la longueur des ressorts pour le nombre de voyageurs qui occupent la voiture ou pour le poids de marchandises dont on charge le châssis. L'avantage de ce dispositif est incontestable et fournit une solution originale et élégante du problème si délicat et si intéressant de la suspension.

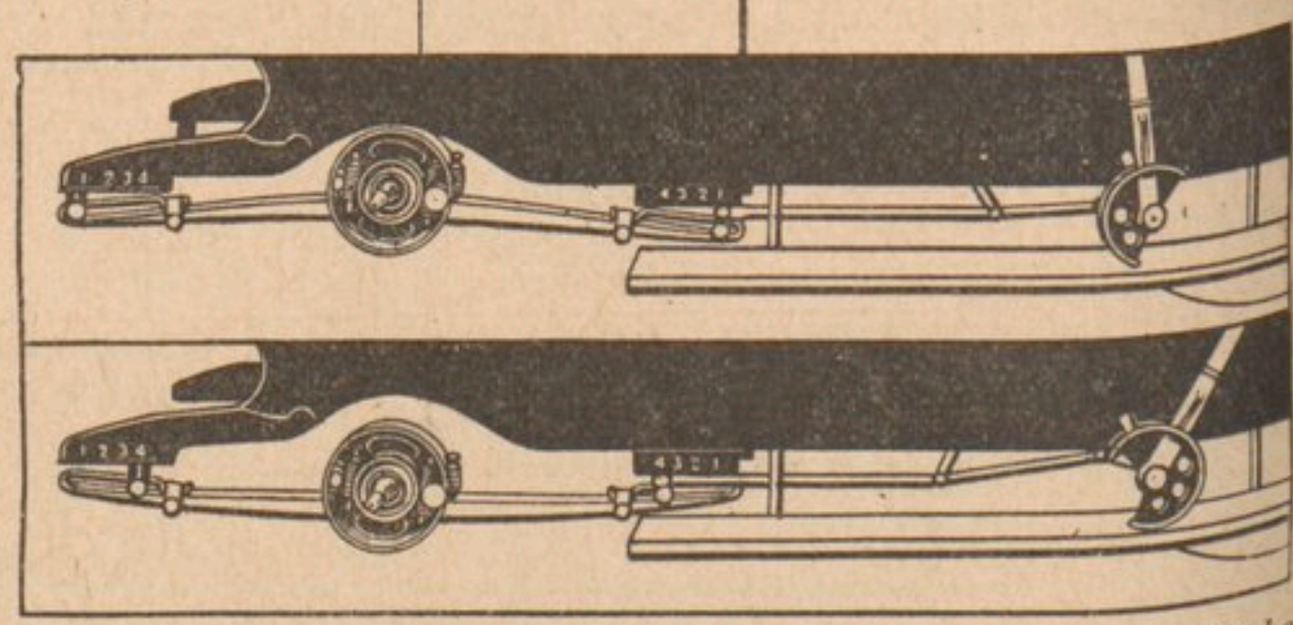
J. CROLEY



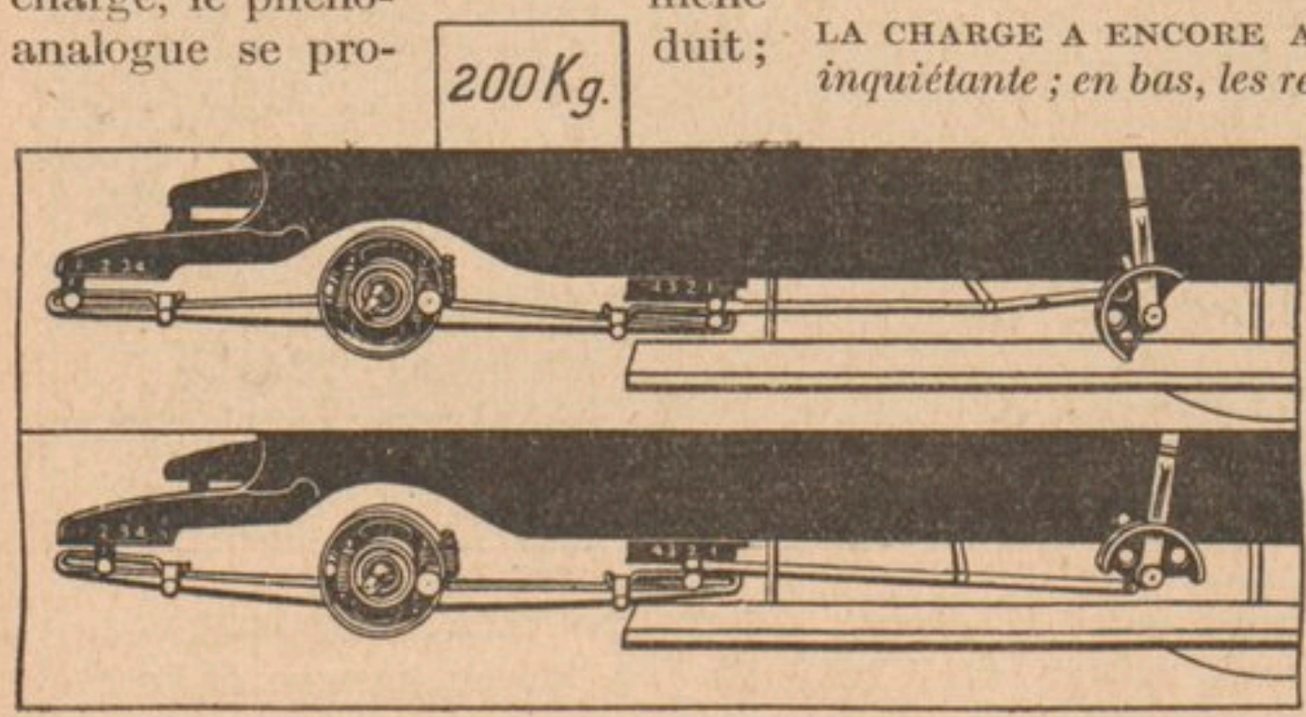
En haut, ressorts ordinaires; en bas, ressorts réglables à volonté par le conducteur.



TENSION DES RESSORTS POUR UN VOYAGEUR POIDS MOYEN
En haut, ressorts ordinaires; en bas, ressorts réglables.



LA CHARGE A ENCORE AUGMENTÉ : *en haut, une contre-flèche inquiétante; en bas, les ressorts sont plus courts; flexion normale.*



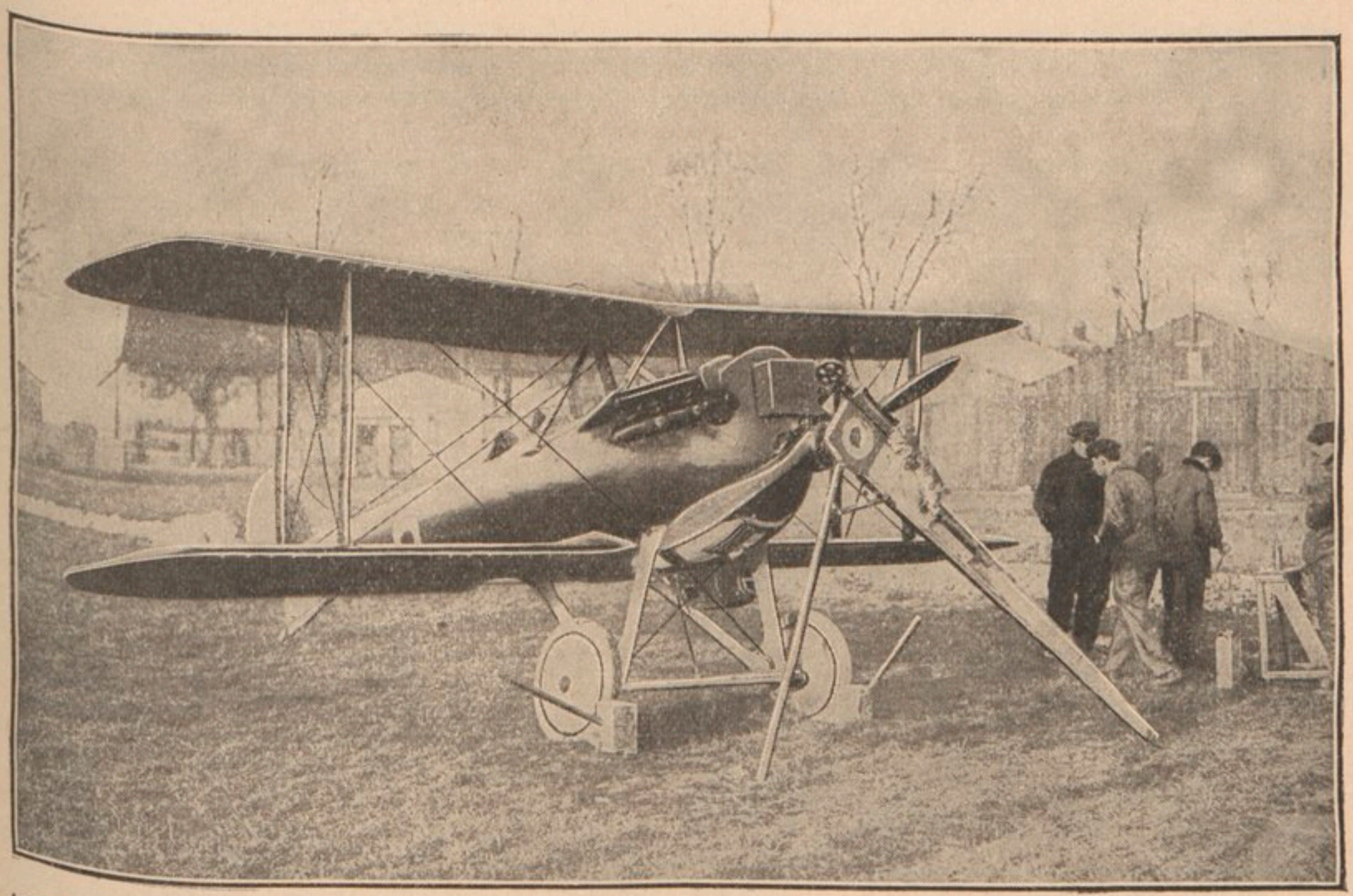
LA CHARGE EST DOUBLE : *la longueur du ressort diminue.*

LA CONQUÊTE DES HAUTES ALTITUDES ET LE TURBO-COMPRESSEUR RATEAU

Par Achille de GREUZE

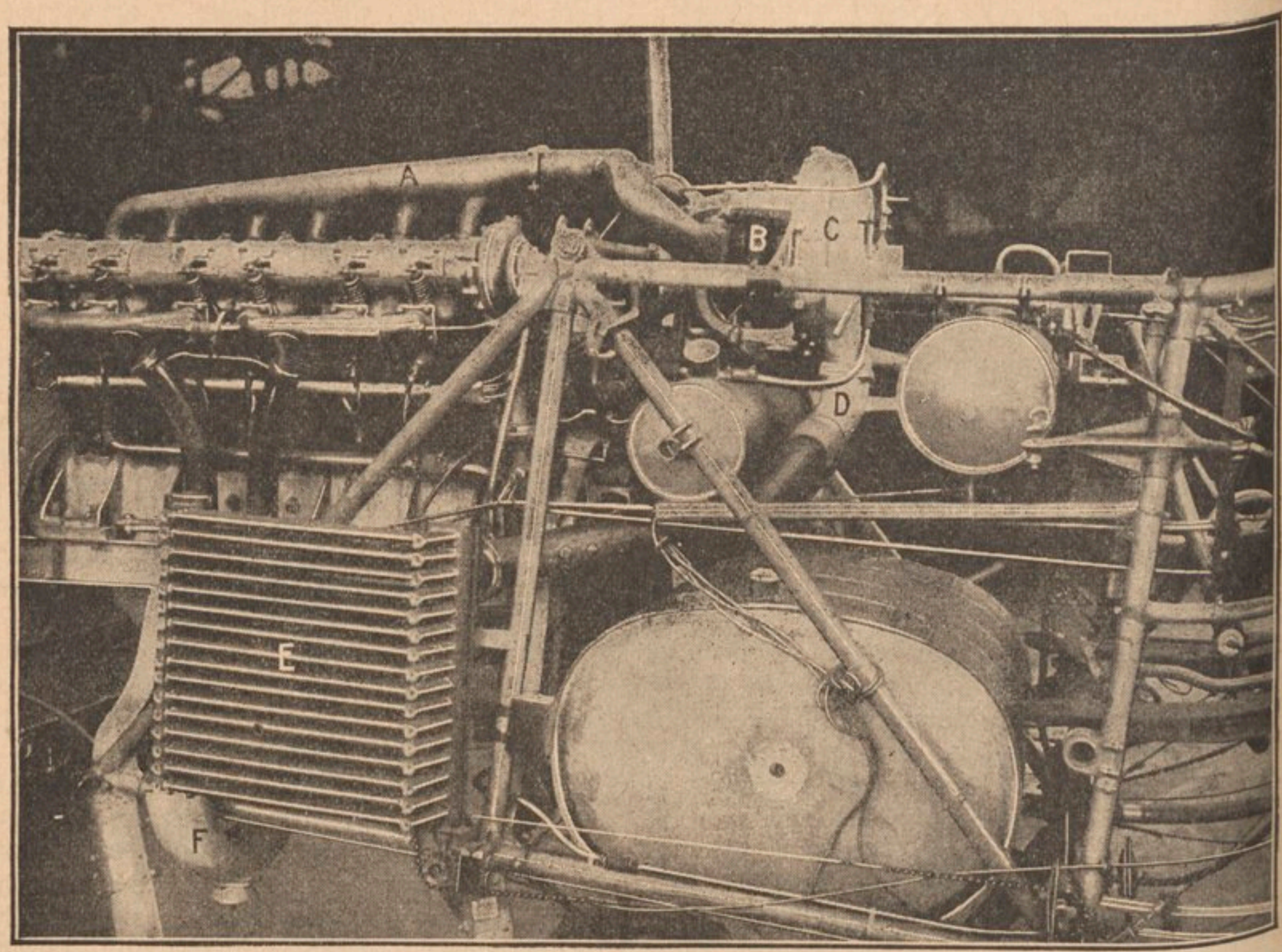
La devise du surintendant Fouquet : *Quo non ascendam?* peut être également celle des aviateurs. Leur rêve, le but de leurs efforts est d'aller toujours plus vite, de monter toujours plus haut ; dès que les circonstances atmosphériques le permettent, ils s'attaquent aux records de vitesse et d'altitude. Mais, à chaque nouvelle tentative, le gain réalisé est toujours plus minime et il semble que l'on soit bien près de la limite dans les deux sens. Les éléments se défendent eux-mêmes ; l'air oppose sa résistance à celui qui veut aller vite, il refuse de porter celui qui veut monter haut. Au fur et à mesure qu'on s'élève dans l'atmosphère, le moteur à explosions voit sa puissance diminuer proportionnellement à la densité de l'air et le carburateur qui l'alimente ne trouve plus dans le fluide raréfié les éléments nécessaires à la bonne qualité du mélange gazeux. D'après les expériences faites, on estime que, dans le voisinage de 5.500 mètres d'altitude, un moteur perd la moitié de sa puissance et les trois quarts à 11.000 mètres. On pourrait presque affirmer que, toutes choses égales d'ailleurs, un moteur perd 1 % de sa puissance chaque fois qu'il s'élève de cent mètres. Cette affirmation est rigoureusement exacte jusqu'à 5.000 mètres ; au delà, la perte de puissance est un peu moins rapide.

D'autre part, la densité de l'air diminuant, l'hélice ne rencontre plus la même résistance, et, pour fournir le même travail utile, doit tourner à un régime plus rapide au détriment du moteur. En dehors même des appareils, reste la question de l'homme qui, aux grandes



AVION DU TYPE SPAD-HERBEMONT SUR LEQUEL UN DISPOSITIF RATEAU A ÉTÉ INSTALLÉ POUR TENTER LE RECORD DE L'ALTITUDE

En avant de l'aéroplane est fixé un appareil à air comprimé, extrêmement ingénieux, dont la détente permet de mettre automatiquement en marche le moteur.



LE TURBO-COMPRESSEUR EN PLACE SUR UN MOTEUR D'AÉROPLANE (VUE PRISE DU COTÉ GAUCHE)
A, *collecteur de gaz;* B, *turbine à gaz;* C, *ventilateur;* T, *corne d'aspiration d'air;* D, *tuyau d'échappement;* E, *refroidisseur;* F, *tuyau par lequel l'air refroidi passe du refroidisseur aux carburateurs.*

hauteurs, ne trouve plus la quantité d'oxygène nécessaire à sa respiration. On peut bien combattre l'asphyxie au moyen de ballons d'oxygène, mais c'est là un procédé qui ne saurait être impunément employé pendant un long temps. On cite le cas assez récent du lieutenant Weiss qui, parti sur un avion de 300 chevaux, dans le but de battre le record de l'altitude, fut trahi, dans les hautes régions de l'atmosphère, par son appareil à oxygène. Se sentant en danger de perdre connaissance, il coupa l'allumage, disposa l'appareil en descente rapide et put atterrir, après cinquante et une minutes de vol, sans aucun dommage pour lui, mais non pour son appareil, qui faillit se briser en l'air : les ailerons avaient disparu et les membrures étaient en partie cassées. Le barographe accusa une chute de 2.800 mètres en quatorze secondes ; cela ferait une vitesse de chute de 720 kilomètres à l'heure et une vitesse sur trajectoire de 1.000 kilomètres à l'heure. Comment pilote et appareil ont-ils pu résister à un pareil régime ? Notons que l'altitude atteinte a été homologuée à 9.000 mètres au-dessus de Villacoublay, qui est lui-même à 175 mètres d'altitude, soit 9.175 mètres au-dessus de la mer. A cette hauteur, l'avion n'était pas encore *au plafond* et avait encore une vitesse ascensionnelle notable pour lui permettre de s'élever encore.

Le problème de la navigation aérienne aux hautes altitudes est donc très compliqué, mais il est du plus grand intérêt que la science cherche et arrive à le résoudre, car c'est en s'élevant très haut que l'on pourra aller très vite ; c'est en rehaussant ce que les aviateurs appellent le « plafond », c'est-à-dire le point extrême que l'on peut atteindre au zénith, qu'il sera possible de doubler et de tripler les vitesses actuellement réalisées. On se rappelle que la grosse « Bertha » qui bombarda Paris dressait son grand corps plus verticalement que tous les canons à longue portée construits jusqu'ici, afin que l'obus fût, le plus vite possible, dégagé des couches résistantes des basses régions et pût, à quelque 12.000 mètres dans l'air raréfié qui ne freine plus, poursuivre jusqu'à 120 kilomètres de distance sa longue trajectoire. Le record de la vitesse sera donc la conséquence immédiate du record de l'altitude ; et l'on a déjà calculé

INSTALLATION D'UN TURBO-COMPRESSEUR SYSTÈME RATEAU (VUE PRISE DU COTÉ DROIT)
Les lettres placées sur la photographie correspondent à celles dont l'explication est donnée dans la légende de la figure de la page précédente, à laquelle les lecteurs sont priés de bien vouloir se reporter.

qu'au delà de 10.000 mètres, un avion pourra voler à une vitesse de 450 kilomètres à l'heure, vitesse largement suffisante pour franchir en une nuit l'Atlantique.

Carburation, hélice et respiration sont donc les trois obstacles à vaincre. Protéger l'aviateur est la partie la plus facile à résoudre du problème de la navigation aérienne ; l'exemple des sous-marins démontre qu'il est possible d'établir une sorte de cabine étanche où l'équipage respirerait un air maintenu à une pression normale au moyen d'une pompe qui comprimerait l'air extérieur.

M. Louis Bréguet, le constructeur d'avions, a déjà mis à l'étude un projet d'aérobus pour hautes altitudes. C'est un biplan de 26 mètres d'envergure et de 140 mètres carrés de surface. Sa construction, entièrement métallique, comporte un fuselage central unique dans lequel sont groupés quatre moteurs d'une puissance totale de 950 chevaux, permettant de monter à 9.000 mètres avec une charge d'une tonne, représentée soit par des voyageurs, soit par des marchandises. Dans cette cabine étanche, équipage, passagers et moteurs sont à l'abri des effets pernicieux de la dépression atmosphérique, grâce surtout à l'appareil turbo-compresseur de M. Rateau, qui fournit le supplément d'air nécessaire aux hautes altitudes pour y assurer les conditions d'habitabilité et de vie. La construction de cette cabine, étanche comme l'est la coque d'un sous-marin, est absolument indispensable à la conquête des hautes régions. L'altitude la plus grande atteinte jusqu'à ce jour est encore inférieure à 11.000 mètres avec l'aide, bien entendu des inhalations artificielles d'oxygène. Les quelques aéronautes qui ont pu dépasser 10.000 mètres déclarent qu'à cette hauteur ils se trouvaient dans un véritable état de paralysie, absolument incapables de volonté pour faire le moindre mouvement.

Il est un autre facteur très important qu'on ne saurait négliger : le propulseur. Le rendement de l'hélice, aux différentes couches de l'atmosphère, et sa vitesse de rotation appropriée s'obtiendront soit avec des propulseurs à pas, et, si possible, à diamètre automatiquement variables, soit par l'emploi de changements de vitesse permettant d'augmenter la vitesse de rotation au fur et à mesure que l'on

s'élève dans l'atmosphère. Nous avons déjà eu, au cours d'une étude sur les divers propulseurs employés pour la navigation sur les rivières, lacs et canaux (*La Science et la Vie*, n° 51), l'occasion de décrire le dispositif d'hélice à pas variable, imaginé par M. P. Levasseur, pour les hydroglisseurs à hélice aérienne. La voie est donc ouverte aux chercheurs qui trouveront sans doute une solution au problème.

Reste la question de la carburation, de ce cœur du moteur qu'il faut faire battre régulièrement, malgré les différences de niveau. C'est par la suralimentation que l'on essaie d'y arriver et, le premier, M. Rateau, par un procédé élégant, qui fait le plus grand honneur à son génie inventif, a obtenu, après trois années d'efforts, un très intéressant résultat. Son dispositif consiste en une turbine, fixée sur l'échappement du moteur, qui, sous la poussée des gaz brûlés, tourne à 30.000 tours par minute et entraîne, à ce régime, un petit ventilateur centrifuge qui, lui, est destiné à appeler l'air frais par une trompe débouchant à l'extérieur, à le comprimer et à le refouler dans un récipient Cette compression produit naturellement l'élévation de densité et l'élévation de température désirables ; l'air, ainsi préparé, est aspiré par le carburateur dans ce récipient dont les dimensions ne sont pas limitées et qui pourrait, au besoin, être constitué par la cabine étanche dans laquelle se tiendra l'équipage. La pression y étant maintenue voisine de celle du sol, pilote et passagers y respireraient librement, sans le moindre gêne, à la pression atmosphérique ordinaire avec de l'air constamment renouvelé puisque le moteur, aspirateur énergique et gros manageur d'oxygène, renouvellera constamment l'air emmagasiné par le turbo-compresseur.

Ce dispositif, installé sur un certain nombre de nos avions de guerre, quelques semaines avant l'armistice, permit de constater que de gros appareils de bombardement, dont la vitesse à 5.500 mètres ne dépassait pas 140 kilomètres, atteignaient 225 kilomètres à cette même hauteur, munis de l'appareil Rateau. Ce n'est pas que l'on puisse considérer que l'on ait, désormais, cause gagnée et que, dans cette course à l'altitude, on ait décroché la timbale ; le parfait graissage d'une turbine tournant à 30.000 tours est, notamment, chose délicate ; mais, néanmoins, le bénéfice acquis est déjà considérable, et il y a tout lieu d'espérer que nos avions de paix, dotés d'engins encore perfectionnés, auront ainsi la faculté de s'enfoncer de plus en plus vite dans l'air toujours plus rare et, y trouvant la moindre résistance, réaliseront bientôt des vitesses insoupçonnées. Dans une note présentée au mois de mars dernier à l'Académie des Sciences, M. Rateau déclare que le rendement des turbo-compresseurs n'est pas limité et que, seuls, jusqu'à nouvel ordre, le froid et l'air raréfié sont les obstacles que l'homme qui veut parvenir aux plus hautes régions de l'atmosphère a plus particulièrement à redouter.

A 6.000 mètres, le turbo peut rétablir la pression du sol ; c'est une simple question de section du distributeur de la turbine. Voler au dessus de 7.000 mètres est déjà chose aisée et les essais heureusement réalisés ne sont même plus enregistrés. Si on ne s'y risque pas plus souvent, c'est que ce n'est pas, pour le moment, chose très utile et qu'il y a toujours quelque danger à se servir des appareils à oxygène pour suppléer à la respiration artificielle insuffisante.

Quoi qu'il en soit, le temps semble proche où l'homme pourra voler commodément dans les régions insondables de l'atmosphère.

A. DE GREUZE.

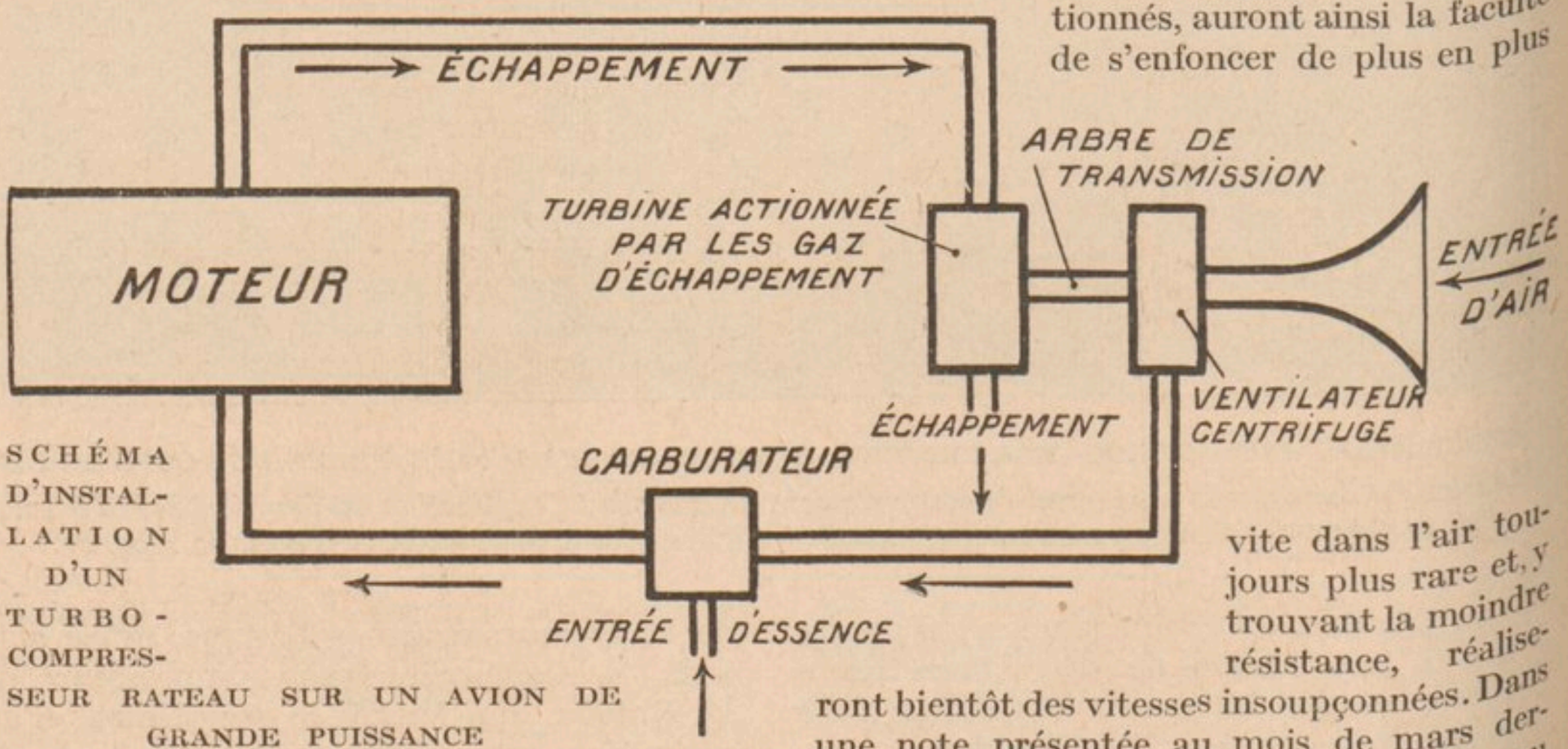


SCHÉMA D'INSTALLATION D'UN TURBO-COMPRESSEUR RATEAU SUR UN AVION DE GRANDE PUISSANCE

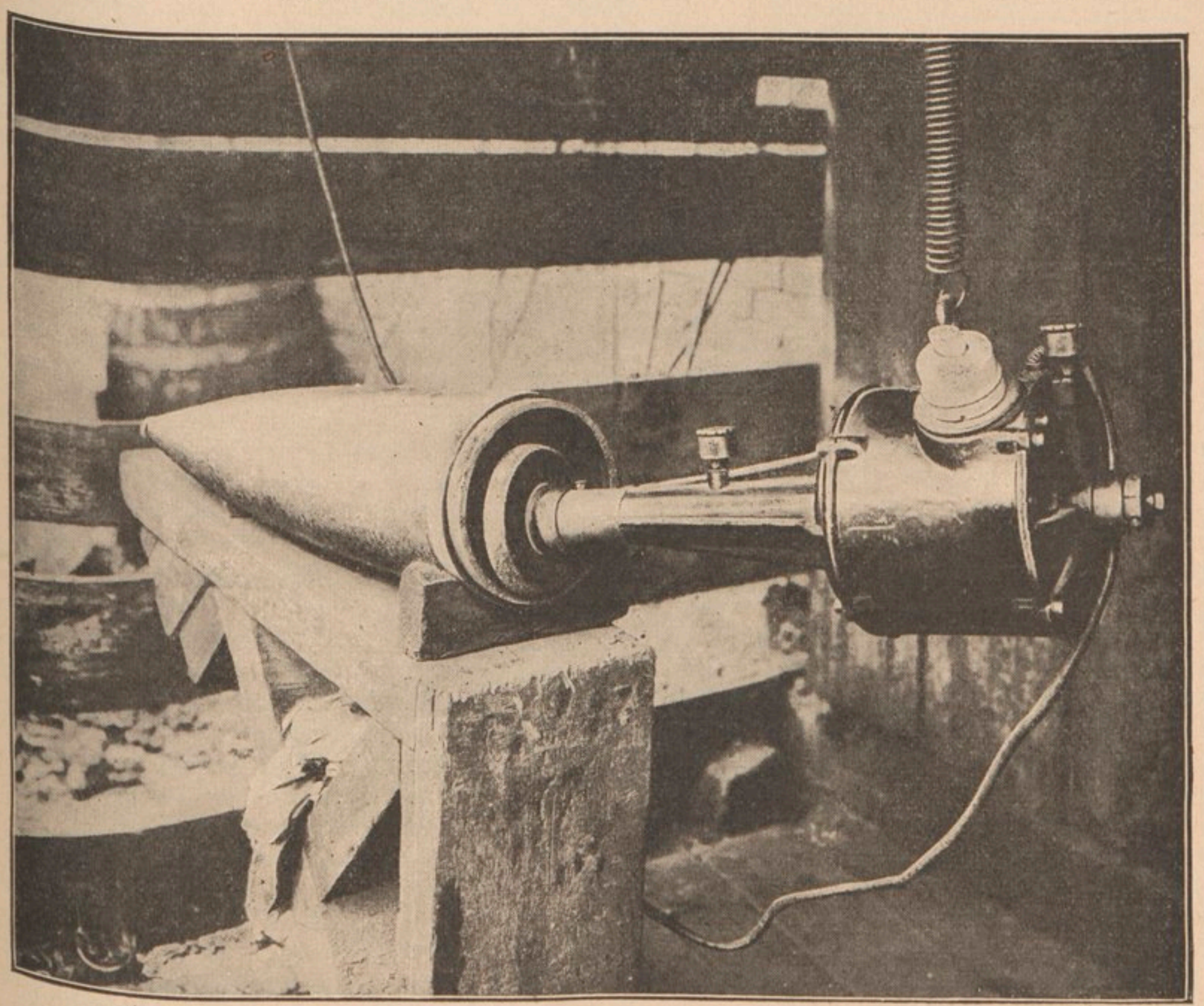
UNE MACHINE A MEULER ÉLECTRIQUE D'UN MANIEMENT FACILE

Les meuleuses *fixes* s'emploient, aujourd'hui, d'une manière courante pour l'affûtage des outils, le dressage et le finissage de nombreuses pièces qu'elles permettent de rectifier avec une remarquable précision, même après trempe ou recuit.

D'ordinaire, ces machines se composent d'un fort bâti en fonte, d'une seule pièce, portant à l'arrière une cloison servant de passage au courant d'air produit par la rotation de la meule. Une vanne en tôle, que l'on peut approcher de la meule, à mesure de son usure, arrête les poussières et les étincelles et les oblige à passer dans le conduit formé par la cloison et à sortir par l'orifice qui se trouve à l'arrière du bâti.

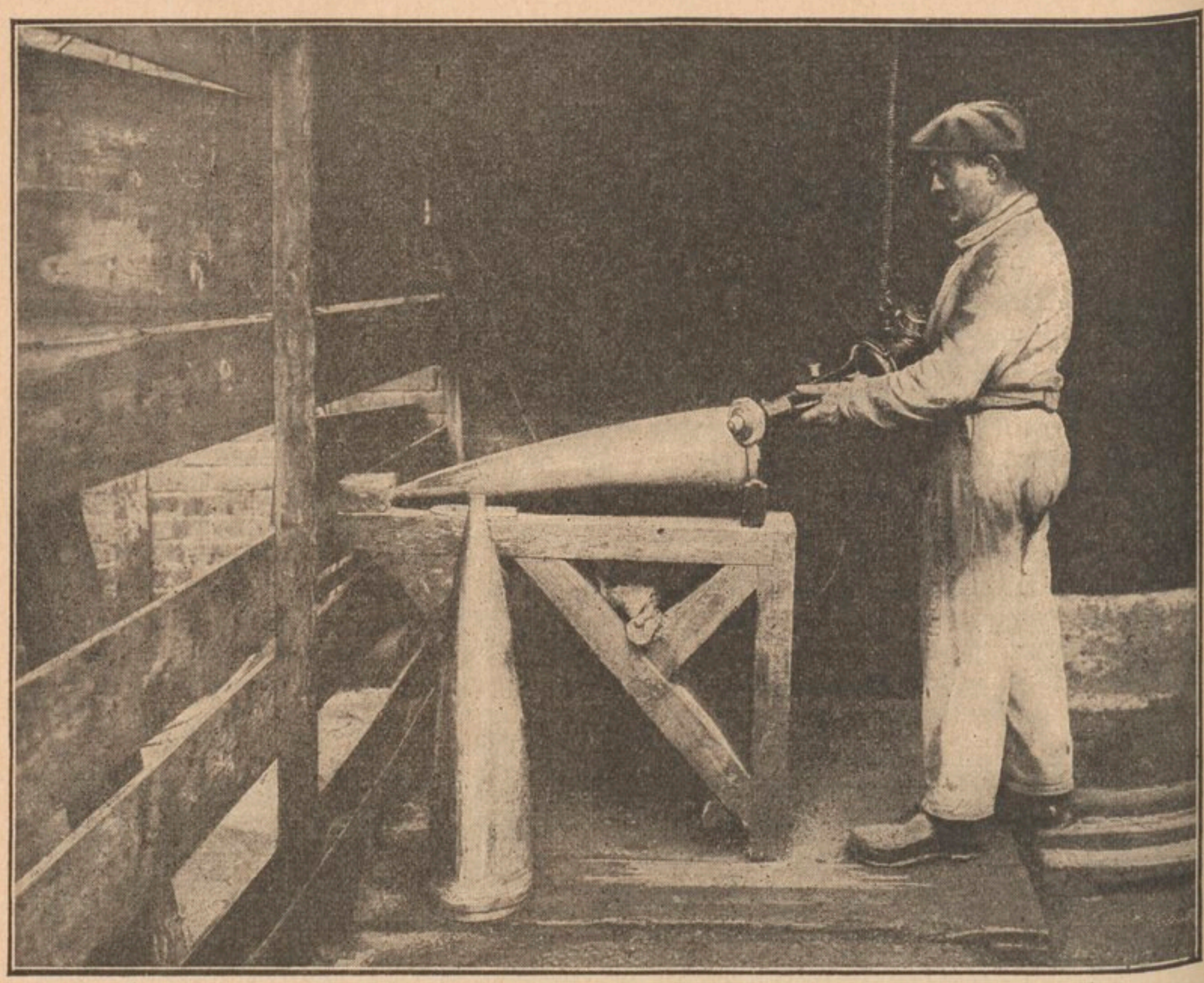
Un protecteur très robuste, en acier coulé, avec flasques en tôle d'acier, évite la projection des débris de la meule en cas d'accident. Ce protecteur est solidement maintenu à l'arrière et à l'avant du bâti ; il s'articule généralement à l'aide de quatre bielles en fer forgé et peut se rapprocher de la meule au fur et à mesure de l'usure de celle-ci.

En revanche, les meules *portatives* se voient encore rarement dans les usines françaises. Aussi la *nouvelle machine à suspension* « Stow », destinée à meuler les surfaces



LA MEULEUSE ÉLECTRIQUE « STOW » EN POSITION DE TRAVAIL

Le moteur électrique, entièrement blindé, se construit pour courant continu ou alternatif, biphasé ou triphasé, et marche indifféremment sous 110 ou 120 volts. L'ensemble pèse environ 17 kilogrammes.



OUVRIER RODANT UNE SURFACE EN FONTE AVEC LA MEULEUSE « STOW »

Grâce au bras-rallonge qu'il tient dans sa main gauche, l'homme guide l'outil pendant le meulage et peut effectuer des rectifications intérieures ou de surfaces, d'une façon assez précise. La machine, en marche normale, peut fournir 3.600 tours par minute.

et les intérieurs, mérite de nous retenir un instant. Son moteur électrique, entièrement blindé, se construit pour courant continu ou alternatif, biphasé ou triphasé, et marche indifféremment sous 110 ou 220 volts.

Grâce au bras-rallonge, qu'il tient dans sa main gauche, l'ouvrier guide l'outil pendant le meulage et peut effectuer des rectifications intérieures ou de surfaces d'une façon assez précise. L'ensemble de la machine pèse environ 17 kilos. En travail normal, la meule fait 3.600 tours par minute.

Un autre constructeur a lancé aussi, récemment, une *meule portative* d'un genre tout différent. Monté sur un bâti muni d'une selle et de pédales, avec un dispositif de commande, cet appareil permet de supprimer l'aide qui est obligé de tourner la meule pendant que l'ouvrier affûte l'outil. Son emploi sera surtout intéressant dans les endroits où la force motrice fait défaut : chantiers volants de construction, petites entreprises agricoles, petits mécaniciens de province qui, souvent, ne disposent pas encore d'un atelier muni de machines à vapeur ou électriques.

Donnons, à titre d'indications, quelque temps d'affûtage avec cette meule. Par exemple, un fer de hache avec une entaille de deux centimètres et demi peut être remis en état en vingt minutes environ. Un ciseau à froid complètement détérioré et coupé pour éliminer l'entaille s'aiguise à nouveau avec un biais concave et un tranchant parfait en six minutes sans affecter la trempe du métal. Ces résultats sont concluants.

Le poids de cette meuleuse, qui n'est que de 29 kilogrammes, la rend parfaitement transportable. Les fermiers peuvent l'emmener avec eux quand ils se rendent aux champs, affûter sur place leurs outils et même les retoucher très facilement quand ils les détériorent. Le prix en est assez élevé, mais l'industriel l'amortira vite, en raison du temps qu'il fera gagner à ses ouvriers.

LES INVENTIONS RÉALISÉES POUR LA DÉFENSE NATIONALE

LES PROGRÈS DE LA T. S. F. EN FRANCE PENDANT LA GUERRE

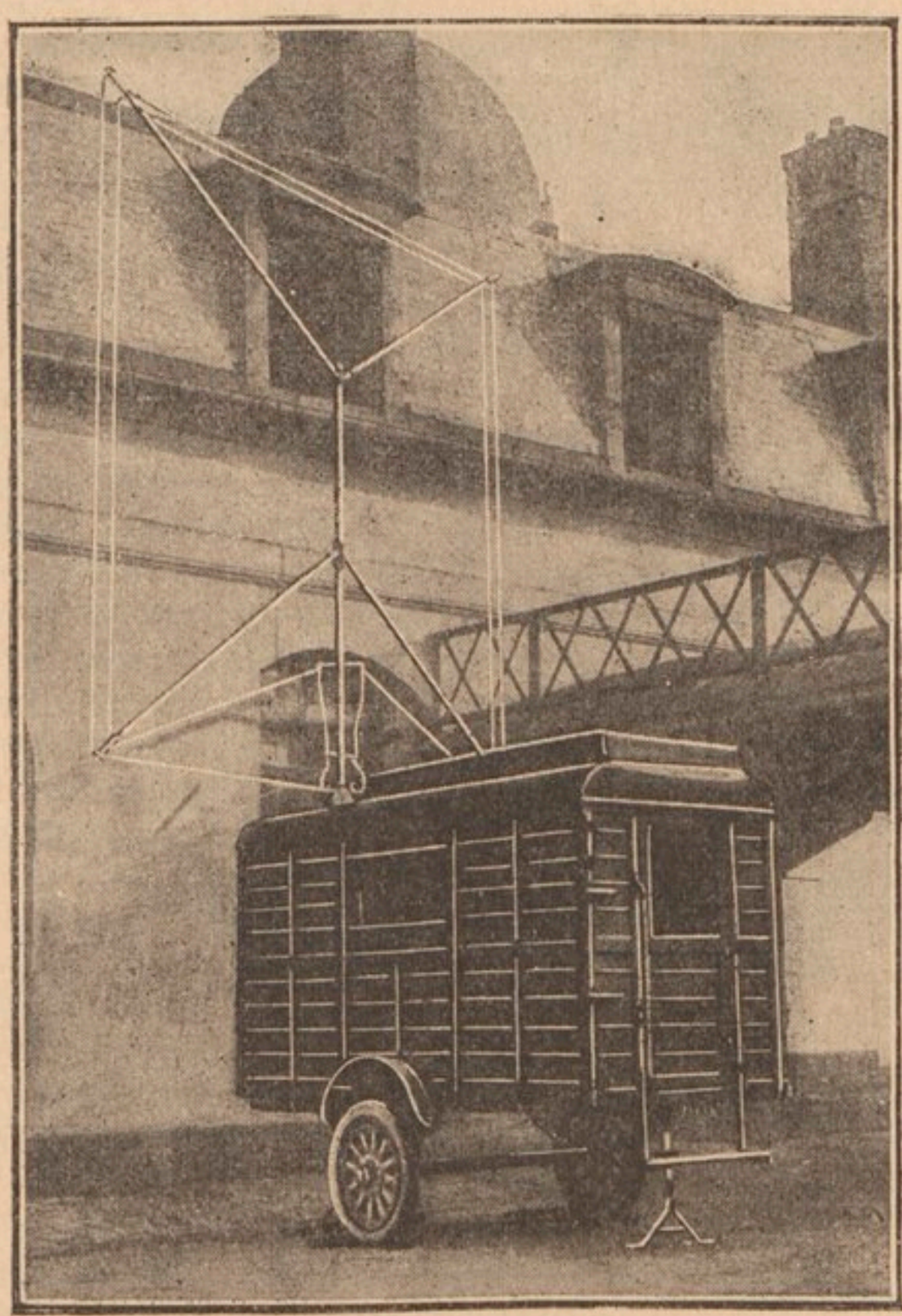
(*Voir le premier article dans le N° 50 de* La Science et la Vie)

Par Louis FRANÇOIS

Nous avons, dans un précédent article, parlé des propriétés de la lampe à trois électrodes. Nous avons montré que cette lampe pouvait servir d'émetteur et engendrait des ondes entretenues ; nous avons fait voir qu'à la réception, la lampe pouvait servir de détecteur et amplifier en même temps les faibles courants qui parcourent les circuits récepteurs, soit qu'il s'agisse du courant même qui parcourt l'antenne réceptrice, soit qu'il s'agisse du courant téléphonique qui rend accessible à nos sens le phénomène de la réception.

Nous nous proposons maintenant d'étudier, avec quelque détail, d'abord le rôle de la lampe comme amplificatrice et ensuite de passer en revue les perfectionnements les plus importants réalisés pendant la guerre en ce qui concerne la réception.

Rappelons sommairement, pour commencer, le principe même de l'amplification. Reprenons notre lampe à trois électrodes (fig. 1). Le filament de tungstène est porté à l'incandescence grâce à une batterie d'accumulateurs de 4 ou 6 volts. Il émet dans l'ampoule, où le vide a été extrêmement poussé, des électrons chargés d'électricité négative qui sont énergiquement attirés par une plaque de nickel ou de molybdène portée, grâce à une batterie d'accumulateurs de 40 ou 80 volts, à un niveau électrique nettement supérieur à celui du filament. Entre le filament et la plaque se trouve disposée la troisième électrode : la grille. Si nous disposons d'un moyen de faire varier son niveau électrique par rapport à celui du filament (par exemple en intercalant entre la grille et le filament une source électrique dont on peut faire varier le voltage), nous constatons les deux phénomènes suivants, qui étaient faciles à prévoir. La grille est-elle positive par rapport au filament (niveau électrique plus élevé), elle attire les électrons et superpose son action à celle de la plaque. La quantité d'électricité négative qui arrive sur la plaque dans un temps donné est plus grande. Le courant débité par l'accumulateur de plaque, pour neutraliser cette électricité négative, est plus intense.



REMORQUE GONIOMÉTRIQUE DE L'ARMÉE

Le cadre est supporté par un X très léger que l'on démonte très facilement pour les transports.

Le fait que la grille est positive par rapport au filament renforce le courant de plaque. La grille est-elle négative, au contraire, elle repousse les électrons et, par un phénomène inverse de celui que nous venons de décrire, le courant plaque se trouve diminué.

Si, d'une façon plus générale, la grille passe par des niveaux électriques variables, tantôt positifs, tantôt négatifs par rapport au filament, les variations de ces niveaux sont fidèlement suivies par le courant plaque qui diminue ou augmente d'intensité en même temps que la grille change de niveau électrique par rapport au filament. Et alors, deux faits de la plus haute importance sont à noter, qui donnent à eux seuls toute la théorie de l'amplification et de l'emploi des lampes électroniques à la réception :

1° Pour une disposition convenable des divers éléments de la lampe, *à de très petites variations du niveau électrique de la grille correspondent des variations très importantes de l'intensité du courant plaque*. C'est en cela que la lampe est amplificatrice. Faisons, par exemple, agir directement sur la grille le faible courant (les ondes captées) qui parcourt une antenne de réception et qui, comme on le sait, est essentiellement variable. La grille, par rapport à son niveau électrique de repos, qui est celui du filament, sera tantôt positive et tantôt négative, mais ces variations seront très faibles si le courant qui parcourt l'antenne est lui-même très faible. A ces faibles variations du niveau électrique de grille correspondront, par contre, des variations importantes du courant de plaque. La lampe a donc fonctionné comme amplificateur à haute fréquence. Nous expliquerons et montrerons plus loin tout le détail de ce montage ;

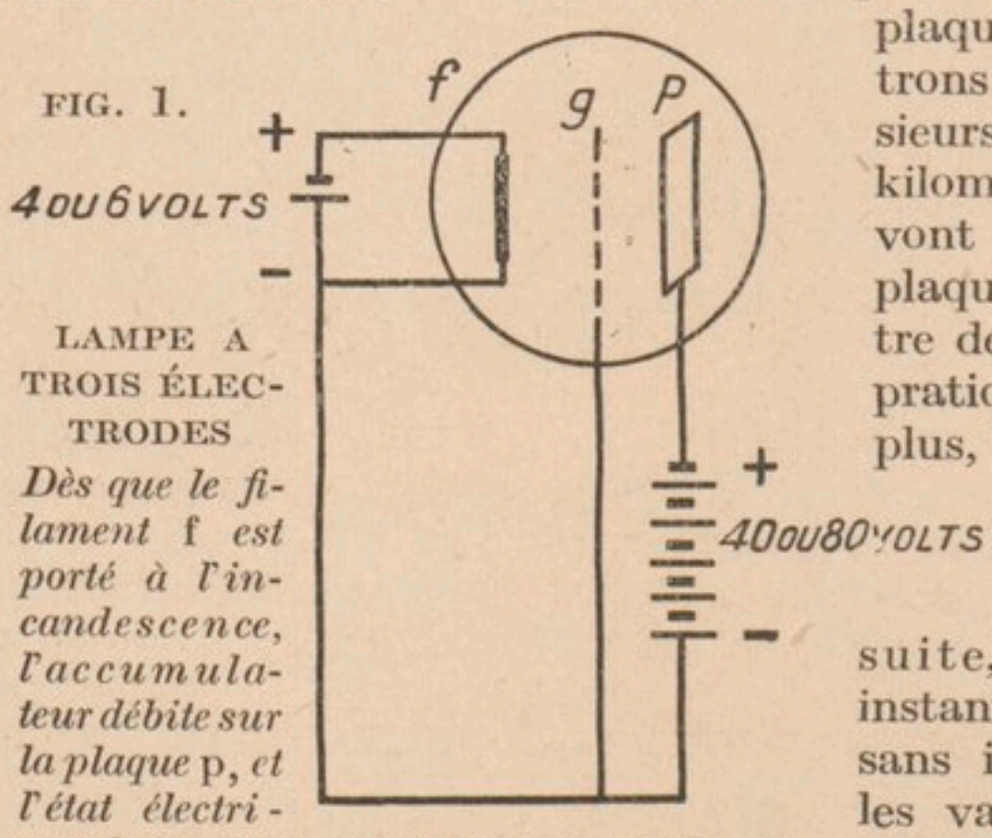


FIG. 1.

LAMPE A TROIS ÉLECTRODES

Dès que le filament f est porté à l'incandescence, l'accumulateur débite sur la plaque p, et l'état électrique de la grille g influe sur ce courant.

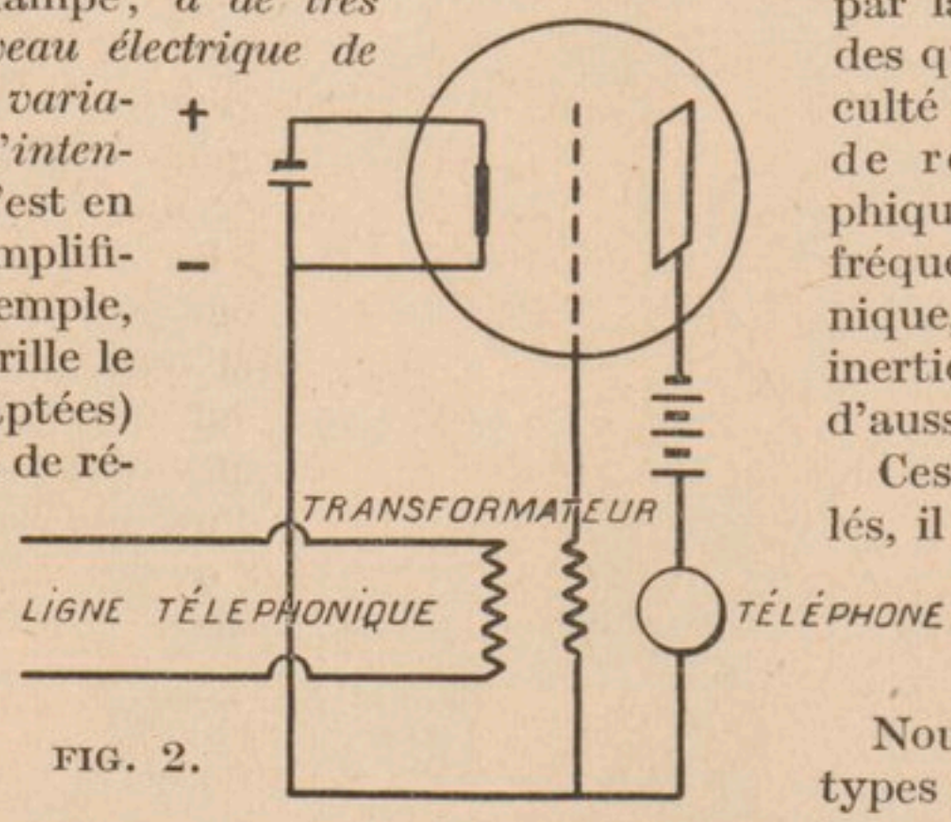


FIG. 2.

AMPLIFICATION D'UN COURANT TÉLÉPHONIQUE

Les variations du courant téléphonique engendrent par induction des variations analogues dans le circuit de la grille. Le circuit de la plaque est alors, lui aussi, le siège de variations identiques mais beaucoup plus énergiques ; on entend donc plus fort dans le téléphone.

2° Le temps qui s'écoule entre le moment ou la grille change de niveau électrique et celui où le courant plaque change d'intensité comme conséquence de ce changement électrique de la grille, c'est le temps mis par les électrons pour aller de la grille à la plaque. Or, la vitesse des électrons est de l'ordre de plusieurs dizaines de milliers de kilomètres à la seconde; ils vont donc de la grille à la plaque (moins d'un centimètre de distance) en un temps pratiquement négligeable. De plus, ils sont impondérables.

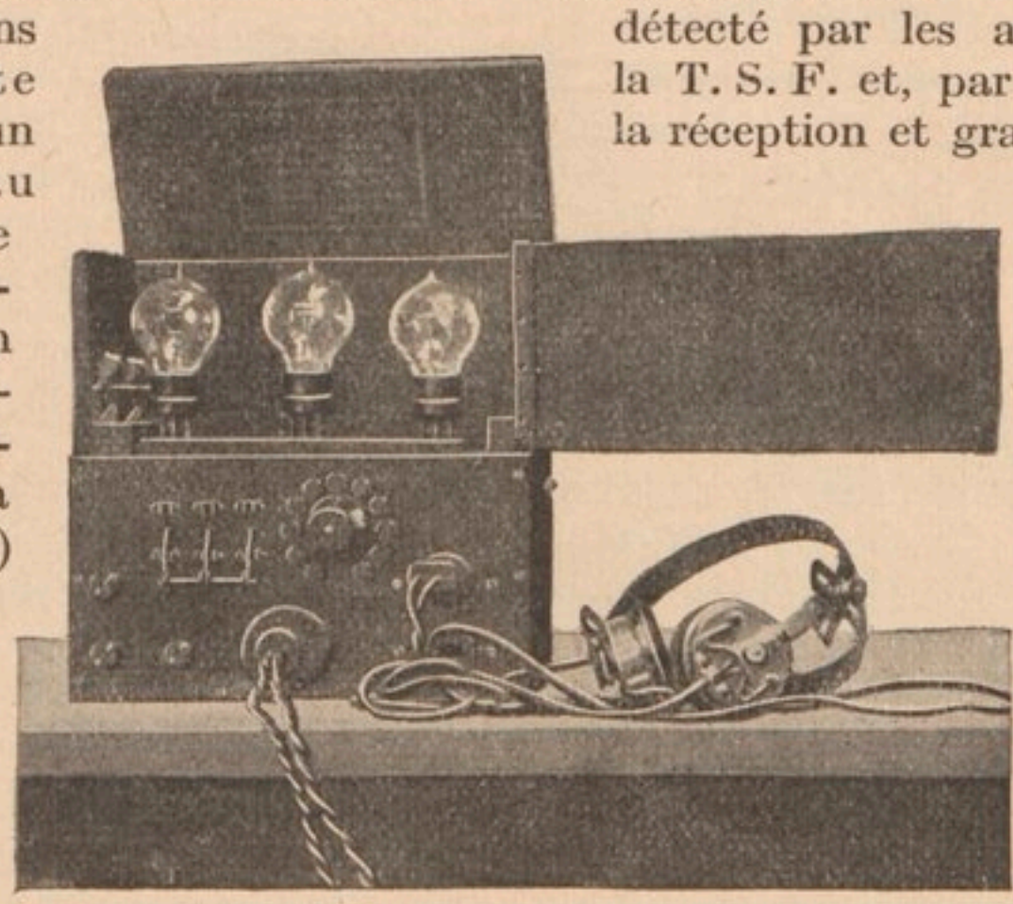
Le relais constitué par la lampe à trois électrodes est, par suite, d'un fonctionnement instantané. C'est un relais sans inertie qui peut suivre les variations les plus rapides que subit le niveau électrique de la grille. En particulier, les fréquences de l'ordre du million, qui sont celles de l'onde hertzienne correspondant aux postes de petite longueur d'onde, peuvent parfaitement être suivies par la lampe à trois électrodes qui amplifiera sans difficulté les courants alternatifs de réception radiotélégraphique ayant cette énorme fréquence. Aucun relais mécanique, si minime que soit son inertie, ne pourrait suivre d'aussi rapides variations.

Ces principes étant rappelés, il nous reste à parler des amplificateurs eux-mêmes et de leurs principales applications.

Nous distinguerons trois types principaux d'amplificateurs : les amplificateurs à basse fréquence, destinés à amplifier les courants téléphoniques et dont l'une des plus intéressantes applications a été la T. P. S. (télégraphie par le sol) ; les amplificateurs à haute fréquence, qui ont permis une amélioration considérable de la réception radiotélégraphique et l'emploi pratique de la goniométrie aux armées. Les amplificateurs à très basse fréquence qui ont permis de faire utilement de la télémécanique.

Amplificateurs à basse fréquence. — La

figure 2 donne le schéma de principe du fonctionnement de cet amplificateur ; remarquons, cependant, qu'au lieu d'intercaler le téléphone dans le circuit de plaque de la lampe, rien n'empêche de faire agir cette plaque sur la grille d'une deuxième lampe à l'aide d'un deuxième transformateur. On obtient alors, dans la plaque de cette deuxième lampe, un courant amplifié au deuxième degré. Cette opération peut se répéter à l'aide d'un troisième transformateur, et d'une troisième lampe et le schéma ainsi réalisé (fig. 3) est exactement celui de l'amplificateur basse fréquence du modèle courant. Le téléphone, intercalé dans la plaque de la troisième lampe, est actionné de façon infiniment plus énergique que si on s'était contenté de le laisser dans la ligne téléphonique originelle.



AMPLIFICATEUR A BASSE FRÉQUENCE UTILISÉ POUR LA T. P. S. (TÉLÉGRAPHIE PAR LE SOL) ET POUR RENFORCER LES RÉCEPTIONS DE T. S. F.

On peut se demander s'il n'y aurait pas avantage à poursuivre indéfiniment cette progression dans l'amplification, en employant un nombre très grand de lampes. Il n'en est malheureusement pas ainsi, car, en multipliant les lampes, on amplifie ou l'on crée toutes sortes de bruits parasites qui finissent par couvrir la réception intéressante. Celle-ci ne reste claire que pour un nombre de lampes que l'expérience a fixé à trois.

L'amplificateur qui vient d'être décrit et dont la gravure ci-dessous donne l'image, a été répandu par milliers d'exemplaires dans les armées. Il se prête admirablement à l'amplification des courants téléphoniques de fréquence dite musicale (800 à 1.000 périodes à la seconde). Ses trois grandes applications ont été les suivantes : 1° amplification du courant détecté par les appareils récepteurs de la T. S. F. et, par suite, amélioration de la réception et grande augmentation des portées pour une même énergie au départ ; 2° possibilité de faire de la télégraphie par le sol ; 3° possibilité de surprendre les conversations téléphoniques ennemies. Nous n'insisterons pas autrement sur le premier de ces points car nous y reviendrons quand nous parlerons des progrès de la réception ; pour le moment nous allons donner quelques détails sur la télégraphie par le sol ainsi que sur les conversations interceptées, lesquelles dérivent du même principe.

Télégraphie par le sol. — Le principe de la télégraphie par le sol est infiniment simple. Dans une ligne isolée que nous poserons sur le sol, (fig. 4), que nous pourrons même enterrer et dont les deux extrémités, dénudées, seront mises à la terre, faisons passer un courant variable. Ce sera, par exemple, le courant d'un alternateur ou celui d'un petit vibrateur quelconque. Installons à distance convenable de cette première ligne ou base

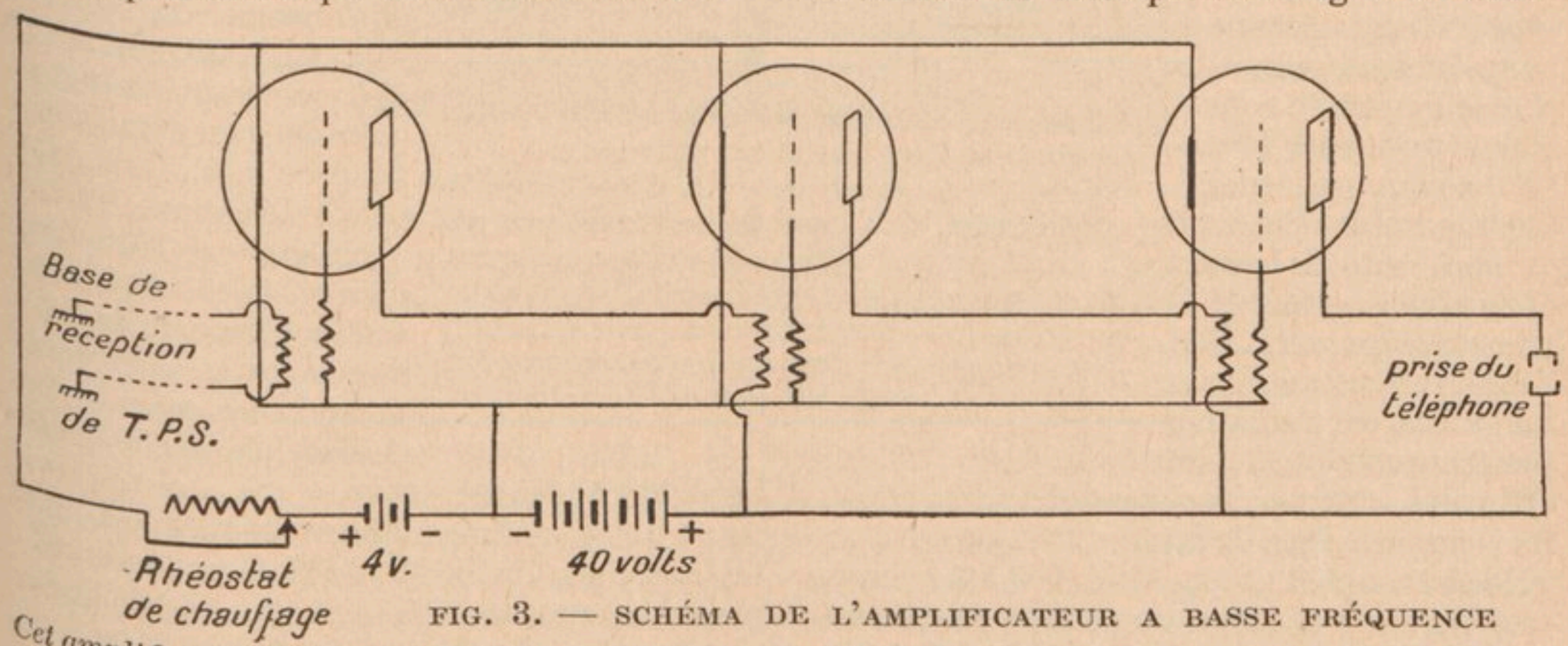


FIG. 3. — SCHÉMA DE L'AMPLIFICATEUR A BASSE FRÉQUENCE

Cet amplificateur se compose de trois lampes en cascade, alimentées par les mêmes accumulateurs et reliées entre elles par des transformateurs. Le montage ci-dessus est celui de la télégraphie par le sol.

d'émission, une ligne analogue, dans laquelle nous intercalerons un téléphone. Par induction d'une ligne sur l'autre et aussi par conduction (certains des courants dérivés, qui vont d'un bout à l'autre de la ligne d'émission, peuvent se fermer, grâce aux prises de terre, à travers la ligne de réception) la base réceptrice sera parcourue par un courant variable analogue au courant émetteur. Ce courant actionnera le téléphone et, si l'on dispose sur la base émettrice un manipulateur qui découpe le courant de départ en traits et en points, on lira au son ces signaux Morse dans le téléphone récepteur. On aura ainsi constitué un système de télégraphie par le sol. Ce dispositif, qui dérive d'une idée très simple, avait été expérimenté bien avant la guerre et, notamment, sous la direction du général Ferrié, alors commandant, mais les portées réalisées étaient trop réduites avec un simple téléphone à la réception pour qu'on pût employer le dispositif de façon intéressante. Le jour où l'on put remplacer le téléphone par un amplificateur dont la grille de la première lampe était soumise au courant variable de réception et dont la plaque de la troisième donnait un courant amplifié susceptible d'actionner le téléphone avec une énergie incomparablement supérieure à celle de la ligne elle-même, le procédé de transmission par T. P. S. devint intéressant. Avec un vibrateur actionné par 30 watts au départ (10 volts, 3 ampères) et pesant 10 kilos (voir les deux gravures de la page 251), on obtient, grâce à l'amplificateur, 2 km. 500 à 3 kilomètres de portée. Avec un simple téléphone, on n'eût pas dépassé quelques centaines de mètres, distance véritablement trop courte pour avoir le moindre intérêt militaire. Trois kilomètres, au contraire, surtout dans la période de stabilisation, c'était, la plupart du temps, plus qu'il n'en fallait pour relier les bataillons au régiment d'infanterie, les observatoires aux batteries ou aux groupes d'artillerie. On voit tout de suite les immenses avantages de ce genre de transmission : sécurité presque absolue, puisque le fil sur lequel on transmet n'est pas aérien comme l'antenne de T. S. F. et peut même être enterré ; simplicité très grande d'emploi.

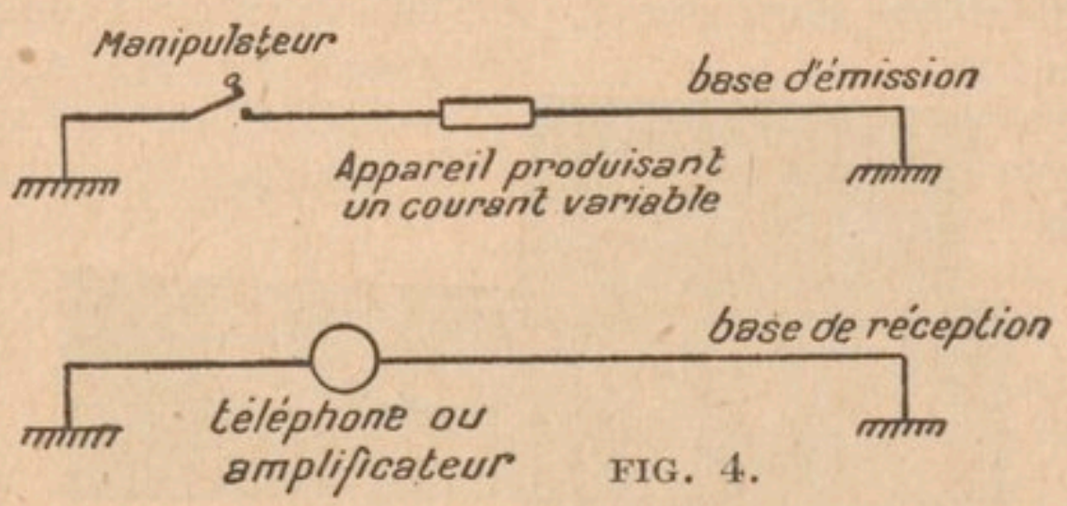


FIG. 4.

PRINCIPE DE LA TÉLÉGRAPHIE PAR LE SOL

Un courant variable découpé en points et traits Morse est produit dans une base d'émission et reçu, à travers le sol, dans un téléphone, soit directement, soit après amplification. Les deux bases sont des fils posés sur le sol et mis à la terre à chaque bout. Portée : 2.500 à 3.000m.

Mais, comme toute médaille a son revers, la T. P. S. avait aussi des inconvénients : portée un peu faible qui rendait le système en général peu intéressant dans la guerre de mouvement ; grande indiscrétion, car la ligne émettrice de T. P. S. n'induisait pas seulement la ligne réceptrice, disposée exprès pour cela, mais toutes les lignes téléphoniques voisines, qui percevaient malgré elles toutes les émissions faites à proximité. Les lignes téléphoniques ennemies, dans un rayon de deux à trois kilomètres, entendaient naturellement ces émissions aussi, d'où nécessité absolue de ne rien passer en clair par ce mode de liaison, pas plus, d'ailleurs, que par la T. S. F. Mais la T. P. S. était plus dangereuse encore, car, pour recevoir la T. S. F., il faut un appareil spécial, si simple soit-il ; pour la réception fortuite de la T. P. S., un simple téléphone suffit.

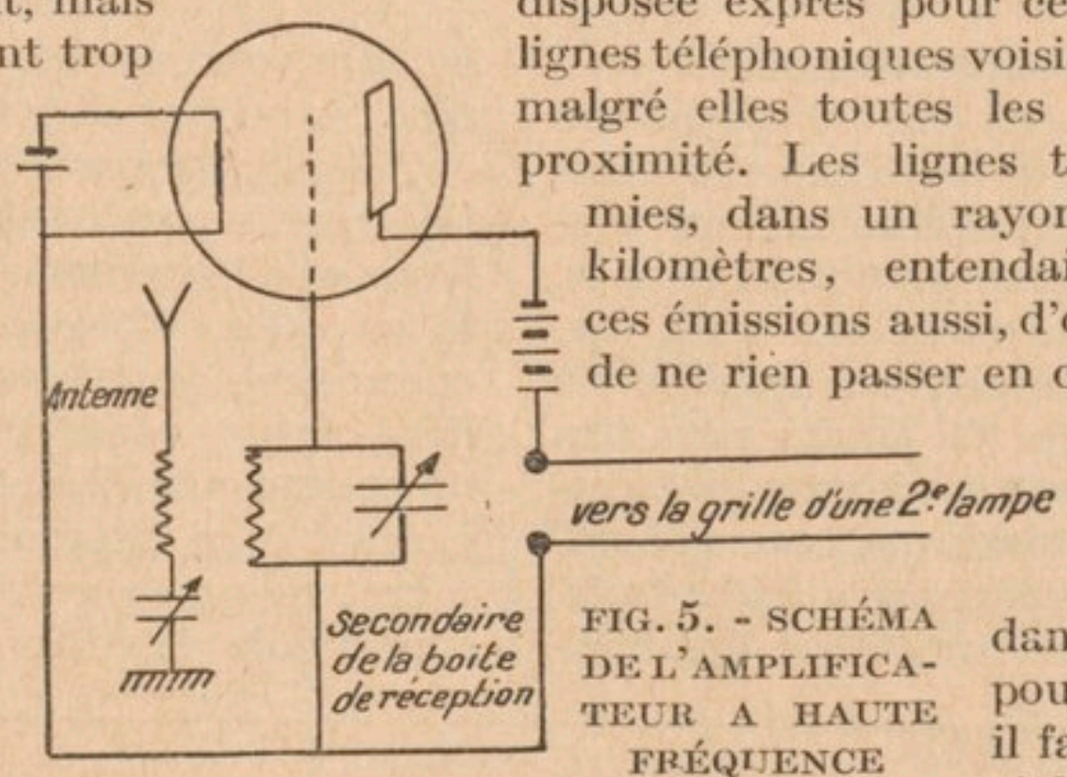


FIG. 5. - SCHÉMA DE L'AMPLIFICATEUR A HAUTE FRÉQUENCE

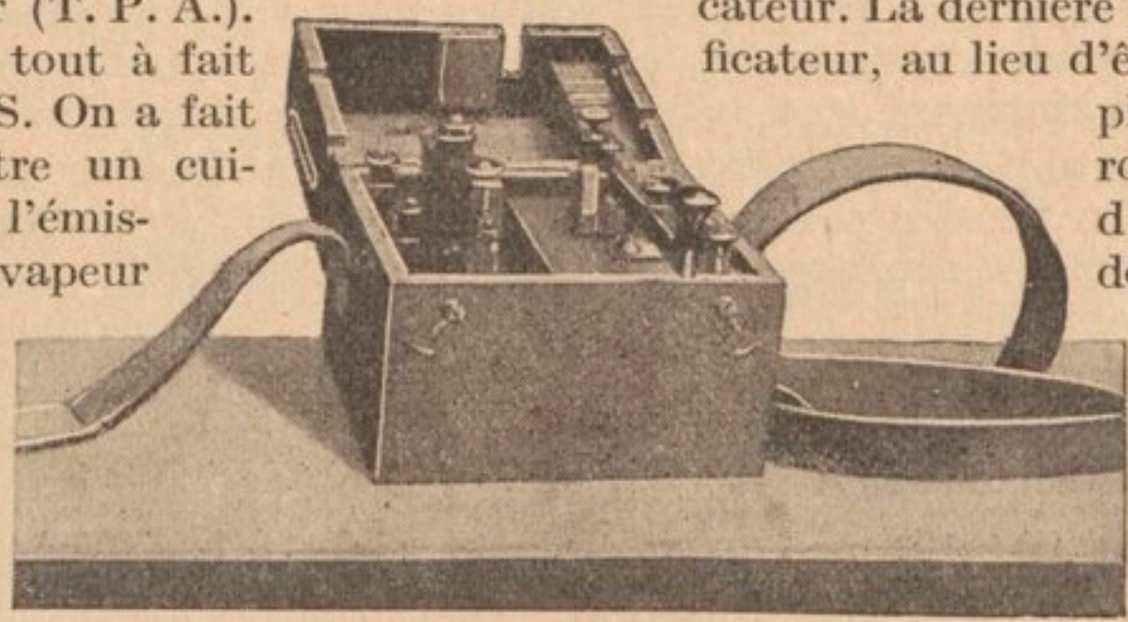
L'antenne agit par induction sur le circuit secondaire d'une boîte de réception qui est intercalée dans le circuit de grille d'une lampe à 3 électrodes. On recueille sur la plaque un courant à haute fréquence analogue au courant de réception mais amplifié ; on le fait agir sur la grille de la lampe suivante pour recueillir sur la plaque de celle-ci un courant encore plus amplifié, et ainsi de suite pour les autres lampes.

Malgré ces inconvénients, la T. P. S. a rendu d'immenses services aux armées. Quand l'attaque était déclenchée, que le bombardement faisait rage, que toutes les lignes téléphoniques étaient coupées et que les antennes de la T. S. F. elles-mêmes, ne pouvaient plus tenir, les émissions de T. P. S. maintenaient les liaisons entre le bataillon et le régiment. Ce mode de liaison se montra,

en toutes circonstances, un précieux et efficace auxiliaire pour le combattant.

Il est intéressant de rapprocher de la T. P. S. deux autres moyens de communication moins connus et qui emploient comme elle des amplificateurs à basse fréquence ; ce sont la télégraphie par la mer (T. P. M.) et la télégraphie par l'air (T. P. A.).

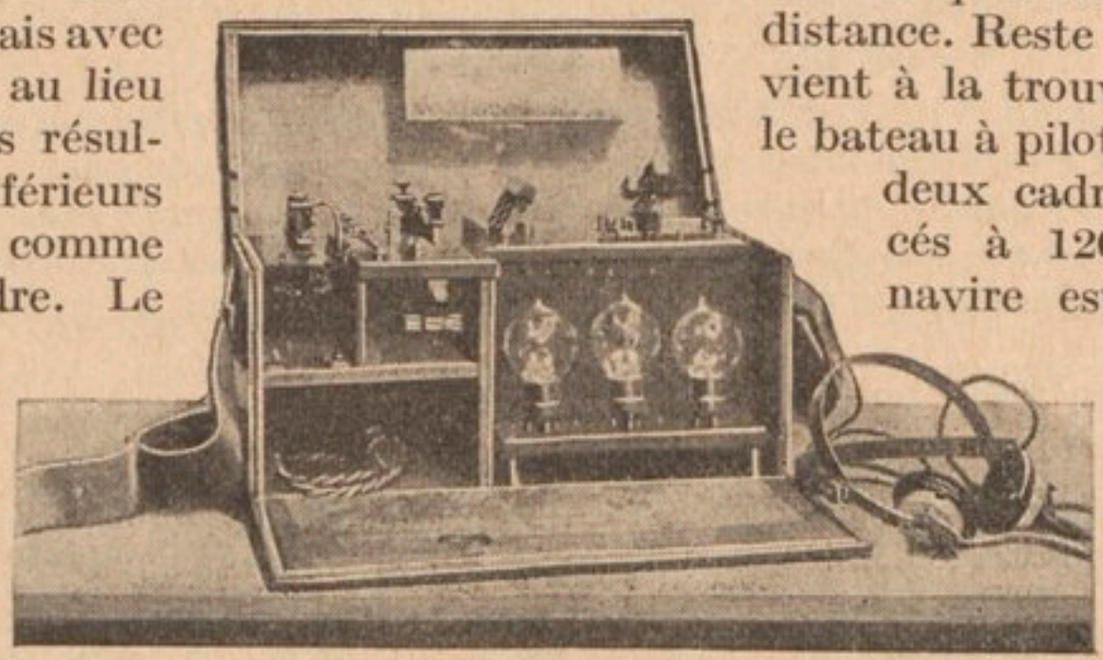
La T. P. M. est tout à fait analogue à la T. P. S. On a fait des expériences entre un cuirassé où se faisait l'émission et un canot à vapeur qui portait la réception. A l'émission, on a, entre autres essais, envoyé du courant alternatif à fréquence musicale (800 à 1.000) dans une base constituée par deux électrodes plongeant dans la mer et reliées à l'alternateur d'émission par des câbles que des tangons maintenaient à 15 mètres du navire. La base de réception se composait de deux câbles de longueur inégale plongeant dans la mer et venant se rattacher, dans le canot, à un amplificateur de basse fréquence. En résumé, dispositif analogue en tous points à la T. P. S., mais avec des bases immergées au lieu d'être à la terre. Les résultats ont été bien inférieurs à ceux de la T. P. S., comme il fallait s'y attendre. Le milieu est, en effet, bien plus conducteur et l'effet d'induction, notamment, est presque inexistant. Le courant qui traverse la base émettrice se ferme immédiatement d'une électrode à l'autre à travers la mer ; aucun courant n'est induit dans la base de réception. Avec huit ampères dans la base d'émission, on a obtenu trois kilomètres de portée seulement, ce qui est réalisé en T. P. S. avec une fraction d'ampère à l'émission.



VIBRATEUR BOUCHEROT POUR LA T. P. S.

Sa bobine d'induction débite des courants variables de fréquence comprise entre 500 et 1.000 périodes.

La T. P. A. (télégraphie par l'air) est un simple phénomène d'induction qui a permis, par temps de brume, à un bateau-pilote de faire connaître à un deuxième bateau marchant derrière lui : 1° sa direction ; 2° sa distance au bateau-pilote, de façon à éviter tout abordage. Le bateau-pilote envoie dans un cadre émetteur le courant à 1.000 périodes d'un alternateur de T. S. F. Le bateau-piloté reçoit par induction dans un cadre analogue fermé sur un amplificateur. La dernière plaque de cet amplificateur, au lieu d'être munie d'un téléphone, contient l'enroulement primaire d'un transformateur dont le secondaire est fermé sur un circuit qui contient un détecteur et un microampèremètre très sensible. Cet appareil de mesure donne l'intensité du courant de réception. Les bateaux sont-ils très près, l'appareil donne une très grande déviation. Sont-ils plus éloignés, la déviation est moindre. Elle tombe à zéro dans les expériences qui ont été faites pour une distance de l'ordre de 1.200 mètres. On conçoit très bien que si l'émission est très régulière — ce qui peut être réalisé aisément — la seule lecture du microampèremètre puisse donner la distance. Reste la direction. On parvient à la trouver en disposant sur le bateau à piloter, non pas un, mais deux cadres de réception placés à 120° et dont l'axe du navire est la bissectrice. Ces deux cadres sont successivement fermés par le jeu d'un commutateur sur l'appareil de réception. Nous verrons plus loin, à propos de la goniométrie, que, lorsqu'on reçoit sur un cadre, le maximum de réception est atteint quand le plan du cadre passe par le poste émetteur ; au contraire, quand le plan du cadre est perpendiculaire à la position précédente, l'intensité de la réception est à son minimum. Si, maintenant, l'axe du bateau piloté passe par le bateau-pilote, c'est-à-dire si le bateau piloté est dans la bonne direction, les deux cadres, également inclinés sur la direction procurant le maxi-



LE MÊME APPAREIL, COMBINÉ AVEC UN AMPLIFICATEUR A BASSE FRÉQUENCE PEU ENCOMBRANT

La réunion des deux instruments dans la même boîte constitue un appareil émetteur et récepteur de T. P. S.

mum de réception, reçoivent également et le microampèremètre marque la même déviation quand on passe d'un cadre à l'autre. Si, au contraire, le bateau n'est pas dans le bon cap, les deux déviations sont inégales et il faut virer du côté où la déviation est la plus grande. Quand les deux déviations sont redevenues égales, le bateau est à nouveau dans la bonne direction et la lecture de la déviation commune aux deux cadres donne de plus la distance au bateau-pilote, comme nous l'avons dit plus haut. Pour que le bateau qui vient d'être ainsi piloté puisse à son tour servir de pilote sans avoir besoin d'un troisième cadre émetteur, un dispositif convenable de commutateurs permet de mettre les deux cadres de réception en série et de les faire fonctionner pour l'émission comme un cadre unique. Telles sont la T. P. M. et la T. P. A., sœurs de la T. P. S. et qui sont destinées spécialement à la marine.

La surprise des communications téléphoniques ennemies, qui a donné au front des résultats d'un si grand intérêt, est basée sur le principe même de la télégraphie par le sol. A l'émission, nous avons une ligne téléphonique avec prises de terre ou encore un circuit mal entretenu, dont les pertes constituent des terres accidentelles. Ce circuit, parcouru par le courant téléphonique variable qu'il s'agit de capter, est en tout point assimilable à une base d'émission de T. P. S. Nous disposerons en face, soit une véritable base de réception avec ses deux extrémités à la terre et un amplificateur intercalé dans la ligne, soit un cadre de grande dimension à une ou plusieurs spires, fermé sur l'amplificateur. Nous recueillerons ainsi, par induction et conduction, dans le premier cas, par induction seulement, dans le second, la parole ennemie. Nous la recueillerons d'autant mieux que les mises ou pertes à la terre seront plus franches du côté de l'émission, que les lignes téléphoniques seront plus mal entretenues. En fait, au début, quand l'ennemi était sans méfiance, on entendait même sans amplificateur et dans un simple téléphone, les choses les plus intéressantes. Plus tard, ce fut plus difficile, car l'Allemand soignait ses lignes et l'on n'entendait souvent que nos propres conversations, ce qui permettait, d'ailleurs, d'exercer sur les téléphonistes amis une surveillance qui n'était pas toujours inutile ; mais, néanmoins, on continua d'obtenir jusqu'à la fin, avec un succès qui dépendait des circonstances locales, des renseignements toujours exploitables et souvent même d'un très grand intérêt (relèves, projets d'attaques, etc.).

Amplificateurs à haute fréquence. — Nous en avons donné le principe plus haut. On fait agir sur la grille d'une première lampe le courant même qui traverse l'antenne de réception (fig. 7). Ce courant, qui est à très haute fréquence de (1.000.000 à 15.000 quand la longueur d'onde est comprise entre 300 mètres et 20.000 mètres, cas extrêmes actuels) produit des variations de niveau électrique extrêmement rapides de la grille. A ces variations du niveau électrique de la grille correspondent fidèlement des variations beaucoup plus considérables, des variations *amplifiées* du courant plaque. Il ne reste plus qu'à faire agir ce courant variable de plaque, dont la fréquence est la même que celle du courant de réception, sur la grille d'une deuxième lampe, celui de la plaque de cette deuxième lampe sur la grille d'une troisième, et ainsi de suite.

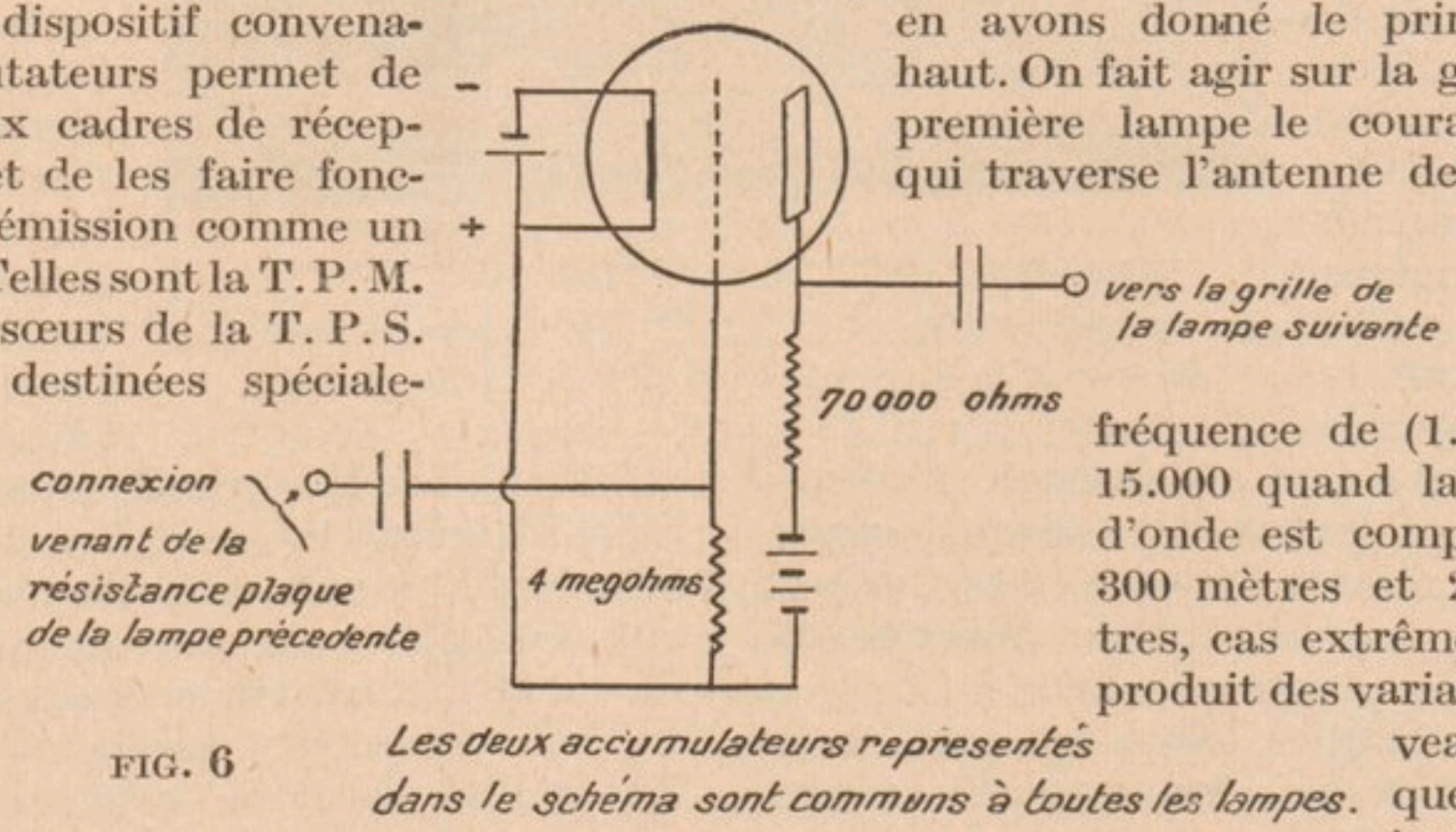


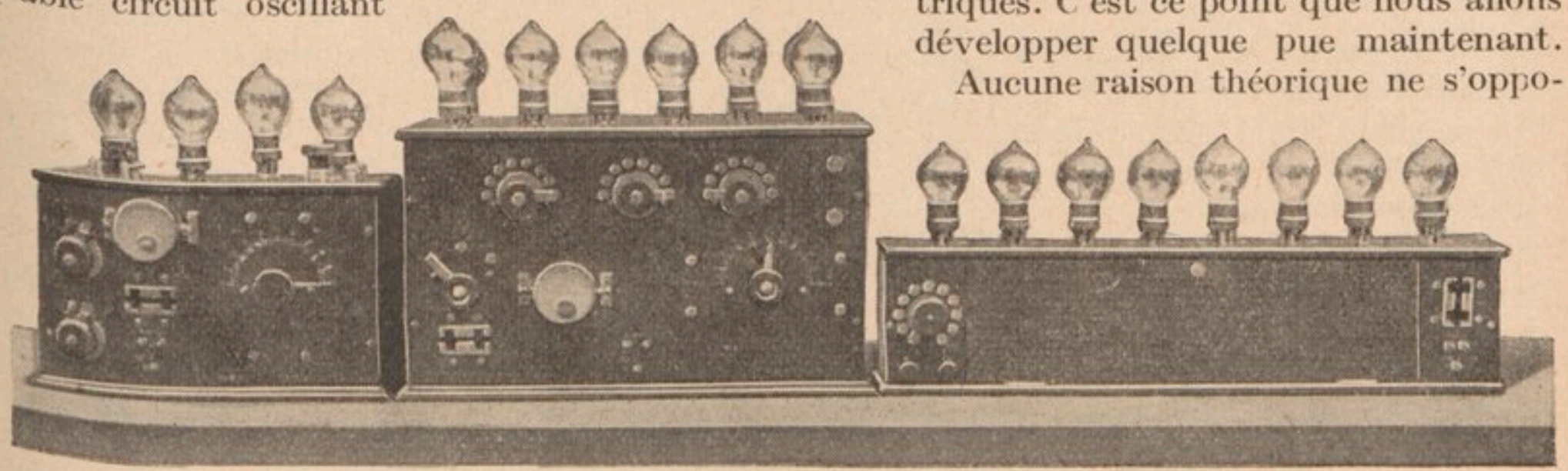
FIG. 6

SCHÉMA DU MONTAGE DES AMPLIFICATEURS A HAUTE FRÉQUENCE DITS A RÉSISTANCES

Une résistance de 70.000 ohms est intercalée dans la plaque et reliée par une de ses extrémités, au travers d'une capacité, à la grille de la lampe suivante. Cette même grille est reliée au filament de sa propre lampe par une résistance de 4 mégohms, qui a pour but de maintenir la grille à un niveau électrique convenable par rapport au filament.

On a réalisé de cette manière un grand nombre de types d'amplificateurs à haute fréquence (voir les deux gravures de la page 253), ayant jusqu'à huit et neuf lampes en cascade et qui ne diffèrent que par la façon dont la plaque de chaque lampe est reliée à la grille de la suivante, la première grille étant toujours directement soumise au courant de réception T. S. F. et la dernière plaque fournissant directement, ou par l'intermédiaire d'un transformateur, le courant qui actionne le téléphone de réception.

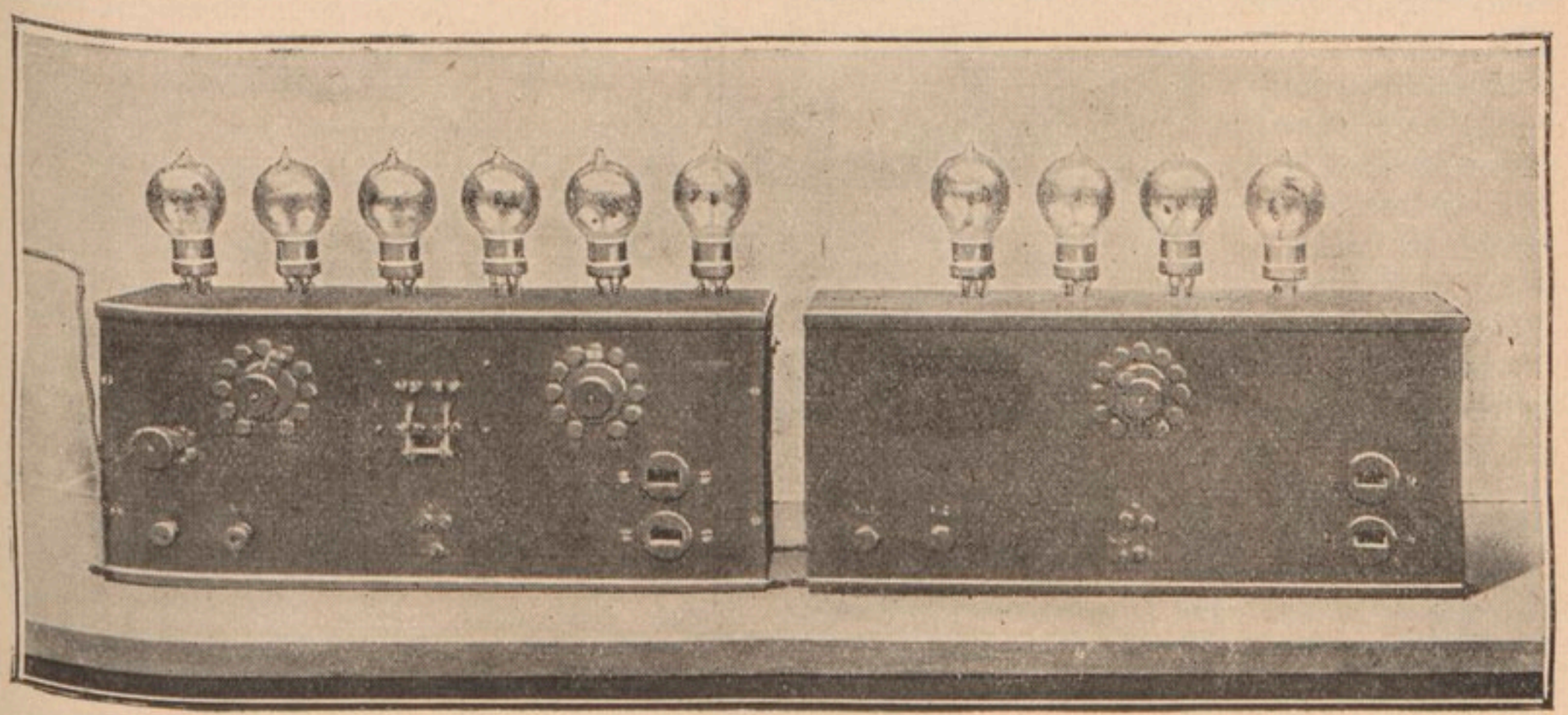
Pour relier la plaque de chaque lampe à la grille de la suivante, on peut, soit employer un transformateur, comme dans le cas de l'amplificateur à basse fréquence, soit intercaler dans le circuit plaque une résistance que l'on relie à la grille (schéma de la fig. 6), soit passer par l'intermédiaire d'une bobine de self induction ou d'un véritable circuit oscillant à capacité variable (amplificateurs à résonance). Nous n'insisterons pas davantage sur les détails de construction de tous ces amplificateurs ; nous signalerons simplement que l'organe de liaison des lampes a des constantes électriques (self, capacité) qui correspondent à une période propre, à une longueur d'onde déterminée et que cette longueur d'onde est celle pour laquelle l'amplificateur donne le meilleur résultat. En d'autres termes, chaque type d'amplificateur à haute fréquence a une gamme, heureusement assez étendue, pour laquelle il donne de bons résultats. Pour une fréquence déterminée, il faut donc employer un amplificateur d'un certain type et pas un autre.



DIFFÉRENTS MODÈLES D'AMPLIFICATEURS HAUTE FRÉQUENCE A RÉSISTANCES

Ces amplificateurs à haute fréquence, qui peuvent servir en même temps de détecteurs et qui reçoivent, quand ils sont montés à cet effet, aussi bien l'onde entretenue que l'onde amortie, ont fait faire de grands progrès à la réception T. S. F. Ils ont surtout permis la réception sur petit cadre et ont rendu pratique les mesures radiogoniométriques. C'est ce point que nous allons développer quelque pue maintenant.

Aucune raison théorique ne s'opposait à ce qu'on remplaçât, pour la réception en T. S. F., le circuit ouvert constitué par l'antenne et la terre par un circuit fermé dans lequel induisait l'onde électromagnétique que l'émetteur radiait dans l'espace. Mais le cadre, de dimensions nécessairement inférieures à celles qu'il était toujours possible de donner à l'antenne, ne pouvait recevoir à des distances intéressantes que le jour où on le ferma sur un amplificateur. On constata, dès que le cadre put être pratiquement employé, un phénomène extrêmement intéressant que la théorie explique très simplement et qui est le suivant : quand le plan du cadre récepteur supposé vertical passe par l'antenne émettrice, la réception



DEUX MODÈLES D'AMPLIFICATEURS HAUTE FRÉQUENCE A TRANSFORMATEURS

a le maximum d'énergie; elle est, au contraire, la plus faible ou même nulle, quand ce plan est perpendiculaire au plan vertical qui contient l'émetteur. Si l'on veut se faire une idée de la cause de ce phénomène, il suffit de se souvenir du fait suivant : un courant électrique traversant un fil produit dans un plan perpendiculaire des lignes de force magnétique (lignes suivant lesquelles se disposeraient d'eux-mêmes des grains de limaille de fer placés sur ce plan, fig. 7) disposées suivant des cercles dont le centre est situé sur le fil que le courant électrique parcourt. Quand le courant électrique est variable, ce qui est le cas pour le courant d'émission d'une antenne de T. S. F., ces lignes de force magnétique, tout en conservant la même forme, changent constamment de sens et d'intensité. Si nous prenons alors un circuit fermé (cadre) auquel ces lignes sont perpendiculaires (cadre passant par l'émetteur, fig. 8), les variations d'intensité et de sens desdites lignes se traduiront dans ce cadre par un courant induit intense (forte réception en T. S. F. si le cadre est fermé sur des appareils récepteurs convenables). Le cadre est-il, au contraire, tangent au cercle des lignes de force, l'induction produite est très faible et la réception peu intense. Ceci tient à ce qu'un courant électrique fermé engendre des lignes de force magnétique perpendiculaires à son plan et qu'inversement, des lignes de force magnétique variables induisent un courant électrique dans un circuit fermé situé dans un plan perpendiculaire à la direction des lignes en question. On voit que ce sont les phénomènes les plus généraux et les plus simples de l'induction électrique qui entrent ici en jeu.

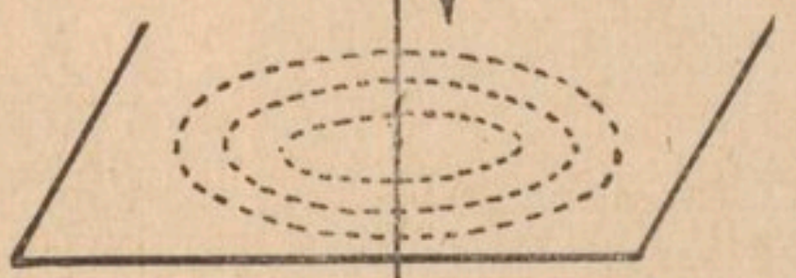


FIG. 7. LIGNES MAGNÉTIQUES ENGENDRÉES PAR UN COURANT RECTILIGNE

Ce sont des cercles concentriques au courant et disposés dans un plan perpendiculaire à sa direction.

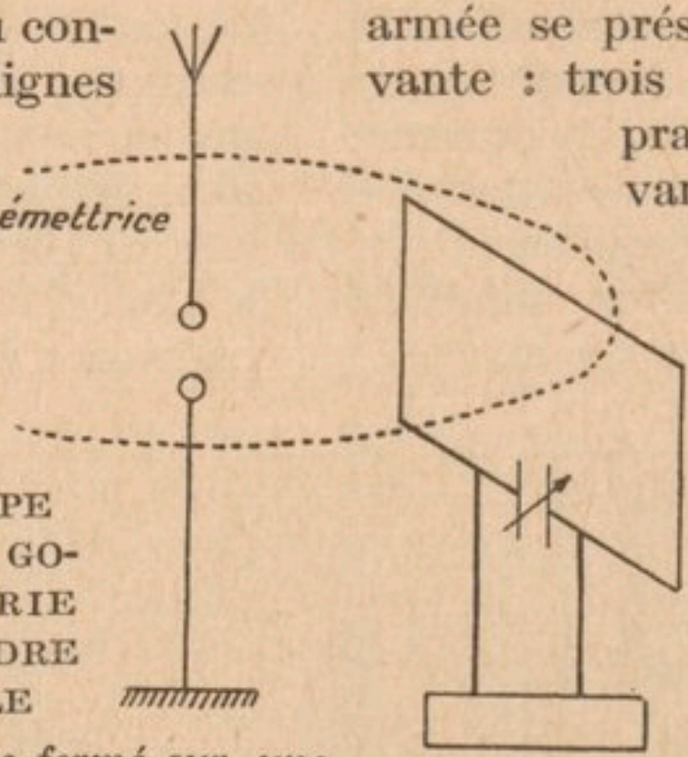


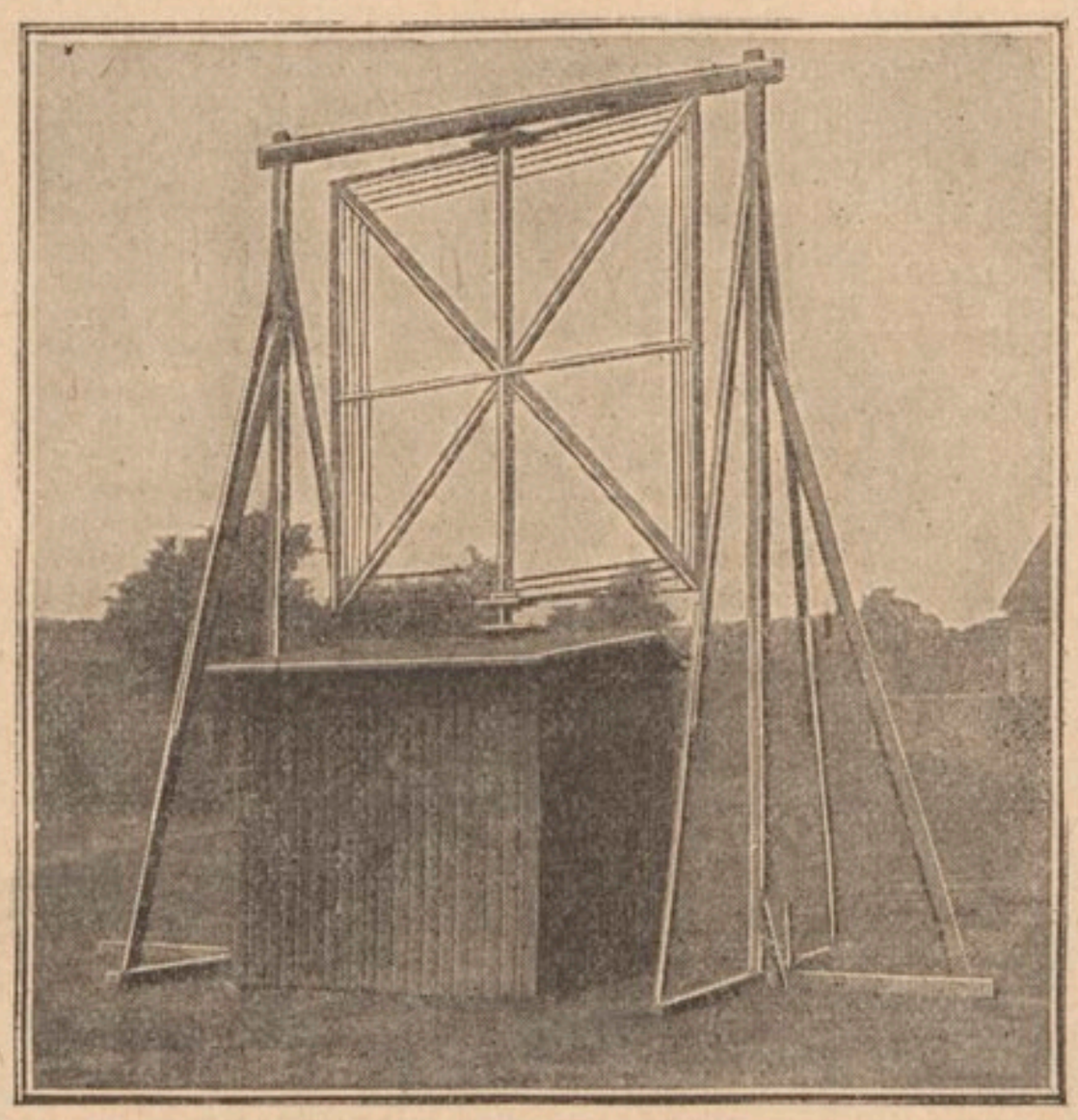
FIG. 8. PRINCIPE DE LA GONIOMÉTRIE PAR CADRE MOBILE

Un cadre fermé sur une capacité variable, destinée à l'accorder sur l'onde qui arrive, et aux bornes de laquelle est branché un amplificateur-détecteur, reçoit au maximum quand les lignes de force magnétiques engendrées par l'antenne émettrice sont perpendiculaires au plan du cadre, c'est-à-dire quand ce dernier est orienté sur l'antenne d'émission.

On avait ainsi un moyen infiniment simple de faire de la radiogoniométrie par cadre mobile. Le principe du dispositif avait été donné par M. Blondel dès 1901. Au lieu du double cadre fixe de grandes dimensions, employé par MM. Bellini et Tosi et que *La Science et la Vie* a décrit dans tous ses détails (n° 23, novembre 1915), il suffisait, en effet, d'installer un cadre unique, orientable et permettant d'effectuer, en recherchant le maximum ou le minimum d'audition, les mesures goniométriques propres à faire connaître la direction du poste dont on voulait relever la position. Le rôle de l'amplificateur a été de permettre une sérieuse réduction des dimensions du cadre mobile, ce qui l'a rendu maniable. Sans amplificateur, il eût fallu, pour avoir des réceptions d'une intensité raisonnable, disposer de cadres mobiles de dimensions telles que leur mise en service eût été pratiquement impossible. Avec les amplificateurs puissants de la radiotélégraphie militaire, de petits cadres de 1 m. 50 à 2 mètres de côté permettaient de recevoir les postes les plus lointains, et, notamment, l'Amérique. Le problème de la radiogoniométrie se trouvait résolu de la plus élégante manière et le dispositif goniométrique d'une armée se présentait alors de la façon suivante : trois postes au moins, et, dans la pratique, quatre ou cinq ou davantage étaient répartis sur le front de l'armée à des distances de 5 à 6 kilomètres les uns des autres et en des points soigneusement repérés sur la carte. Chacun disposait d'un cadre tournant autour d'un axe vertical fermé sur des amplificateurs de réception et qui entraînait dans son mouvement de rotation un disque gradué en degrés et orienté, une fois pour toutes, à l'aide de la boussole de façon qu'au moment où l'on réalisait l'extinction d'un poste ennemi (plan du cadre perpendiculaire à la ligne qui joint le poste qui écoute à celui qui émet), on lisait, en face d'un index fixe, devant lequel les graduations du disque se déplaçaient, l'angle fait par la direction du poste

émetteur avec le Nord magnétique. Le poste goniométrique disposait, en outre, d'un poste émetteur ordinaire de T. S. F. à ondes entretenues avec lequel il envoyait ses mesures à un poste centralisateur installé à l'arrière. Tout ce matériel de réception et d'émission était contenu soit dans une remorque, soit dans une cabane au-dessus de laquelle le cadre se déplaçait.

Le repérage d'un poste ennemi se faisait alors le plus simplement et le plus rapidement du monde. Supposons que le poste allemand dont l'indicatif était 3b se mît au travail à 15 h. 25 ; supposons (schéma de la fig. 9) que l'armée en face de laquelle se trouvait ce poste ennemi disposât de cinq postes gonios à cadre tournant. Chacun de ces postes se réglait immédiatement pour recevoir 3b, s'assurait que c'était bien 3b qui travaillait, puis faisait tourner son cadre jusqu'à obtenir la réception la plus faible ou l'extinction. Quand l'extinction était obtenue, chaque poste lisait en face de son index fixe un nombre qui mesurait l'angle de la droite qui le joignait à 3b avec le Nord magnétique. C'était, par exemple, si les angles étaient comptés dans le sens des aiguilles d'une montre : 45° pour le poste 1, 15° pour 2, 5° pour 3, 350° pour 4, 315° pour 5. Il ne restait plus à chacun de nos cinq gonios, qu'à expédier à l'arrière la courte dépêche suivante : « 1525 3 b 45 » ce qui signifiait : « J'ai entendu à 15 h. 25 le poste 3 b qui faisait avec le Nord un angle de 45° ». Le poste centralisateur arrière reportait les cinq angles sur sa carte et si les mesures étaient bien faites, il obtenait cinq droites qui convergeaient en un même point. L'emplacement du dénommé 3b était ainsi parfaitement déterminé. On arrivait, par ce procédé, à ne pas avoir plus de 2° et même 1° d'erreur et à localiser les postes ennemis à quelques centaines de mètres près. Si l'on songe que *Poste de T. S. F.* signifie presque toujours état-major ou quartier général important, on voit combien la connaissance de ces emplacements peut renseigner sur le dispositif ennemi, sur les renforcements, sur les départs d'unités.

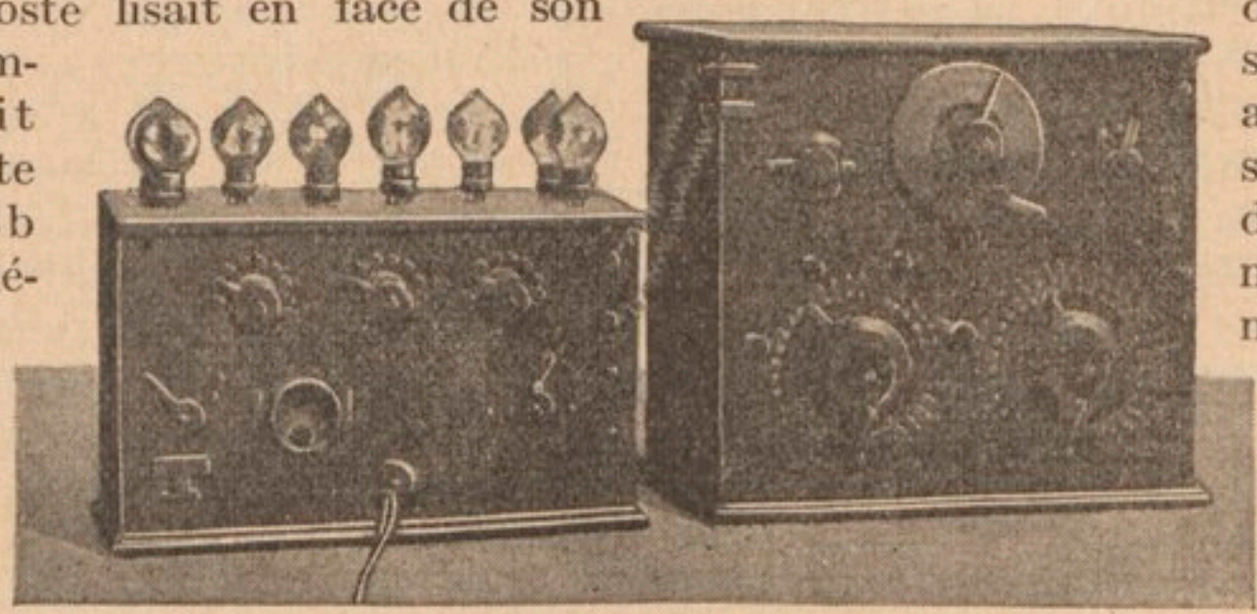


CABANE GONIOMÉTRIQUE A CADRE MOBILE

L'opérateur fait tourner son cadre jusqu'à ce qu'il n'entende plus le poste dont il concourt à découvrir la position.

La goniométrie n'est pas seulement une arme contre l'ennemi, elle a des applications du temps de paix dont les deux principales sont la possibilité pour les navires et les aéronefs de faire leur point, c'est-à-dire de rechercher leur position exacte.

Pour les navires, deux procédés, tous deux devenus intéressants du fait des amplificateurs qui, seuls, permettent des portées raisonnables. Ou bien le navire émet avec un poste de T. S. F. ordinaire ; des postes goniométriques, qui peuvent être des Bellini-Tosi ou des postes à cadre unique tournant, mesurent, dans ce cas, l'angle que fait avec le Nord la droite qui les joint au navire et lui font connaître cet angle par T. S. F. ; le navire se relève alors sur ces postes dont il connaît la position sur la carte. Ou



AVEC CE PETIT POSTE, ON A REÇU L'AMÉRIQUE

Il se compose d'une bobine fermée sur une capacité variable (boîte de droite) et d'un amplificateur à résistance (à gauche).

bien le navire reçoit sur un cadre mobile les émissions d'un certain nombre de postes situés sur la côte et qu'on appelle des phares hertziens. Il détermine lui-même, grâce à son cadre, la direction par rapport à lui, de ces phares hertziens. Comme il connaît l'emplacement exact de ces derniers sur la carte, il peut encore se relever sur eux, mais, cette fois, il lui faut corriger l'erreur qui provient du fait qu'entre deux relèvements faits sur deux phares hertziens, il a continué sa route et ne se trouve donc plus au même endroit. La correction peut se faire avec une précision suffisante pour que le procédé reste possible. C'est le dispositif que tendrait en ce moment à adopter notre marine marchande, la radiogoniométrie faite à terre semblant avoir beaucoup plus d'adeptes dans la marine de guerre française.

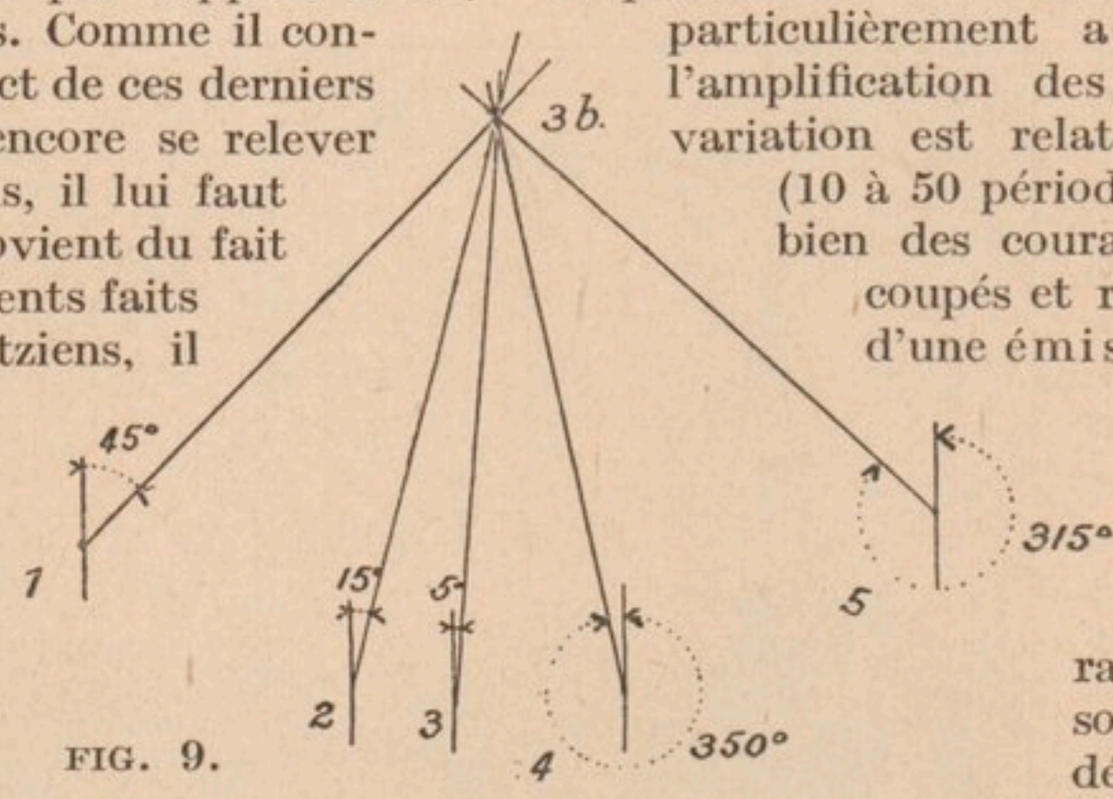


FIG. 9.

REPÉRAGE D'UN POSTE DE T. S. F. ENNEMI

Les cinq postes d'écoute mesurent au même instant, l'angle que fait avec le Nord magnétique la droite qui les joint respectivement au poste ennemi 3 b *pour permettre à un poste centralisateur de relever sur la carte la position exacte dudit poste ennemi.*

Les aéronefs (dirigeables ou grands avions) peuvent employer la goniométrie exactement comme les navires. Ou bien, ils transmettent simplement et se font envoyer leur point de la terre — c'est ce que faisaient les zeppelins (à noter que si les postes goniométriques allemands faisaient le point des zeppelins pour le leur envoyer, les postes goniométriques français le faisaient également pour aider à leur envoyer autre chose); — ou bien, ils reçoivent sur cadre des émissions spécialement faites pour eux. Nous parlerons plus en détail du dispositif à propos de la Radioaérienne.

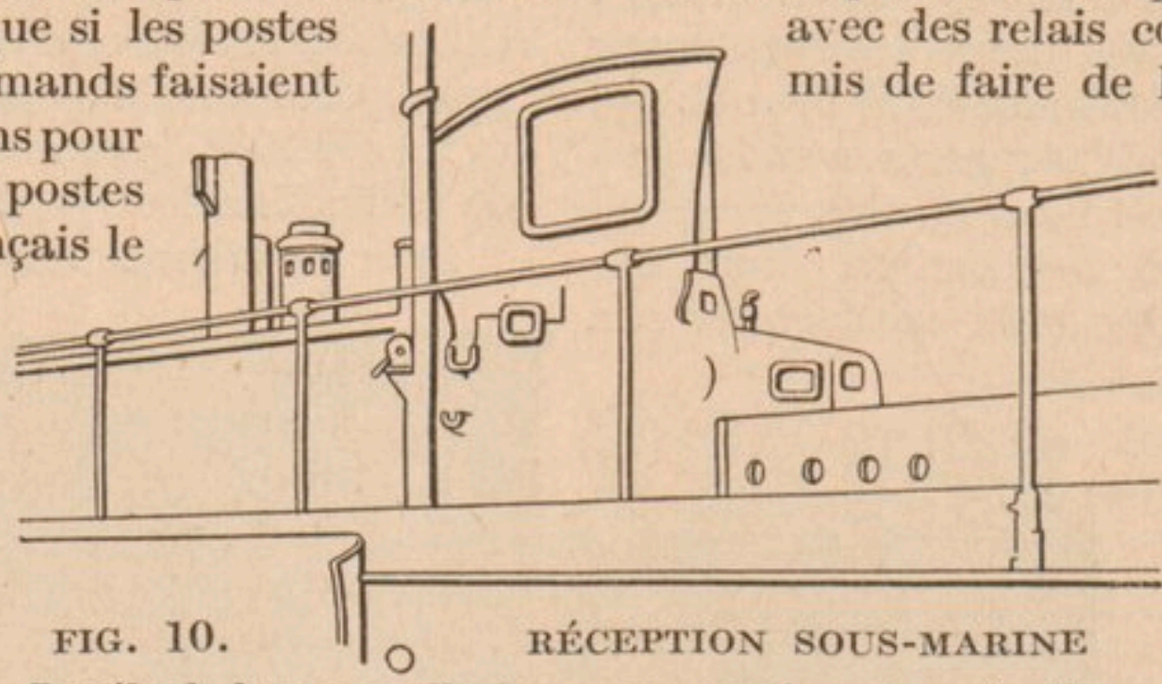
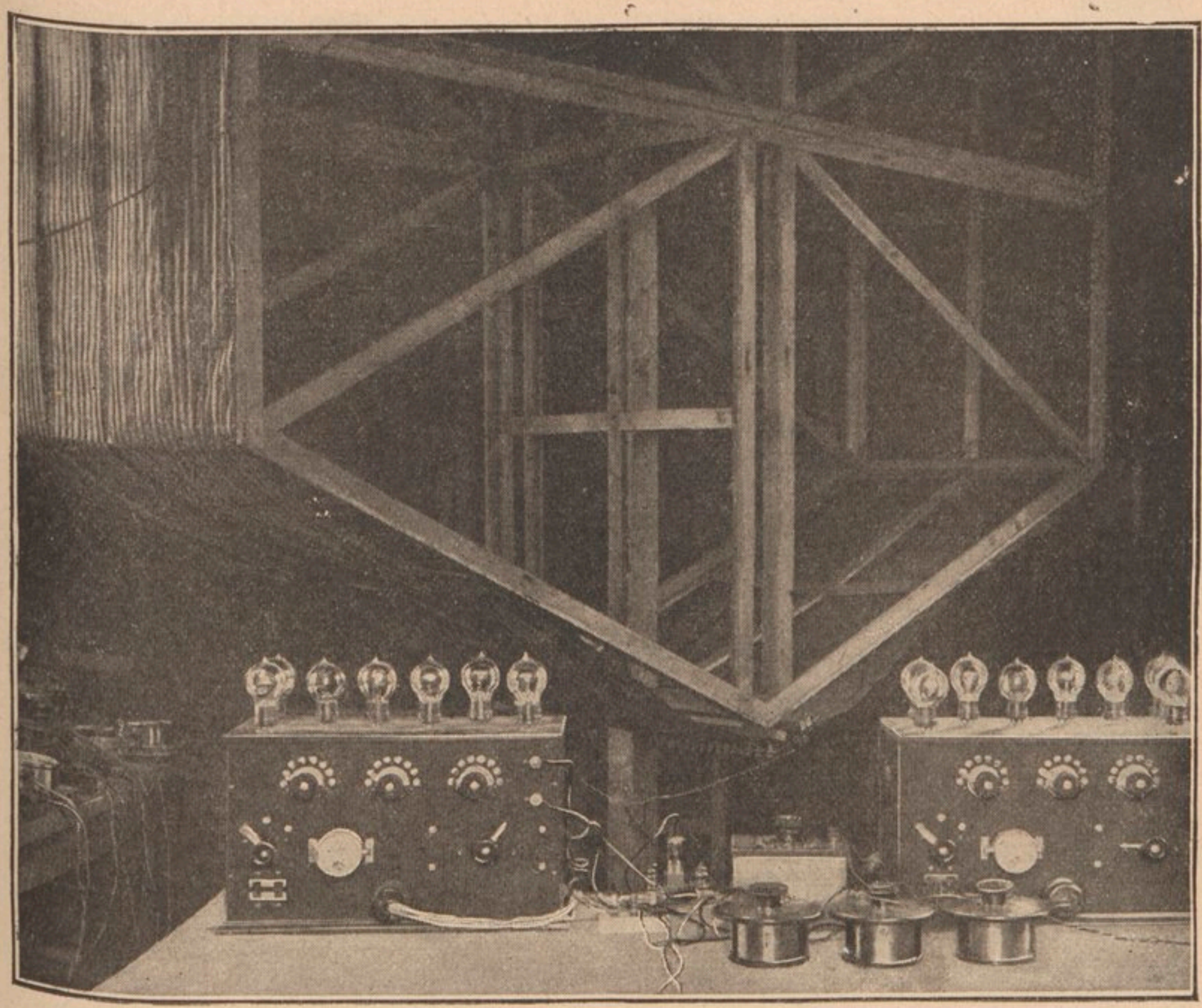


FIG. 10. RÉCEPTION SOUS-MARINE

La tôle de la passerelle de ce sous-marin est percée d'une fenêtre carrée dans laquelle on a encastré un caisson contenant un cadre relié à un amplificateur-détecteur placé, lui, dans l'intérieur du sous-marin. Immergé à plusieurs mètres, ce dernier entendait les postes de Lyon et de Nantes à plus de 1.000 kilomètres de distance.

Amplificateurs à très basse fréquence. — Nous avons dit plus haut qu'un amplificateur haute fréquence amplifiait au maximum pour une certaine gamme de longueurs d'ondes qui était fonction des constantes électriques des organes de liaison entre plaque et grille de deux lampes consécutives. En modifiant convenablement ces constantes, MM. Abraham et Bloch ont réalisé des amplificateurs dits à très basse fréquence dont le principe de montage n'est pas essentiellement différent de celui des amplificateurs dits à résistance et qui sont particulièrement avantageux pour l'amplification des courants dont la variation est relativement très lente (10 à 50 périodes par seconde) ou bien des courants successivement coupés et rétablis à la cadence d'une émission Morse ordinaire. De tels amplificateurs mis à la suite d'un amplificateur haute fréquence, dont le courant téléphonique de sortie est lui-même déjà amplifié par un amplificateur basse fréquence, donnent une amplification supplémentaire à des signaux qui arrivent avec la cadence voulue et peuvent alors actionner un relais qui ne sera pas actionné par toute autre réception, même aussi puissante ou davantage, qui ne serait pas faite à la même cadence et ne profiterait pas de l'amplification très basse fréquence dont nous venons de parler. Ces amplificateurs combinés avec des relais convenables ont permis de faire de la télémécanique et d'actionner à distance, par des émissions de T. S. F., soit les organes de commande d'un avion, soit ceux d'une vedette. On a également réussi à actionner à bonne distance une sonnerie adjointe à un dispositif de téléphonie sans fil et à réaliser ainsi l'appel dont l'absence est si gênante pour la mise en pratique de ce moderne procédé de liaison.

On se rend compte que le problème le plus délicat de la télémécanique n'est pas tant d'actionner les organes à distance que de les empêcher d'être actionnés par une émission parasite. L'amplificateur à très basse fréquence, qui ne marche bien que pour une

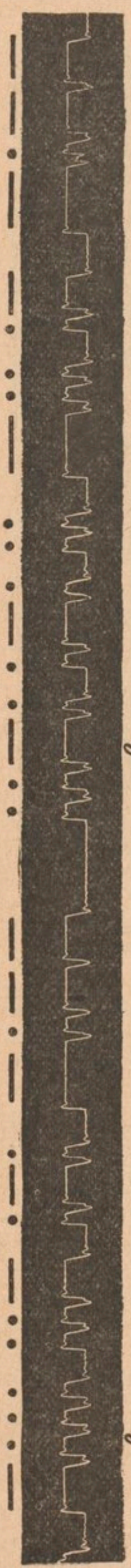


CADRE HEXAGONAL PERMETTANT DE RECEVOIR, A PARIS, LES POSTES D'AMÉRIQUE
On voit, à droite, sur la table, l'amplificateur-détecteur spécial qui constitue un élément du dispositif antiparasites. L'appareil de gauche est un amplificateur ordinaire à six lampes.

cadence donnée, résout suffisamment ce problème. On peut y arriver aussi par un dispositif de lames vibrantes synchrones, dont l'une découpe à l'émission une onde entretenue en un nombre donné d'émissions partielles, et l'autre, à la réception, entre en vibration à grande amplitude uniquement quand elle est soumise à l'action d'un courant amplifié dont la fréquence correspond à sa période propre qui est celle de la lame émettrice. Pour cette réception seulement, le relais qui doit déclencher la manœuvre voulue fonctionne ; toute autre réception laisse la lame réceptrice au repos ou la fait vibrer faiblement et la fausse manœuvre ne se produit pas. La télémécanique, qui commence à donner mieux que des résultats de laboratoire, permet les plus vastes espoirs. Déclencher à distance, à l'aide d'une onde hertzienne, les plus formidables énergies ou faire exécuter, dans les mêmes conditions, des mouvements de la plus minutieuse précision, voilà à quoi on arrivera sans doute dans un avenir assez prochain, et le seul énoncé de ces deux résultats permet de se rendre compte des belles applications que l'on est en droit d'attendre de cette nouvelle branche de la technique radiotélégraphique.

Il nous reste, pour terminer cette étude, à parler des progrès récemment réalisés dans la réception de la T. S. F. On peut en signaler trois parfaitement distincts :

En premier lieu, les amplificateurs ont permis, pour une même émission, de recevoir à des distances beaucoup plus considérables qu'autrefois. Ils ont permis aussi de remplacer, pour la réception, les antennes ouvertes par des cadres. En second lieu, on a augmenté le rendement des postes en réalisant des réceptions automatiques permettant de recevoir trois ou quatre fois plus de mots à l'heure que dans le cas d'une réception ordinaire directement effectuée par un lecteur au son. On l'a augmenté aussi en sépa-



ENREGISTREMENT AU NOIR DE FUMÉE D'UN MESSAGE RADIOTÉLÉGRAPHIQUE ENVOYÉ D'ANGLETERRE ET REÇU SUR CADRE A PARIS

rant complètement l'émission de la réception.

Enfin, on a lutté efficacement contre les réceptions parasites qui, aux colonies surtout, empêchent tout travail pendant de nombreuses périodes et réduisent singulièrement de ce fait le rendement des postes. Nous allons donner quelques détails sur chacun de ces trois importants résultats.

1° *Augmentation des portées à l'aide des amplificateurs. Possibilité de recevoir sur cadre.* Considérons deux postes, travaillant l'un et l'autre sur antenne et employant la même antenne pour émettre et pour recevoir ; si nous branchons cette dernière et la terre, à l'aide d'un commutateur, successivement sur le dispositif émetteur et sur le dispositif récepteur, l'emploi d'un amplificateur à la réception triplera au moins la portée. A noter que des amplificateurs à lampes convenablement disposés ont permis de renforcer, dans d'excellentes conditions, les courants téléphoniques qui parcourent les circuits normaux du réseau par fil et ont permis des conversations excellentes sur des lignes très longues ou très mal entretenues. Mais le résultat particulièrement intéressant que l'amplificateur a permis d'obtenir, c'est la réception sur cadre, remplaçant la réception sur antenne et permettant de multiplier à peu de frais les postes récepteurs puisqu'il n'est plus besoin de leur adjoindre l'importante et dispendieuse antenne, qui reste nécessaire pour les émissions puissantes. C'est ainsi qu'on a réussi à réaliser des dispositifs d'amplification tellement puissants que le cadre pouvait être remplacé par une simple bobine dont les dimensions ne dépassaient pas celles d'un chapeau haute forme. On a reçu, de cette façon, les postes américains à Paris. Le dispositif de réception se composait de deux petites boîtes : l'une contenant la bobine et les capacités variables de réglage, l'autre constituant l'amplificateur ; le tout tenait sur un coin de table et était alimenté par deux petits accumulateurs (gravure du bas de la page 255). Recevoir clairement une transmission par-dessus l'Océan avec ce minimum d'encombrement, est un résultat assez saisissant pour qu'on y insiste.

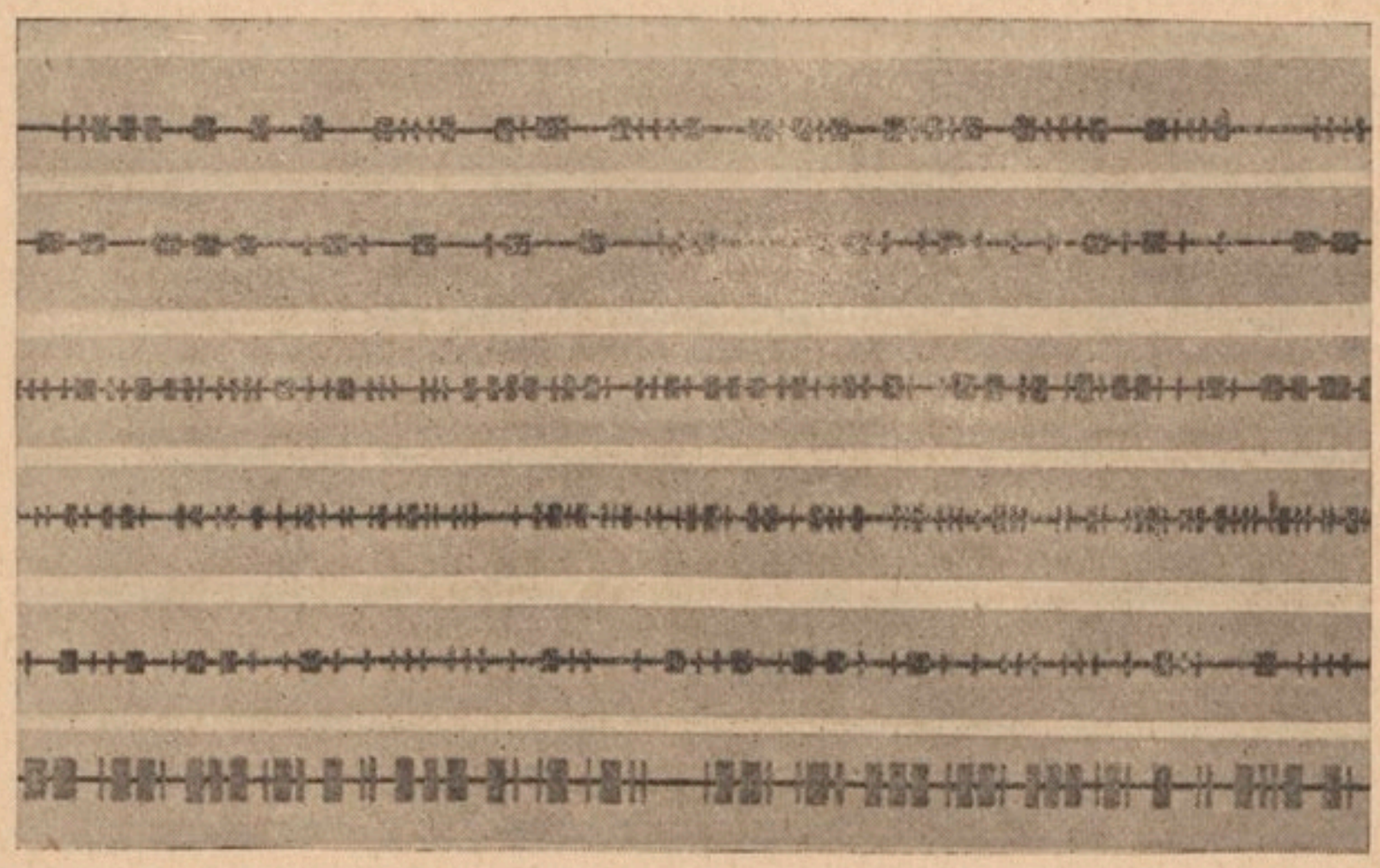
C'est avec de petits cadres également, d'environ 1 mètre de côté, installés sur la passerelle et dont les extrémités étaient fermées sur un amplificateur à huit lampes, que l'on a réussi à recevoir en sous-marin. On obtenait de bonnes réceptions des grands postes pour des profondeurs correspondant à une immersion complète du périscope. Par conséquent, le sous-marin, complètement invisible, pouvait rester en relation avec les grands postes côtiers ou non (Nantes, Lyon), qui pouvaient avoir des ordres à lui passer. Les cadres de réception étaient placés à l'intérieur d'une caisse qui les protégeait contre les énormes pressions auxquelles les soumettait la plongée. Ces cadres étaient au nombre de deux, faisant un angle d'environ 40°. Les boîtes qui les contenaient étaient encastrées dans des fenêtres percées dans la tôle de la passerelle (fig. 10). Le fait d'avoir deux cadres à 40° pouvant, à l'aide d'un commutateur, être successivement fermés sur l'amplificateur de réception, éliminait l'effet directif que possède tout cadre, ainsi que nous l'avons dit plus haut. Si l'un des deux cadres se trouvait à la position d'extinction pour le poste que l'on désirait recevoir, l'autre, placé à 40° de cette position, entendait encore très fort. L'amplificateur et le commutateur se trouvaient naturellement à l'intérieur du sous-marin. On a essayé d'émettre sur cadre immergé, mais sans succès. On a émis également en se servant d'antennes flottantes, mais il ne semble pas que l'émission en plongée ait pu être mise sérieusement au point jusqu'à ce jour.

2° Augmenter la portée d'un poste grâce aux amplificateurs, c'est déjà en augmenter le rendement puisqu'il touche des correspondants plus éloignés et, par conséquent, plus nombreux. On a cherché en même temps à

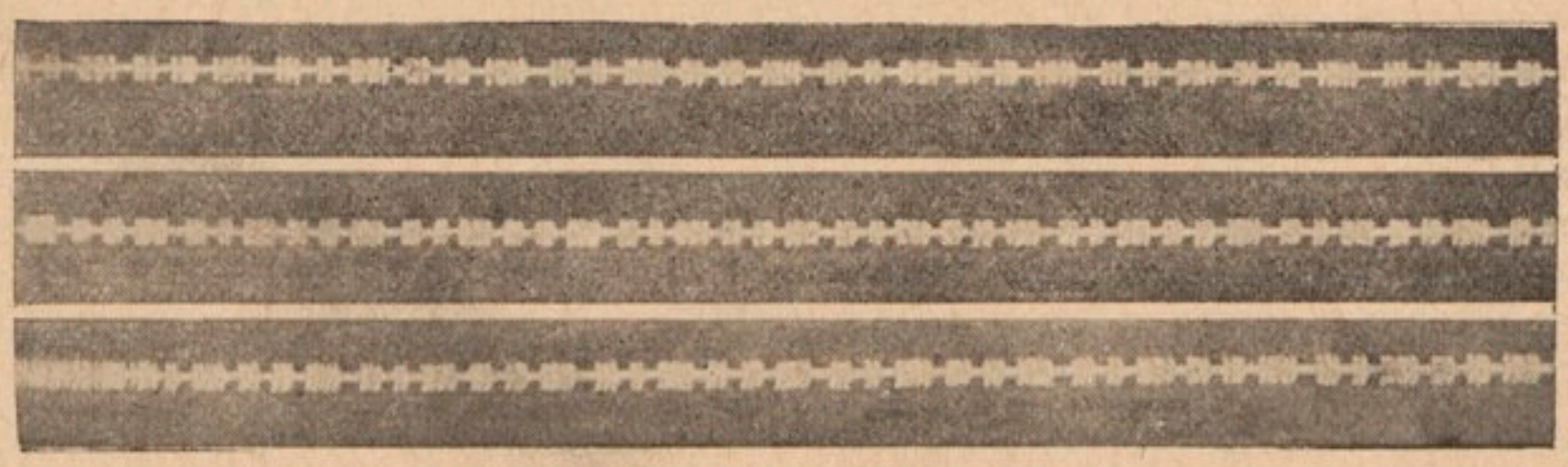
ENREGISTREMENT PHOTOGRAPHIQUE DE SIGNAUX DE T. S. F.

1° RÉCEPTION TRANSATLANTIQUE

(Enregistrement du trafic régulier reçu par la station navale américaine de Otter Cliff.)

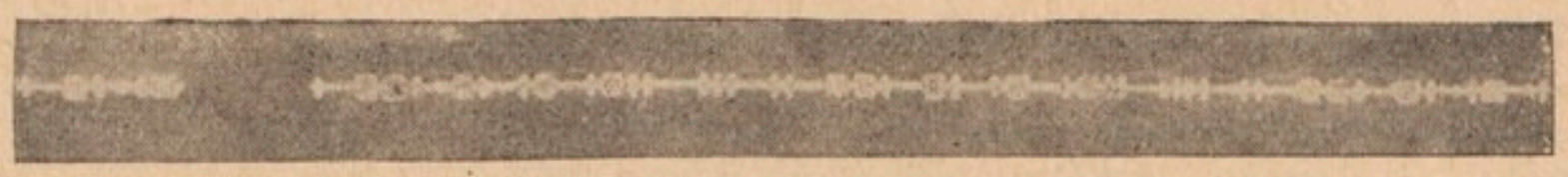


2° ESSAIS DE GRANDES VITESSES EN LABORATOIRE



3° RÉCEPTION MULTIPLE

(Enregistrement de deux messages émis simultanément par la même antenne.)



augmenter le nombre des mots échangés dans une même période de temps, entre deux correspondants donnés; premièrement, en organisant méthodiquement la réception sur cadre ; deuxièmement, en faisant de l'émission et de la réception automatiques.

Le poste de T. S. F., ancien modèle, se servait alternativement de son antenne pour émettre et pour recevoir. Il transmettait, par exemple, un message, se mettait sur réception pour en recevoir l'accusé de réception ou la demande de répétition, repassait ensuite sur émission et ne pouvait, pendant ce temps, rien recevoir. Il lui arrivait ainsi de transmettre un long message sans que son correspondant pût lui faire connaître qu'il avait une panne à sa réception. En résumé, beaucoup de temps perdu, faible rendement. Séparons, au contraire, l'émission de la réception. Gardons pour l'émission l'antenne à grande surface et à grand rayonnement. Recevons sur un cadre, que nous pourrons disposer (gravure de la page 257) comme on faisait au début, assez loin de l'émission, ce qui permet de ne pas prévoir de précautions spéciales pour le protéger contre sa propre émission (il suffira de mettre le plan du cadre perpendiculaire à la droite qui le joint

à son poste émetteur et de diriger, au contraire, ce plan sur le correspondant à recevoir). Chaque poste émetteur peut ainsi émettre sans arrêt, s'il dispose du personnel et du matériel suffisants (matériel en double pour permettre de reviser les machines sans interrompre le trafic) ; chaque poste récepteur recevra de même sans arrêt. Il y aura intérêt à multiplier ces postes récepteurs dont l'installation est relativement peu coûteuse et dont les réceptions simultanées pourront se contrôler et parer à des lacunes provenant de circonstances locales défavorables (orages, etc.). Un bureau central, relié par lignes spéciales au poste émetteur et aux divers postes récepteurs, recevra, de minute en minute, les résultats de toutes ces réceptions. C'est depuis ce bureau et à l'aide d'un relais électrique, que l'on manipulera, le manipulateur écoutant et contrôlant l'émission de son propre poste à l'aide d'un petit cadre récepteur convenablement orienté. Si le correspondant a mal reçu et demande une répétition, une minute après, on le saura au bureau central par l'intermédiaire des postes récepteurs et la répétition sera immédiatement donnée. S'il signale qu'il est hors d'état de recevoir pour une cause accidentelle, on cessera immédiatement de lui transmettre. Rien n'empêche d'ailleurs de faire contrôler par ce même bureau central plusieurs postes émetteurs et d'être en relations permanentes avec plusieurs correspondants à la fois. C'est ainsi que travaillent les Américains pour leurs relations radiotélégraphiques avec l'Europe et c'est par une organisation de cette nature (travail en duplex) jointe à la réception et à l'émission automatiques dont nous allons parler maintenant, que l'on obtient des rendements qui ne le cèdent en rien à ceux des câbles télégraphiques.

L'émission manuelle permet difficilement de dépasser 1.500 mots à l'heure. La réception directe à l'oreille qui lui correspond n'est pas susceptible d'un meilleur rendement. Quelques « as » de la réception arriveraient à lire à 1.800 ou peut-être même un peu davantage, mais ils ne peuvent plus, à cette vitesse, enregistrer ce qu'ils reçoivent. L'émission automatique se fait pratiquement toujours de la même manière. C'est une bande perforée à l'avance (fig. 11) suivant des combinaisons de trous qui correspondent aux points ou aux traits de l'alphabet Morse et qui, passant dans un appareil spécial (appareil Wheatstone déjà en usage pour la télégraphie avec fil) fait fonctionner un relais qui actionne le manipulateur. On obtient des signaux extrêmement réguliers et dont la vitesse d'émission a pu atteindre jusqu'à 100 mots à la minute. Dans la pratique, on ne dépasse guère cependant le triple de la manipulation à la main, soit 3.600 mots à l'heure, ce qui est déjà très intéressant.

Comment recevoir à des vitesses pareilles ? Il faut, de toute nécessité, enregistrer les signaux. On y est arrivé de plusieurs manières Nous en citerons trois qui ont donné de bons résultats et ont été utilisées de façon effective. On peut enregistrer la réception dûment amplifiée sur le rouleau d'un phonographe. En faisant tourner ensuite le rouleau à moindre vitesse sur une machine dite liseuse, le lecteur retrouve sa cadence habituelle et peut, à loisir, enregistrer les messages. C'est le dispositif qui a été employé pendant la guerre au poste de la Tour Eiffel. On peut aussi faire agir le courant de réception convenablement amplifié sur le cadre d'un galvanomètre spécial. Ce cadre dévie tant que passe le courant de réception et revient au repos dans les intervalles. Ses déplacements longs ou brefs correspondant aux traits et aux points Morse sont enregistrés soit photographiquement (le cadre porte un petit miroir qui réfléchit un rayon lumineux sur une bande de papier sensible se déroulant dans une chambre noire), soit plus simplement au moyen d'un style qui suit les mouvements du cadre et les reproduit sur une bande de papier enduit de noir de fumée qui se déroule devant elle. L'enregistrement photographique ou sur noir de fumée, se présente pour la lecture des signaux de la même manière (gravures des pages 258 et 259). D'autres dispositifs d'enregistrement, permettant d'imprimer les télégrammes en clair, sont actuellement à l'étude. A noter que les Allemands ont employé pendant la guerre des appareils télégraphiques du système

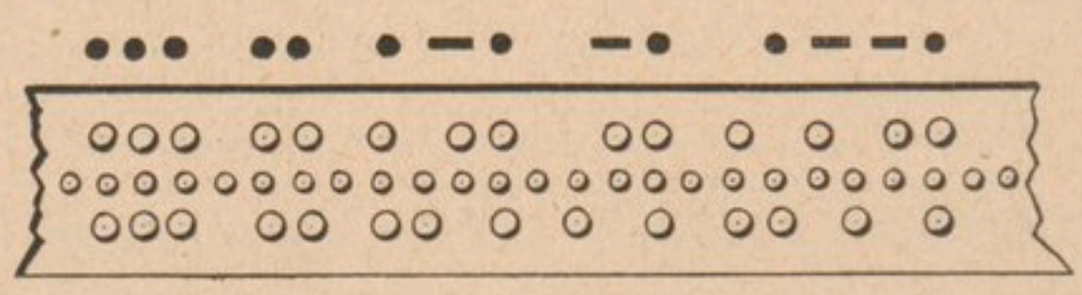
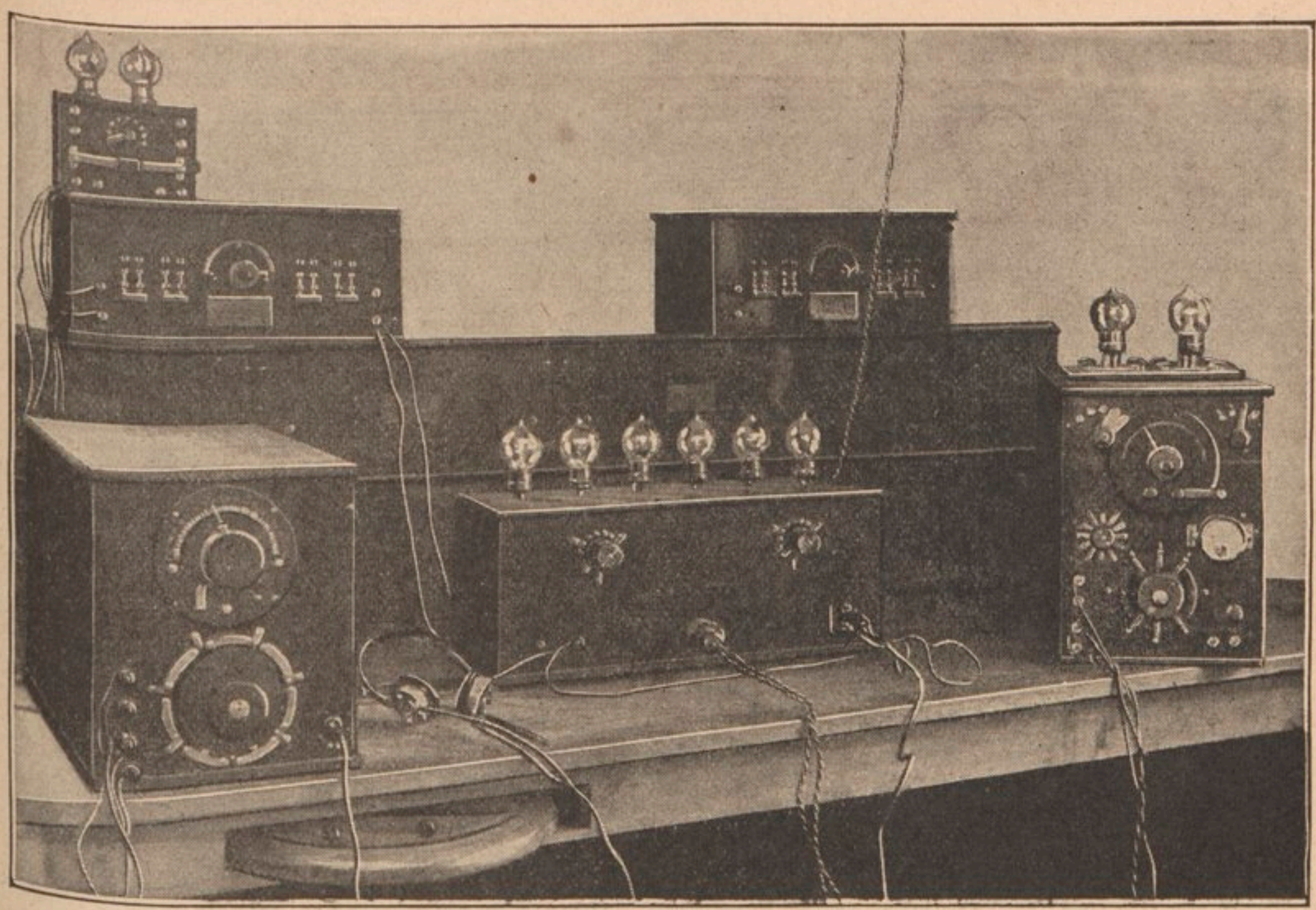


FIG. 11. — BANDE PERFORÉE EMPLOYÉE POUR LA TRANSMISSION AUTOMATIQUE

Les petits trous du milieu servent à l'entraînement de la bande dans les appareils de transmission. Ils sont perforés, ainsi que les trous plus grands, lesquels, à raison de deux trous superposés pour un point et de deux trous en diagonale pour un trait, correspondent aux signaux Morse, au moyen d'un mécanisme actionné par un clavier de machine à écrire.



APPAREILS DE RÉCEPTION DOTÉS DE DISPOSITIFS ANTIPARASITES

L'onde à recevoir est d'abord détectée et amplifiée par un amplificateur (celui de droite sur la gravure de la page 257) qui donne une réception inaudible. Ce courant détecté est débarrassé de ses parasites dans les « filtres » que l'on voit au second plan, puis envoyé dans un deuxième amplificateur à six lampes, visible au premier plan, qui, lui, donne une réception audible dans les écouteurs.

Hughes, et que le poste de la Tour Eiffel a réussi à recevoir également au Hughes ce que les Allemands transmettaient.

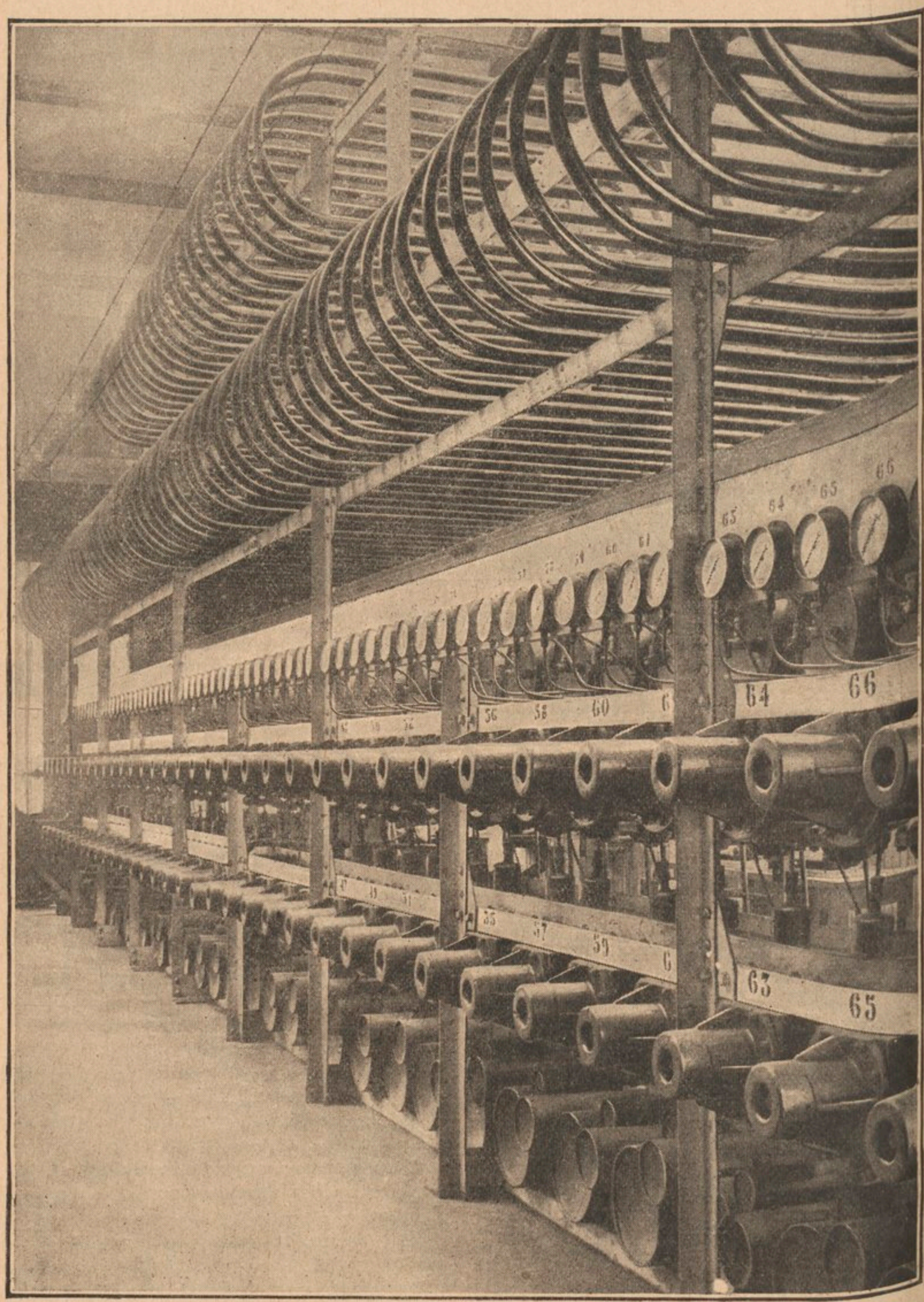
Une dernière difficulté restait à vaincre pour permettre à la T. S. F. de donner son plein rendement. Il fallait pouvoir lutter efficacement contre les réceptions parasites qui, à certaines heures, et sous certains climats, empêchaient tout trafic pendant de longues périodes. Il semble qu'on touche au but. M. Latour se défend avec un réel succès contre les parasites, qui sont des décharges dans l'antenne de l'électricité atmosphérique locale, à l'aide d'amplificateurs d'un modèle spécial. M. Lévy, qui fut ingénieur à la Tour Eiffel, a breveté un dispositif tout à fait original et qui a déjà donné des résultats très appréciables. Voici quel est le principe de son appareil. L'onde à recevoir est détectée et amplifiée par un premier amplificateur détecteur (gravure ci-dessus) à proximité duquel se trouve une hétérodyne réglée de telle manière que la fréquence des battements résultant de l'interférence de l'onde à recevoir et de l'onde locale soit de l'ordre de 10.000, trop élevée, par conséquent, pour donner un son perceptible. Ce courant détecté passe d'abord dans toute une série de circuits accordés et disposés de telle façon qu'un courant de fréquence 10.000 les traverse sans perte sensible, mais que les parasites que l'antenne a recueillis ne puissent passer. Le courant de réception ainsi filtré, est envoyé alors dans un deuxième amplificateur, détecteur à six lampes, dont les deux dernières forment hétérodyne et produisent, avec le courant 10.000 périodes, des battements qui sont, cette fois, au nombre de 800 à 1.000 par seconde. Cette deuxième détection donne donc un courant audible, débarrassé de ses parasites, et c'est ce courant *filtré* que l'on reçoit dans un téléphone.

Dans cette étude, consacrée à la réception, nous avons passé en revue les progrès considérables de ces dernières années : progrès techniques et progrès d'organisation.

Nous y reviendrons dans un prochain article qui traitera de la Radio aérienne, des grands postes modernes et de l'état actuel de la téléphonie sans fil, dont les perfectionnements nous réservent d'extraordinaires surprises.

LOUIS FRANÇOIS.

BATTERIE D'ÉTUDE D'UN FREIN A AIR COMPRIMÉ



CETTE BATTERIE D'ÉTUDE ET DE DÉMONSTRATION REPRÉSENTE 100 WAGONS DONT 25 AVEC CONDUITE SIMPLE (CONDUITE BLANCHE) ET 75 MUNIS DU FREIN A AIR COMPRIMÉ LIPKOWSKI

POUR ASSURER LA SÉCURITÉ DES TRANSPORTS PAR VOIE FERRÉE

Par Félix DÉTRIMON

INGÉNIEUR HONORAIRE DES CHEMINS DE FER

Ainsi que l'a déclaré le ministre des Travaux publics, en déposant sur la tribune de la Chambre le projet de loi élaboré par le Gouvernement en vue de modifier le régime des chemins de fer français, cet acte pose le problème économique le plus grave que le Parlement ait eu à résoudre depuis la cessation des hostilités, puisque la dette des compagnies envers l'Etat, qui dépassait 1.500 millions en 1919, augmentera chaque année si des mesures énergiques ne sont pas prises de suite pour enrayer le déficit.

Cette réorganisation comporte des faces multiples, car, à côté des questions économiques qu'elle soulève, telles que celles de la garantie d'intérêt, de la jonction du rail et de la voie d'eau, du rachat par l'Etat, des gages financiers à donner aux porteurs de titres, de la collaboration du personnel, etc., il en est d'autres, d'ordre technique, qui sont moins connues du grand public et sur lesquelles il convient d'attirer son attention, car elles ont une importance considérable au point de vue commercial, militaire et financier.

M. J. DE LIPKOWSKI
Ingénieur des Arts et Manufactures
à qui l'on doit l'invention d'un frein continu à air comprimé pour trains de marchandises.

Par l'article 370 du traité de paix (Chapitre II, Matériel roulant), l'Allemagne s'engage à ce que les wagons de ses voies ferrées soient munis de dispositifs permettant :

1° De les introduire dans les trains de marchandises circulant sur les lignes des puissances alliées et associées qui font partie de la convention de Berne du 15 mai 1886, modifiée le 18 mai 1907, sans entraver le fonctionnement du frein continu qui pourrait, dans les dix ans qui suivront la mise en vigueur du présent traité, être adopté dans ces pays ;

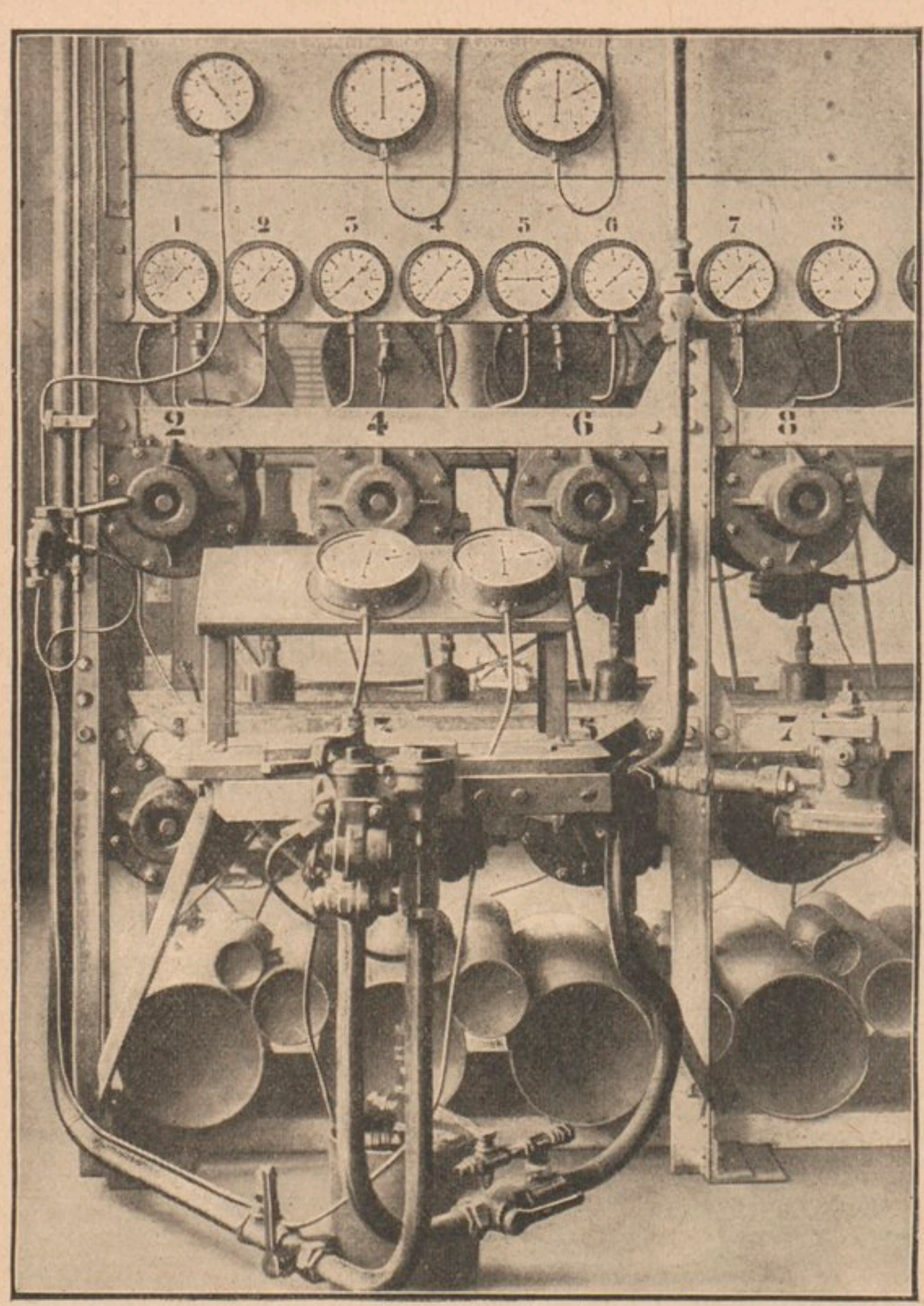
2° D'introduire les wagons de ces puissances dans tous les trains de marchandises sur les lignes des chemins de fer allemands.

Ainsi se trouve posé, par un instrument diplomatique de première importance, le problème du frein international, d'ailleurs déjà sérieusement examiné aussi bien en France qu'à l'étranger dès avant la guerre.

L'application d'un frein continu, à l'ensemble des véhicules à marchandises des réseaux français, constituerait, au double point de vue commercial et militaire, une sensible atténuation de la crise des transports qui nous a gênés pendant toute la guerre et dont nous sentons l'aggravation depuis l'armistice ; c'est pourquoi le choix d'une solution de ce problème, fait aujourd'hui l'objet d'études dont la conclusion aura certainement une influence considérable sur la bonne exploitation et sur le rendement des voies ferrées françaises.

En effet, ainsi que l'ont proclamé MM. de Freycinet et Claveille devant le Parlement, la tâche des grands réseaux français pendant la guerre a été effrayante, et, malgré cela, dans son ensemble, le service de nos chemins de fer n'a pas cessé d'être à la hauteur des besoins militaires du pays.

Citons, à l'appui de ces assertions, quelques chiffres empruntés au magistral travail de M. Peschaud, secrétaire général de la compagnie d'Orléans, intitulé : *Les chemins de fer pendant la guerre 1914-1918*. Du 2 au 5 août 1914, le seul réseau du Nord a mis en marche 3.320 trains militaires qui ont transporté 870.000 hommes, 19.000 officiers, 277.000 chevaux et 70.800 canons, caissons et voitures. Quatre de nos réseaux : l'Est, le Nord, le P.-L.-M. et le P.-O. ont vu circuler



ROBINET DU MÉCANICIEN POUR LA COMMANDE DES FREINS

Dans cette photographie partielle de la batterie d'étude, le robinet et les deux manomètres du premier plan représentent l'organe mis à la disposition du mécanicien sur la locomotive afin de produire, dans la conduite générale, toutes les variations de pression nécessaires pour le serrage et le desserrage des sabots, ainsi que pour la descente des longues pentes, etc.

pendant la période de mobilisation et de concentration, 16.500 trains militaires. Cette activité dura pendant toute la guerre, car la victoire de la Somme, en 1916, exigea 6.768 trains de troupes. La bataille de l'Yser fut gagnée grâce à l'organisation de 6.000 trains qui transportèrent 70 divisions sur des parcours variant de 65 à 400 kilomètres. Enfin, le P.-L.-M. porta en quatre jours, dans la Haute-Italie, les 120.000 hommes prélevés sur le front français pour soutenir notre alliée, surprise par l'invasion du Frioul. La réunion, dans les gares de départ, des 12.000 wagons et des 500 locomotives nécessaires pour ce transport ne demanda que vingt-quatre heures et, du 30 octobre au 13 décembre 1917, 1.529 trains circulèrent sur le même réseau vers Modane, Briançon, Nice et les au-delà, *viâ* Vintimille.

En ce qui concerne les mouvements de voyageurs, des transports intensifs eurent lieu à diverses reprises, notamment au moment de l'approche des armées ennemies de Paris en 1914, et lorsque la région parisienne fut soumise aux bombardements par canons à longue portée au début de 1918.

Le 3 septembre 1914, la Compagnie d'Orléans assura le départ de 50.000 voyageurs de grands parcours, au moment même où elle mettait en marche un grand nombre de trains spéciaux à destination de Bordeaux pour le transport du Gouvernement et des Administrations. Le nombre des billets de voyageurs délivrés par les gares de départ, qui était de 56 millions pour cette Compagnie en 1917, dépassa 64 millions en 1918.

Cependant, il est indéniable que le nombre des accidents qui se sont produits au cours des transports militaires exécutés du 1er août 1914 jusqu'à maintenant, aurait pu être sans doute considérablement réduit si les wagons affectés, aussi bien au transport des troupes qu'à celui des munitions et des approvisionnements de tous genres, avaient été munis d'un frein continu automatique analogue à celui des voitures.

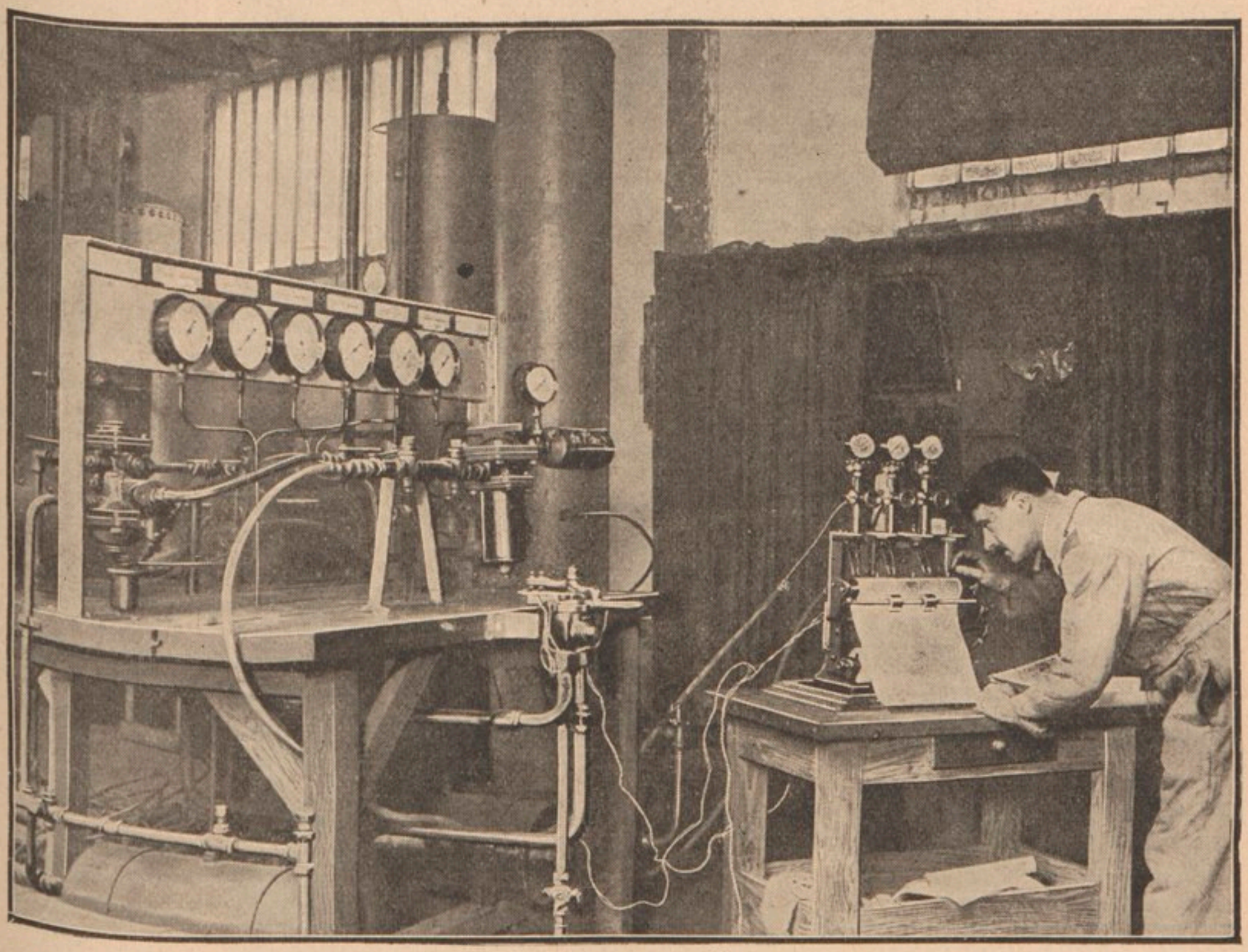
Etant donné le matériel, imparfait à ce point de vue, qui était mis à leur disposition, les commissions militaires de réseaux furent amenées à prendre, dans certains cas, une mesure nuisible à la rapidité des transports mais qui leur apparut, à juste raison, indispensable pour garantir la sécurité de la circulation des convois sur nos voies ferrées.

En effet, comme on le sait, la vitesse des

trains de toute nature, aussi bien du service civil que de l'exploitation militaire, fut ramenée à 30 kilomètres, à différentes reprises, depuis le début jusqu'à la fin de la guerre.

En temps de paix, le nombre et la marche des convois sont calculés de telle manière que les trains rapides de voyageurs peuvent circuler sur les mêmes voies que ceux de messageries ou de marchandises dont la vitesse commerciale ne dépasse pas le tiers de celle des rapides, soit 25 kilomètres au lieu de 75. Il faut donc intercaler les trains de vitesse entre ceux qui marchent lentement, faire garer souvent ces derniers, et prendre de nombreuses mesures ayant pour conséquence de ralentir le trafic, afin de diminuer les chances d'accidents, qui pourraient même disparaître.

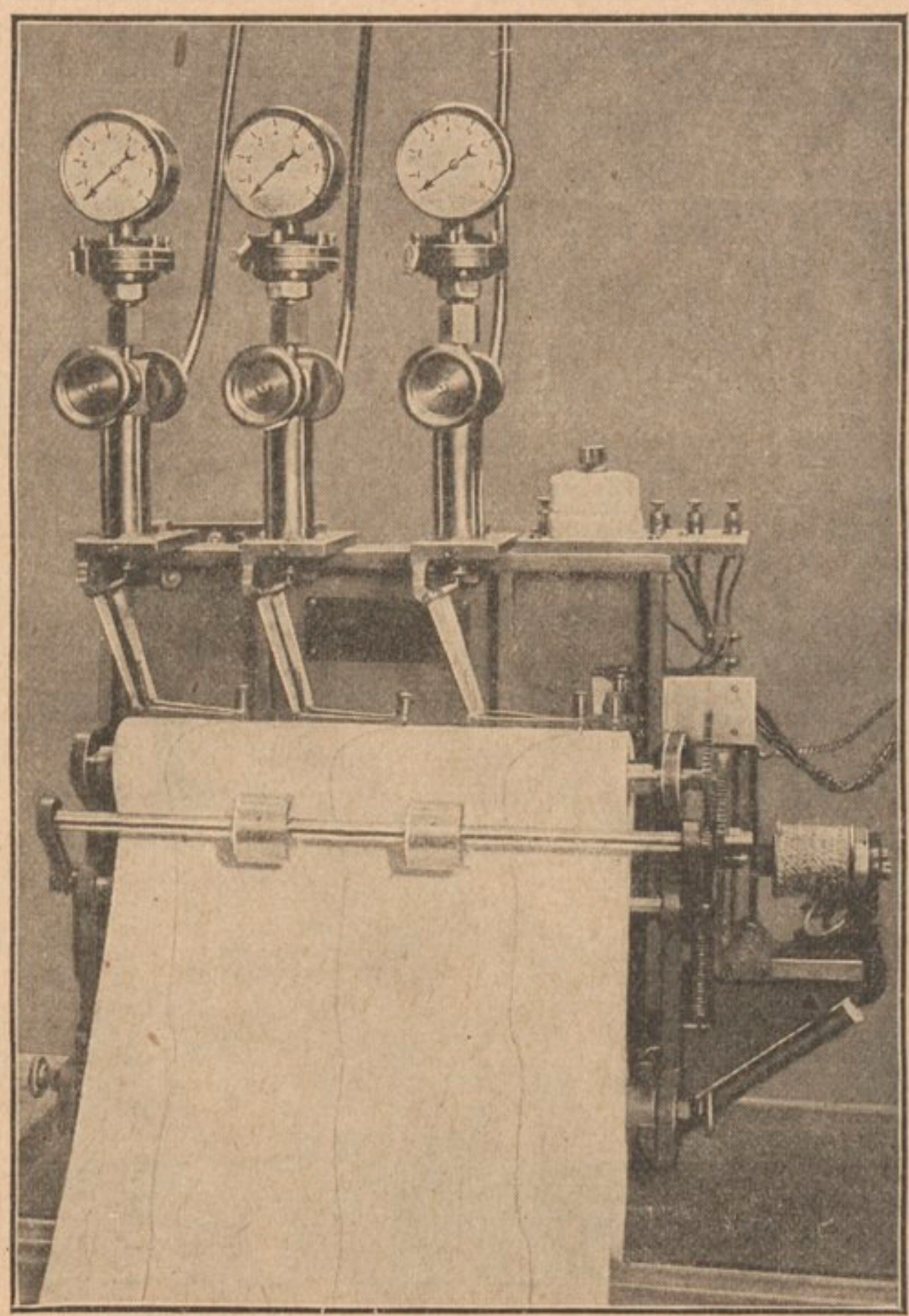
En temps de guerre, cette ingénieuse combinaison devient impossible et il faut se résoudre, pour donner aux voies ferrées leur débit maximum, à faire marcher tous les trains civils et militaires à la même vitesse ralentie. On arrive ainsi à une vitesse limite qui permet d'obtenir la capacité de transport maximum d'une ligne donnée. Il est évident que si tous les wagons qui entrent dans la composition des trains de marchandises étaient munis d'un frein continu, cette vitesse limite pourrait être relevée dans des proportions considérables, ce qui augmenterait ainsi d'autant le rendement des voies ferrées. Ce raisonnement s'applique également au transport des marchandises en temps de paix, car la circulation plus rapide des convois de marchandises diminuerait d'une manière très sensible la durée des stationnements qu'on leur impose pour permettre le passage des trains de voyageurs. Ainsi se trouverait facilitée ce qu'on appelle la rotation du matériel, c'est-à-dire le temps qui s'écoule entre le départ et le retour d'un véhicule, délai dont dépend la bonne utilisation des wagons, indispensable à la réalisation d'une exploitation rémunératrice.



BANC D'ESSAI POUR L'ÉTUDE, LA PRÉPARATION ET LE MONTAGE DES APPAREILS SÉPARÉS

Tous les organes du frein — distributeur, accélérateur ou accessoires — sont essayés sur ce banc, ce qui permet de vérifier leur bon fonctionnement. Ce banc sert également aux études et aux recherches auxquelles il est indispensable de procéder avant toute réalisation pratique d'une idée nouvelle concernant l'ensemble ou les détails des nombreux et très délicats organes d'un frein à air comprimé automatique et modérable.

Certains accidents qui ont des conséquences très graves, aussi bien au point de vue de la sécurité du personnel d'exploitation que de la conservation du matériel et des indemnités considérables auxquelles ils donnent lieu, pourraient être presque complètement évités, si les wagons à marchandises étaient munis d'un frein continu automatique. Nous voulons parler des dérives qui se produisent le long des grandes pentes, quand une circonstance fortuite amène la rupture d'un ou de plusieurs des crochets d'attelage reliant entre eux les véhicules d'un même convoi. Les wagons ainsi libérés descendent alors la rampe avec une vitesse sans cesse accélérée et causent de très graves désordres par leur irruption dans les gares où ils viennent heurter, soit des trains en stationnement, soit des machines ou des wagons immobilisés sur les voies ou dans les dépôts. Tout le monde sait aujourd'hui que, quand le même accident arrive à un train de voyageurs la queue du train, ainsi séparée de la tête, est immédiatement immobilisée par le serrage automatique du frein continu qui bloque tous les véhicules abandonnés et les retient sans dérive possible, même sur une voie présentant une déclivité très accentuée.



INDICATEUR-ENREGISTREUR DES PRESSIONS D'AIR EN TROIS POINTS DE LA CONDUITE GÉNÉRALE D'UN TRAIN

Un appareil de ce genre, branché sur un équipement de frein, permet de constater les différentes phases de fonctionnement, au serrage et au desserrage, aussi bien dans le cylindre du frein que dans le réservoir auxiliaire et dans la conduite générale, grâce aux trois dispositifs enregistreurs dont il est muni. La batterie d'atelier représentée à la page 262 est pourvue de trois de ces enregistreurs reliés, le premier au frein de tête, le second au frein de queue et le troisième à un frein du milieu. En comparant les courbes fournies par ces enregistreurs, on peut se rendre compte des phénomènes qui ont lieu sur toute la longueur de la conduite générale dans les diverses circonstances du freinage.

Mais, dira-t-on, pourquoi avoir tant tardé à munir les trains de marchandises d'un organe si utile ?

C'est que ce problème ne peut être solutionné par l'application pure et simple, aux wagons à marchandises, des systèmes de freins automatiques continus en usage depuis longtemps sur les voitures à voyageurs, à cause de la différence de constitution des trains formés avec des wagons ou avec des voitures.

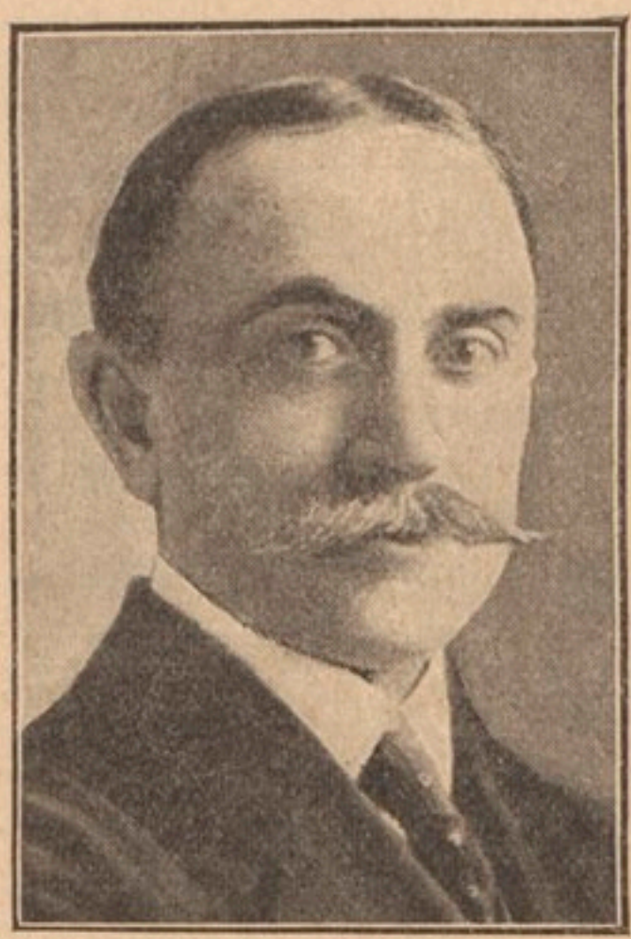
Le train de voyageurs constitue un tout homogène comportant un petit nombre de voitures dont les tampons de choc sont maintenus en contact les uns contre les autres, avec un faible intervalle des caisses ; le poids de chaque véhicule reste à peu près constant, qu'il soit vide ou rempli de voyageurs, car le poids de ceux-ci ne représente que le dixième environ de la tare totale, souvent voisine de 40.000 à 45.000 kilos.

Au contraire, le train de marchandises comprend un grand nombre de wagons, à attelages très lâches, dont les chargements, très variables, modifient le poids total du simple au triple ; il en résulte un défaut

d'homogénéité qui exige un système d'arrêt puissant et rapide, sans être toutefois susceptible d'engendrer, dans l'ensemble, des réactions dommageables au matériel lui-même ou aux chargements divers qu'il transporte.

Disons, en passant, que le matériel à munir du frein représente environ 400.000 wagons et plusieurs milliers de locomotives ; la dépense est donc considérable et doit retenir l'attention des exploitants de voies ferrées aussi bien que celle des pouvoirs publics.

Cette question, dont la solution devient extrêmement urgente aujourd'hui, est, d'ailleurs, à l'étude depuis plus de dix ans, puisque, dès le 5 mai 1909, une conférence, qui réunissait à Berne les délégués des chemins de fer des principaux pays européens (sauf l'Espagne, la Russie, l'Angleterre et la Grèce dont les voies ferrées n'ont pas l'écartement normal ou ne font pas partie du résean continental) a défini, dans un protocole, le programme des conditions que doit remplir un frein continu susceptible d'être appliqué à tous les véhicules de marchandises pouvant être affectés au trafic international sur le continent européen.



M. L. CHANELET
Le précieux collaborateur de M. de Lipkowski pour la mise au point du frein à air comprimé pour trains de marchandises.

Parmi ces conditions, au nombre d'environ vingt-cinq, quelques-unes sont d'une importance capitale et dominent toute la question technique.

Certaines, d'ordre tout à fait général, sont communes à tous les freins continus et sont d'ailleurs celles dont la réalisation est la plus facile : automaticité, simplicité de construction et de maniement, robustesse, etc. Tous les systèmes de freins continus en service sur le matériel à voyageurs, ou proposés pour les trains de marchandises, répondent d'une manière satisfaisante à la plupart de ces exigences.

Le frein continu international automatique, même monté sur un train extrêmement long, doit avoir une action suffisamment instantanée pour qu'elle puisse se propager jusqu'au dernier véhicule dès que la variation de la pression normale de l'air contenu dans la conduite générale du train atteint un dixième. D'après le paragraphe 23, la source d'énergie qui actionne les timoneries et les sabots des freins ne doit pas pouvoir s'épuiser trop rapidement, même quand un train descend une pente très longue, fortement inclinée.

Une difficulté sérieuse, que les techniciens rencontrent dans l'étude d'un frein automatique, consiste dans la nécessité de rattraper les variations d'épaisseur des sabots provoquées par l'usure de ces derniers. Pour obvier aux irrégularités causées par cette usure dans l'intensité de l'effort de freinage, on doit prévoir une disposition spéciale de la timonerie qui permette de racheter automatiquement toute l'usure de l'épaisseur des sabots à un moment quelconque du service.

Enfin, le paragraphe 24 prescrit que la construction du frein doit être telle qu'il soit possible de descendre les plus longues et les plus fortes pentes qui se présentent sur les lignes principales des chemins de fer, en toute sécurité et avec des variations de la vitesse prescrite aussi réduites que possible. L'observation de cette clause exige donc que le mécanicien puisse modérer à chaque instant l'action du frein, au serrage et au desserrage, de telle manière que la vitesse puisse rester constante pendant la descente d'une pente, si longue soit-elle, et quelle que soit la charge du train.

Il semble que la fourniture d'un frein automatique et modérable, susceptible d'être adopté pour les trains de marchandises du service international européen, constitue un problème technique doublé d'une opération commerciale susceptible de tenter un grand nombre de concurrents. En réalité, le nombre des systèmes de frein de ce genre, capables de se présenter avec chance de succès à un concours institué en vue de chercher quel est le meilleur d'entre eux, est très limité.

Les systèmes de freins existants, et déjà appliqués aux trains de voyageurs, appartiennent à deux catégories nettement distinctes qui agissent par la raréfaction ou par la compression d'un fluide — l'air — renfermé dans une conduite générale courant tout le long des trains. Les premiers sont dénommés freins à vide, les seconds, freins à air comprimé ou freins à air tout court. Nous laissons de côté quelques rares applications de freins à contrepoids et à cordes.

Les freins à vide ne sont représentés dans le débat actuel que par le seul système anglo-

autrichien Clayton-Hardy, dont l'essai, fait en 1912, sur la ligne de l'Arlberg (Chemins de fer de l'Etat autrichien), par la Commission internationale, a donné de bons résultats.

La Science et la Vie a décrit dans son numéro 14 (Mai 1914, page 209) le frein à air comprimé américain Westinghouse, que tout le monde connaît et qui a reçu en Europe un grand nombre d'applications, tant en France qu'à l'étranger, pour le service des voyageurs. Le frein proposé par cette compagnie pour les trains de marchandises et essayé avec succès, en 1913, en Hongrie, par la Commission internationale, a l'inconvénient de nécessiter une double conduite.

D'autre part, le matériel américain, muni du frein Westinghouse, est également pourvu d'attelages automatiques assurant aux trains une très grande rigidité et offrant à la rupture une résistance quatre fois plus forte que celle du crochet européen (136.000 kilogrammes au lieu de 33.000). On serait donc obligé d'adopter en France un freinage beaucoup moins rapide qu'aux Etats-Unis afin d'éviter les ruptures d'attelages et leurs conséquences.

Il ne faut toutefois pas croire, ainsi qu'on pourrait se l'imaginer à première vue, d'après l'exposé qui précède, que les inventeurs français se soient totalement désintéressés de l'étude des questions de freinage.

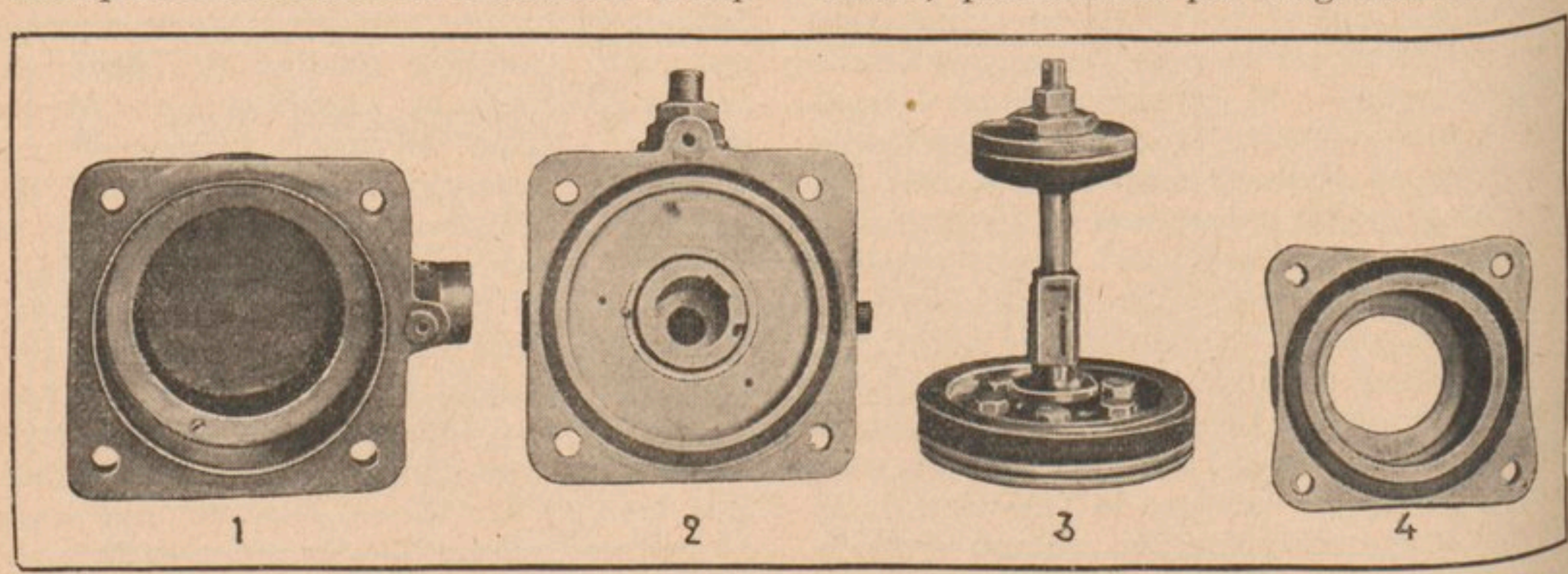
En effet, si le frein à vide n'a été l'objet d'aucun brevet émanant de citoyens français, de nombreuses inventions sont nées en France à propos des freins à air comprimé.

Parmi les brevets pris à ce sujet dans notre pays, un des principaux et des plus anciens est celui de M. de Lipkowski, ingénieur des Arts et Manufactures, qui poursuivait, dès 1892, l'étude d'un frein à air comprimé, automatique et modérable. Les efforts de M. de Lipkowski, puissamment secondés par un autre technicien des plus distingués, l'ingénieur Chanelet, avaient abouti, au début de 1914, à la mise au point d'un dispositif que le ministre des Travaux publics, sur avis favorable du Comité d'exploitation technique des chemins de fer, jugea intéressant de faire essayer sur un train du réseau de l'Etat.

Suivant les prescriptions édictées par la conférence de Berne, concernant les épreuves auxquelles devait être soumis le frein automatique applicable aux trains de marchandises, le convoi d'essai des appareils Lipkowski comportait cent soixante essieux, c'est-à-dire quatre-vingts véhicules représentant une charge totale de 1.500 tonnes. Les expériences, qui eurent lieu sur la ligne de Mantes à Plaisir-Grignon, du réseau de l'Etat, étaient commencées depuis trois jours et donnaient toute satisfaction, quand elles furent brusquement interrompues par la publication du décret de mobilisation.

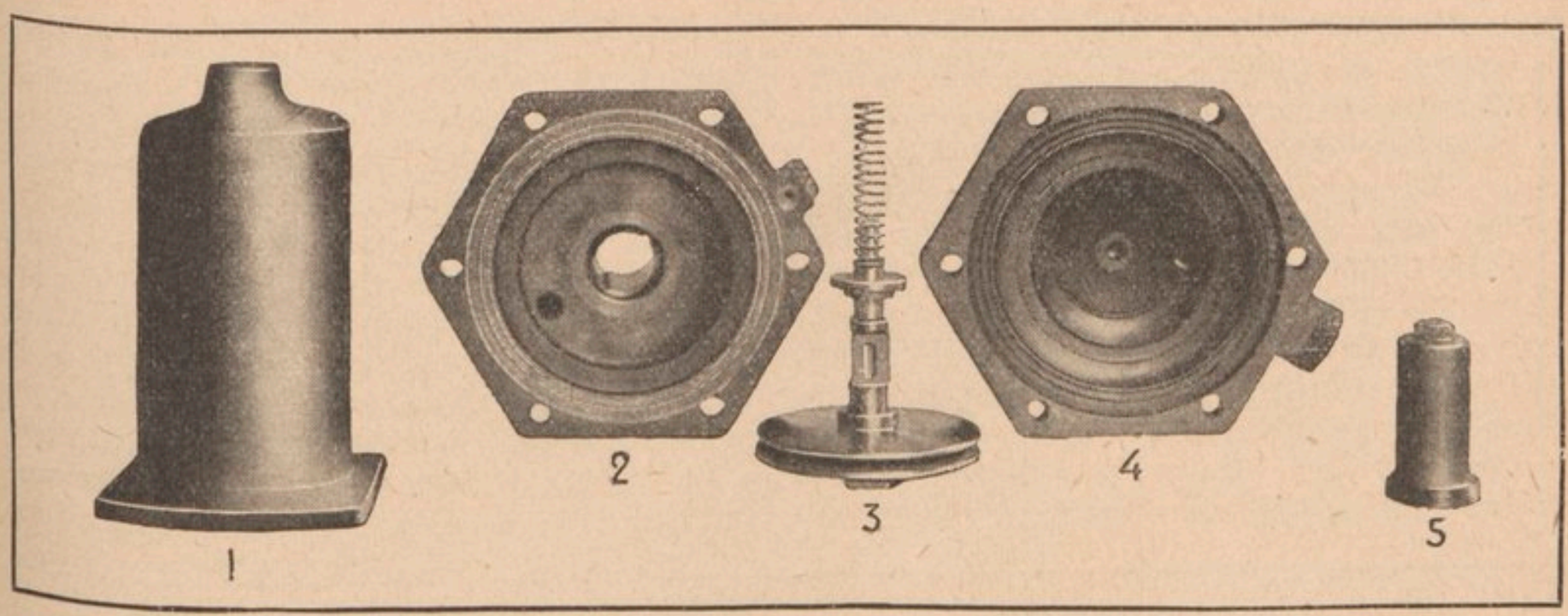
Avant d'examiner plus en détail les qualités et les inconvénients de chacun des freins concurrents, nous devons signaler que l'Allemagne avait songé, pendant la guerre, à profiter sur ce terrain des avantages qu'elle croyait tirer d'une victoire dont elle voulait paraître conserver le ferme espoir et l'illusion jusqu'au dernier jour des hostilités.

L'Administration des chemins de fer allemands songeait depuis longtemps à adopter le frein continu pour les trains de marchandises ; elle devait présenter en septembre 1914 son système de frein à la Commission internationale, mais la guerre éclata auparavant ; elle n'en poursuivit pas moins activement les travaux et dès 1916 passait aux essais définitifs. C'est le frein à air comprimé Knorr, perfectionné par l'ingénieur Kunze,



LES QUATRE PIÈCES PRINCIPALES QUI CONSTITUENT LE DISTRIBUTEUR

Des variations de pression sont provoquées dans la conduite générale du train par un robinet que manœuvre le mécanicien. Sous leur action, le piston double différentiel 3 monte ou descend dans le corps principal 2 du distributeur, fermé par un couvercle inférieur 1 et par un couvercle supérieur 4. Un tiroir, conduit par le piston différentiel, fait arriver l'air comprimé dans le cylindre de frein (serrage) ou l'en chasse (desserrage).



LES CINQ PRINCIPALES PIÈCES QUI CONSTITUENT L'ACCÉLÉRATEUR

Quand le mécanicien fait baisser la pression dans la conduite générale, au moyen d'un robinet placé sur la locomotive, le piston 3 descend dans le cylindre 2, surmonté d'un couvercle supérieur 4. Le tiroir, conduit par le piston 3, et dont le jeu est contrôlé par un ressort enfermé dans la boîte 5, met la conduite générale en communication avec la poche de détente 1. Il en résulte une augmentation brusque de détente qui fait fonctionner l'accélérateur suivant, et ainsi de suite, d'un bout à l'autre d'un train, même long.

qui fut appliqué à un grand nombre de ses wagons. L'Allemagne avait l'intention d'imposer par la force l'adoption de ce frein à tous les pays alliés, aussitôt remportée la victoire dont elle ne doutait pas. Son espoir fut déçu, mais, toujours persévérants dans leurs efforts, les Allemands n'ont pas abandonné l'espoir de faire triompher leur frein car ils désiraient, par-dessus tout, empêcher l'adoption d'un frein à vide à cause de l'origine anglaise de ce genre de freinage. Ils craignent aussi de voir l'Angleterre et la France profiter des bénéfices que pourrait procurer à ces deux pays la fourniture du frein international à l'exclusion de l'Allemagne.

L'article publié, en 1919, dans les *Glasers Annalen für Gewerbe und Bauwesen*, par M. A. Fuhr, conseiller de gouvernement allemand, constitue un long et virulent réquisitoire contre le frein à vide. Cet auteur conclut en disant « ... que le frein à vide est, au point de vue technique, comme au point de vue économique, tellement inférieur au frein à air comprimé que, sur tout réseau dirigé dans le sens du progrès et prenant part au trafic international, il devra céder, tôt ou tard, la place aux freins à air comprimé ».

Naturellement, dans son préambule, comme dans la dernière phrase de son rapport, M. A. Fuhr, signalant l'adoption du frein Kunze-Knorr par les chemins de fer allemands et suédois ajoutait emphatiquement : « qu'il est à supposer que les autres pays, en relations de trafic avec l'Allemagne, prendront, tôt ou tard, la même détermination ».

Des tentatives ont donc été faites pour faire décider que des essais auraient lieu en France sur le frein Kunze-Knorr. Par une circonstance fortuite, ce frein, appliqué à un grand nombre de locomotives et de wagons livrés par l'Allemagne à la France, en vertu d'une clause du traité de Versailles, se trouve donc en état d'être essayé en France dans un très court délai. Cependant, il est permis de croire qu'il n'a guère de chance d'être adopté, étant donné sa nationalité et surtout l'extrême complication de ses organes.

A l'inverse des freins à air comprimé, dont l'organe vital est une pompe de compression, le frein à vide, très répandu en Angleterre, utilise un éjecteur à vapeur placé sur la locomotive pour produire la raréfaction de l'air dans la conduite générale. Il présente donc l'avantage d'être simple. Ses cylindres de freins, ses timoneries de commande des sabots, et, d'une manière générale, ses divers organes, sont robustes et peu compliqués ; il est très modérable et d'un fonctionnement rapide dans toutes les circonstances.

Ces avantages ont provoqué, en faveur du frein à vide, une décision du Comité d'exploitation technique des chemins de fer, bien que ce dispositif de freinage n'ait pas été essayé officiellement en France, récemment du moins, car la compagnie du Nord, qui avait adopté, en 1876, l'ancien frein à vide Smith, l'a remplacé en 1892 par le frein Westinghouse. Mais, d'après la Convention de Berne, les essais officiels faits avec succès en Autriche, en 1912, font foi pour tous les pays signataires énumérés ci-dessus.

Les chances du frein à vide seraient donc décisives si les compagnies françaises, dont tous les véhicules à grande vitesse sont actuel-

lement munis de freins à air comprimé, ne reculaient pas devant la dépense formidable d'une centaine de millions que représenterait le remplacement de l'armement Westinghouse, par un frein à vide, sur un matériel comprenant environ quinze mille locomotives et 50.000 voitures. La mise au rebut de ces milliers d'appareils existants entraînerait une perte de matières premières et d'argent qui a une très grande importance, surtout dans les circonstances économiques actuelles.

Dans ces conditions, il semble qu'une entente puisse et doive intervenir entre les exploitants de nos voies ferrées et le gouvernement en vue de l'adoption d'un frein à air comprimé présentant le double avantage d'être aussi simple que le frein à vide et de pouvoir se substituer, sans grands frais, au frein actuel à air dont il utiliserait les pompes, les conduites et les timoneries. Et alors, le frein français Lipkowski perfectionné, à simple conduite et à piston unique, aurait toutes chances d'être adopté, après la reprise et la terminaison favorable de ses essais interrompus par la déclaration de guerre.

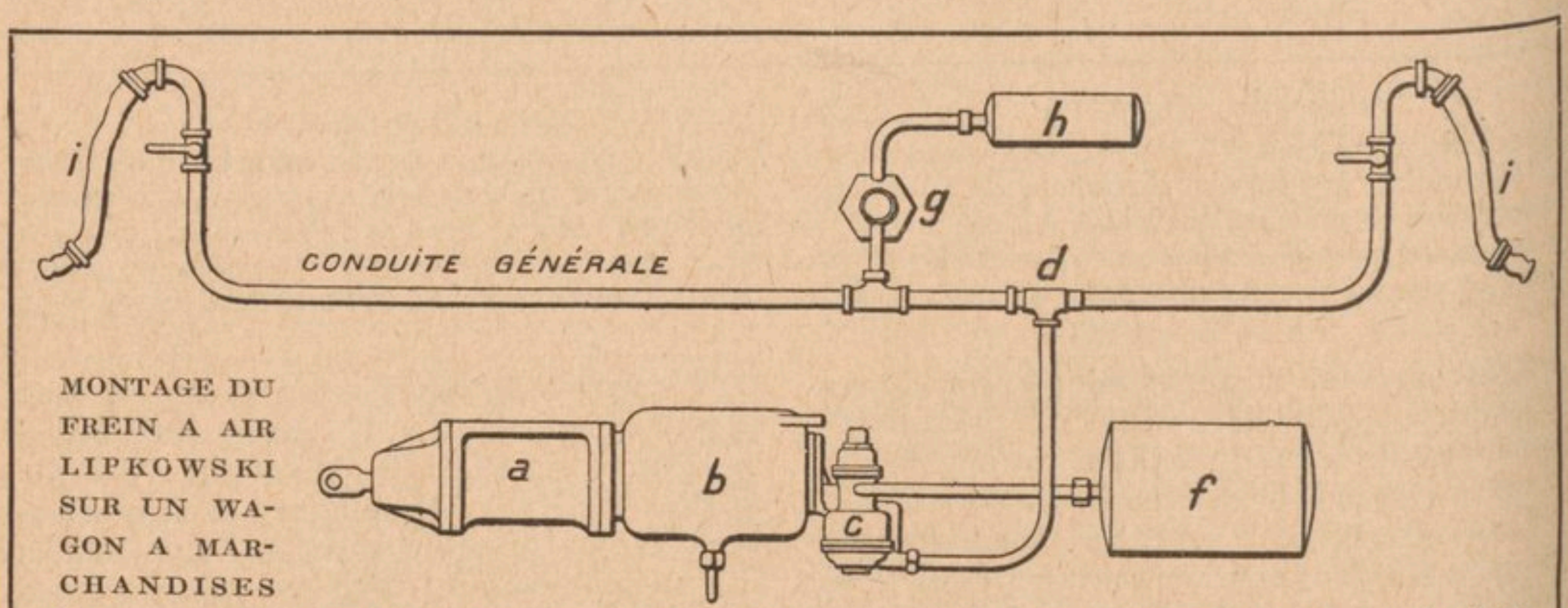
Les organes caractéristiques du frein Lipkowski sont le distributeur et l'accélérateur.

L'accélérateur est destiné à propager rapidement en queue du train les dépressions successives provoquées dans la conduite par le robinet du mécanicien de la locomotive.

Le fonctionnement du distributeur, qui donne la modérabilité au serrage et au desserrage est basé sur le rapport des surfaces utiles de deux pistons jumelés soumis à des pressions différentes (Voir la figure page 268).

En principe, le distributeur se compose d'un corps cylindrique et de deux chapeaux. Dans le corps se meut un équipage de deux pistons reliés entre eux par une tige, laquelle porte un tiroir appuyé contre une table dressée et percée d'orifices établissant la communication avec la conduite générale, le cylindre de frein, la chambre et l'atmosphère.

La tige glisse dans un presse-étoupe assurant le parfait isolement entre les chambres.



MONTAGE DU FREIN A AIR LIPKOWSKI SUR UN WAGON A MARCHANDISES

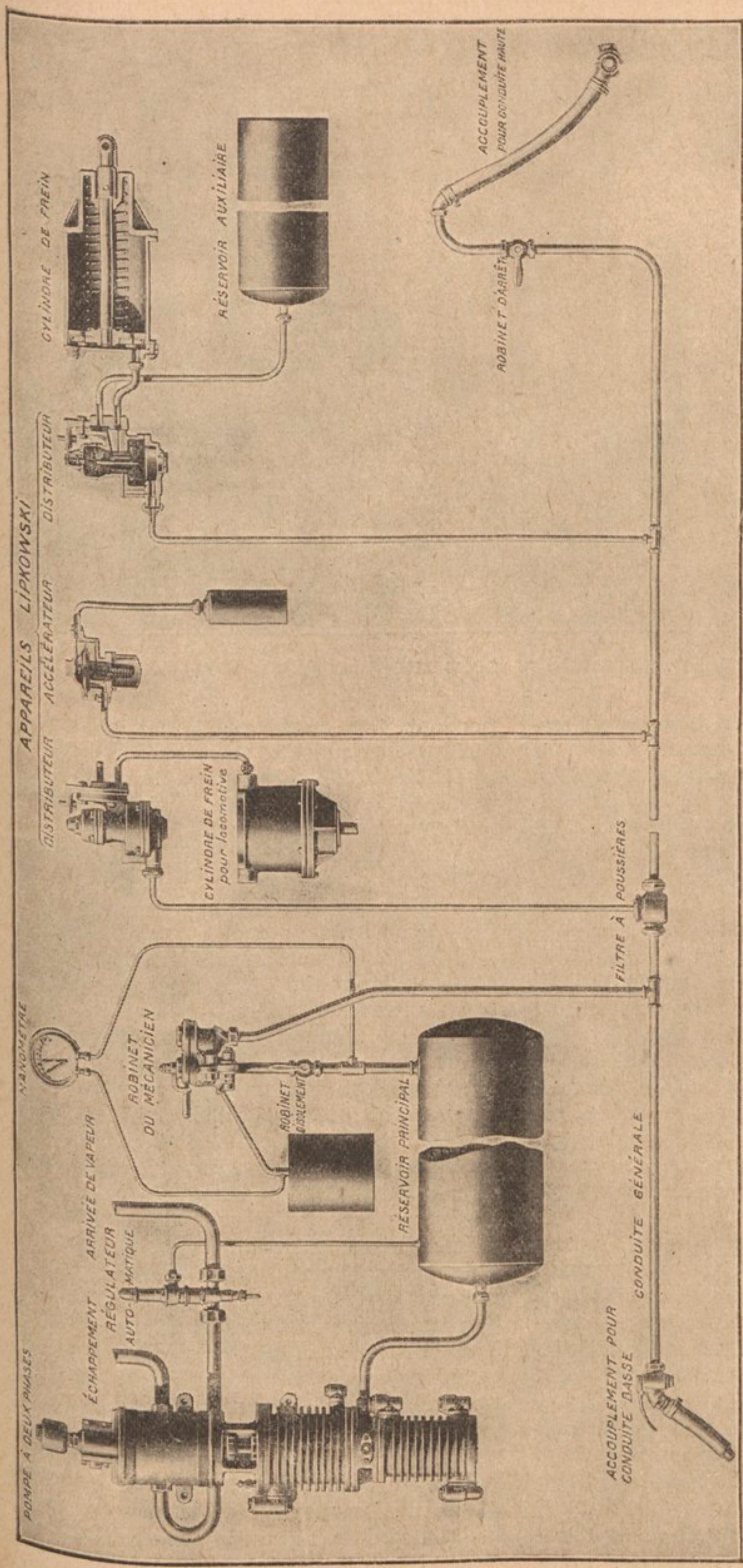
Une pompe, installée sur la locomotive, remplit d'air comprimé la conduite générale du train dont font partie les boyaux de raccord en caoutchouc i. *L'air comprimé pénètre, d'une part, dans les réservoirs* b *et* f, *grâce au raccord* d *et au distributeur* c, *d'autre part dans le réservoir* h, *par l'intermédiaire de l'accélérateur* g. *Pour serrer les freins, le mécanicien diminue la pression de l'air renfermé dans la conduite générale. L'accélérateur, en fonctionnant (voir fig. page 271), transmet rapidement la dépression à l'accélérateur suivant, et ainsi de suite jusqu'au bout du train. En même temps, le distributeur laisse pénétrer dans le cylindre de frein* a *l'air des réservoirs* g *et* f ; *chaque frein se serre donc aussitôt, avec une énergie proportionnée à la dépression produite par la manœuvre du robinet (dit à trois voies) du mécanicien dans la conduite générale qui règne tout le long du train.*

La forme du distributeur Lipkowski permet de le monter exactement à la place de la triple valve Westinghouse à action rapide (voir n° 14 de *La Science et la Vie*, page 214). D'ailleurs, le modèle est le même pour les voitures à voyageurs que pour les wagons à marchandises de tous les modèles.

L'accélérateur peut être employé seul, sur les wagons à conduite blanche non munis du frein, ou accouplé avec un distributeur, sur les wagons freinés de toutes les longueurs.

Cet appareil à répétition fonctionne aussi bien dans les serrages ordinaires ou dans les serrages d'urgence ; chaque fois que le mécanicien produit dans la conduite générale une dépression d'un ordre suffisant pour provoquer ou accentuer le serrage des freins, cette dépression est répétée par l'accélérateur.

L'accélération résulte des chutes de pression rapides, mais limitées, que les accéléra-



DISPOSITION D'ENSEMBLE DU FREIN LIPKOWSKI SUR UN TRAIN DE MARCHANDISES (LOCOMOTIVE, TENDER, WAGON A MARCHANDISES)

teurs répètent de wagon en wagon, de la tête à la queue du train.

Ces chutes de pression sont obtenues en mettant la conduite générale en communication avec des poches de détente spéciales d'une capacité appropriée

L'accélérateur se compose d'un corps central, d'un chapeau supérieur et d'une poche de détente inférieure. Un diaphragme en cuir gras, serré entre le corps et le chapeau supérieur, porte un plateau qui conduit un tiroir à coquille, mobile dans le corps central. Un ressort pousse en permanence le piston vers le haut.

Le corps central est en communication avec la conduite générale.

Au-dessus du diaphragme, le chapeau supérieur forme une chambre à air de dimensions convenables. (Voir fig. p. 269).

Bien que très sommaire, la description précédente permet de se rendre compte des qualités qui caractérisent le frein Lipkowski et qui lui assurent une supériorité incontestable sur les autres systèmes de freinage actuellement connus.

Il réalise, avec une seule conduite générale, la modé-

TRAIN DE MARCHANDISES DE 75 WAGONS MUNI DU FREIN LIPKOWSKI

rabilité au desserrage aussi bien qu'au serrage, ce qui le place nettement en tête des freins de sa classe. Cette modérabilité au desserrage lui donne une souplesse particulière pour la descente des longues pentes à profil varié, ce qu'on n'a pu obtenir jusqu'ici qu'en employant une double conduite.

Avec une puissance supérieure à celle de tout autre frein, il assure l'amenée rapide, mais sans brusquerie successive, des sabots au contact des bandages des roues puis la progressivité dans la réalisation de l'effort final commandé par le mécanicien, et, par conséquent, l'égalité pratique d'action.

La vitesse de propagation, supérieure à celle de tout autre frein à air comprimé, est pratiquement constante, qu'il s'agisse de serrages d'urgence ou de serrages de service.

Le frein Lipkowski a également la propriété très précieuse d'assurer la constance de l'effort de serrage, quelle que soit l'usure des sabots provenant du frottement des roues.

Les organes caractéristiques de ce frein, de construction simple et robuste, sont combinés, comme on l'a dit ci-dessus, de manière à se substituer purement et simplement aux organes similaires du frein Westinghouse, actuellement en usage sur les voitures à voyageurs, et sur les fourgons composant les trains de messageries à grande vitesse; de plus, ils s'appliquent à tout wagon muni du frein à main, sans gêner le fonctionnement de ce dernier, qui doit rester indépendant. Ces deux qualités : simplicité et facilité de substitution et d'application, placent le « lipkowski » bien au-dessus du frein allemand Kunze-Knorr, qui exige une timonerie spéciale et qui est, en résumé, constitué de deux freins superposés : l'un à une chambre et l'autre à deux chambres, alimentés par un distributeur type Westinghouse, avec addition d'une soupape chargée par un ressort — donc d'un fonctionnement délicat et peu sûr — et d'un robinet de manœuvre ordinaire.

En résumé, le frein français Lipkowski résout de la manière la plus heureuse le problème du freinage des longs trains de marchandises. Il se prête à une réalisation simple et très séduisante de l' « unité pratique de freinage » qui consisterait à conserver le frein à air actuel sur tout le matériel à grande vitesse existant et à installer sur les locomotives et sur les wagons du service des marchandises, y compris les fourgons de messageries, l'armement Lipkoswki, très peu différent du frein actuel comme construction. Son fonctionnement, analogue à celui du frein à air Westinghouse, ne créera ni difficulté ni confusion, au double point de vue de l'instruction du personnel et de la régularité du service, qui est, en cette matière, la question dominante, puisque de la solution choisie dépend la bonne exécution des transports de toutes sortes non seulement en temps de paix, mais encore en temps de guerre.

F. Détrimon.

LA COMBUSTION RENVERSÉE ET LA COMBUSTION SANS FLAMME

Par Louis SARCAULT

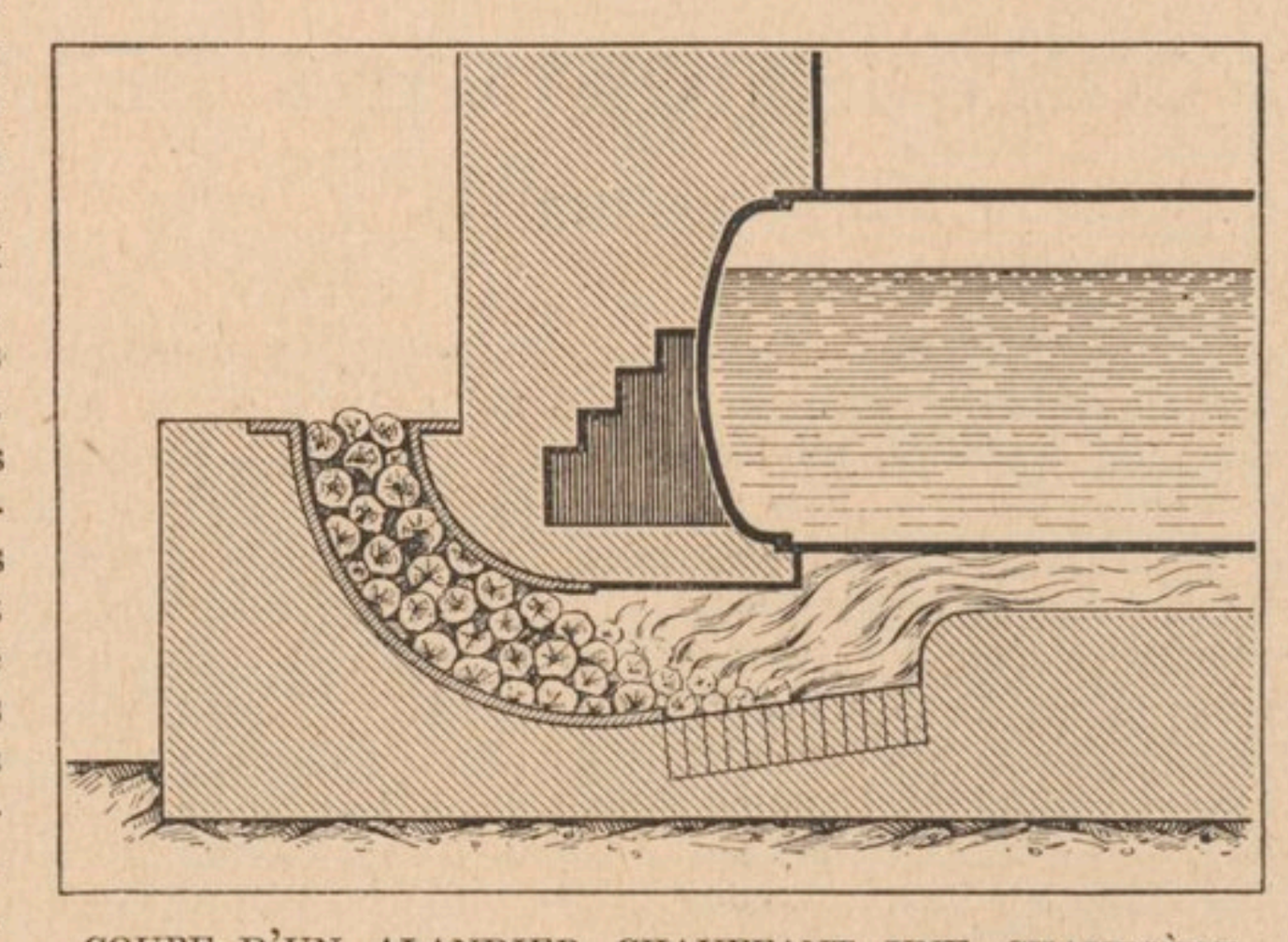
Les recherches pour la meilleure utilisation des combustibles ont donné lieu, à l'époque actuelle, à divers modes de combustion fort remarquables et présentant, en certaines circonstances, des avantages marqués sur les anciens procédés usuels, surtout en ce qui concerne les chauffages industriels. Nous allons dire quelques mots de ceux-ci et exposer brièvement quelques-uns des progrès très intéressants qui ont été réalisés dans cet ordre d'idées.

La chaleur d'un combustible se disperse par deux voies différentes, et elle peut être utilisée de deux manières : une partie rayonne dans tous les sens à partir du combustible embrasé, c'est la chaleur rayonnante ; l'autre est entraînée dans la cheminée, dans le cas de tirage naturel, par les produits gazeux de la combustion. Selon M. Péclet, ces deux quantités seraient égales pour le charbon de bois ; pour le bois, les deux cinquièmes seulement de la chaleur totale seraient rayonnés. Pour la houille, au contraire, la chaleur rayonnée serait plus considérable que la chaleur entraînée.

Or, dans nos cheminées ordinaires d'appartement, la chaleur rayonnante seule est utilisée, et encore ne l'est-elle qu'en petite partie. Il y a là un gaspillage de combustible. Dans l'industrie, ou dans les procédés perfectionnés de chauffage modernes, il n'en est pas ainsi, et l'on s'efforce d'utiliser, autant que possible, toute la chaleur produite. Les appareils qu'on y

FOYER A COMBUSTION RENVERSÉE (ALANDIER) D'UN FOUR A CUIRE LA PORCELAINE

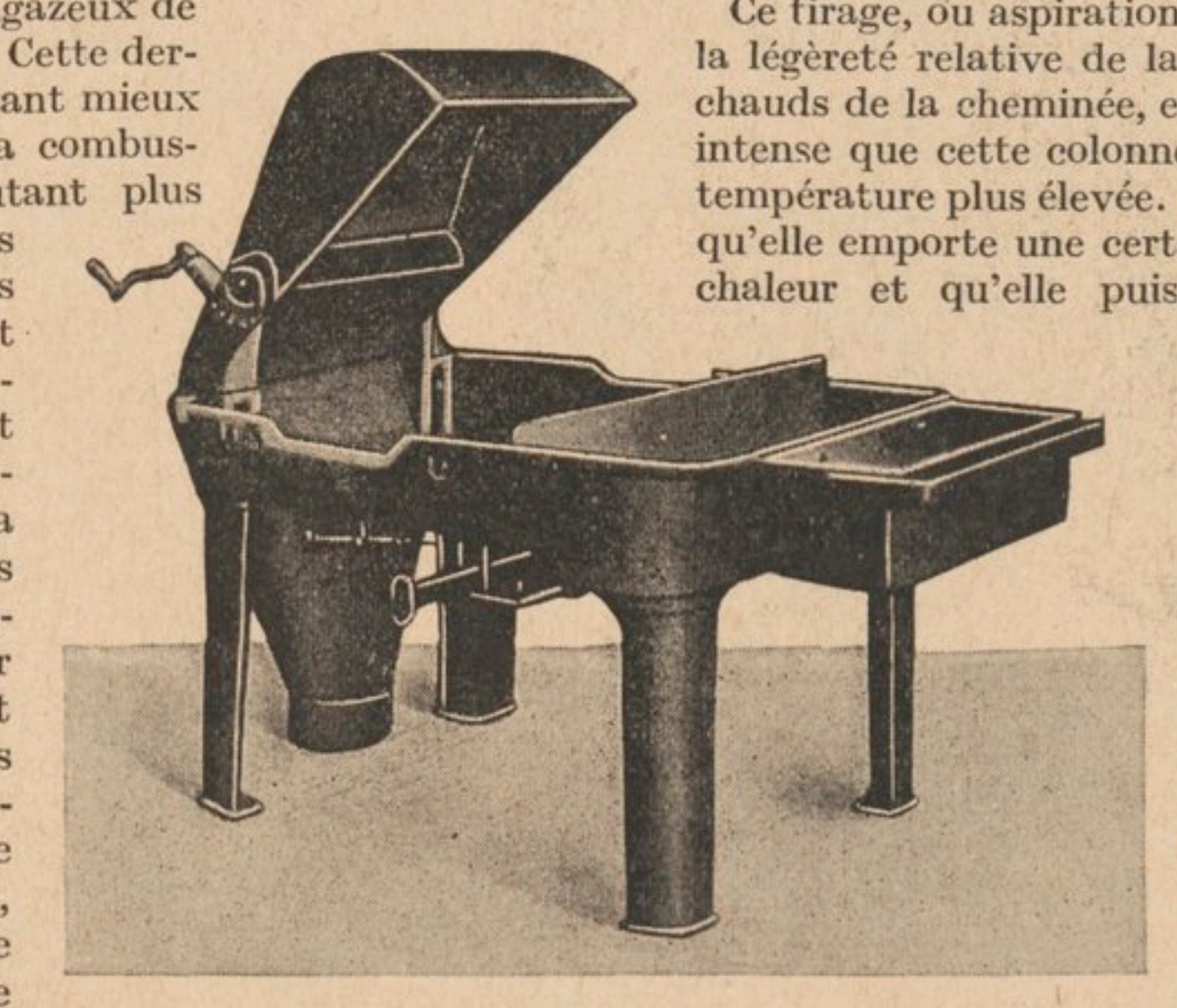
emploie varient suivant le genre de combustible consommé, et aussi suivant la nature du résultat qu'on veut obtenir. Le plus ordinairement, le combustible est brûlé à part sur des grilles où on le dispose en lits plus ou moins épais : tels sont les fourneaux d'évaporation, les foyers des chaudières à vapeur, les fours à réverbère employés au traitement métallurgique de quelques métaux, les fours à porcelaine, à faïence, les calorifères, etc. Ou bien, dans certains cas spéciaux, il est mélangé avec la substance à calciner ou en contact immédiat avec elle, comme il arrive dans les hauts fourneaux, les fourneaux à cuve, etc... Dans l'un et dans l'autre cas, on utilise à la fois et la chaleur rayonnante et la chaleur entraînée par les gaz et les produits gazeux de la combustion. Cette dernière est d'autant mieux employée et la combustion est d'autant plus complète que les gaz et produits gazeux sont moins abondants, qu'ils ont été mieux dépouillés de la chaleur qu'ils ont prise en traversant le foyer et qu'ils sont versés plus froids dans l'atmosphère. Le dépouillement, toutefois, ne doit jamais être total (toujours, bien entendu, dans le cas du foyer à tirage naturel, et non pas à tirage artificiel, ou forcé, produit à l'aide d'un ventilateur). La combustion n'est possible, en effet, qu'à la condition qu'une quantité suffisante d'air afflue vers la couche de combustible et la pénètre dans toutes ses parties. Or, cet afflux d'air est déterminé par le tirage, c'est-à-dire le mouvement ascensionnel d'air chaud, mélangé avec les produits de la combustion, dans le conduit de fumée, sous la pression motrice que l'air froid exerce à la partie inférieure de ce conduit. Il est dû, en d'autres termes, à la différence de températures, et, par suite, de densités, entre la colonne de gaz intérieure et l'air extérieur. En même temps qu'il évacue au dehors les fumées nuisibles ou incommodes, il produit donc sous le foyer un appel d'air pur qui permet la combustion, et qui l'active plus ou moins, suivant sa plus ou moins grande abondance.



COUPE D'UN ALANDIER CHAUFFANT UNE CHAUDIÈRE

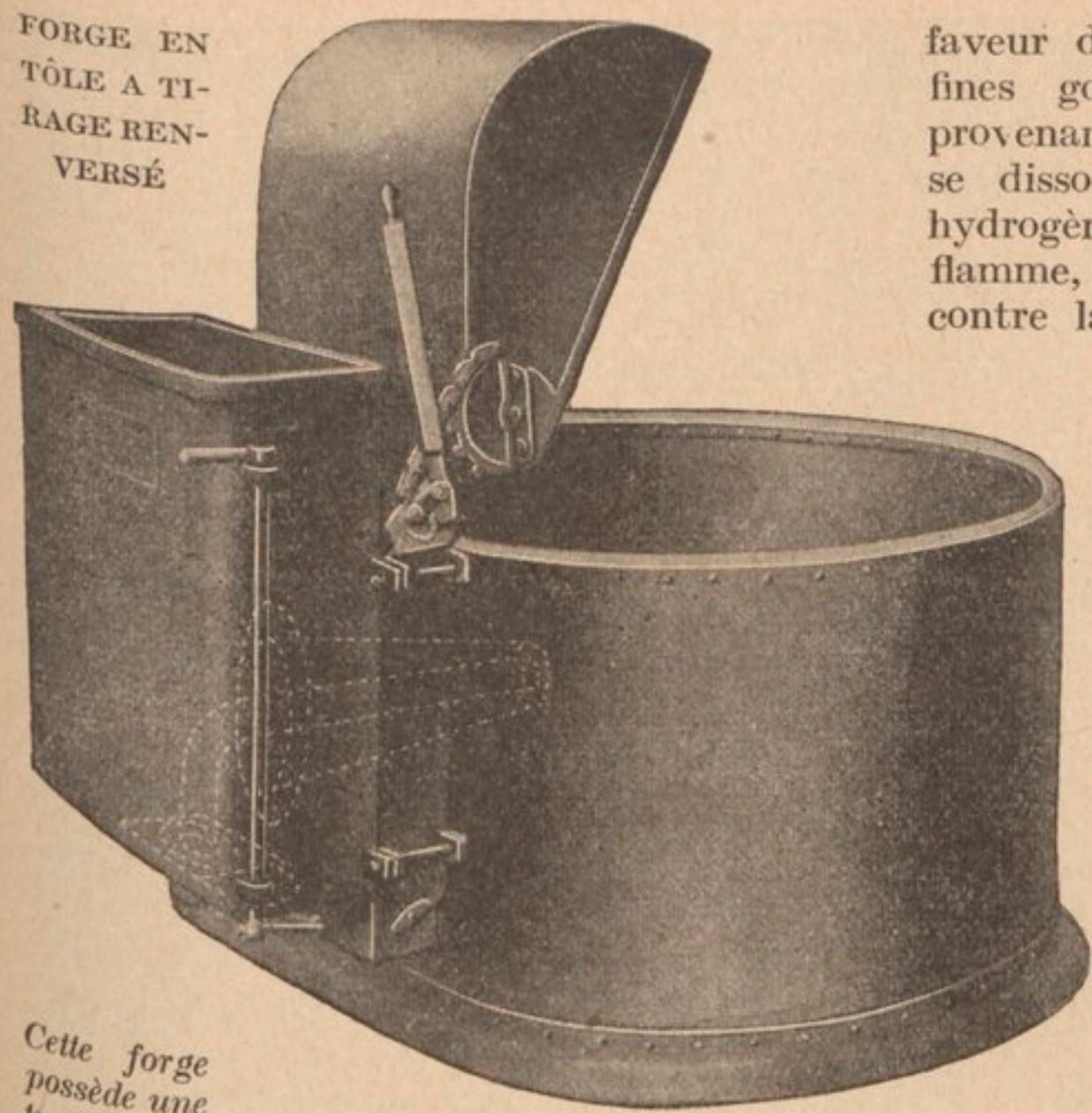
Ce tirage, ou aspiration, déterminé par la légèreté relative de la colonne de gaz chauds de la cheminée, est d'autant plus intense que cette colonne y possède une température plus élevée. Il importe donc qu'elle emporte une certaine quantité de chaleur et qu'elle puisse la conserver le plus longtemps possible.

Le refroidissement trop rapide des produits de la combustion empêche la colonne ascendante d'acquérir une vitesse suffisante, et il en résulte que le moindre vent, en la refoulant au sommet de la cheminée, fait « fumer » celle-ci, comme on dit communément. Il offre encore un autre inconvénient : la plupart des combustibles, avant d'avoir atteint la température élevée



FORGE A TIRAGE RENVERSÉ, MODÈLE EN FONTE

FORGE EN TÔLE A TIRAGE RENVERSÉ



Cette forge possède une tuyère horizontale, avec un système de refroidissement par eau.

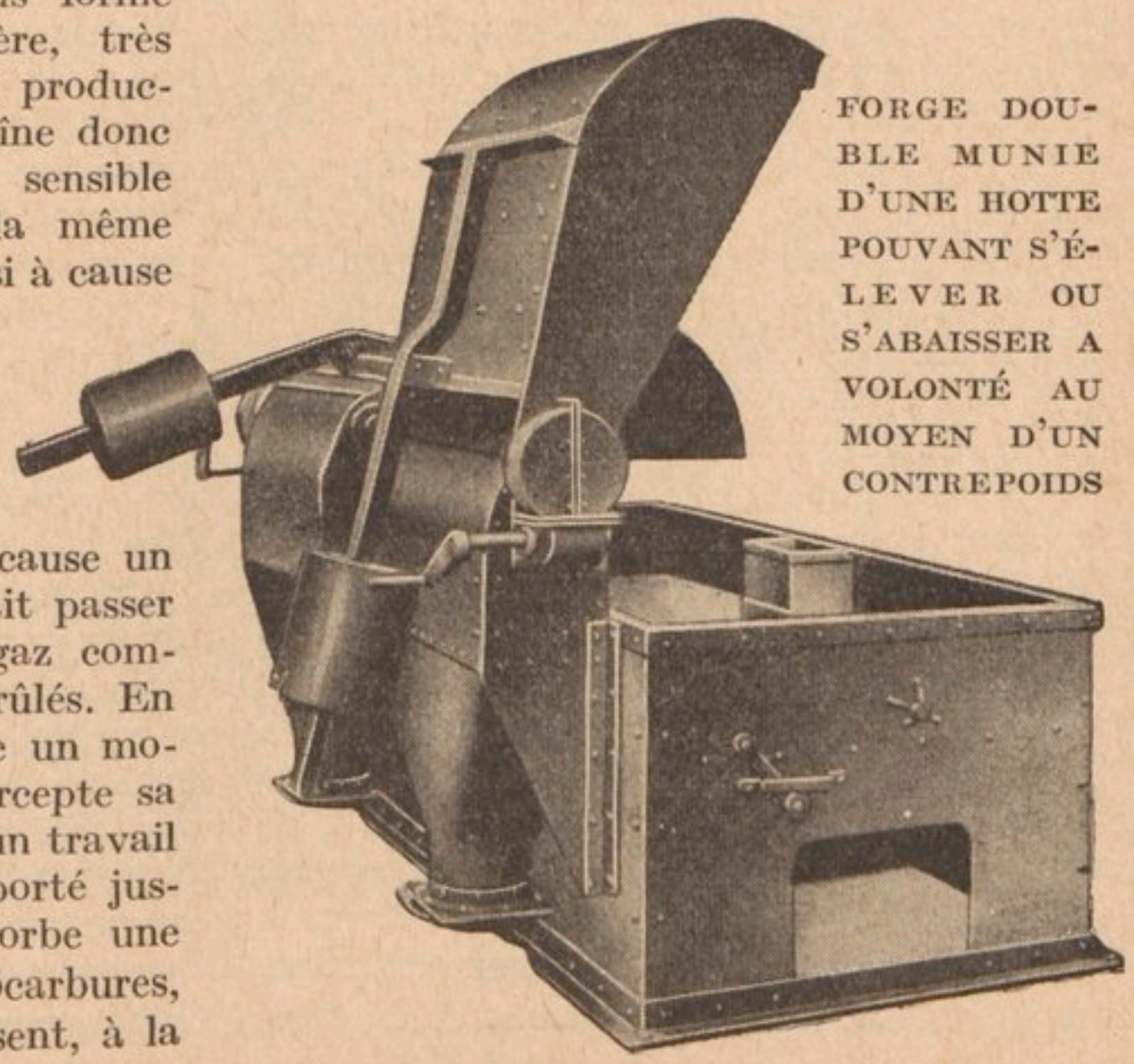
nécessaire à leur combustion, éprouvent une décomposition plus ou moins profonde, ils distillent une plus ou moins grande quantité de produits gazeux formés presque en totalité de carbone et d'hydrogène. Ce dernier gaz exige, pour brûler, une température moins élevée que le charbon, et toutes les fois que celle-ci est trop basse ou que la quantité d'air affluente est trop faible, c'est lui qui brûle le premier. Le charbon se dépose alors sous forme d'une poussière noire, très légère, très divisée, qui forme la fumée. Toute production de fumée dans un foyer entraîne donc une perte de combustible assez sensible qu'il faut tâcher d'éviter par cela même qu'elle constitue une perte et aussi à cause des inconvénients d'une autre nature qu'elle entraîne avec elle.

La formation de la fumée est à peu près inévitable alors que le chargement des foyers se fait par pelletées. L'ouverture de la porte cause un refroidissement intempestif qui fait passer dans la cheminée la suie et les gaz combustibles en grande partie non brûlés. En outre, le charbon chargé recouvre un moment la masse en ignition et intercepte sa chaleur rayonnante ; il s'y opère un travail de distillation, et, pour qu'il soit porté jusqu'à son point d'ignition, il absorbe une forte quantité de chaleur. Les hydrocarbures, distillés en abondance, se condensent, à la faveur du refroidissement, sous forme de fines gouttelettes goudronneuses ; celles provenant des hydrocarbures les plus lourds se dissocient en carbone pulvérulent et hydrogène ; les autres brûlent, mais leur flamme, peu chaude, vient se refroidir contre la paroi ou les tubes d'eau de la chaudière, qui se recouvre promptement d'une couche de suie.

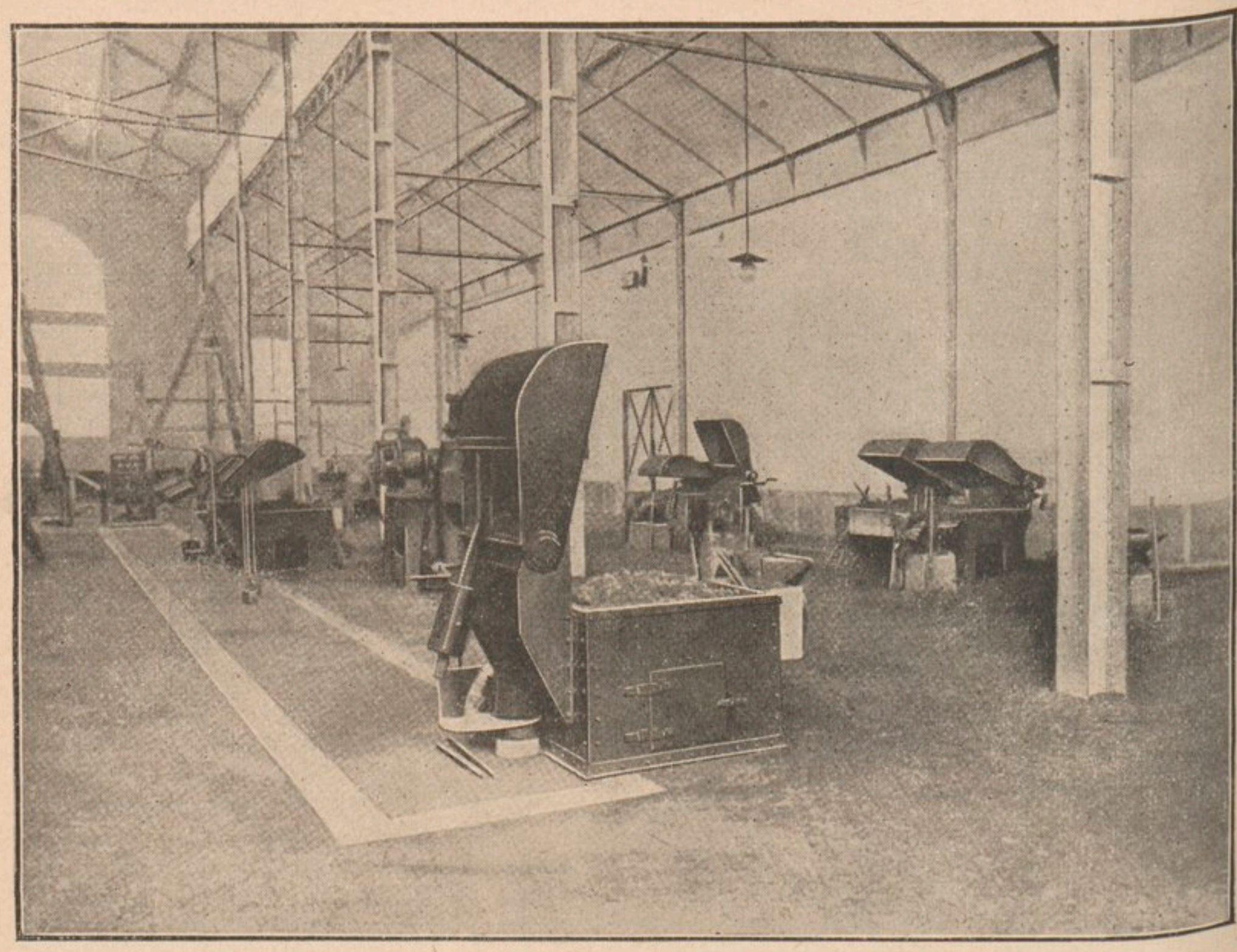
L'alimentation mécanique et continue des foyers, l'emploi de certains systèmes dans lesquels le charbon est distillé et où l'on brûle séparément les gaz et le coke produits par cette distillation ne remédient que dans une certaine mesure à ces inconvénients.

La fumée portant atteinte à la végétation et à la santé publique, quelques villes ont légiféré contre elle, et la question de la fumivorité a attiré l'attention des inventeurs. De multiples moyens d'absorption et même d'utilisation des fumées (par gazéification du carbone, notamment), ont été proposés et une multitude de fumivores imaginés dans ces dernières années ; mais la solution du problème d'une façon satisfaisante se fait encore attendre.

Dans les foyers de fourneaux ordinaires, l'air afflue par en-dessous, l'alimentation se fait en jetant du combustible neuf sur la grille, par-dessus le charbon embrasé, et où il se trouve tout à coup exposé à une très forte chaleur qui en opère la décomposition :



FORGE DOUBLE MUNIE D'UNE HOTTE POUVANT S'ÉLEVER OU S'ABAISSER A VOLONTÉ AU MOYEN D'UN CONTREPOIDS



VUE D'ENSEMBLE D'UN ATELIER DE FORGES A TIRAGE RENVERSÉ, SYSTÈME STURTEVANT
Cette installation modèle a été faite récemment à l'Ecole des Arts et Métiers de Paris.

les gaz hydrogènes carbonés qui s'en dégagent abondamment ne rencontrent plus pour brûler que l'air qui a traversé le brasier, qui s'y est dépouillé en grande partie de son oxygène pour se charger d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone, et qui s'est, de plus, refroidi par son contact avec le charbon nouvellement chargé. Puisque leur combustion est ainsi rendue incomplète, leur hydrogène seul étant brûlé, comme il est dit plus haut, et leur carbone s'en allant en fumée, il est facile de comprendre qu'en renversant la marche de l'air et des produits gazeux dans le foyer on améliorera cette mauvaise combustion : l'air, marchant du charbon neuf au charbon incandescent, les hydrogènes carbonés, mélangés avec de l'air pur, traverseront un espace fortement chauffé et s'y brûleront complètement. C'est là, d'une façon générale, le principe d'un grand nombre d'appareils fumivores. On parvient à ce résultat de deux manières, soit en chargeant le combustible par en-dessous, la flamme étant droite comme dans un foyer ordinaire, soit en le mettant par en-dessus et en renversant le sens de la marche de la flamme, et c'est cela que l'on appelle la combustion renversée. On a construit, en Angleterre et en Amérique, des foyers du premier système, excellent en théorie. Malheureusement, la répartition du combustible y est toujours mauvaise, et l'on n'a pu réussir à l'améliorer : aux points où le charbon est en moindre épaisseur, l'air creuse des trous ou « courts-circuits » dans la couche, par lesquels la majeure partie de l'air passe sans participer à la combustion, et ne sert qu'à produire un excès d'air complètement inutile ; cet excès d'air augmente la quantité de chaleur perdue entraînée par les gaz.

On a mieux réussi en disposant des foyers pour charger le combustible par en-dessus et en renversant la flamme. Ce procédé a présenté, il est vrai, dans la pratique, quelques difficultés d'application qui en ont, jusqu'à ces derniers temps, restreint l'emploi. Il est cependant en usage, depuis un certain nombre d'années déjà, dans les fours à porcelaine et à faïence fine, où la fumée pourrait altérer les produits soumis à la

cuisson, dans les fours où les matières soumises à la distillation sèche ne doivent pas recevoir le contact de l'oxygène de l'air, et aussi dans les foyers des chaudières à vapeur. On l'a même appliqué, avec un succès qui ne s'est jamais démenti, au chauffage des maisons d'habitation.

Aujourd'hui, il paraît être bien au point, et il se répand de plus en plus dans l'industrie. Les forges en font également usage, et là, il présente un double avantage ; non seulement il améliore la combustion du charbon, mais aussi il évite la formation des fumées qui se répandent dans l'atmosphère des ateliers, lesquelles sont si gênantes et si fâcheuses pour la santé des ouvriers, et dont, jusqu'ici, on n'avait pu se débarrasser même en employant les systèmes de ventilation les plus puissants que l'on connaisse.

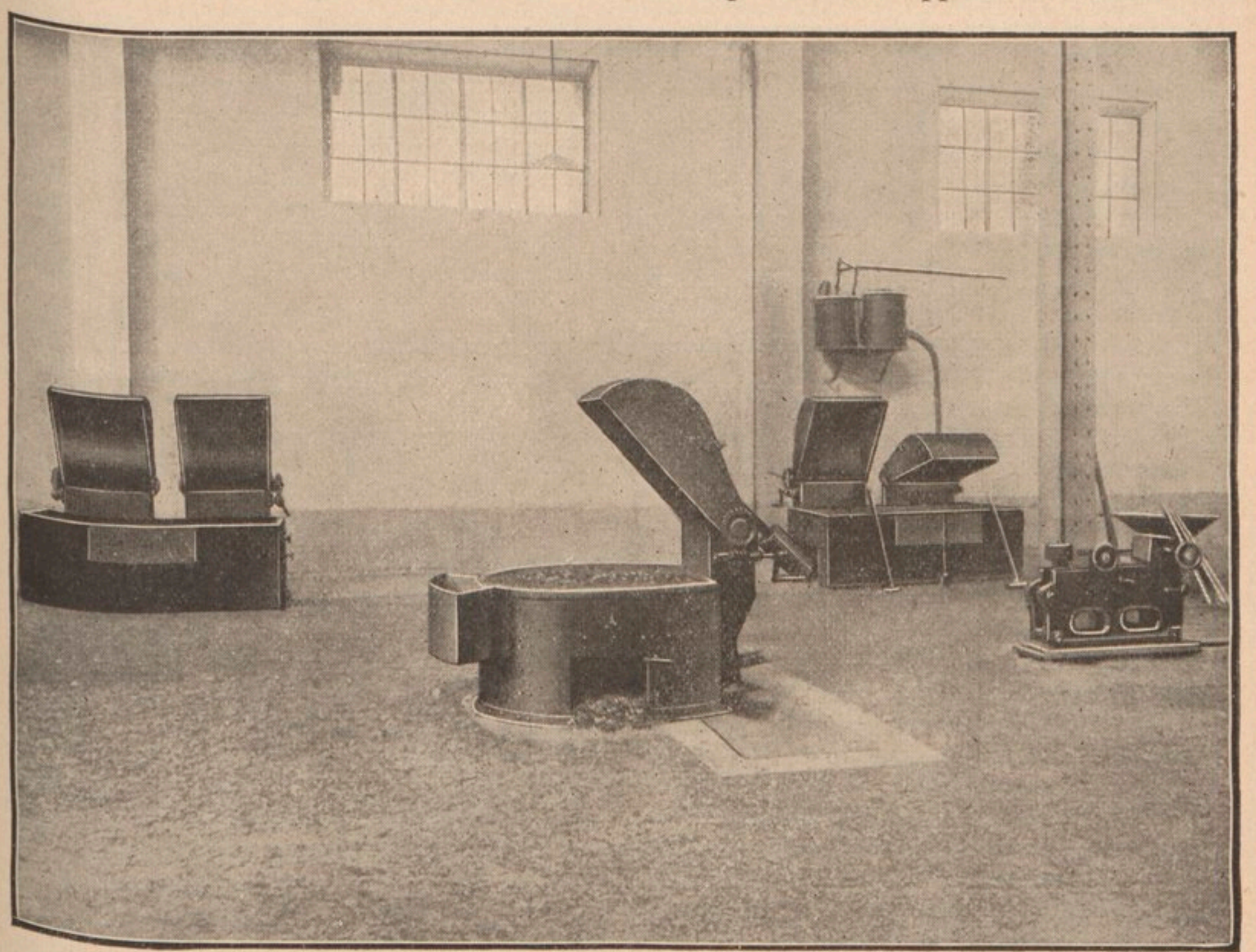
C'est là, pour l'hygiène de cette industrie particulièrement pénible, un remarquable progrès dont il faut grandement se féliciter.

Dans un but de vulgarisation, et pour en démontrer l'excellence, des écoles industrielles ont mis en usage ces foyers à combustion renversée ; l'Ecole des Arts et Métiers de Paris, notamment, a installé un atelier de forges de ce système, où les élèves peuvent travailler dans un air constamment pur et sain. Nous en donnons deux photographies très saisissantes dans cet article.

Pour transformer un foyer ordinaire en foyer à combustion renversée, il suffit de changer la direction du courant de gaz et, pour cela, de fermer le passage à l'autel et à la porte du cendrier et d'ouvrir la porte du foyer et un passage au-dessous de l'autel. (L'autel est le petit mur formant le fond du foyer et au-dessus duquel passe la flamme).

Avec cette disposition, l'air extérieur, pénétrant par la porte du foyer, traverse le combustible de haut en bas, en alimentant la combustion, et les gaz se développant dans le cendrier passent au fond sous une voûte pour remonter sous la chaudière ou sous l'objet à chauffer et se rendre à la cheminée.

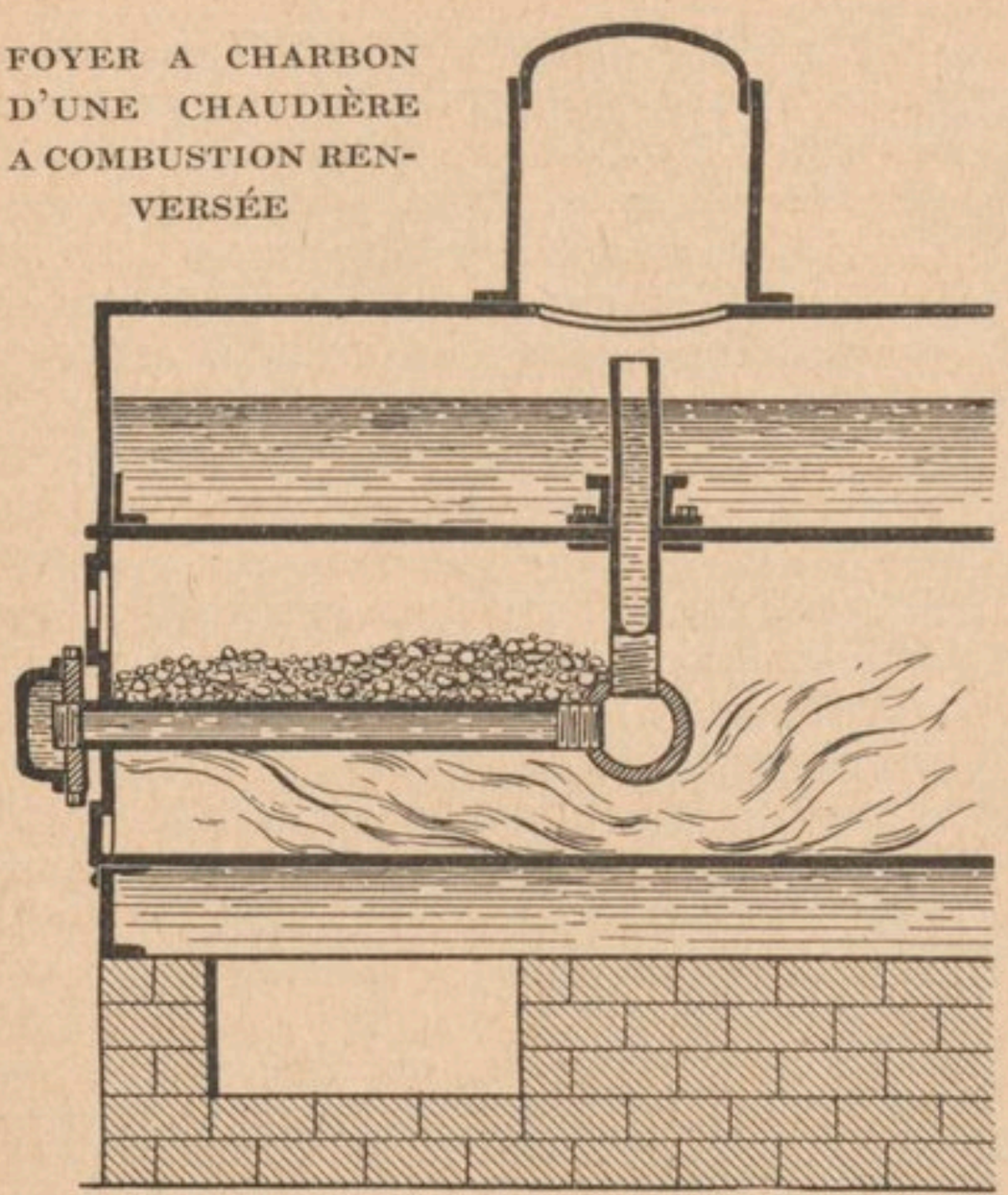
Un inconvénient du procédé est la haute chaleur à laquelle la grille supportant le charbon est soumise, et qui est susceptible d'amener assez rapidement sa destruction. On peut y remédier en protégeant les barreaux par une enveloppe en terre réfractaire ;



AUTRE INSTALLATION DE FORGES A L'ÉCOLE DES ARTS ET MÉTIERS DE PARIS

On voit, au mur, les réservoirs d'eau alimentant les bâches de refroidissement des tuyères.

FOYER A CHARBON D'UNE CHAUDIÈRE A COMBUSTION RENVERSÉE



Le foyer est muni d'une grille à barreaux creux constamment refroidis par une circulation d'eau prise dans la chaudière. Les barreaux sont réunis par un tube transversal également rempli d'eau.

ou bien ceux-ci sont complètement creux et on y fait passer constamment un courant d'eau convenablement réglé qui les maintient à une température suffisamment basse.

On a construit des grilles de ce genre dont les barreaux, formés de tubes creux, sont assemblés par leurs bouts avec deux autres tubes transversaux de plus grand diamètre ; le tout, étant rempli d'eau, communique des deux côtés avec la chaudière (fig. ci-dessus). L'eau arrive par le tube transversal d'avant, qui la distribue dans les petits tubes-barreaux, d'où elle passe dans le collecteur d'arrière pour se rendre à la chaudière. De la sorte, il n'y a pas de chaleur perdue, comme il arriverait si l'eau chauffée dans les barreaux creux n'était pas utilisée.

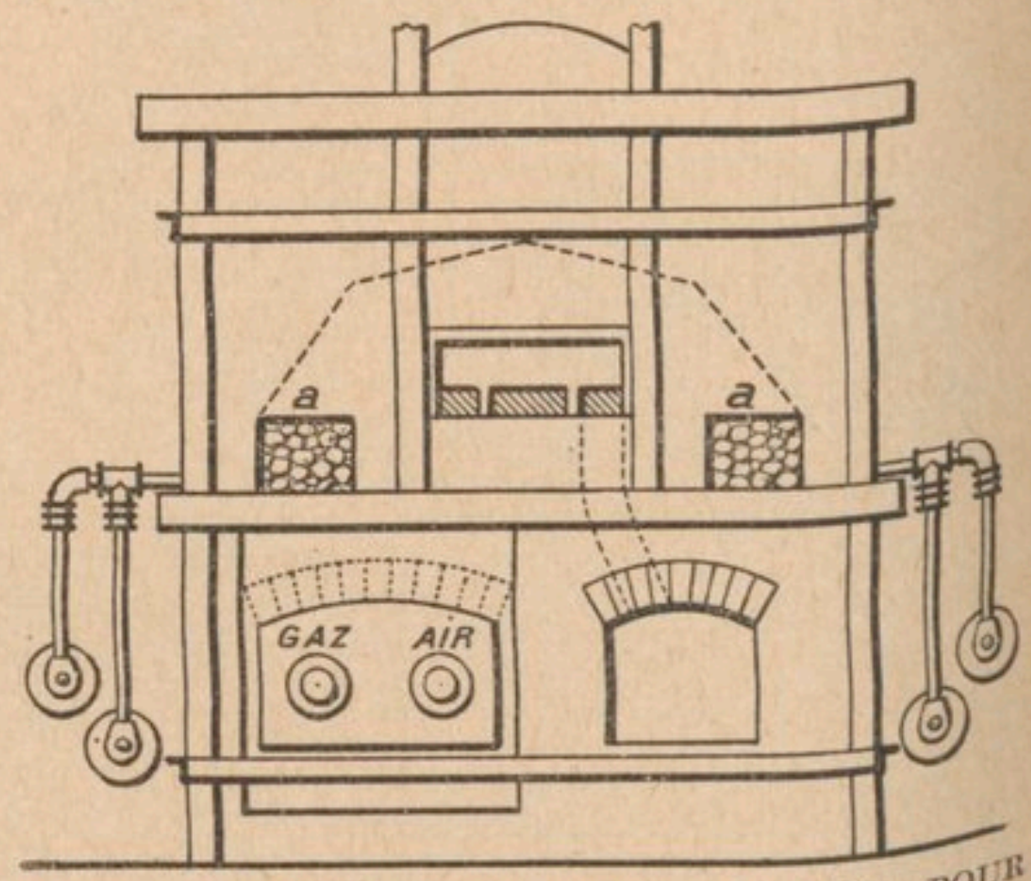
Si les dispositions sont bien prises, il s'établit une circulation continue qui empêche le trop grand échauffement des tubes. Mais ce système nécessite des joints multiples dans le feu, et, si ceux-ci ne sont pas faits avec le plus grand soin, ils deviennent une cause de fuites occasionnant une mise hors de service. Un perfectionnement à souhaiter est la suppression de ces joints et leur remplacement par un meilleur dispositif.

Les foyers brûlant du bois se prêtent également bien à la combustion renversée, mieux même que les précédents, et, là, la grille n'existant pas, il n'y a pas à tenir compte de l'obstacle qu'elle présente dans les foyers à charbon. On les construit le plus généralement en forme de trémie courbe (fig. page 274) dans laquelle on charge des bûches de longueur convenable, qui descendent par leur propre poids au fur et à mesure de la combustion. L'air arrive entre les bûches, et la flamme se développe sous la chaudière.

Les foyers de fours à poteries, connus sous le nom d'alandiers, emploient une disposition sensiblement analogue. Malheureusement, le haut prix du bois fait que ce système de chauffage ne peut se généraliser.

Un autre mode de combustion, fort original, et qui paraît susceptible d'applications industrielles importantes, a été mis récemment en expérience et a fourni d'intéressants résultats. Il ne s'applique, il est vrai, qu'aux combustibles gazeux. Il a été étudié en même temps, quelque temps avant la guerre, par le professeur Bone, en Angleterre, et par le docteur Schnabel, en Allemagne, et il consiste surtout à déterminer la combustion d'un mélange d'air et de gaz au sein d'une masse poreuse réfractaire.

Si on injecte ou si on force à travers une paroi poreuse un gaz ou un mélange gazeux combustible et qu'on l'enflamme, il se produit, au contact de la face de sortie, une combustion très vive maintenant la paroi incandescente, sans que les couches de gaz à l'intérieur de ladite paroi brûlent. De ce fait, qui est, il est vrai, connu depuis longtemps, on a été conduit au procédé de chauffage qui se caractérise par cette particu-



FOUR A COMBUSTION SANS FLAMME POUR L'ÉMAILLAGE DES MÉTAUX

a,a, *amas de matière poreuse réfractaire situés de part et d'autre du laboratoire du four à émailler, où s'effectue la combustion, dont les produits traversent une sorte de récupérateur placé à la base du four et dans lequel s'échauffent le gaz et l'air avant d'arriver aux brûleurs.*

larité que le mélange combustible est brûlé au contact d'une surface poreuse ou granuleuse incandescente, sans qu'il se forme de flamme : on peut ainsi transformer immédiatement et intégralement en chaleur une grande partie de l'énergie potentielle des gaz.

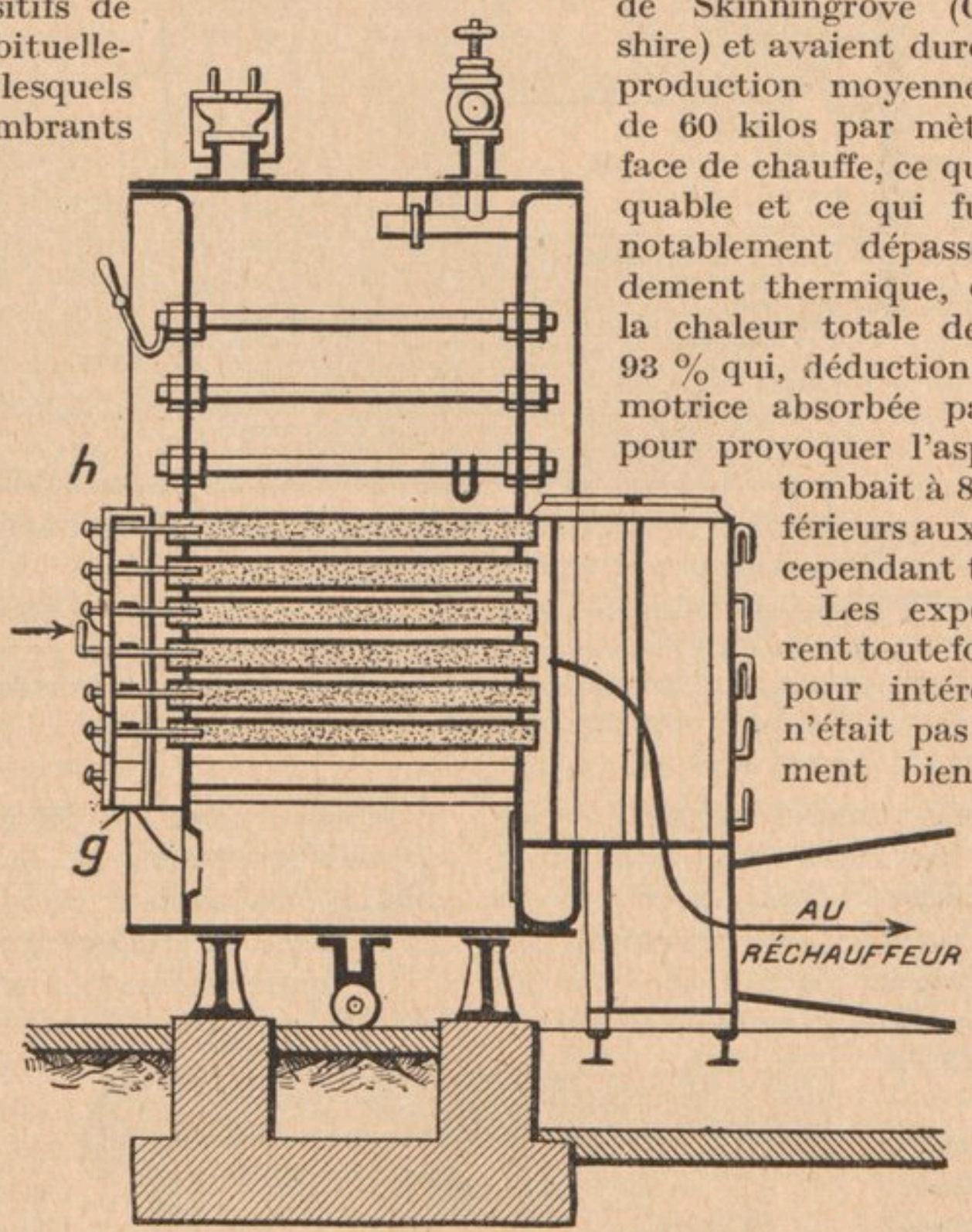
L'avantage du système est qu'il permet de localiser la combustion, qui paraît être parfaite, dans un espace très restreint, et, par conséquent, d'obtenir dans cet espace une température très élevée sans avoir besoin des dispositifs de régénération habituellement employés, lesquels sont aussi encombrants que coûteux.

Voici, en principe, quel est son fonctionnement : le gaz, sous pression, arrive par une tubulure *A* (fig. page 280) dans une chambre close *C* dont une paroi est formée d'une matière poreuse *E* (brique ou terre réfractaire, par exemple) maintenue dans une armature *D* et pénètre dans cette paroi, ou diaphragme ; il sort de l'autre côté, où on l'allume. On envoie ensuite par la tubulure *B*, de l'air dans la chambre close, ou cellule *C*, qui se mélange au gaz ; la flamme, alors, diminue peu à peu à la surface extérieure de la paroi poreuse *E* qui ne tarde pas à rougir et à former une surface de feu quand la flamme a disparu. La combustion est confinée dans une couche qui paraît n'avoir que quelques millimètres d'épaisseur, et la face externe de l'appareil est si peu chaude qu'on peut maintenir la main posée dessus. En faisant varier le débit ou vitesse d'écoulement du gaz, on règle à volonté la température de combustion.

Les premiers résultats des expériences furent si remarquables et si surprenants que l'on put se croire en présence d'un phénomène tout à fait nouveau, capable de révolutionner l'industrie du chauffage. On prétendait, en effet, que l'utilisation de la chaleur totale du gaz y atteignait 95 %. Mais cela était un peu exagéré, comme le démontrèrent des essais postérieurs effectués aux mines Hannover (Westphalie) et qui durèrent plus de trois mois. (Les premières expériences avaient été faites aux usines métallurgiques de Skinningrove (Cleveland, Yorkshire) et avaient duré une année). La production moyenne de vapeur fut de 60 kilos par mètre carré de surface de chauffe, ce qui est déjà remarquable et ce qui fut, par la suite, notablement dépassé, avec un rendement thermique, ou utilisation de la chaleur totale de combustion, de 93 % qui, déduction faite de la force motrice absorbée par le ventilateur pour provoquer l'aspiration des gaz, tombait à 89 %, résultats inférieurs aux précédents, mais cependant très satisfaisants.

Les expériences montrèrent toutefois que le procédé, pour intéressant qu'il fût, n'était pas encore suffisamment bien au point pour qu'il s'imposât, actuellement, dans la production de la vapeur.

D'autres applications industrielles de la combustion sans flamme furent réalisées et on étudia des types de fours à creuset, de fours à moufle, de fours à réchauffer, de fours à coke, de fours à grilles et même de hauts fourneaux, et certains d'entre eux purent être utilisés avec succès. On étudia aussi des appareils de cuisine.



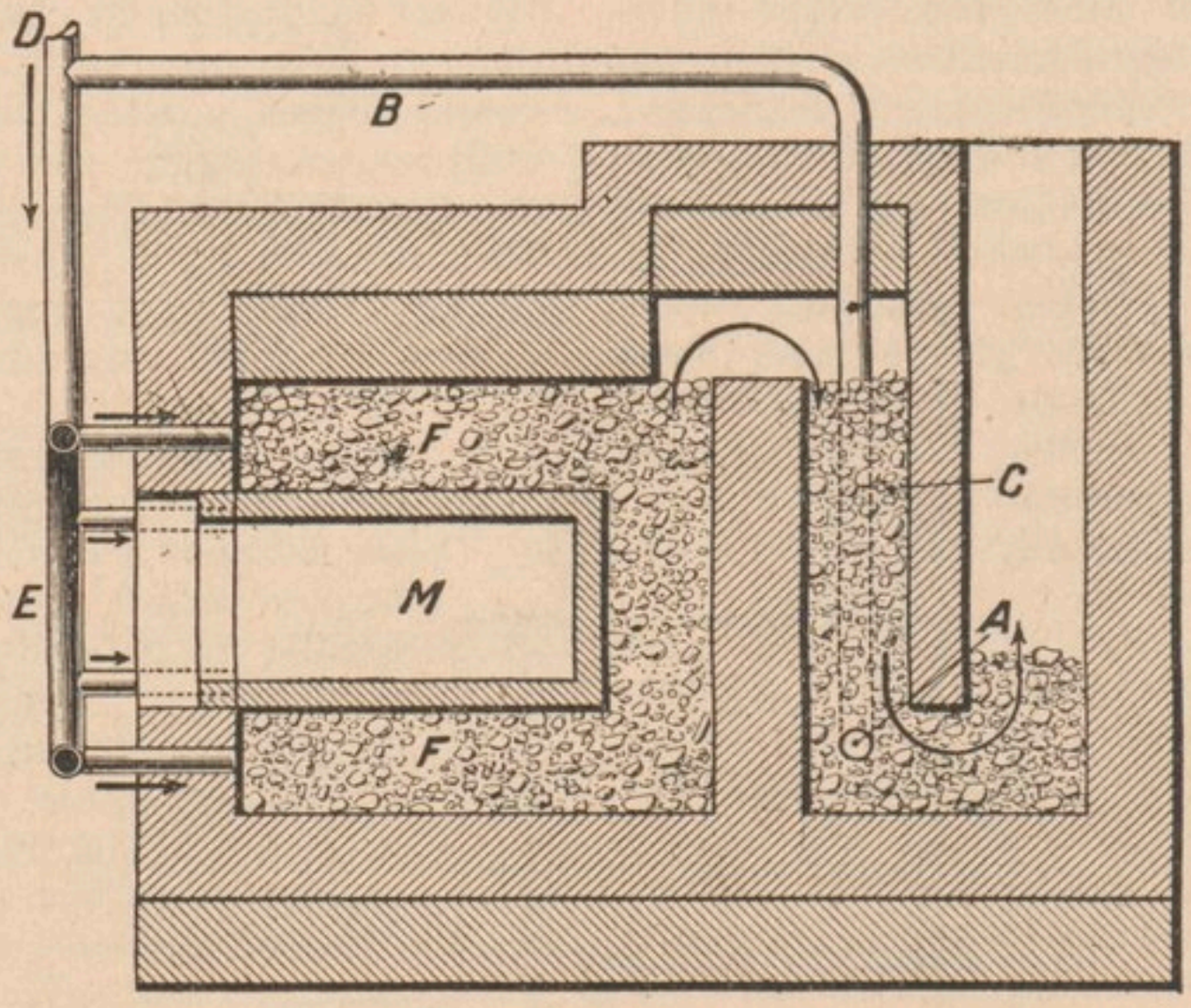
COUPE LONGITUDINALE ET VUE D'AVANT D'UNE CHAUDIÈRE BONE-SCHNABEL, A COMBUSTION SANS FLAMME

h, *ajutages munis de robinets, disposés respectivement dans le prolongement des tubes de chauffe et distribuant le gaz, qui arrive du réchauffeur, dans la chambre de mélange* g.

Le chauffage des creusets (fig. page 281) s'opéra avec une vitesse surprenante en injectant le gaz mêlé d'une quantité convenable d'air dans un lit *P* de matières poreuses entourant le creuset *C* à chauffer. On put aussi faire fondre avec une grande rapidité des métaux à points de fusion peu élevés tels que le zinc, le plomb, l'étain, en

disposant les tubes contenant la matière poreuse portée à l'incandescence au sein même de la masse de métal, comme le montre la figure page 281. Ce système permet une utilisation parfaite de la chaleur produite.

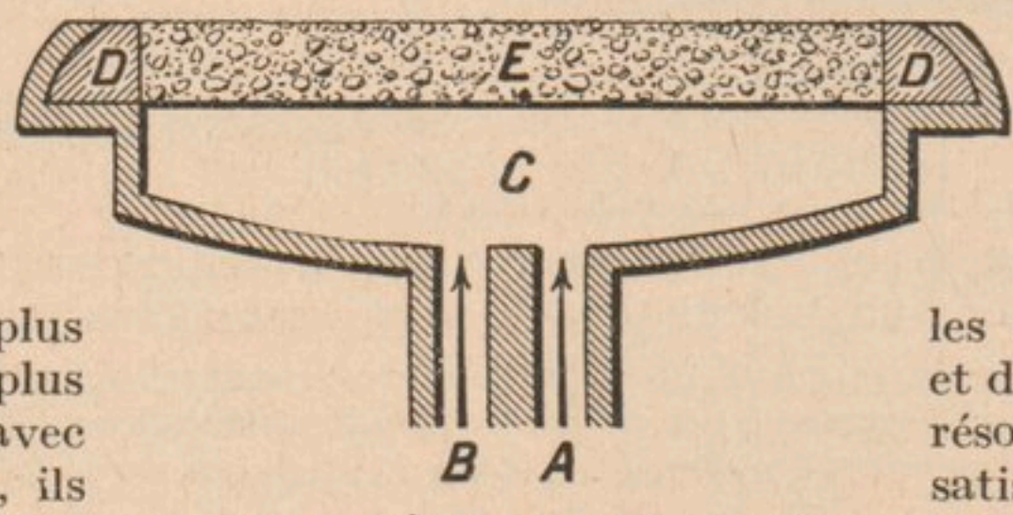
Un autre avantage du procédé appliqué aux fours fut de permettre la suppression du moufle dans ceux de ces appareils où il est habituellement nécessaire, comme dans les fours servant à l'émaillage des métaux. Nous donnons page 278 la figure d'un appareil de ce type. La combustion sans flamme est produite dans des amas de matières poreuses situés de part et d'autre du laboratoire du four, en *a*. Celui-ci est chauffé au gaz pauvre, et les produits de la combustion traversent une sorte de récupérateur, placé à la base du four, et dans lequel s'échauffent le gaz et l'air avant d'arriver aux brûleurs.



COUPE LONGITUDINALE D'UN FOUR A MOUFLE CHAUFFÉ AU GAZ PAR LE PROCÉDÉ BONE-SCHNABEL

A, *arrivée de l'air dans le tube traversant le réchauffeur;* B, *tube conduisant l'air réchauffé ;* C, *réchauffeur ;* D, *arrivée du gaz ;* E, *couronne distribuant le mélange d'air et de gaz dans la masse poreuse* F ; M, *moufle.*

Ce four a donné de très bons résultats ; la combustion étant complète, les gaz qu'elle dégage ne sont plus réducteurs et n'ont plus d'influence sur l'émail avec lequel, par conséquent, ils peuvent être en contact. En brûlant du gaz pauvre chauffé à 300° dans le récupérateur, on a pu obtenir une température de 1.350° dans des essais ayant pour but d'employer l'appareil comme four à réchauffer pour le forgeage de pièces métalliques et comme four à recuire.



CELLULE D'UN FOYER A COMBUSTION SANS FLAMME DANS UNE MASSE POREUSE

A, *arrivée de l'air ;* B, *arrivée du gaz ;* C, *chambre où s'opère le mélange ;* D D, *armature maintenant en place la plaque poreuse* E *au sein de laquelle s'effectue la combustion.*

En ce qui concerne l'application au chauffage des chaudières à vapeur, elle eut lieu d'abord avec des succès divers, en raison de la mise au point encore imparfaite du procédé et qui donnèrent lieu à quelques critiques ; ainsi, la haute chaleur produite, jointe aux acides résultant de la combustion de gaz imparfaitement purifiés, usèrent rapidement les tubes qu'il fallut renouveler au bout de quelques mois. Mais l'utilisation de la chaleur fut toujours en tous points excellente ; non seulement son transport était considérable et très rapide, mais encore les gaz sortant de l'appareil après leur combustion avaient une température supérieure de 50 à 60 degrés centigrades seulement à la température ambiante ; ils avaient donc abandonné à peu près toute la chaleur qu'ils possédaient.

La figure que nous donnons à la page 279 montre une chaudière chauffée par ce procédé.

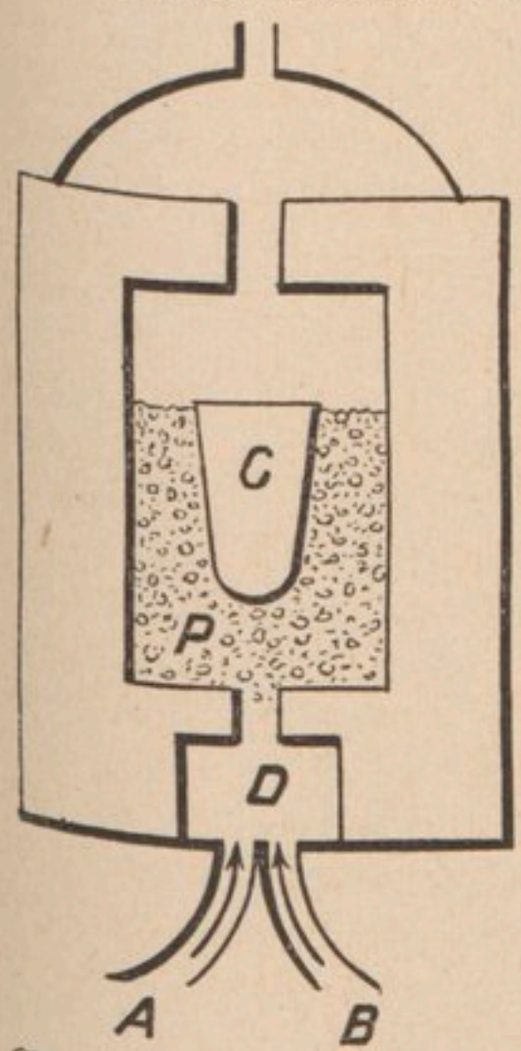
On comprend la haute importance de ce fait pour l'industrie, où le problème de la transmission de la chaleur à travers les parois des chaudières et des fours n'a jamais été résolu d'une manière bien satisfaisante. On sait que les machines à vapeur même les mieux conditionnées, n'ont qu'un rendement de 15 %, rarement davantage, alors que les moteurs à gaz tonnant, quand ils atteignent une certaine puissance, transforment en travail utile jusqu'à 30 % de l'énergie qu'ils reçoivent. On a été amené à comparer ces derniers, non sans apparence de raison, à des ma-

chines à vapeur dont la chaudière et le foyer seraient à l'intérieur du cylindre, les pertes dues à la transmission étant ainsi évitées. Cela expliquerait l'avantage, au point de vue du rendement, du moteur à explosion sur la machine à vapeur, dans laquelle 20 à 40 % du charbon est brûlé inutilement, la chaleur dégagée étant presque complètement emportée par les gaz de la cheminée.

A cette cause de pertes énormes vient s'ajouter la difficulté que l'on éprouve, pour des raisons qu'il serait trop long d'expliquer dans cet article, où la place est strictement mesurée, à faire pénétrer à l'intérieur de la chaudière les calories produites par le foyer.

Le système de combustion dans une masse poreuse réduit précisément à leur minimum cette cause de pertes et cette difficulté, et cela constitue sa grande supériorité sur les autres modes de chauffage industriel.

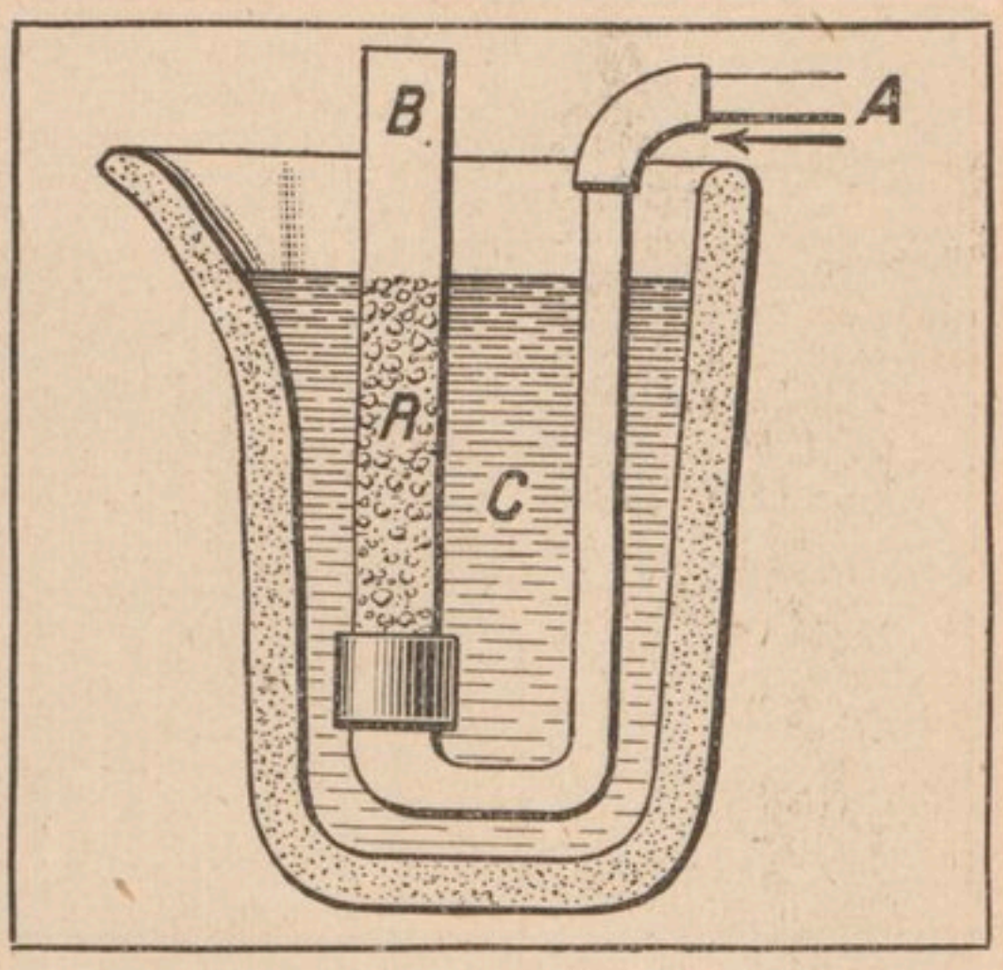
On peut assurer la combustion totale des gaz dans l'intérieur de la masse poreuse, sans qu'il apparaisse aucune flamme au dehors de cette masse, en y mêlant une quantité d'air ne dépassant la quantité théorique que de 0,5 % environ. On arrive ainsi à obtenir des températures extrêmement élevées, soit 1.900 à 2.000°, même sans réchauffage préalable des gaz combustibles, autrement dit sans récupération, et à réduire considérablement l'encombrement des appareils servant à les produire. Mais il faut avoir soin de bien choisir les matériaux poreux réfractaires au sein desquels s'opère la combustion afin qu'ils puissent résister à ces températures sans s'effriter et sans se fondre ou bien se vitrifier.



CHAUFFAGE D'UN CREUSET DANS UNE MASSE POREUSE A COMBUSTION SANS FLAMME

A B, *arrivée de l'air et du gaz ;* C, *creuset ;* D, *chambre du mélange d'air et de gaz ;* P, *masse poreuse.*

Ce mode de chauffage, appliqué à une chaudière, permet d'obtenir, d'après ses promoteurs, jusqu'à 150 kilos de vapeur sèche par mètre carré de surface de chauffe. En outre, l'allumage est simple et rapide, la conduite du feu facile, presque automatique, et, par suite, économique ; les éléments de la chaudière susceptibles de s'user étant peu nombreux, il y a une grande sécurité d'exploitation ; la chaudière présente une importante élasticité de marche ; l'activité de la circulation empêche les incrustations ; le faible rayonnement rend les conditions de travail très supportables pour les chauffeurs; toutes les sortes de gaz peuvent être utilisées. Enfin les frais d'installation sont faibles et l'emplacement occupé par la chaudière est extrêmement réduit.



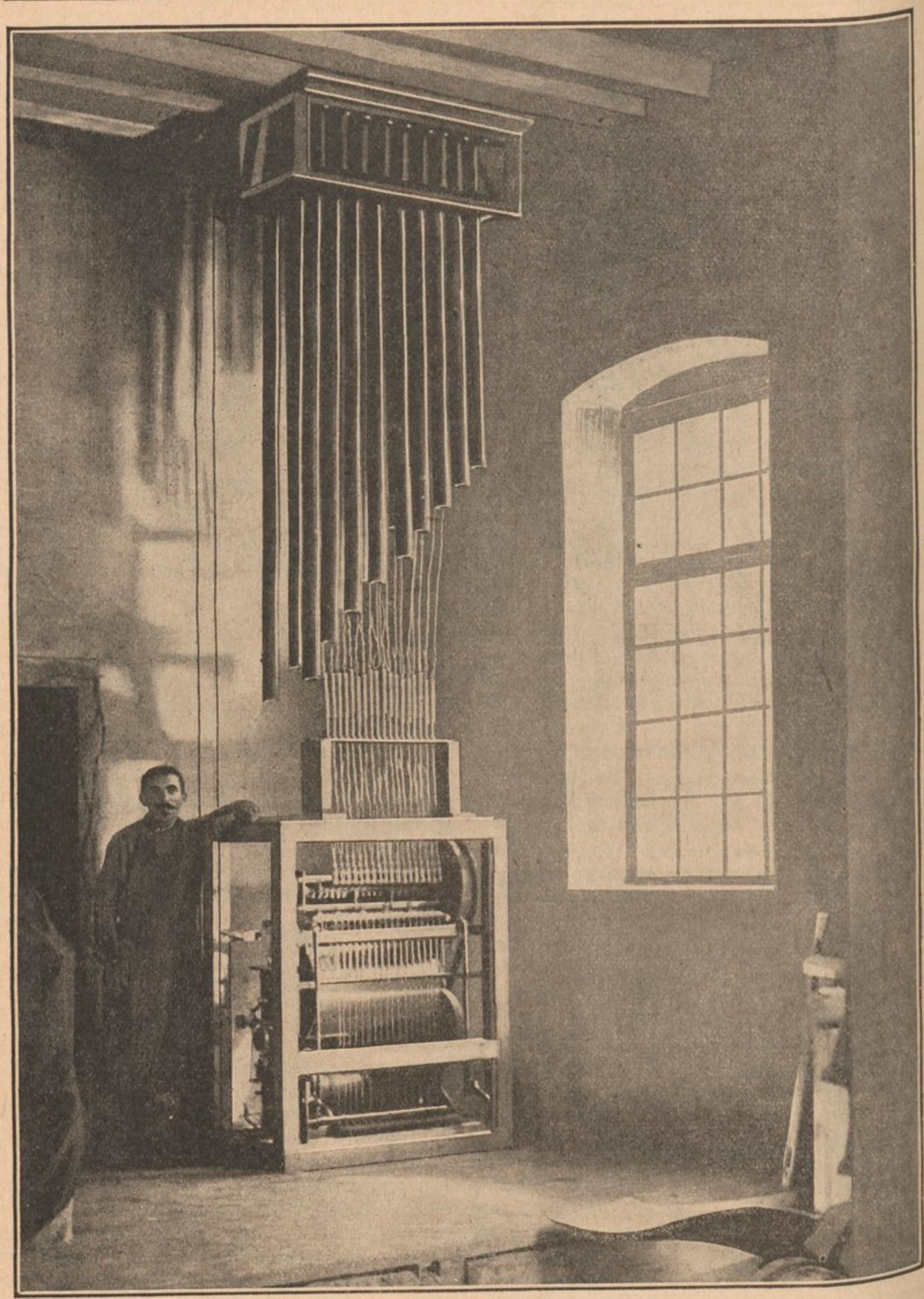
SYSTÈME DE FUSION RAPIDE DES MÉTAUX MOYENNEMENT FUSIBLES (ZINC, ETC.).

A, *arrivée du mélange d'air et de gaz ;* R, *masse poreuse réfractaire où s'opère la combustion ;* B, *sortie des produits de la combustion ;* C, *métal en fusion.*

Notre figure page 280 représente un four à moufle *M*, de 2 m. 40 sur 0 m. 90, chauffé d'après ce système. Pour obtenir la même température, l'économie de gaz serait de 50 % (nous ne garantissons cependant pas ce chiffre, donné par les promoteurs du système) par rapport aux appareils en usage jusqu'ici. Par l'emploi du réchauffeur d'air *C*, situé dans le carneau d'échappement, on pourrait encore réduire de 20 % la consommation de gaz, ou obtenir le même résultat avec un gaz d'un pouvoir calorifique inférieur.

La guerre a interrompu la série d'expériences qui avaient été entreprises, mais elles vont être reprises et elles promettent d'amener de sérieux perfectionnements dans les procédés de chauffage en usage jusqu'ici. Ils seront d'autant mieux les bienvenus qu'en assurant une meilleure utilisation des combustibles, ils permettront une notable économie de ceux-ci, ce qui est de plus en plus à l'ordre du jour.

LOUIS SARCAULT.



VUE GÉNÉRALE D'UNE INSTALLATION DE CARILLON TUBULAIRE

Après avoir figuré à l'Exposition de 1900, ce carillon fut installé pendant quelque temps à la mairie de Levallois-Perret. Ses dix-huit tubes sonores pesaient 639 kilos équivalant à 3.600 kilos de cloches ordinaires. On remarquera le très faible encombrement de ce carillon, cependant très complet et très bien agencé à tous les points de vue. Le principal inconvénient de ce système consiste dans l'insuffisance de son rayon d'action.

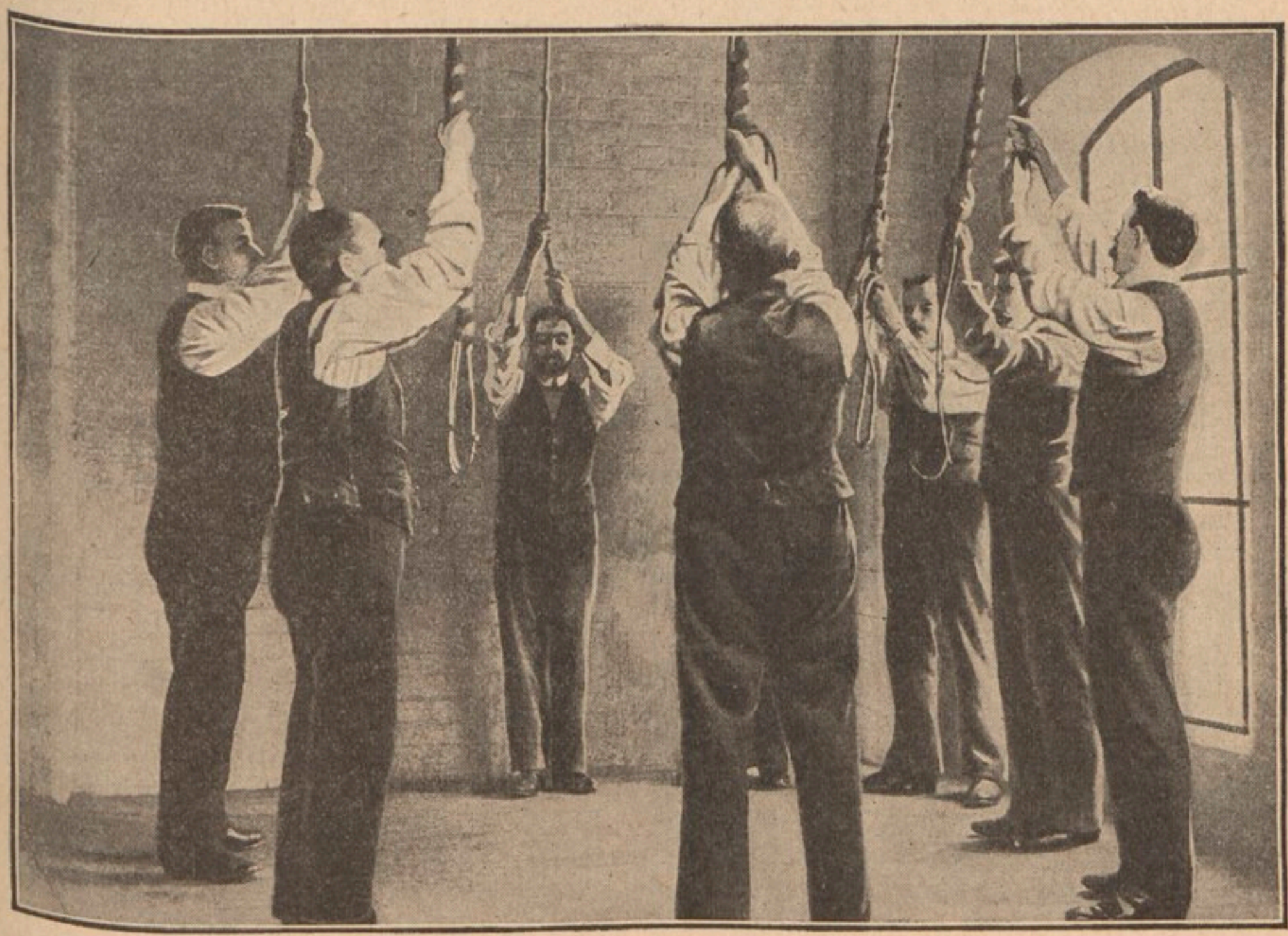
LES ORCHESTRES DE CLOCHES EXIGENT DES MÉCANISMES AUSSI DÉLICATS QUE COMPLIQUÉS

Par Léopold REVERCHON

Qu'est-ce qu'un carillon ? Une sonnerie de cloches accordées, répondent les dictionnaires. Les personnes qui se piquent d'être étymologistes font dériver ce mot soit de « quatre », parce que les premiers carillons auraient été, dit-on, constitués de quatre cloches, soit de « carré », parce que les premières cloches connues auraient été de forme carrée. Ce litige grammatical n'a jamais été complètement tranché.

Depuis quand accorde-t-on des cloches ? A vrai dire, nul ne le sait, mais, vraisemblablement, depuis qu'on en fait ! La cloche étant, en effet, un instrument musical tout comme les autres, elle appelle l'accord.

La sonnerie des cloches accordées peut se faire à la main ou mécaniquement. A quand doit-on faire remonter la sonnerie mécanique ? Le moine hollandais Jean Busch, mort en 1477, parle dans une chronique de son ordre d'un certain frère sacristain Henri Lœder, qui avait construit, en 1404, pour son monastère, un carillon de sept cloches. L'appareil auquel il est fait allusion présentait bien tous les caractères d'un carillon mécanique avec ses « marteaux et sa roue de



LE CARILLONNAGE A BRAS DANS UNE ÉGLISE PAROISSIALE ANGLAISE

Cette photo représente une équipe de huit sonneurs de « change ringing » en position pour commencer un « peal » pouvant comprendre 40.320 permutations et dont l'exécution totale demanderait vingt-huit heures.

fer ». Mais la date de 1404 ne prouve nullement que Lœder ait été l'inventeur de sa machine. Le célèbre manuscrit, intitulé *Tractatus de musica*, du frère prêcheur Jérôme de Moravie, prouve qu'avant 1300 certaines horloges carillonnaient déjà. Dans un des chapitres de ce manuscrit, l'auteur enseigne, en effet, le moyen, étant donné une cloche de telle note, d'en fondre une autre donnant telle autre note. Or, des cloches accordées, actionnées par une horloge, ne sont autre chose qu'un véritable carillon.

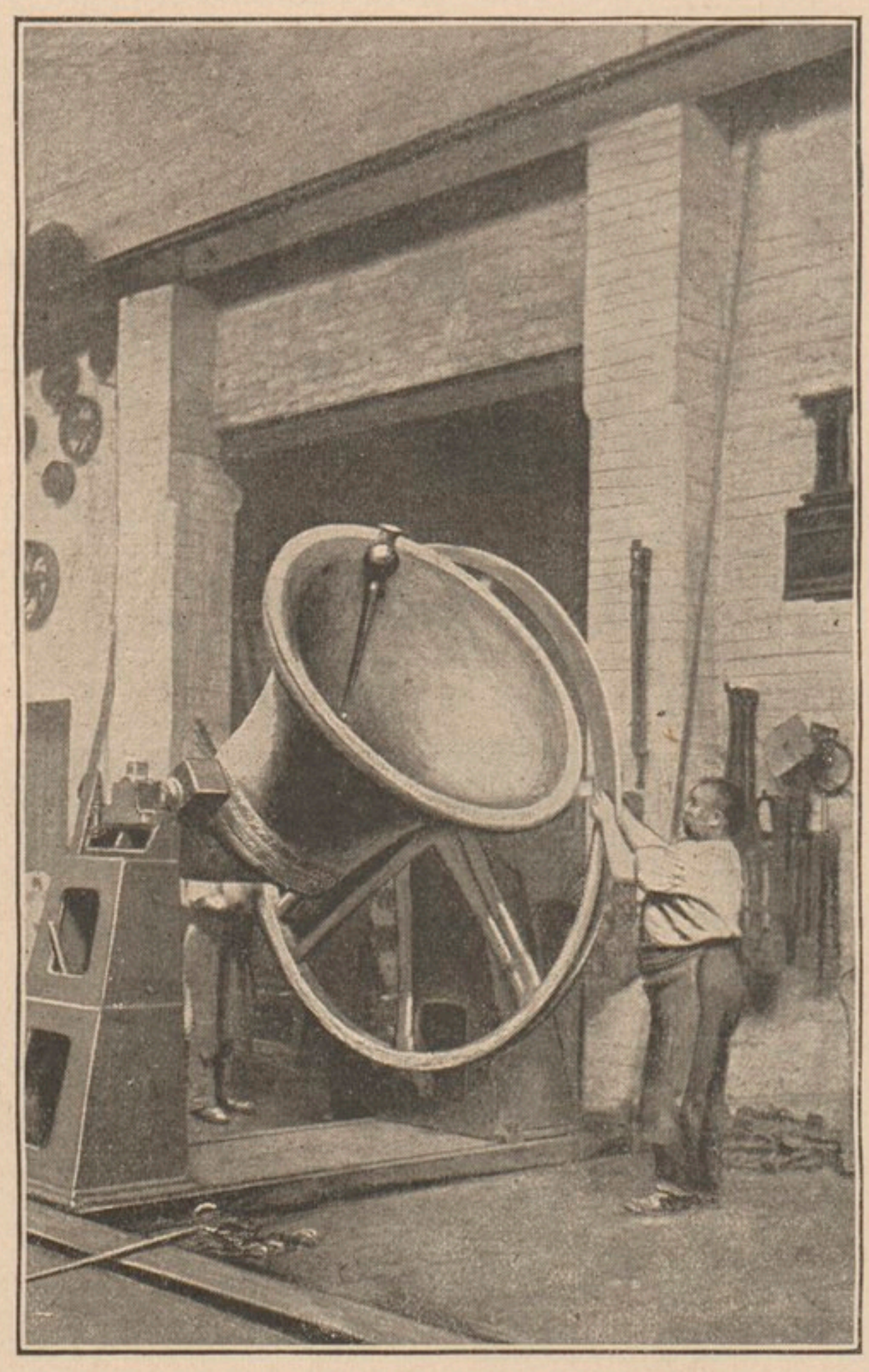
D'ailleurs, une simple roue de compte dans une horloge peut être regardée comme un vrai carillon élémentaire.

Il paraît bien, en tout cas, que ce soit dans les Pays-Bas que le carillonnage s'est développé, dans le principe, sous la forme d'un avant-coup de l'heure *(voorslag)*. En 1440-1441, la ville de Malines fit l'acquisition de clochettes destinées au *voorslag* de son horloge, déjà munie depuis un demi-siècle d'un jaquemart très renommé.

Le véritable carillon naquit donc du développement progressif du *voorslag* primitif.

C'est vers 1556 que le *voorslag* de l'église Saint-Rombaut, cathédrale de Malines, se transforma, par l'addition de nouvelles cloches installées, en carillon proprement dit *(beyart)*.

On peut dire que c'est à partir de ce moment que la fonderie de cloches devint véritablement un art, qui atteignit son plein épanouissement au XVIIe siècle, avec les frères Hémony, dont l'un, François, est couramment appelé le *Stradivarius de la cloche*. Pratiqué au XVIIIe siècle avec éclat, par les Van den Gheyn, les Dumery et autres spécialistes, cet art subit une éclipse d'un siècle et reparut dans le dernier quart du XIXe siècle avec quelques fondeurs, au premier rang desquels se placent, en Angleterre, les Taylor, en France, les Paccard.



ESSAI D'UNE CLOCHE DE « CHANGE RINGING » DANS UNE FONDERIE ANGLAISE

On voit avec quelle grande facilité la cloche pivote sur son axe.

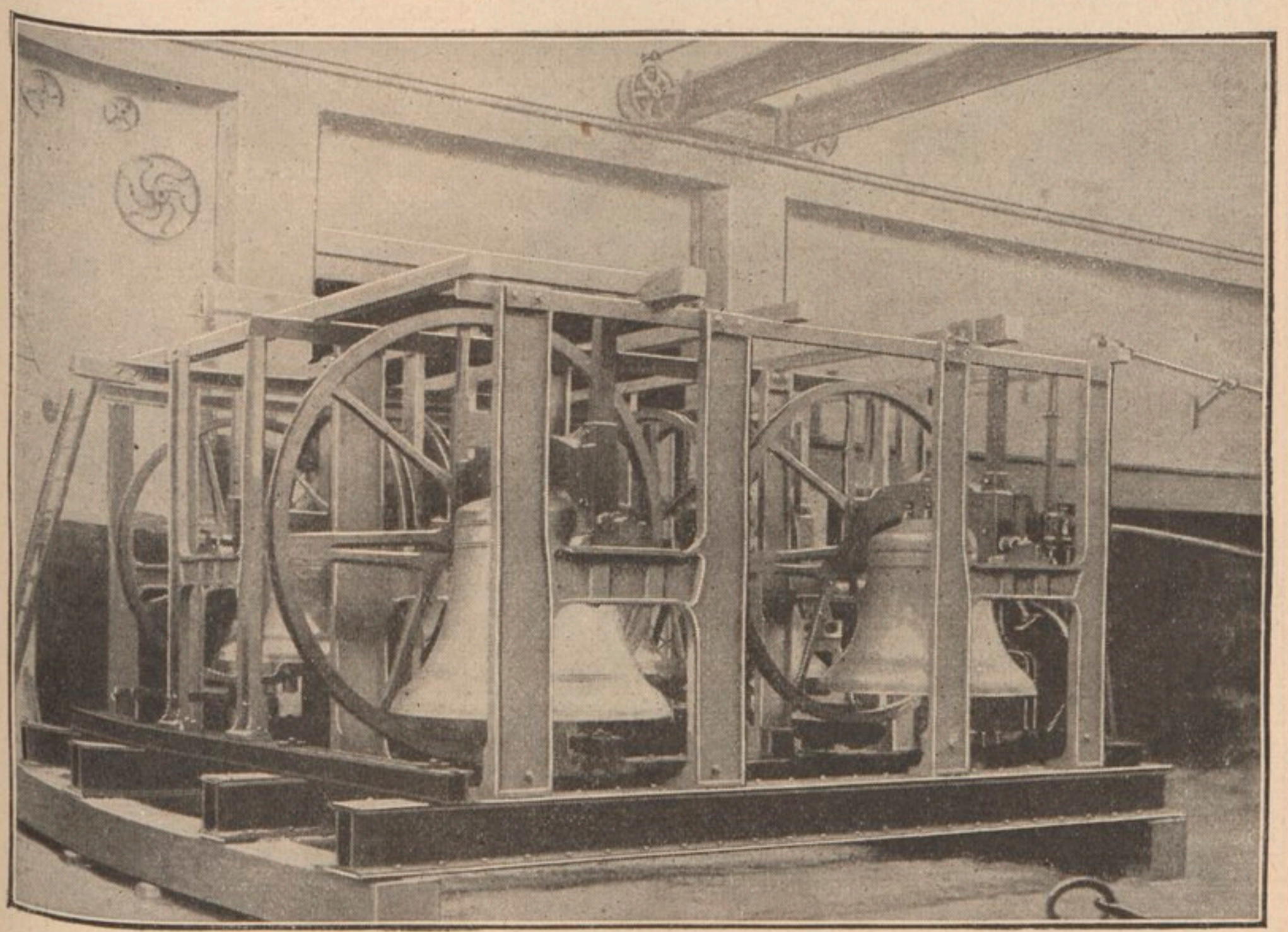
Pour donner une idée des difficultés techniques présentées par l'établissement d'un grand carillon, on ne peut mieux faire que de recourir aux indications fournies par le célèbre campanologue et compositeur anglais M. William Wooding Starmer et par le fameux carillonneur de Malines, M. Joseph Denyn.

Dans un article du *Musical Times* du 1er février 1918, M. W. W. Starmer pose, en principe, que toute cloche bien « accordée avec elle-même » doit donner au moins cinq notes en parfait accord, à savoir : la note frappée, les deux octaves supérieure et inférieure, la tierce majeure et la quinte. La note effectivement donnée par une cloche dépend à la fois de la qualité de ses éléments constituants et de leur juste proportion,

ainsi que de l'intensité respective des divers harmoniques. Cette intensité est à son tour fonction de la précision avec laquelle sont observées les dimensions de l'instrument : hauteur, diamètre, épaisseur. C'est ainsi qu'une cloche trop mince donne un son grêle et peu étoffé, alors qu'une cloche trop épaisse répand un bruit affreux de vieux chaudron. L'habileté — et le secret — du bon fondeur réside dans *la cuisine de sa fonderie !*

Cette grosse question d'installation nous amène à la grande division des sonneries carillonnées : sonneries à la corde, sonneries au clavier, sonneries automatiques.

La sonnerie à la corde, fort répandue en Grande-Bretagne, y fait, depuis longtemps, l'objet d'une sorte de sport, sous le nom de *change ringing* (carillon à permutations). M. Starmer estime à 70.000 le nombre des cloches installées dans les carillons anglais à

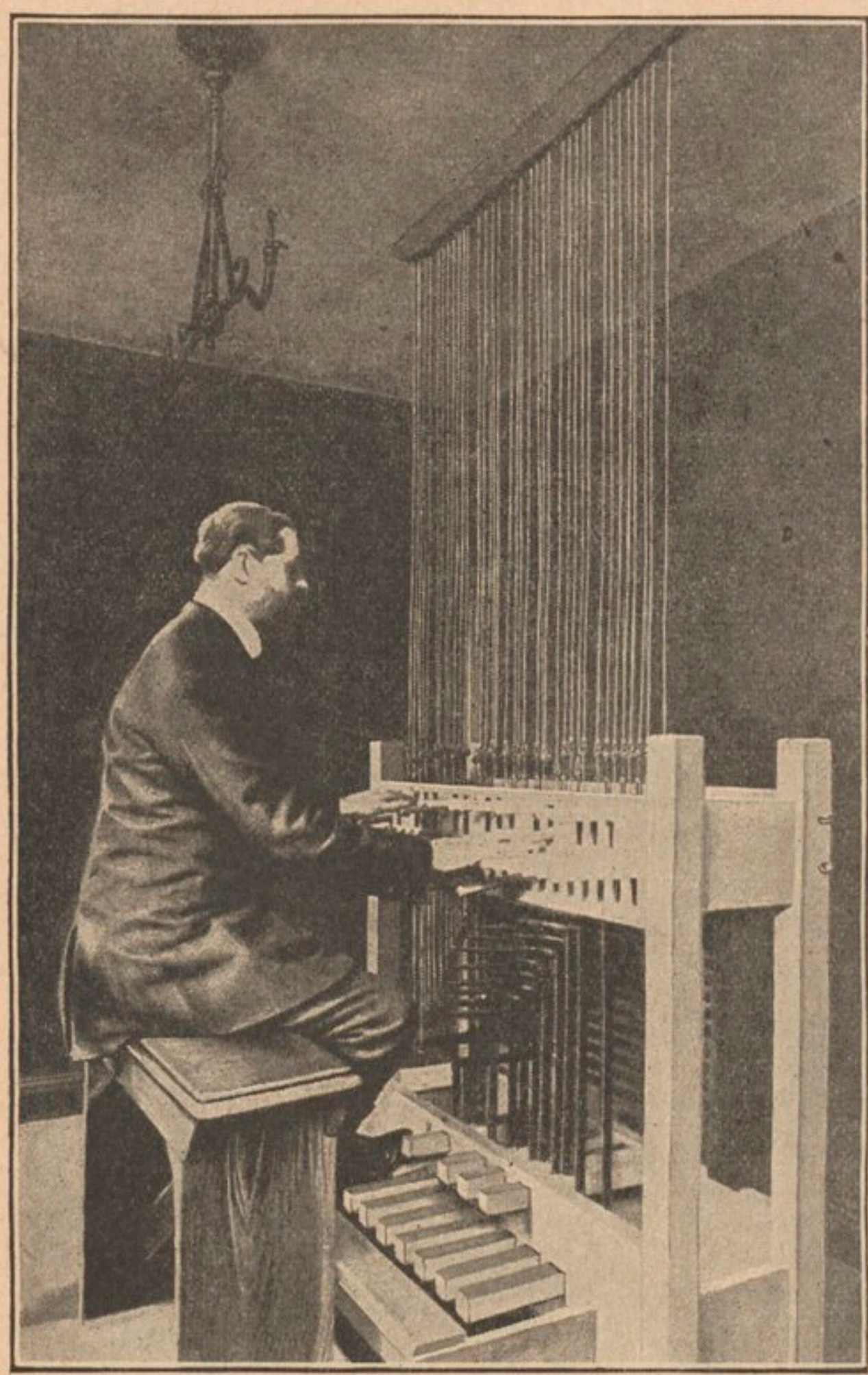


UNE BATTERIE DE « CHANGE RINGING » COMPLÈTEMENT MONTÉE

Grâce à leur mode de suspension, les cloches peuvent être amenées, à chaque coup frappé, à faire un tour complet, même celles pesant de 3.000 à 3.500 kilos.

Chaque cloche étant parfaitement équilibrée au point de vue musical, il reste au fondeur à disposer ses octaves de manière que l'ensemble forme un tout aussi harmonieusement combiné qu'un bon piano. On installe ensuite le tout de manière à ce que le rendement musical soit aussi parfait que possible, ce qui n'est pas toujours facile, les clochers et les beffrois n'ayant généralement pas été prévus en vue de l'installation de cloches correspondant à un carillon donné. Les choses se compliquent encore lorsqu'on est obligé — c'est un cas fréquent — de faire faire bon ménage, dans la même tour, à des cloches de fondeurs et d'époques différents. permutations, et l'on en fond chaque jour de nouvelles, de toutes dimensions.

Le carillonnage à permutations utilise de cinq à douze cloches seulement, dans l'échelle diatonique. Chaque cloche est suspendue de manière à pouvoir faire facilement un tour complet sous l'effort du sonneur attelé à sa corde. La photographie ci-dessus représente la disposition adoptée par la maison Taylor pour cette suspension, qui exige un équilibrage précis. La figure précédente montre une équipe de sonneurs en action. L'opération consiste essentiellement à donner des séries de coups sur toutes les cloches en évitant les répétitions et les séries cacophoniques.



LE CARILLON D'EXPÉRIENCE DE LA FONDERIE TAYLOR, A LOUGHBOROUGH (ANGLETERRE)

Ce carillon se compose de quarante-deux cloches ; c'est le directeur de l'établissement que l'on voit au clavier.

On peut dire qu'il n'existe pas de limites à la maestria des sonneurs britanniques. Si, en effet, un accord de cinq cloches ne donne que 120 permutations — ou 120 séries différentes de coups — possibles et peut voir son jeu liquidé en cinq minutes, il faut déjà une demi-heure pour lancer les 720 permutations de l'accord de six cloches. Avec sept cloches, on obtient 5.040 permutations (changes). qui demandent trois heures. C'est vingt-huit heures qu'il faudrait pour entendre les 40.320 permutations possibles avec huit cloches. Enfin, l'accord de douze cloches (maximum) fournirait le chiffre fantastique de 479.001.600 permutations, qui ne pourraient se sonner qu'en trente-huit ans, et cela à condition de travailler sans interruption !

Il arrive assez souvent que, dans des accords de ce genre, la cloche la plus lourde dépasse trois tonnes. Et comme il faut que le sonneur de cette cloche (tenor) lui fasse faire, comme aux autres, un tour complet à chaque coup de marteau, on s'imagine la précision requise par le montage de cet instrument musical !

A titre de curiosité, on peut signaler que le record du *change ringing* est détenu, depuis le 12 avril 1909, par une équipe de sonneurs qui, à l'église paroissiale de Loughborough (comté de Leicester), ont exécuté ce qu'on appelle un *peal* de 18.027 permutations, ayant exigé un travail ininterrompu de 12 heures 18 minutes!

La sonnerie automatique, dérivée du *voorslag* primitif des Pays-Bas, est tout à fait différente du *change ringing*. On utilise, dans ce cas, un grand nombre de cloches correspondant parfois à quatre octaves chromatiques, ce qui permet de jouer de véritables airs. La sonnerie est généralement produite par un cylindre plus ou moins gros, dans lequel sont piquées des *levées* chargées de soulever les marteaux des cloches correspondantes, rigidement fixées à leur beffroi. Le déclenchement du cylindre est déterminé par une détente d'horloge.

L'étendue de l'échelle formée par trois ou quatre octaves oblige à employer des cloches parfois très grosses avec d'autres fort petites. C'est ainsi qu'à Malines, dont le carillon de Saint-Rombaut passe pour le plus beau du monde, la cloche la plus grave pèse 8.884 kilos, tandis que la plus petite n'atteint pas 20 kilos. Il résulte de cet écart de taille un écart de puissance auquel l'installateur du carillon doit suppléer par des dispositions particulières dont l'omission peut être très fâcheuse, comme on le verra plus loin.

Le jeu automatique n'est parfois déclenché qu'à de très longs intervalles. C'est ainsi qu'il ne fonctionne que trois ou quatre fois par jour à Saint-Germain-l'Auxerrois. Combien de Parisiens savent qu'au centre de Paris il existe un carillon de trente-huit cloches, du poids de 10.000 kilos environ.

Ainsi, à Malines, le carillon, qui compte quarante-cinq cloches, dont le poids total dépasse 34 tonnes, marche aux demi-quarts, aux quarts et à l'heure. Il joue cent huit mesures à l'heure, quarante-huit à la demie, huit aux autres quarts et deux à chaque demi-quart. Le tambour automatique, qui mesure 1 m. 56 de diamètre et 1 m. 70 de longueur, est percé de 16.200 trous carrés destinés à recevoir les levées dont nous parlions tout à l'heure. C'est une véritable débauche de musique, à laquelle on s'habitue.

Le cylindre de Bruges est encore bien plus extraordinaire. Coulé en cuivre, d'une seule pièce, il pèse 10.000 kilos avec sa roue dentée. Il mesure exactement 2 m. 16 de longueur sur près de 2 mètres de diamètre, avec 3 centimètres d'épaisseur. Il est percé de 30.500 trous carrés !

En parlant des instruments de musique gigantesques, on ne peut se dispenser de citer ici le carillon de Mafra, en Portugal, qui présente cette particularité d'être double. On raconte que cette duplication vient d'une fantaisie du roi Jean V qui, s'étant fait présenter un devis par l'Anversois Nicolas Le Vache, et voulant « estomaquer » ce fournisseur qui s'excusait du prix (deux millions et demi !) lui aurait répondu : « J'aurais cru cela plus cher. Faites m'en donc deux ! »

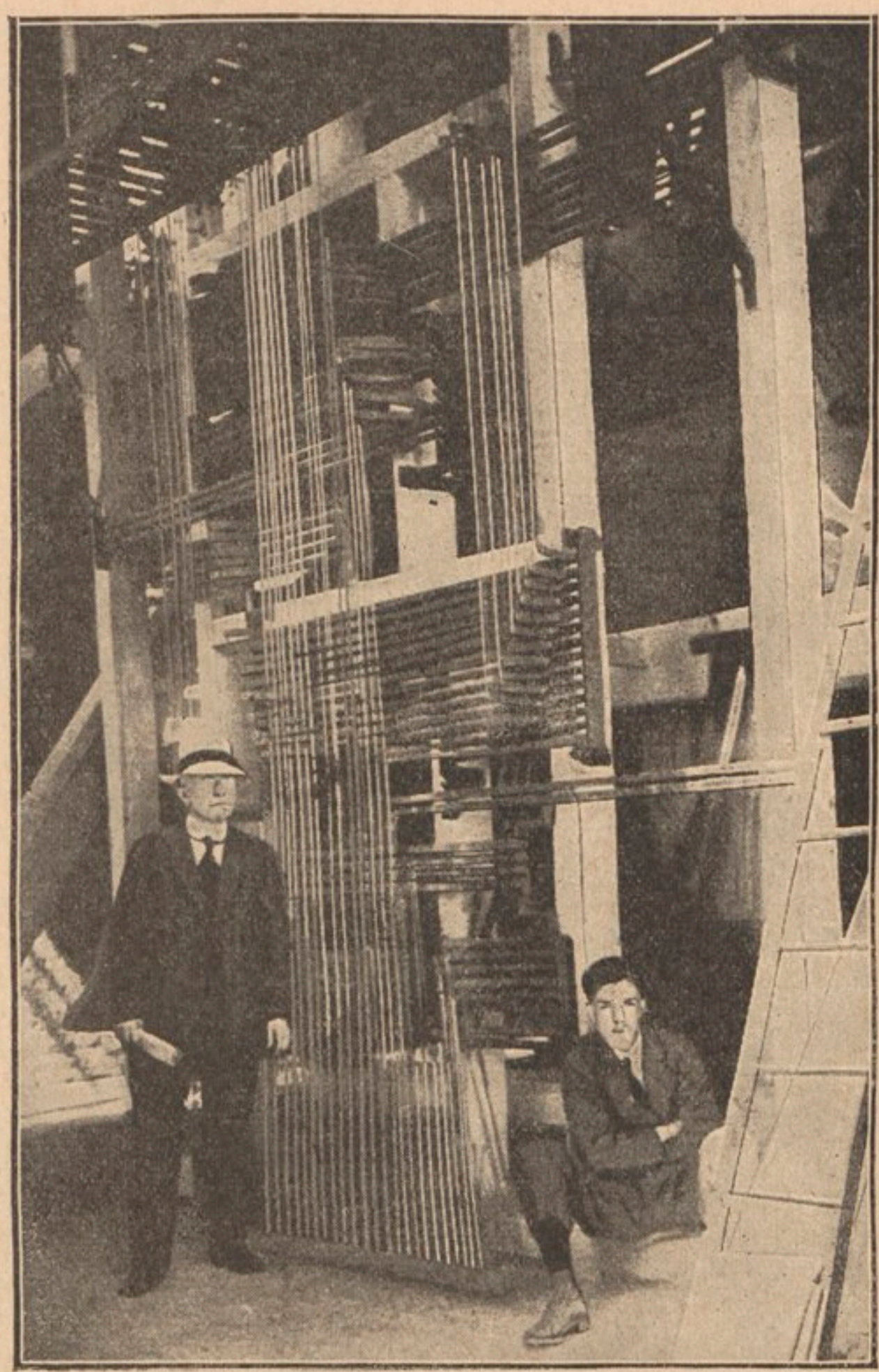
En effet, le carillon de Mafra se compose de deux fois quarante-huit cloches. Chacune des séries, représentant 217 tonnes de métal, est installée dans une tour ; elle est actionnée par deux cylindres de 2 m. 40 de longueur sur 1 m. 80 de diamètre, et déclenchée par le mécanisme spécial d'une horloge.

Le petit cylindre d'acier du carillon de Saint-Germain-l'Auxerrois paraît bien chétif à côté de ces colosses de l'automatisme, avec sa longueur de 1 m. 30, son diamètre de 0 m. 40 et ses 4 millimètres d'épaisseur.

Et que dire du minuscule carillon de l'horloge astronomique de Lyon, qui comporte seulement huit clochettes, dont la plus grande mesure à peine 34 centimètres et la plus petite, 14 cm. 5 de diamètre.

La plupart des carillons automatiques sont disposés de manière à pouvoir fonctionner aussi à la main, par l'intermédiaire de claviers. Dans les anciens carillons des Pays-Bas, le clavier n'a qu'une vague ressemblance avec ce que nous nous imaginons généralement sous ce nom. Les touches sont constituées par des pièces de bois sur lesquelles le carillonneur frappe à coups de poing et à coups de pied. On a, depuis, cherché à perfectionner cet appareil et à en rendre le jeu plus facile, analogue à celui du clavier de piano. On y est parvenu de diverses manières, mais au plus grand détriment de la valeur musicale du rendement.

Différents dispositifs utilisent, comme force motrice, soit des poids, soit l'électri-



VUE PRISE DANS LA TOUR DE LA CATHÉDRALE SAINT-ROMBAUT, A MALINES

Disposition des tirages transmettant aux cloches les plus délicates nuances du jeu du carillonneur.

cité, le rôle des doigts de l'opérateur étant réduit à un simple déclenchement. Dans le système imaginé par Collin, pour le carillon de Saint-Germain-l'Auxerrois, chaque cloche est munie d'un mécanisme à poids séparé ; les différents poids sont proportionnés aux dimensions des cloches correspondantes. Chaque cloche comporte quatre marteaux, qui se soulèvent progressivement de manière à permettre l'exécution d'airs très rapides. C'est un système à la fois original et coûteux.

Le vieux système de clavier à coups de pied et à coups de poing est celui qui donne les meilleurs résultats quant à la perfection musicale. On peut même dire qu'il en donne de merveilleux avec les grands artistes belges, parmi lesquels figure, au premier rang, M. Joseph Denyn, le carillonneur officiel de Saint-Rombaut de Malines, dont les concerts d'été, qui ont une réputation universelle, attirent une foule d'auditeurs. Autour de lui, se groupe toute une pléiade d'artistes pour lesquels l'art de la sonnerie des cloches n'a plus de secrets : MM. Nauwelaerts, de Bruges ; Van de Plas, de Louvain ; Redoute, de Mons ; Vermeulen, de Courtrai ; Verheuden, d'Anvers ; Steenackers, de Borgerhout, etc., etc...

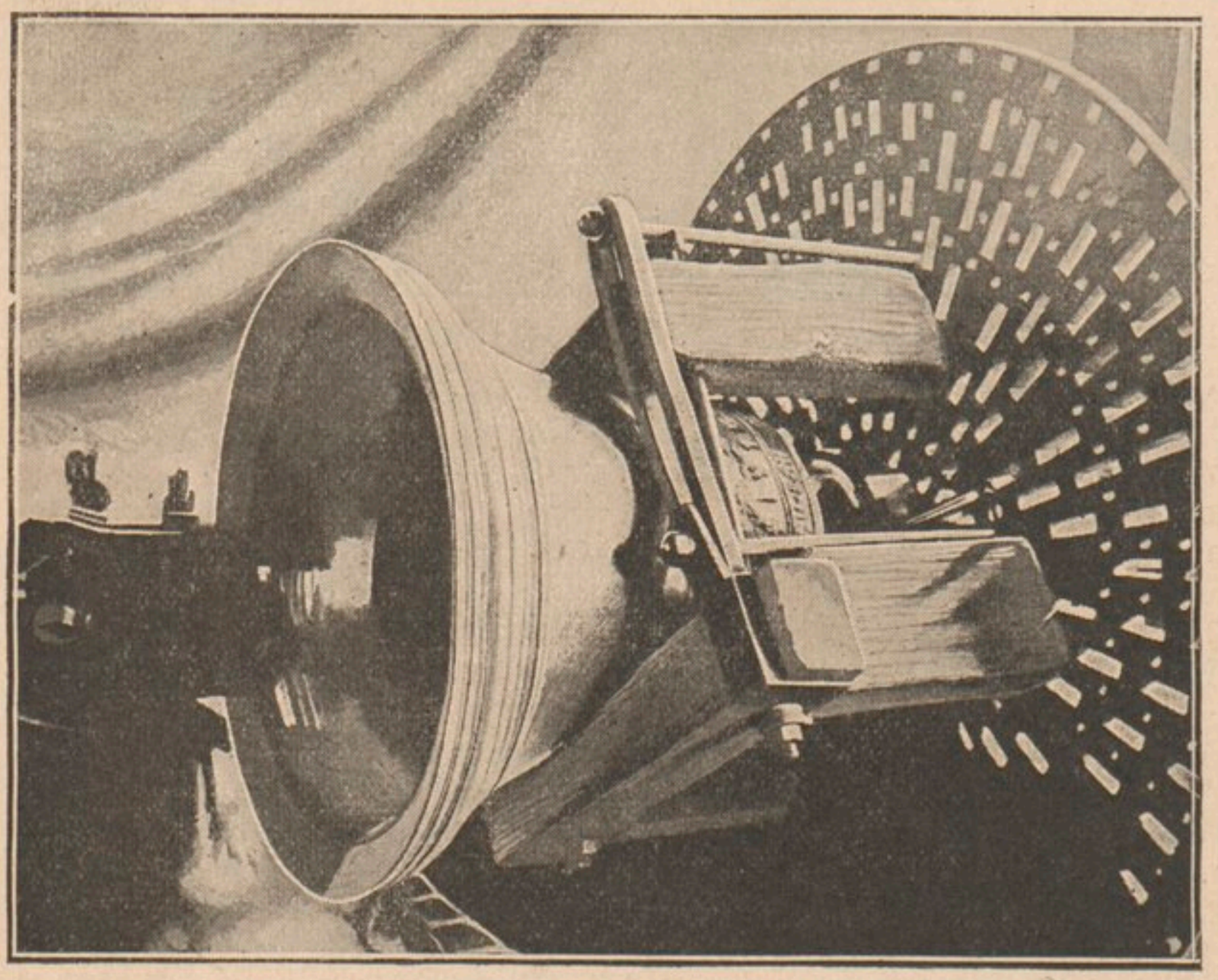
La condition essentielle pour que les cloches rendent sous les poings et les pieds du carillonneur tout ce qu'on est en droit d'attendre de cet instrument de musique, c'est qu'elles soient disposées conformément à certaines règles dont il est toujours imprudent de se départir.

M. JOSEPH DENYN

Le grand virtuose de la musique campanaire dont les concerts de Malines sont célèbres. Il a fondé en Belgique une école de carillonnage.

En premier lieu, les cloches doivent être placées à bonne hauteur au-dessus du sol. M. Denyn et M. Starmer estiment que cette hauteur ne doit pas être inférieure à 40 mètres. D'autre part, les basses très puissantes doivent être séparées de la masse des cloches ordinaires. Celles-ci doivent être disposées avec symétrie au milieu d'une chambre à elles réservée, les basses étant logées dans une chambre inférieure, afin de ne pas écraser les autres cloches. Enfin, les connexions entre les touches du clavier et les marteaux doivent être assurées avec beaucoup de soin, de manière à éviter les ballottements tout en laissant à l'exécutant la souplesse indispensable à l'exécution des nuances.

L'accordage des cloches est une opération délicate. La forme de l'instrument de musique qu'est une cloche étant essentiellement anormale et arbitraire, on con-

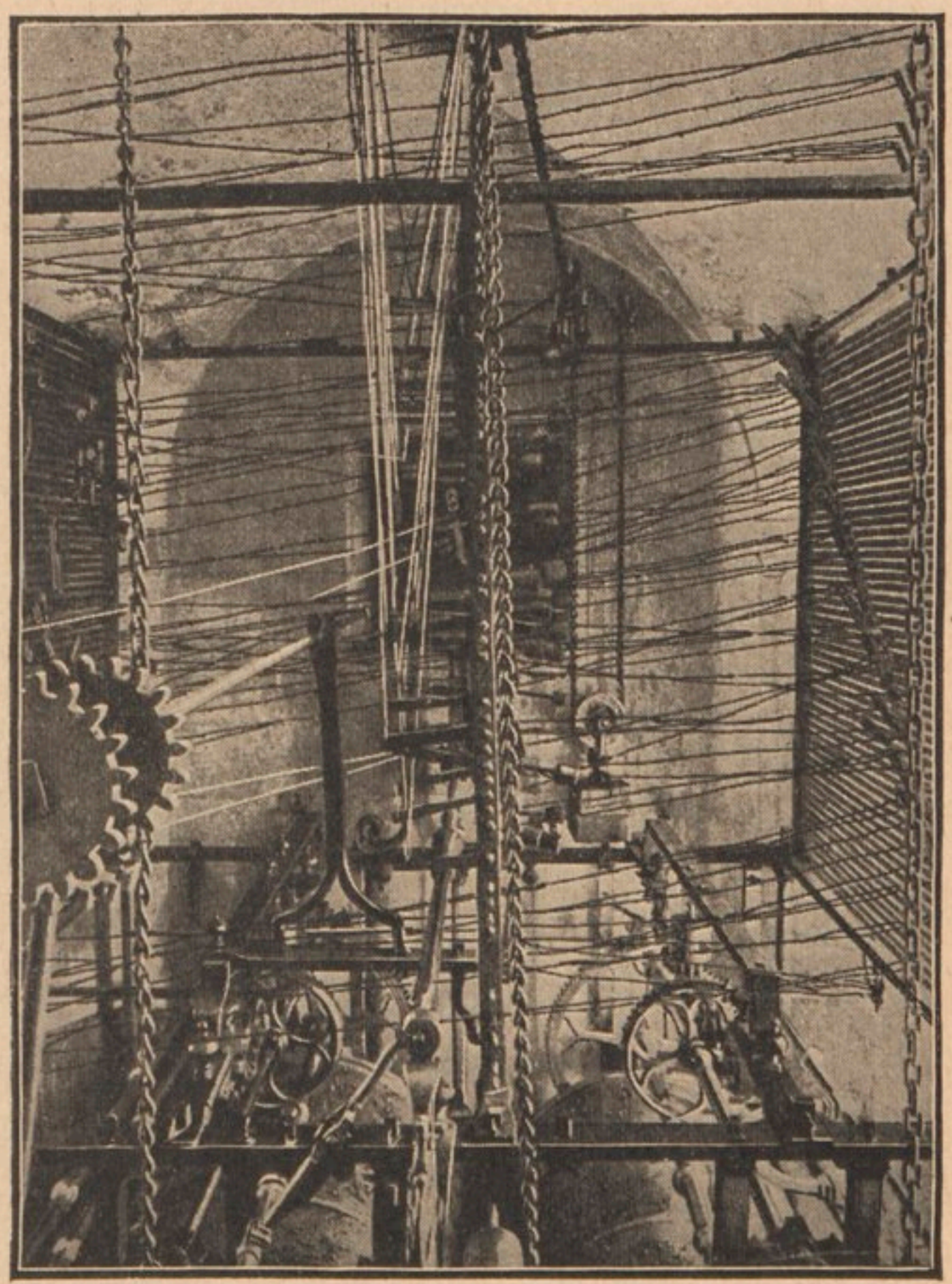


LA CLOCHE DES HEURES DE LA CATHÉDRALE SAINT-PIERRE, DE GENÈVE, EN RÉPARATION

On la voit ici sur un tour, dans les Ateliers de construction de Vevey, où M. Thybaud, un spécialiste de l'accordage des cloches, va lui rendre la pureté de sa note.

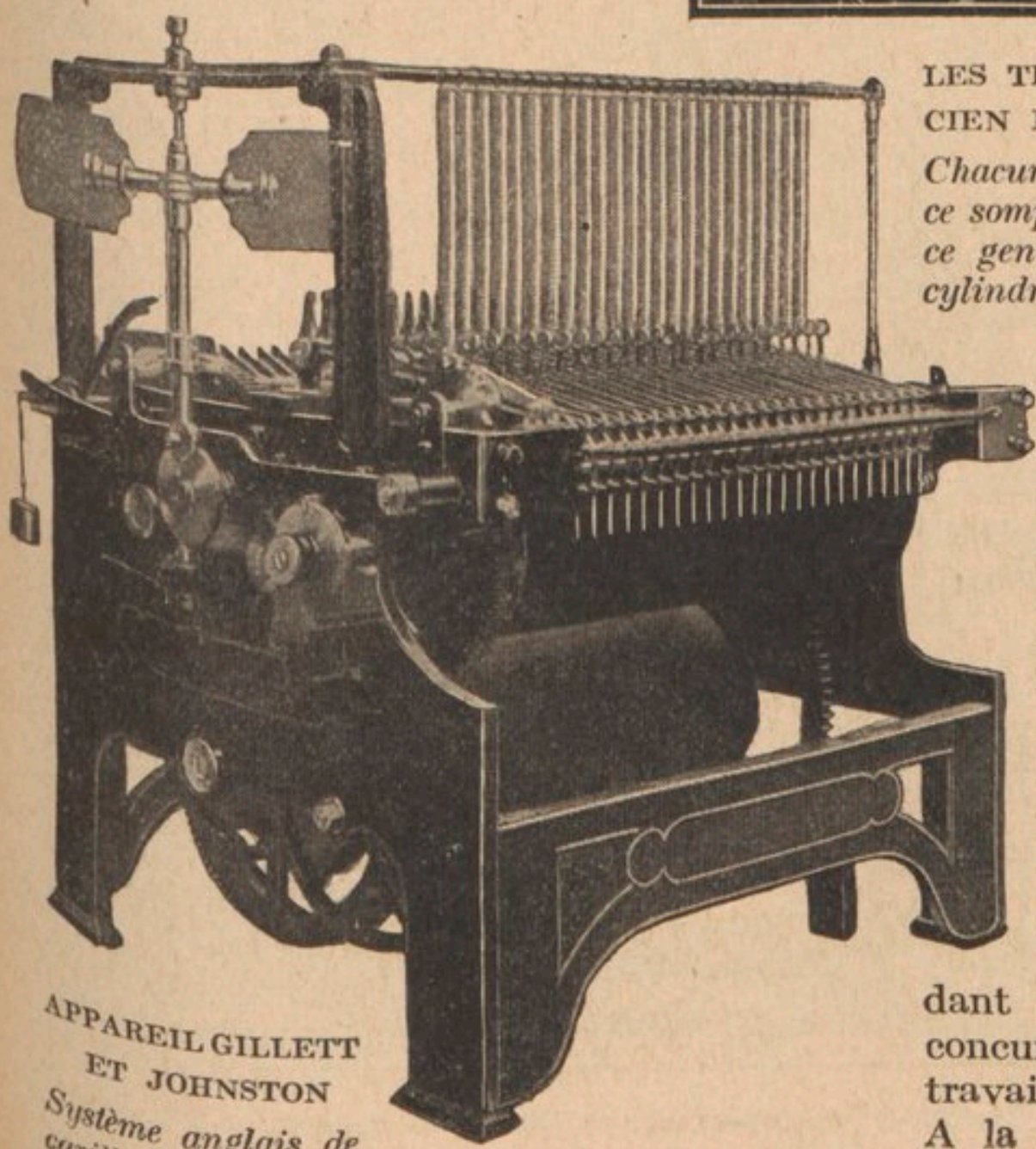
çoit qu'il est à peu près impossible de garantir à la sortie du moule, même avec des métaux de premier choix et une technique impeccable, le parfait accord des trois ou quatre octaves chromatiques que comportent les grands carillons. Avec quatre octaves, on fait entrer en ligne des basses pesant environ 8.000 kilogrammes. C'est un chiffre que les experts compétents considèrent avec raison comme un maximum, sous peine d'étouffer complètement le son des cloches aiguës, dont le poids minimum semble être 10 kilogrammes. Une série de ce genre, comme celle de la tour Saint-Rombaut, de Malines, pèse de 30.000 à 35.000 kilos. Les cloches ne donnant pas exactement la tonalité réclamée par l'accord doivent être rectifiées après coup.

Deux cas peuvent se présenter : la note réelle est trop basse ou elle est trop haute. Si elle est trop basse, il faut raccourcir la cloche. Si elle est trop haute, il faut en augmenter le diamètre. L'une et l'autre opération se font au tour et au burin. Si l'on peut, sans trop de mal, travailler ainsi une cloche de 500 kilos sur un tour ordinaire de mécanique, l'opération devient scabreuse lorsqu'on a affaire à une masse pesant plusieurs milliers de kilogrammes. La gravure page 288 représente une cloche de 2.000 kilos environ, appartenant à la cathédrale Saint-Pierre, de Genève, installée sur un tour horizontal de la Société de Construction de Vevey, par M. A. Thybaud, qui exerça en Suisse, pendant longtemps, la profession, fort peu concurrencée, d'accordeur de cloches. Ce travail représente sans doute un record. A la fonderie Taylor, de Loughborough (Angleterre), on a résolu le problème de



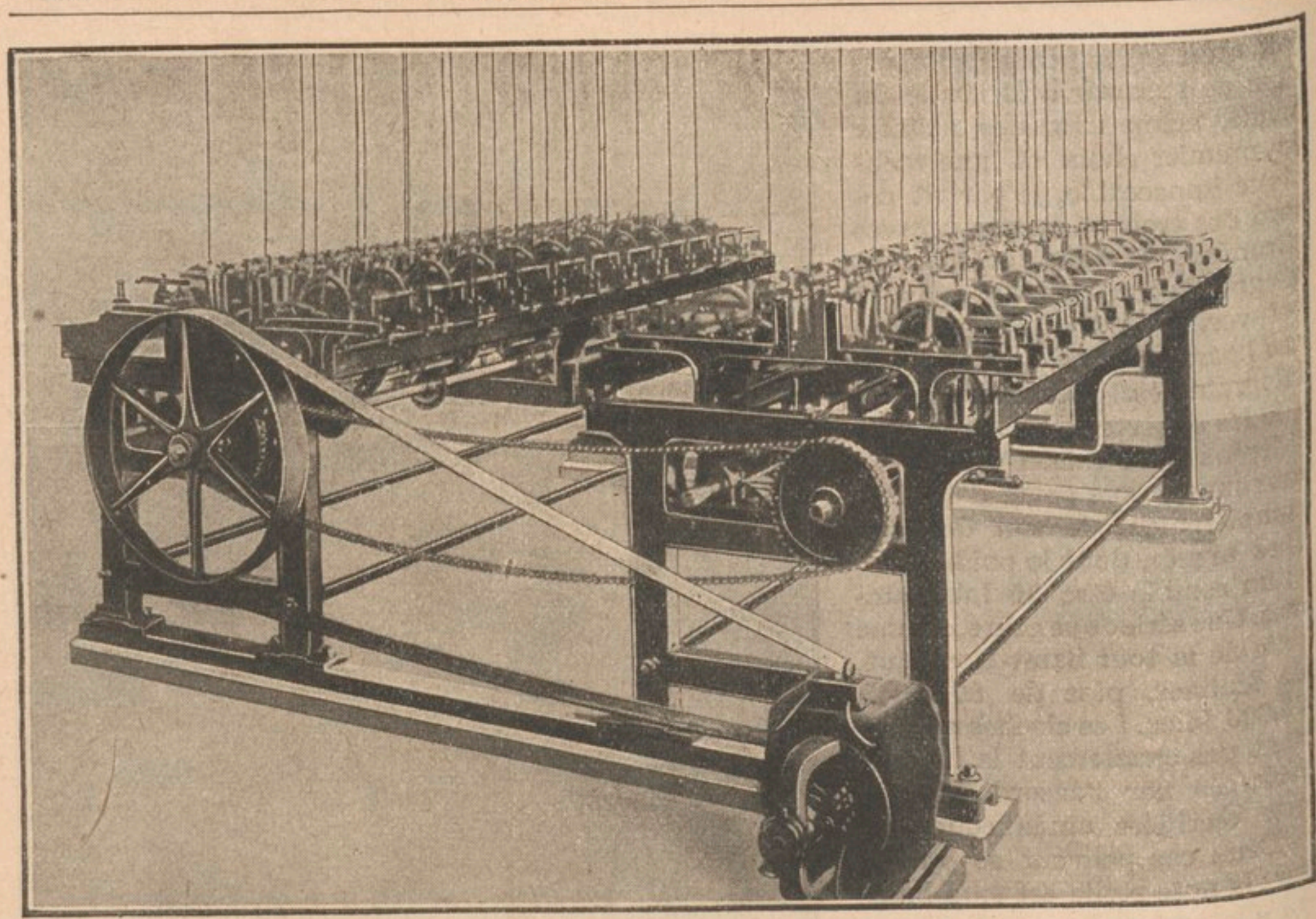
LES TRANSMISSIONS DU CARILLON DE L'ANCIEN PALAIS ROYAL DE MAFRA (PORTUGAL)

Chacune des tours qui s'élèvent sur la façade de ce somptueux édifice comporte une installation de ce genre. On aperçoit en bas les deux énormes cylindres du jeu automatique. Aucune installation campanaire ne présente un pareil enchevêtrement de fils de tirage.

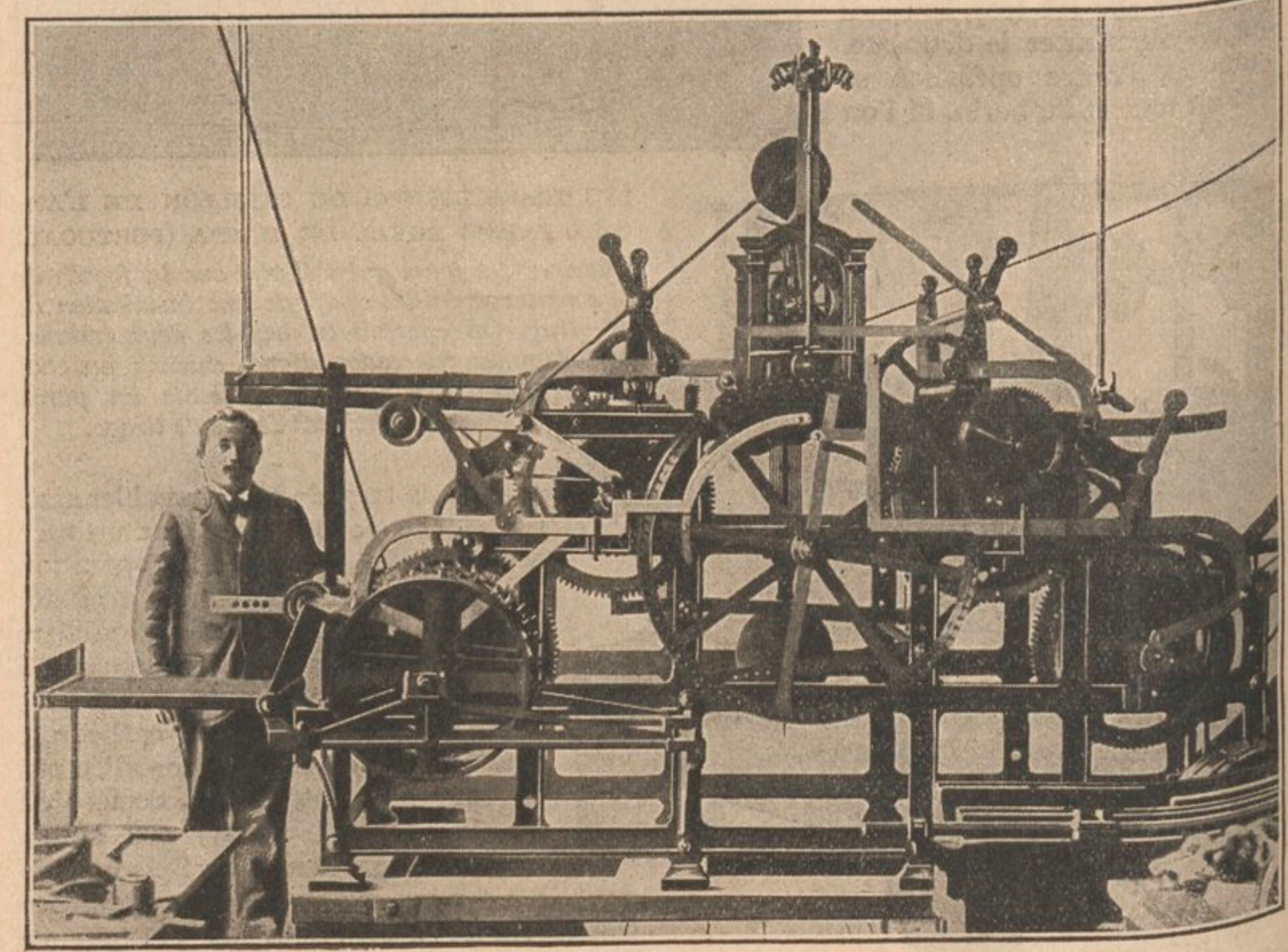


APPAREIL GILLETT ET JOHNSTON

Système anglais de carillonnage à la fois automatique et à clavier.



LE CARILLON ÉLECTRIQUE MANNHARDT, DE L'HOTEL DE VILLE DE MUNICH



L'HORLOGE A CARILLON DE L'ÉGLISE SAINT-GERVAIS, A AVRANCHES

Le mécanisme du carillon est à gauche; il fonctionne à la manière d'un simple rouage de quarts.

l'accordage en employant un tour vertical spécial, dont le plateau tournant, horizontal, peut recevoir des cloches de dimensions quelconques. Le burin, convenablement disposé, use la cloche, qui rend sous son action une plainte continue que l'on compare avec la note exacte à obtenir, donnée par un diapason. Dès que l'harmonie est établie entre les deux sons, on arrête le burin. Le résultat est mathématique. Toutes les manipulations se font électriquement, de sorte que la main-d'œuvre est réduite à sa plus simple expression, aussi bien pour les plus grosses cloches que pour les moyennes et les petites.

Pour essayer un accord de cloches, chaque cloche est placée à proximité d'un marteau suspendu que l'essayeur fait manœuvrer sans le moindre effort. L'expert se rend compte du résultat.

On s'imagine assez volontiers qu'il est facile de juger de la note donnée par une cloche, en tenant compte de ses dimensions et de son poids. Or, on ne peut arriver, de cette manière, qu'à une approximation parfois très grossière.

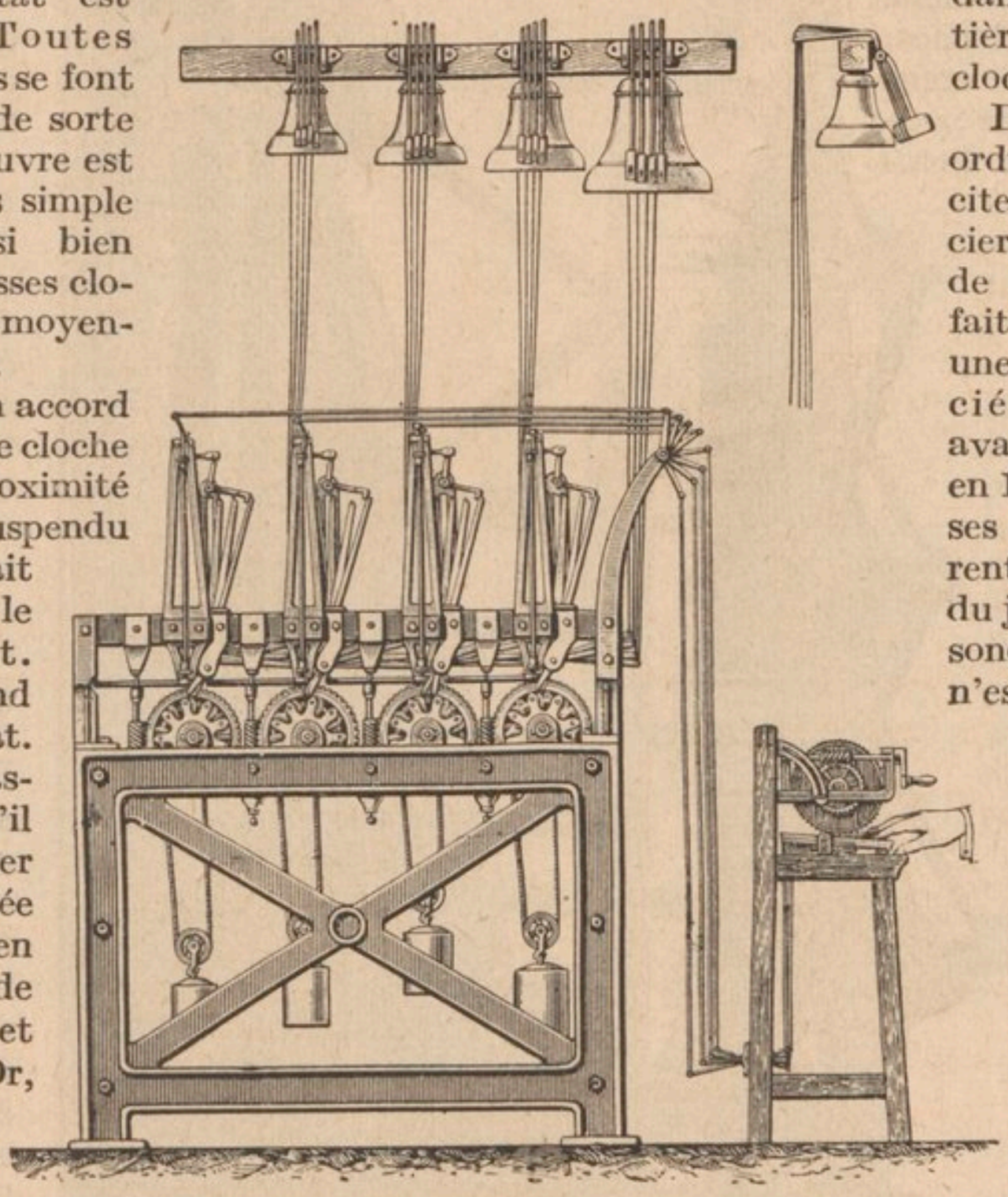
A la vérité, tous les catalogues de fondeurs ou d'horlogers-mécaniciens publient des listes dans lesquelles la note d'une cloche harmonisée est donnée en fonction de son poids. Il existe, concernant cette relation, une formule empirique établie par M. Thybaud, l'accordeur dont le nom a été cité plus haut. D'après ce praticien, le poids en kilogrammes d'une cloche s'obtient en multipliant par 605 le cube de son diamètre à la base. On peut vérifier que, d'une manière générale, dans la pratique courante des fondeurs, la *constante* 605 varie considérablement. Il en est qui la réduisent à 550. Aussi, ne sera-t-on pas étonné de constater, pour des cloches donnant la même note, des différences en poids atteignant plusieurs centaines de kilogrammes et des variations de diamètre supérieures à 10 centimètres.

Les cloches ordinaires sont en bronze. Ce métal, qui contient treize parties de cuivre pour quatre parties d'étain, est d'un prix élevé et on a cherché à lui substituer d'autres alliages plus économiques. On a aussi étudié des formes à la fois plus commodes et demandant moins de matière que celles des cloches courantes.

Dans le premier ordre d'idées, on peut citer les cloches d'acier, dont les aciéries de Bochum se sont fait depuis longtemps une spécialité. La Société de Bochum avait exposé à Paris, en 1867, de très grosses cloches qui furent fort remarquées du jury. Toutefois, la sonorité de l'acier n'est nullement comparable à celle du bronze.

La maison anglaise Harrington, de Coventry, construit des cloches tubulaires douées d'une très belle sonorité. Elles ont la forme de tubes ouverts qu'on suspend simplement au moyen de cordelettes. Le principe est des plus simples. Etant donné une cloche tubulaire dont les diamètres intérieur et extérieur sont nettement déterminés et fournissant, par exemple, la note *do*, toutes les autres notes prévues pour le carillon s'obtiendront au moyen de tubes semblables dont les longueurs respectives seront fournies par les règles élémentaires exposées dans tous les traités de physique.

Au point de vue du carillonnage, le système tubulaire présente des avantages incontestables, car toutes les cloches portent à la même distance, tiennent peu de place, et n'exigent qu'un beffroi rudimentaire. Ces avantages sont, toutefois, compensés



LE CARILLON COLLIN, A SAINT-GERMAIN-L'AUXERROIS

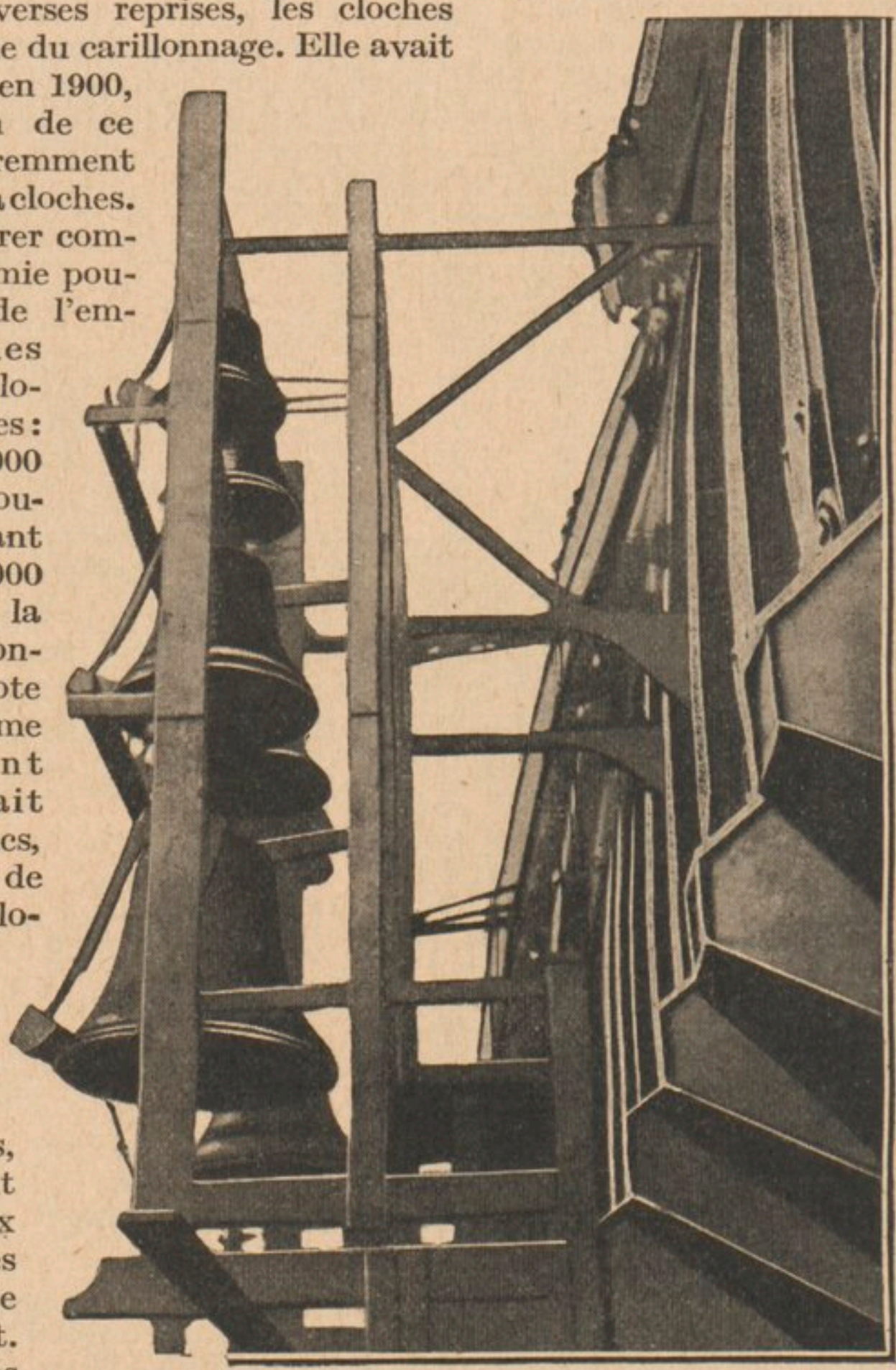
Il présente cette particularité d'avoir un mouvement spécial pour chaque cloche. De plus, chaque cloche est munie de quatre marteaux inégalement levés, de manière à permettre le jeu des arpèges.

par le fait que la frappe doit être excessivement précisé, mathématique pour ainsi dire, et que la portée du son est très limitée.

La maison Chateau, de Paris, qui représente en France la fabrique Harrington, a utilisé, à diverses reprises, les cloches tubulaires en vue du carillonnage. Elle avait exposé à Paris, en 1900, une installation de ce genre, concurremment avec un carillon à cloches.

On peut chiffrer comme suit l'économie pouvant résulter de l'emploi des cloches d'acier et des cloches tubulaires: une cloche de 2.000 kilos en bronze pouvait valoir, avant la guerre, de 6.000 à 8.000 francs ; la cloche d'acier donnant la même note présentait le même encombrement mais ne coûtait que 2.850 francs, pour un poids de 1.900 kilos; la cloche tubulaire correspondante, d'un diamètre de 7 centimètres et d'une longueur de 2 mètres, pesait seulement 39 kilos. Son prix était de quelques centaines de francs seulement.

Le nombre des carillons est plus considérable qu'on ne le pense. Depuis une vingtaine d'années, il a été installé un certain nombre d'orchestres campanaires par les deux grandes maisons Taylor et Paccard. En ce moment même, l'usine Taylor s'occupe de la préparation d'un carillon destiné au monument commémoratif de la guerre de 1914-1918 *(War memorial)*, érigé par la ville de Loughborough. L'idée de consacrer le souvenir des morts de la grande guerre par une musique de cloche est excellente. Elle a été adoptée aussi par les Etats-Unis, et le *War memorial* qui va être érigé à Washington comportera un carillon de cinquante-six cloches, dont la fourniture sera confiée à la maison Taylor et dont l'installation sera faite sous le contrôle de M. W. Starmer.



LES CLOCHES DU CARILLON DU « PALAIS DE LA NOUVEAUTÉ », DANS LE QUARTIER CLIGNANCOURT

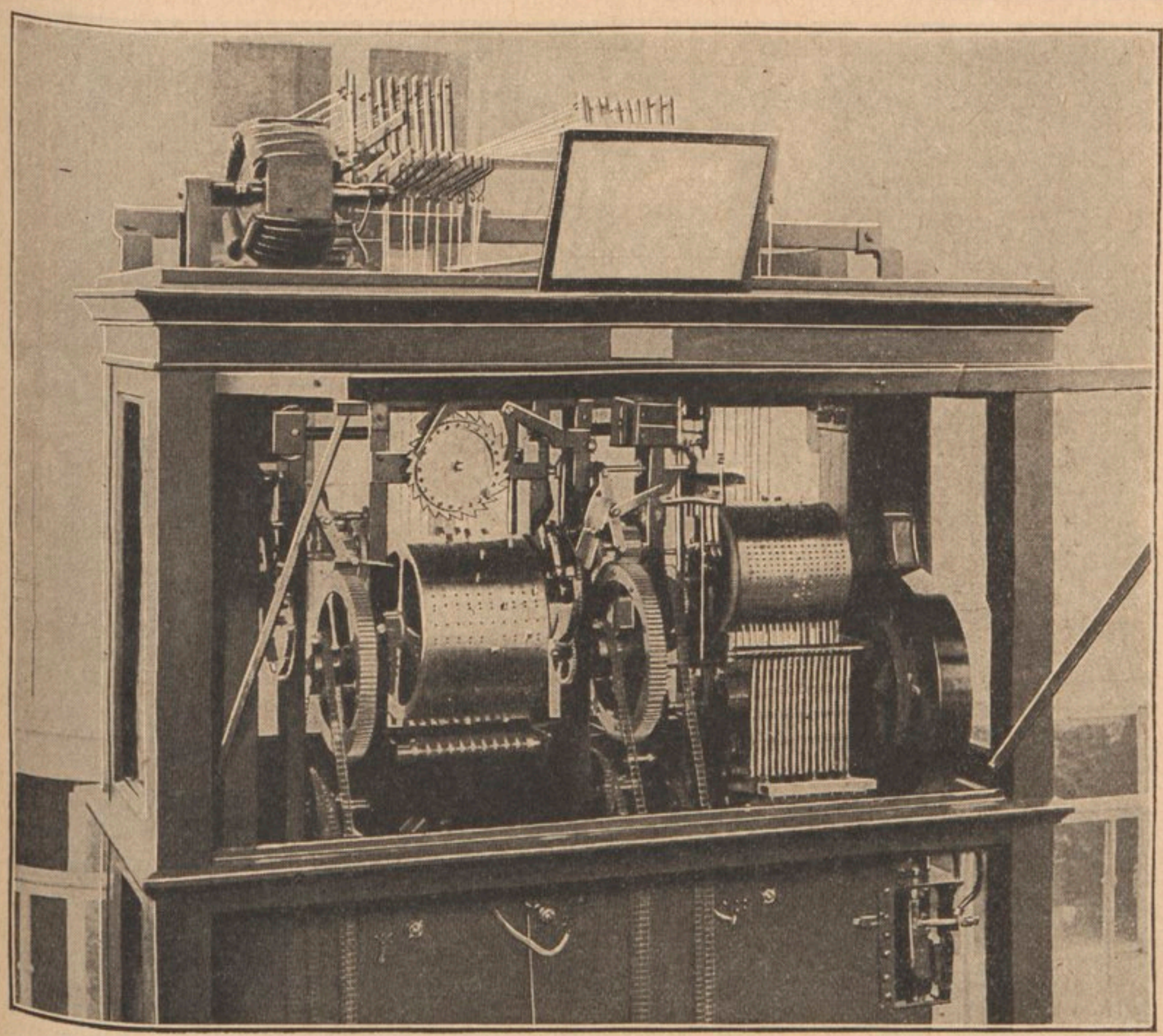
Leur installation sur le dôme monumental de l'établissement fut un véritable tour de force. Elles sonnèrent tant et si bien que les gens du voisinage, importunés par cette musique aérienne, les firent condamner au silence.

Le carillon de Loughborough nécessitera une dépense de près de 300.000 francs, qu'on compte couvrir par une souscription.

Parmi les dernières fournitures de carillons exécutées, il convient de signaler celle de vingt-neuf cloches, du poids total de 4.525 kilos, et qui doivent accompagner la fameuse cloche *Jeanne-d'Arc*, fondue à Annecy-le-Vieux, dans les ateliers Paccard. La *Jeanne-d'Arc* sera, en quelque sorte, à Rouen, la réplique de la *Savoyarde* de Montmartre, sortie des mêmes ateliers. Chacune de ces deux cloches pèse, équipée, environ 20.000 kilos.

Les quarante-deux cloches que la maison Taylor vient de fournir à la cathédrale de Saint-Colman, à Queenstown (Irlande), représentent un ensemble magnifique pesant 17 tonnes et demie. L'inauguration du carillon de Queenstown a été faite, au milieu de l'enthousiasme populaire, par M. Antoine Nauwelaerts, carillonneur officiel de Bruges, un de nos meilleurs artistes campanaires.

La cloche des heures du fameux carillon de Westminster, à Londres, appelée *Big Den*, pèse 13 tonnes et demie. La sonnerie est déclenchée par une horloge du célèbre Dent. L'installation est revenue à 550.000 francs.



MÉCANISME DE L'HORLOGE A CARILLON DU « PALAIS DE LA NOUVEAUTÉ »

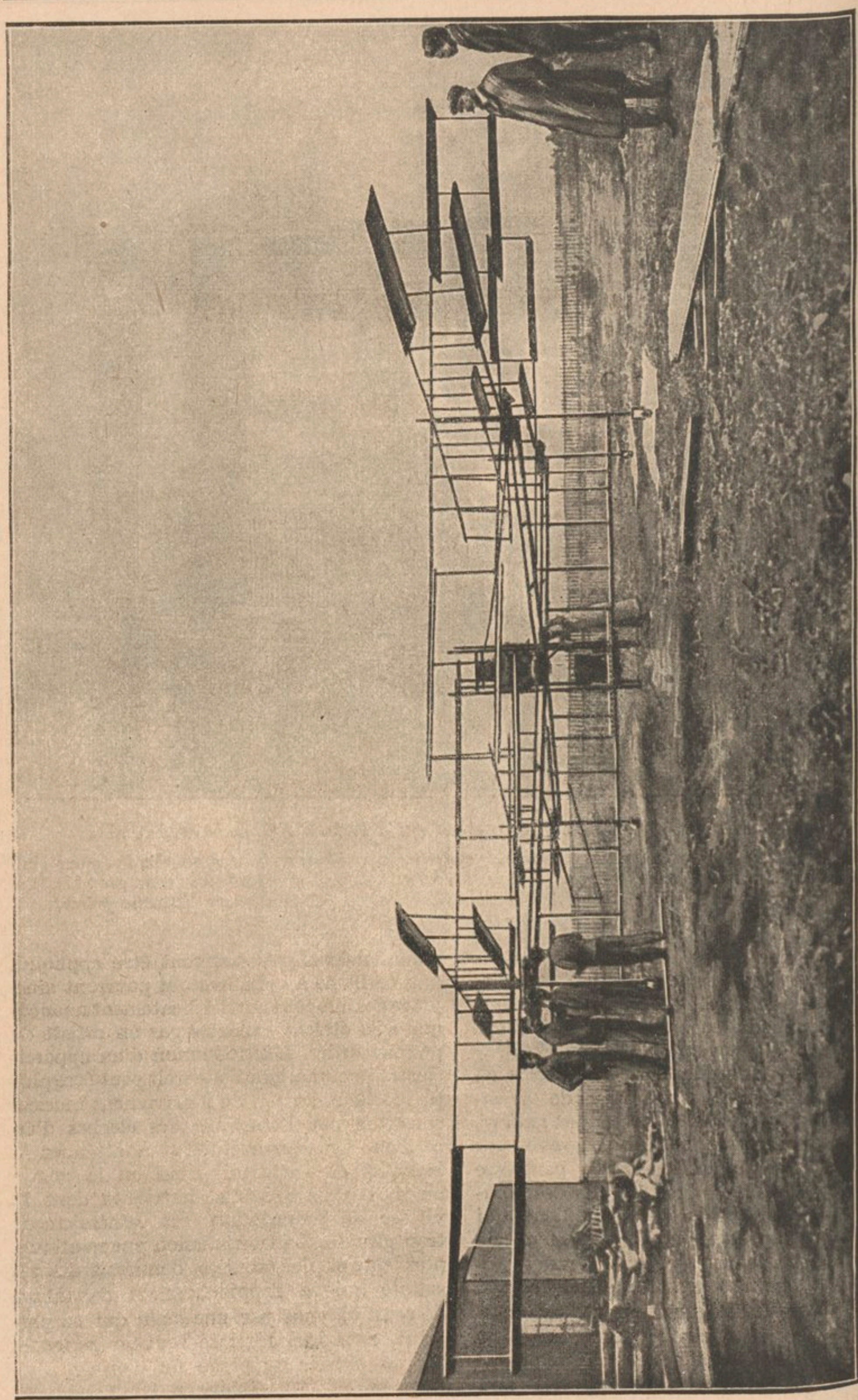
On trouve: à droite, le clavier à main; à gauche, le cylindre du carillon; en haut, à gauche, la dynamo qui remonte les poids. Cette machine possède, en outre un curieux dispositif qui transmet à un grand cadran de la façade les indications d'un baromètre anéroïde (Constructeurs: Chateau frères).

L'air joué par les cloches de Westminster n'est, d'ailleurs, qu'une imitation de celui, plus ancien, de Sainte-Mary, de Cambridge.

Dans une conférence donnée à la *Musical Association*, le 6 novembre 1917, M. Starmer a indiqué les vraies notes susceptibles de donner harmonieusement l'air de Westminster-Sainte-Mary. Ces notes sont : *mi, ré, do, sol* pour les quarts avec *do* grave pour l'heure. Cette indication sera peut-être de quelque utilité à quelques-uns des nombreux amateurs d'horloges à carillons, qui sont beaucoup plus nombreux qu'on ne le croit généralement, même en France.

Les carillons automatiques donnent, certes, des résultats artistiques notablement inférieurs à ceux qu'atteignent les virtuoses de la cloche. Il est cependant permis de penser que les perfectionnements apportés aux pianos mécaniques pourront être appliqués aux carillons à cylindres qui pourront ainsi jouer des airs tout aussi délicatement nuancés que s'ils étaient exécutés par un artiste de premier ordre. L'introduction d'un appareil électro-pneumatique donnerait peut-être plus de moelleux au jeu de l'instrument musical constitué par l'ensemble des cloches d'un carillon. On réussirait ainsi à atténuer la brutalité de l'attaque quand on la réalise au moyen de courants électriques dont la vitesse de propagation est généralement trop grande. La transmission pneumatique, plus lente et plus étouffée, donnerait des résultats qui se rapprocheraient davantage de ceux obtenus par une main qui se promène, avec une légèreté souvent aérienne, sur un clavier de piano ou d'orgue.

LÉOPOLD REVERCHON.



GYROPLANE, OU APPAREIL A AILES TOURNANTES, IMAGINÉ PAR LE PROFESSEUR RICHET ET CONSTRUIT PAR M. LOUIS BRÉGUET (MODÈLE N° 1)

L'HÉLICOPTÈRE SERAIT-IL L'APPAREIL AÉRIEN DE L'AVENIR ?

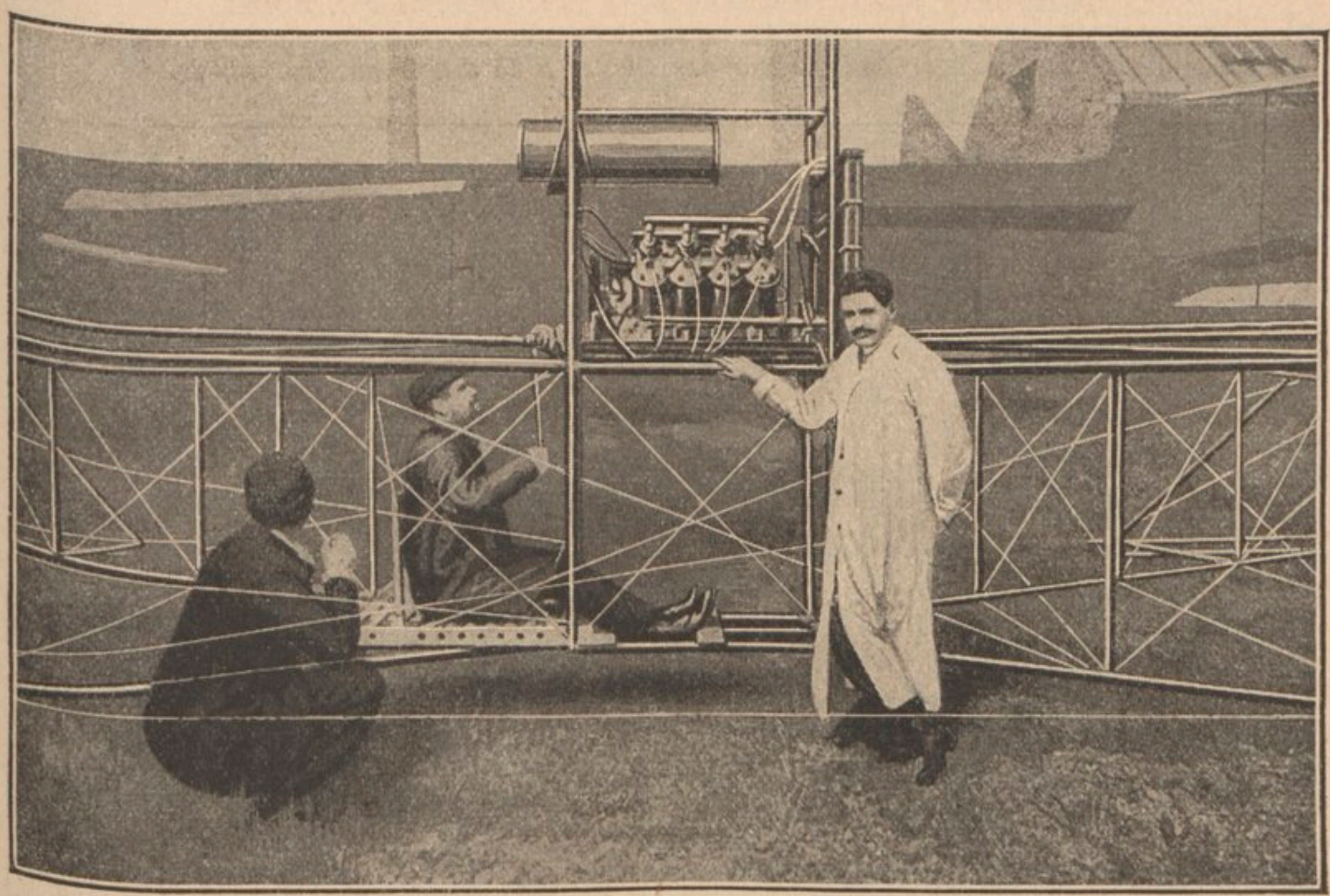
Par E.-H. LÉMONON

SECRÉTAIRE ARCHIVISTE DE L'ASSOCIATION FRANÇAISE AÉRIENNE

Depuis quelque temps, la question de l'envol d'un appareil d'aviation plus lourd que l'air par l'emploi d'une ou de plusieurs hélices sustentatrices est à nouveau à l'ordre du jour. Certains techniciens — et non des moindres — sont même persuadés des succès prochains remportés par l'hélicoptère qui, à leur avis, sera sous peu un dangereux concurrent de l'aéroplane.

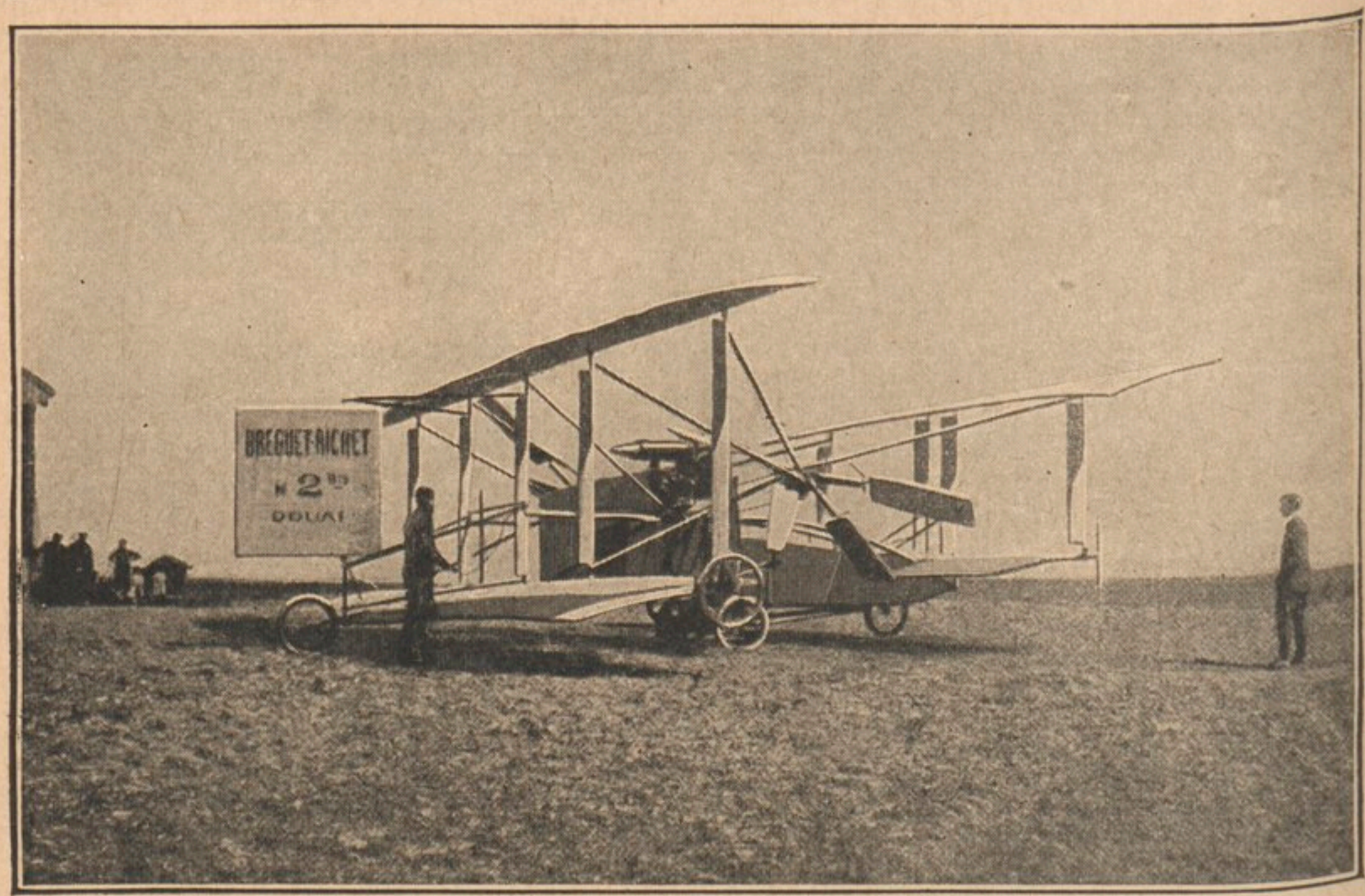
La première manifestation de l'hélicoptère se trouve dans les travaux de Léonard de Vinci, à qui l'on doit déjà l'invention du parachute. On peut voir, en effet, dans les manuscrits trouvés à la bibliothèque ambrosienne de Milan, le dessin d'un hélicoptère formé d'une grande hélice tournant autour d'un axe vertical. Cet appareil, dans l'esprit du célèbre artiste, devait être constitué par une charpente faite « de longs et gros roseaux, de fil de fer de l'épaisseur d'une corde », il devait y avoir « du bord au centre, huit brasses de distance » et cette carcasse « aurait été tendue de toile de lin dont on aurait bouché les pores avec de l'amidon ».

Vers 1768, Paucton pose nettement le principe d'un appareil d'aviation du genre hélicoptère, qu'il appelle « ptérophore » et où se trouvent « deux moulins tournants, dont



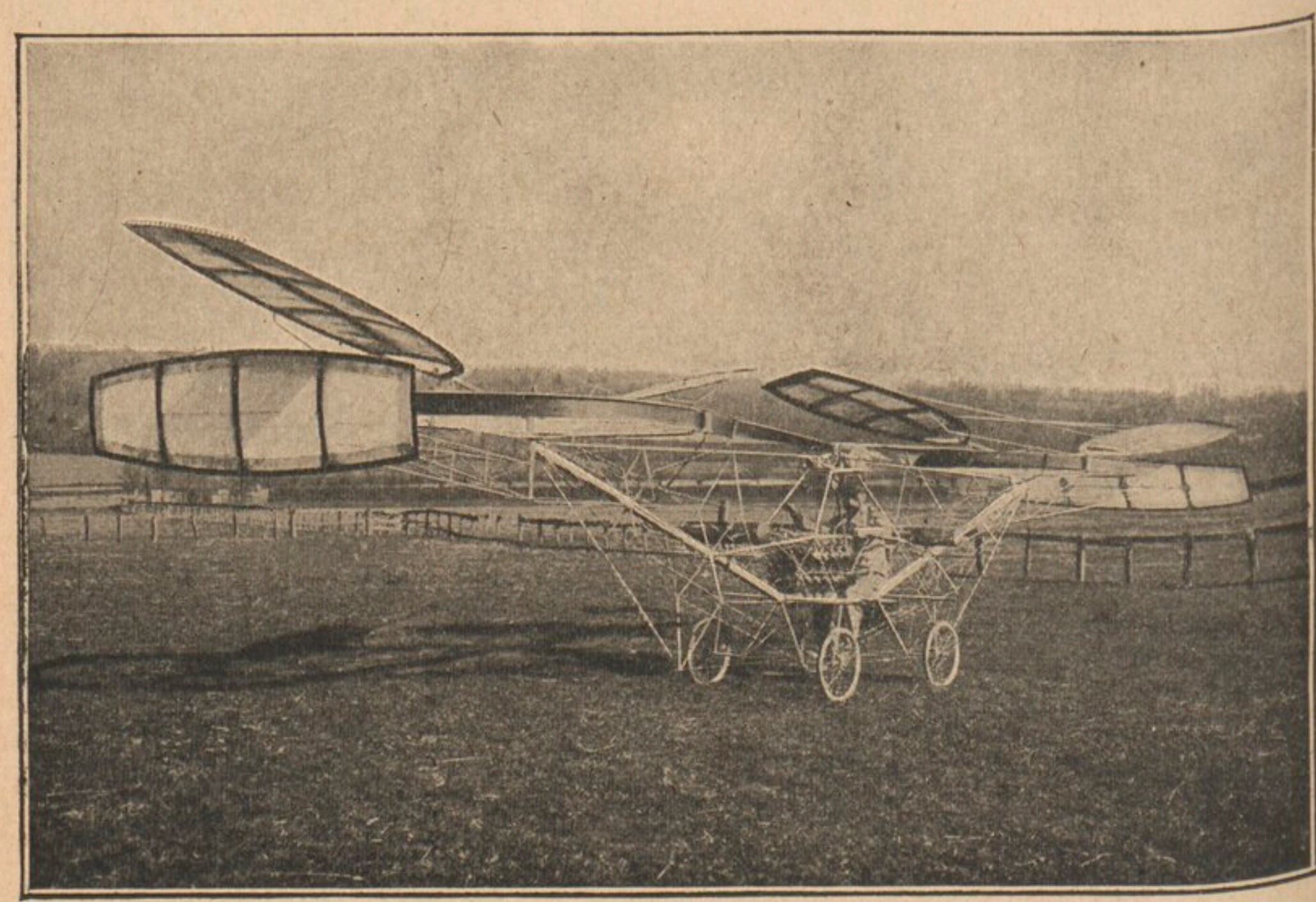
POSTE DE PILOTAGE ET MOTEUR DU GYROPLANE BRÉGUET-RICHET

Cet appareil fut construit et expérimenté en 1907 par Louis Bréguet, d'après les données du professeur Richet. Le pilote et le moteur « Antoinette » sont placés au centre d'un bâti en tubes d'acier affectant en plan la forme d'une croix. Quatre hélices doubles, à quatre pales chacune et d'une surface totale de 26 mètres carrés, sont montées à chaque extrémité des bras de ce bâti. Le 24 août 1907, cet appareil tout à fait nouveau a réussi à s'élever verticalement à un mètre de hauteur.



GYROPLANE BRÉGUET-RICHET N° 2 BIS. CONSTRUIT A DOUAI

Comme le montre la photographie, l'appareil est muni de deux hélices à quatre pales situées de part et d'autre du fuselage: elles ont leur axe incliné à 45 degrés sur l'horizontale.



DERNIER HÉLICOPTÈRE CONSTRUIT D'APRÈS LES DONNÉES DE M. PAUL CORNU

Cet appareil se compose essentiellement de deux hélices à deux pales placées aux extrémités d'une poutre en tubes d'acier solidement haubannée.

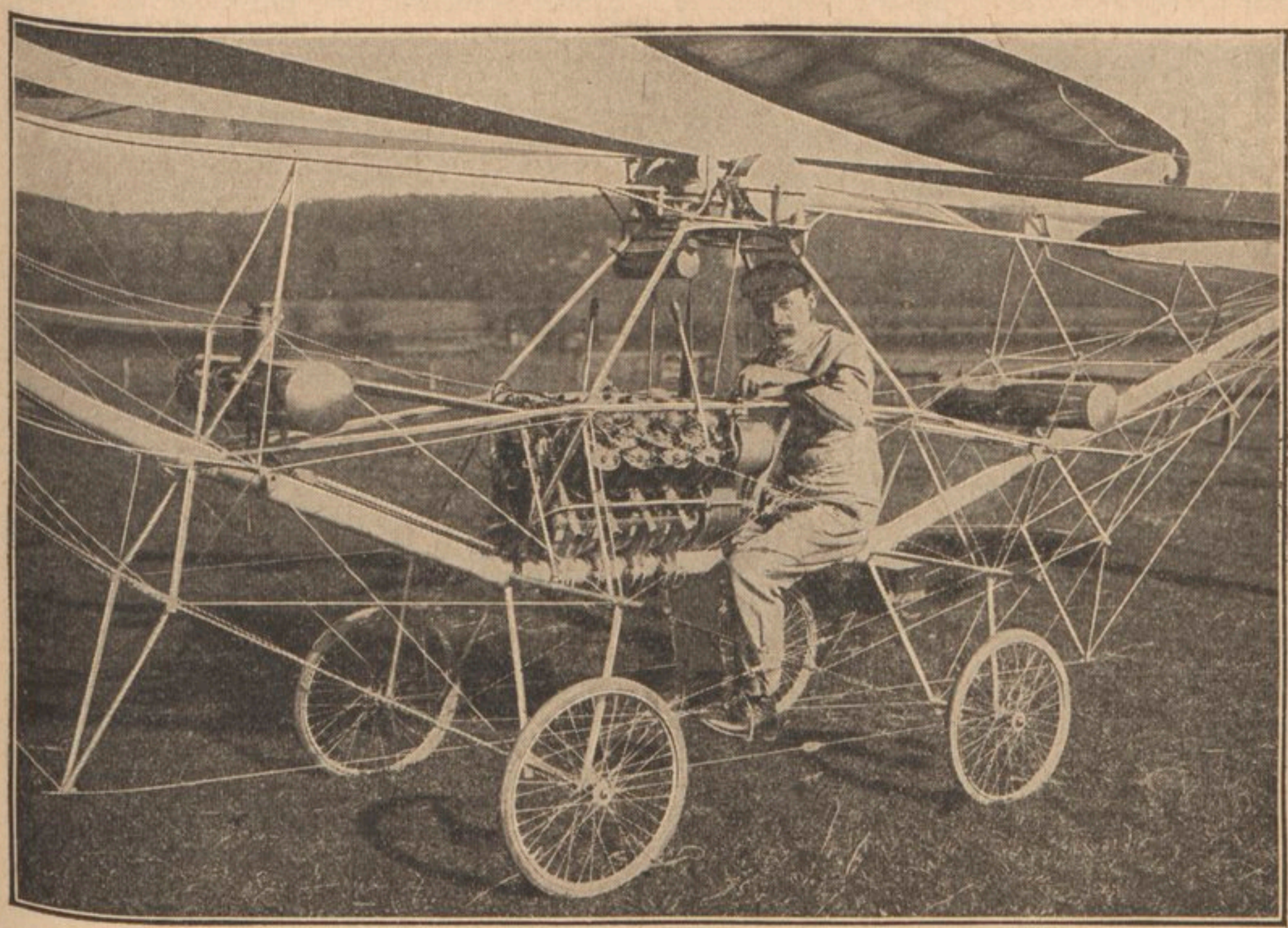
l'un est destiné à soulever l'appareil et l'autre a pour fonction de le pousser ».

En 1784, Launoy et Bienvenu construisent une machine composée d'un arc que l'on bande en faisant faire à la corde quelques révolutions autour de la flèche, qui porte à son extrémité libre une hélice formée de quatre plumes. La partie inférieure de l'appareil est munie d'une autre hélice, solidaire de l'arc moteur et de pas contraire à celui de la précédente. En vol, la flèche et l'hélice supérieure tournent dans un sens, tandis que le groupe inférieur tourne dans une direction opposée. Ce projet dut être abandonné.

Durant tout le XVIIIe siècle, nombreux sont les chercheurs qui croient à la réalisation du vol humain par l'emploi de l'hélice sur les machines aériennes, de la « Sainte Hélice », comme s'exprime avec enthousiasme un savant mathématicien, ami de Nadar.

Cet engouement, si l'on peut dire, pour cet organe de sustentation est provoqué par l'apparition d'un jouet nouveau : le « spralifère ». On sait que ce petit appareil, que l'on trouve actuellement encore dans tous les bazars, consiste en une hélice légère de fer blanc, mise en rotation extrêmement rapide à l'aide d'une ficelle ; la réaction de l'air sous les ailes de l'hélice soulève celle-ci à des hauteurs parfois considérables.

Ce jouet, étant la confirmation de la puissance ascensionnelle de l'hélice aérienne, devait, logiquement, encourager les inventeurs. Philippe, Marc Seguin, Vittorio Sarti, Cagniard de Latour, etc., imaginent alors et construisent divers appareils qui sont malheureusement impuissants à quitter le sol.



POSTE DE PILOTAGE ET MOTEUR DE L'HÉLICOPTÈRE PAUL CORNU

Le pilote est assis sur une selle de bicyclette, derrière le moteur, dont la puissance est transmise aux hélices par une simple courroie; le guidage en est assuré par des galets placés au-dessus du moteur. L'aviateur a différents leviers à portée de la main, les uns règlent la carburation et l'avance à l'allumage, deux autres, verticaux, manœuvrent les gouvernails de direction, tandis qu'une commande assure l'embrayage des hélices.

Une machine plus intéressante est celle de Ponton d'Amécourt, laquelle, exposée encore au Conservatoire national des Arts-et-Métiers, fut expérimentée avec un certain succès. Les essais prouvaient sans conteste que, dès qu'un ingénieur aurait à sa disposition un moteur puissant sous un faible poids, un hélicoptère pourrait s'enlever avec facilité.

En 1877, Enrico Forlanini construit un très remarquable appareil qui, le premier, s'élève, devant témoins, à treize mètres de

hauteur et reste vingt secondes en l'air. Mais ce merveilleux petit engin, actionné par une chaudière sphérique contenant de la vapeur d'eau préalablement surchauffée, n'avait qu'une provision d'énergie limitée et n'emportait ni son foyer, ni aucun poids utile.

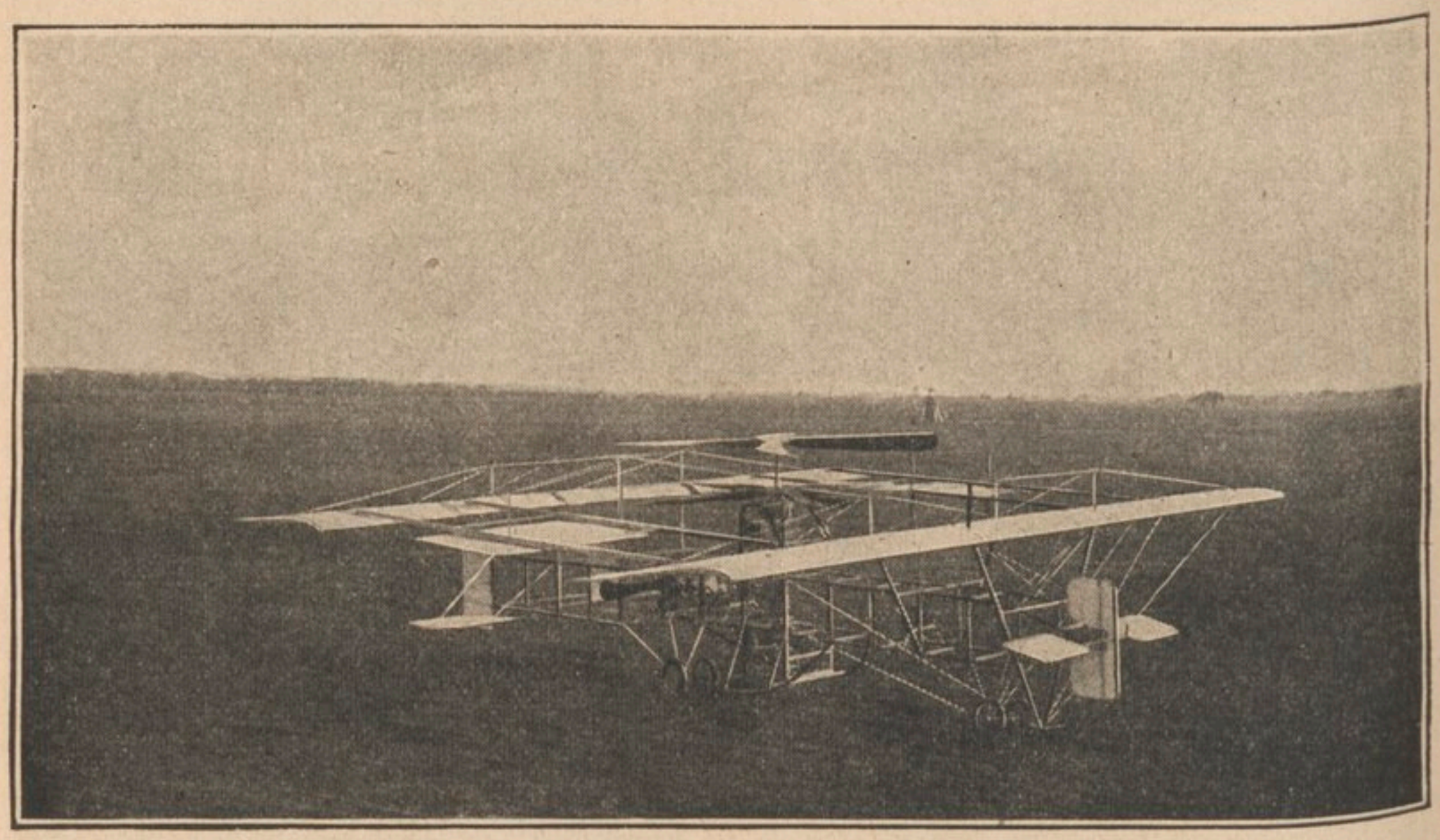
En 1903, le savant colonel Renard, ce grand ingénieur militaire à qui l'on est redevable du premier ballon dirigeable qui ait pu revenir à son point de départ, établit par le calcul « la possibilité de soutenir en l'air un appareil volant du type hélicoptère en employant des moteurs à explosions dans leur état actuel de légèreté ». Effectivement, un peu partout, des hélicoptères, dotés de moteurs à puissance massique relativement faible, sont expérimentés avec succès.

Au début de 1905, l'appareil Léger, monté par le Dr J. Richard, s'envole quelques instants. Dans le courant de cette même année, les frères Dufaux établissent également un appareil réduit, à quatre hélices sustentatrices, qui vole à la satisfaction de tous.

En 1907, Bréguet et Richet construisent aussi des « gyroplanes » dont le premier modèle, pesant 620 kilogrammes, s'enlève franchement avec son pilote à 1 m. 60 de hauteur ; la surface totale des ailes rotatives est de 26 mètres carrés, tandis que la puissance du moteur à essence est de 45 HP.

Les hélices du « gyroplane n° 2 *bis* » donnent une poussée verticale de 480 kilogrammes et dépensent une puissance de 37 HP ; leur surface est de 11 mètres carrés, Cet appareil vole horizontalement une vingtaine de mètres, ce qui n'est pas trop mal.

Paul Cornu, après de nombreux essais réalisés avec des appareils réduits, entreprend la construction d'un hélicoptère qui donne des résultats fort encourageants. Les hélices, d'une surface totale de 6 mètres carrés, absorbent une puissance de 12 HP et soulèvent aisément la machine montée, d'un poids global de 260 kilogrammes. Avec deux hommes à bord, cet appareil d'essais, pesant 328 kilogrammes y compris la surcharge, s'élève encore franchement, le moteur développant 15 HP.



HÉLICOPLANE IMAGINÉ PAR LE VICOMTE DECAZE

Cet appareil, dont les essais ne furent pas très heureux, comportait deux moteurs rotatifs actionnant, l'un, un groupe d'hélices sustentatrices, l'autre, une hélice propulsive. Des ailes fixes, placées en tandem, font de cette machine un appareil mixte mi-aéroplane mi-hélicoptère.

A la veille du jour où le problème de la navigation aérienne par l'hélicoptère semblait sur le point d'être résolu, d'autres inventeurs, ayant depuis longtemps orienté leurs recherches dans une autre direction, voyaient enfin leurs efforts couronnés de succès. Les Blériot, Ferber, Levavasseur, Santos-Dumont, Voisin et Wright (pour ne citer que les principaux) venaient de réaliser les aéroplanes, qui se soutiennent dans l'atmosphère grâce à des voilures fixes prenant appui sur l'air, du fait de leur pro-

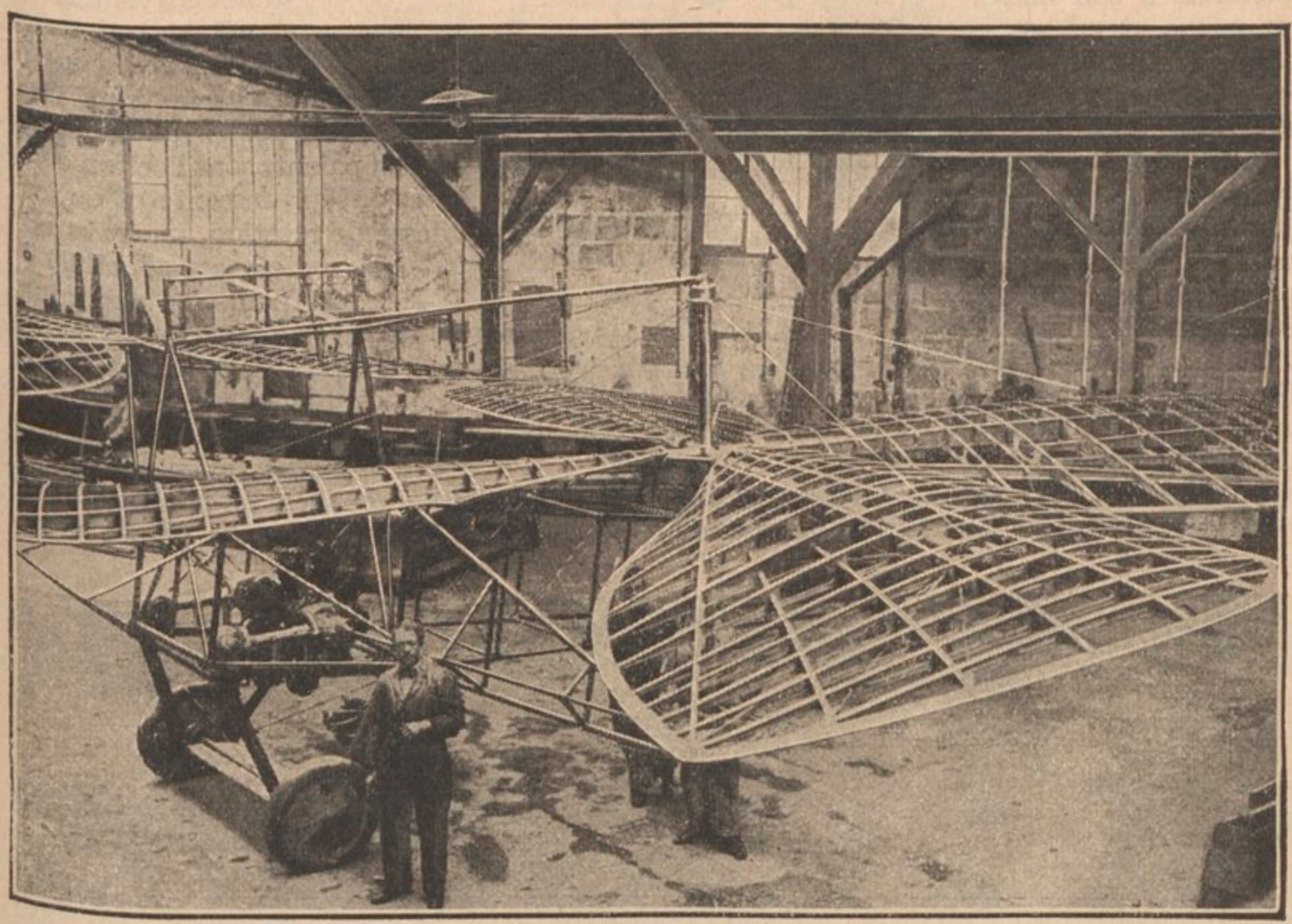
gression, laquelle est absolument indispensable à la sustentation de ces machines.

Ce type d'appareil volant permet à l'homme de réaliser son rêve de toujours : voyager dans les airs à l'instar de l'oiseau. Les succès de l'aéroplane sont tels qu'ils hypnotisent les chercheurs et retardent d'autant les perfectionnements de l'hélicoptère, qui, sans l'avion, eût certainement progressé avec beaucoup plus de rapidité.

En 1908, les aviateurs essaient timidement leurs ailes naissantes, puis les records succèdent aux records. En 1913, on « vole la tête en bas » ; l'on va par avion de Paris à Varsovie et l'on parcourt 200 kilomètres à l'heure : la distance n'existe plus. Après la Manche, la Méditerranée est franchie ; l'on monte à 6.000 mètres de hauteur et les Alpes, puis les Pyrénées sont survolées : les obstacles naturels sont vaincus.

Ensuite, ce sont les hostilités, et l'avion, encore perfectionné, rend des services considérables. Après ces performances, aussi remarquables que nombreuses, oserait-on dire que l'aéroplane ne constitue peut-être pas l'appareil aérien de l'avenir alors que, dernièrement encore, un biplan franchissait l'Atlantique d'un seul vol, un aviateur s'élevait à 10.000 mètres et un appareil crevait l'espace à 300 kilomètres à l'heure ?

Que pourrait-on reprocher à l'avion, créé depuis douze ans à peine, qui vole à une si grande allure ? Justement, ce qu'on peut critiquer en lui, c'est sa trop grande vitesse de déplacement à certains moments de son vol, par exemple au départ et à l'atterrissage. Ce qui est une qualité inappréciable en plein ciel est un danger immédiat aux approches du sol. L'aéroplane est dangereux de par son manque « d'écart de vitesse ». Tant qu'il n'offrira pas une sécurité assez grande, il n'aura pas d'applications pratiques et l'aviation marchande ne pourra exister, car un homme d'affaires ne se souciera pas de prendre place dans un avion pour se déplacer d'une ville à une autre à 200 kilomètres à l'heure s'il risque à chaque instant de son voyage de se rompre les os. De même, un



CONSTRUCTION DE L' « ALERION », DE MM. DAMBLANC ET LACOIN

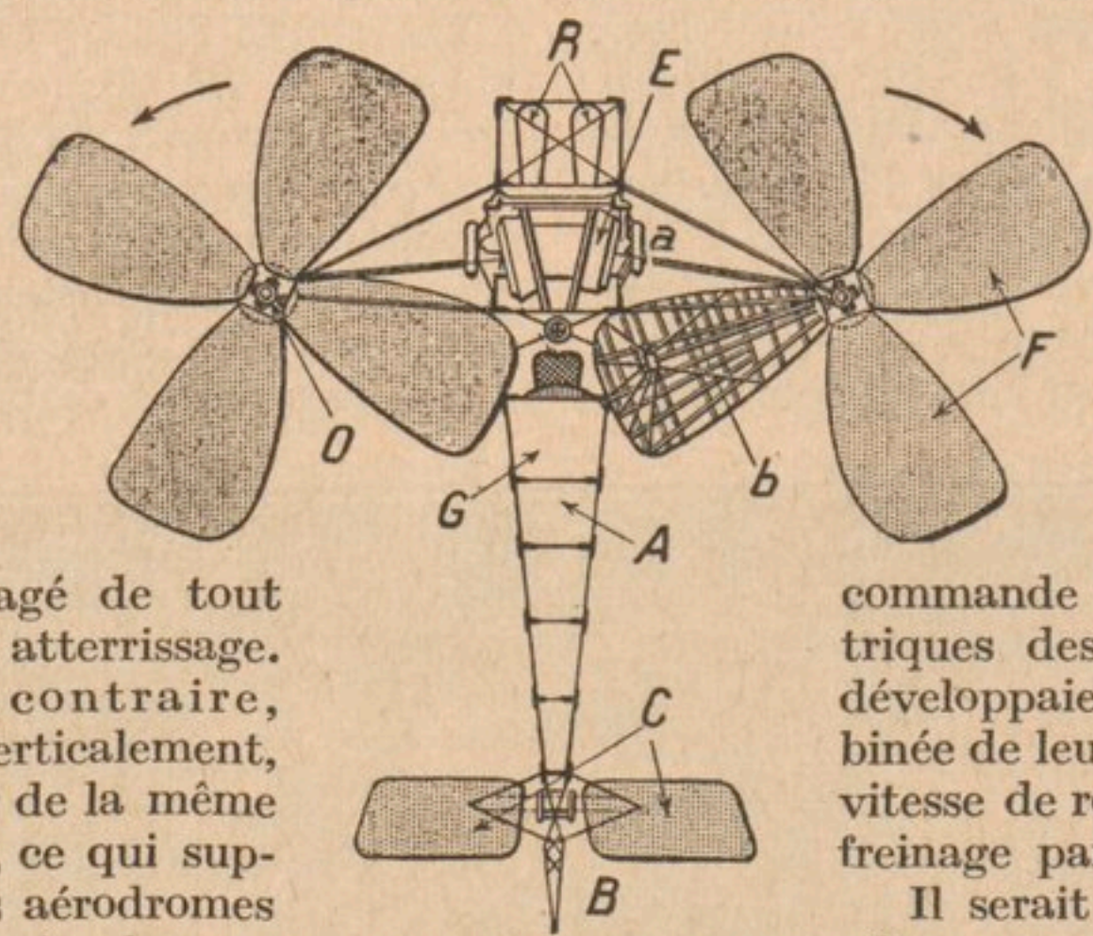
L' « Alerion » est un avion à voilures tournantes constituées par deux hélices à quatre pales construites avec longerons et nervures, puis entoilées exactement comme les ailes des aéroplanes. Le pas de ces hélices est variable à la volonté du pilote. Grâce à cette particularité, l'envol, le planement sur place, la descente ralentie et la stabilité de la machine sont obtenus aisément.

commerçant ne confiera jamais des marchandises précieuses ou son courrier à la poste aérienne s'il a des craintes quant à l'arrivée à bon port de ses envois.

On reproche encore à l'avion, avec juste raison, d'être obligé de rouler un certain temps pour acquérir cette vitesse indispensable à son vol ; de même et encore, il lui faut un terrain assez vaste et dégagé de tout obstacle lors de son atterrissage.

L'hélicoptère, au contraire, quitterait le sol verticalement, reviendrait s'y poser de la même manière, sans rouler, ce qui supprimerait les vastes aérodromes indispensables aux aéroplanes.

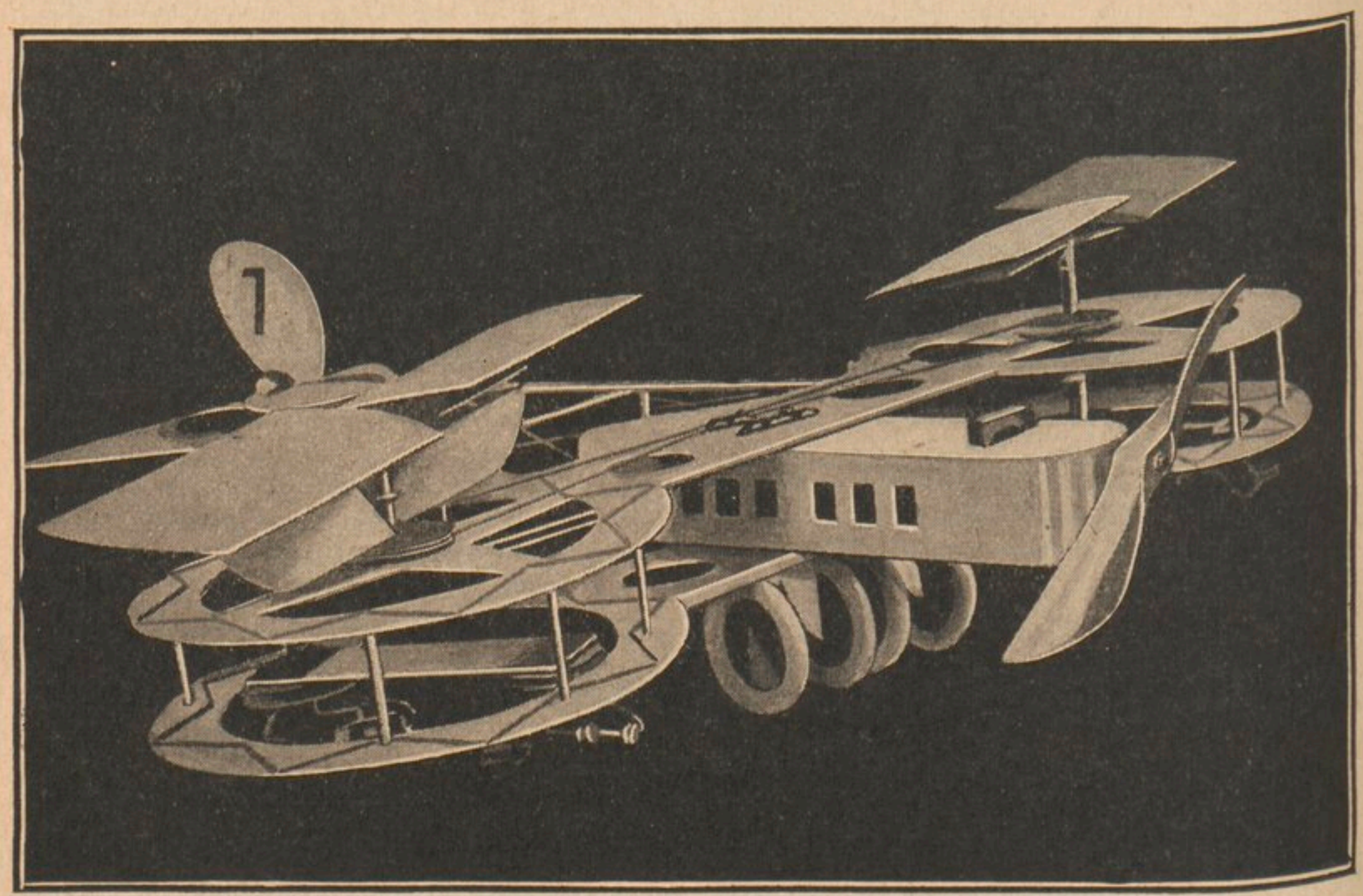
La sustentation de l'hélicoptère étant indépendante de sa vitesse de translation, on est en droit d'attendre de ce dernier type d'aéronef des écarts de vitesse très importants qui seraient la garantie d'une grande sécurité. Par contre, on craignait des retours au sol « catastrophiques » en cas d'arrêt des hélices sustentatrices. Mais, à la suite d'essais sérieux effectués dans les laboratoires aérodynamiques, il a été prouvé que des hélices, débrayées de leurs moteurs et fonctionnant comme les éoliennes des moulins à vent ou les moulinets en usage en aviation pour la commande des générateurs électriques des postes de T. S. F., développaient, sous l'action combinée de leur descente et de leur vitesse de rotation, un travail de freinage parfois considérable.



PLANS DE L'« ALERION »

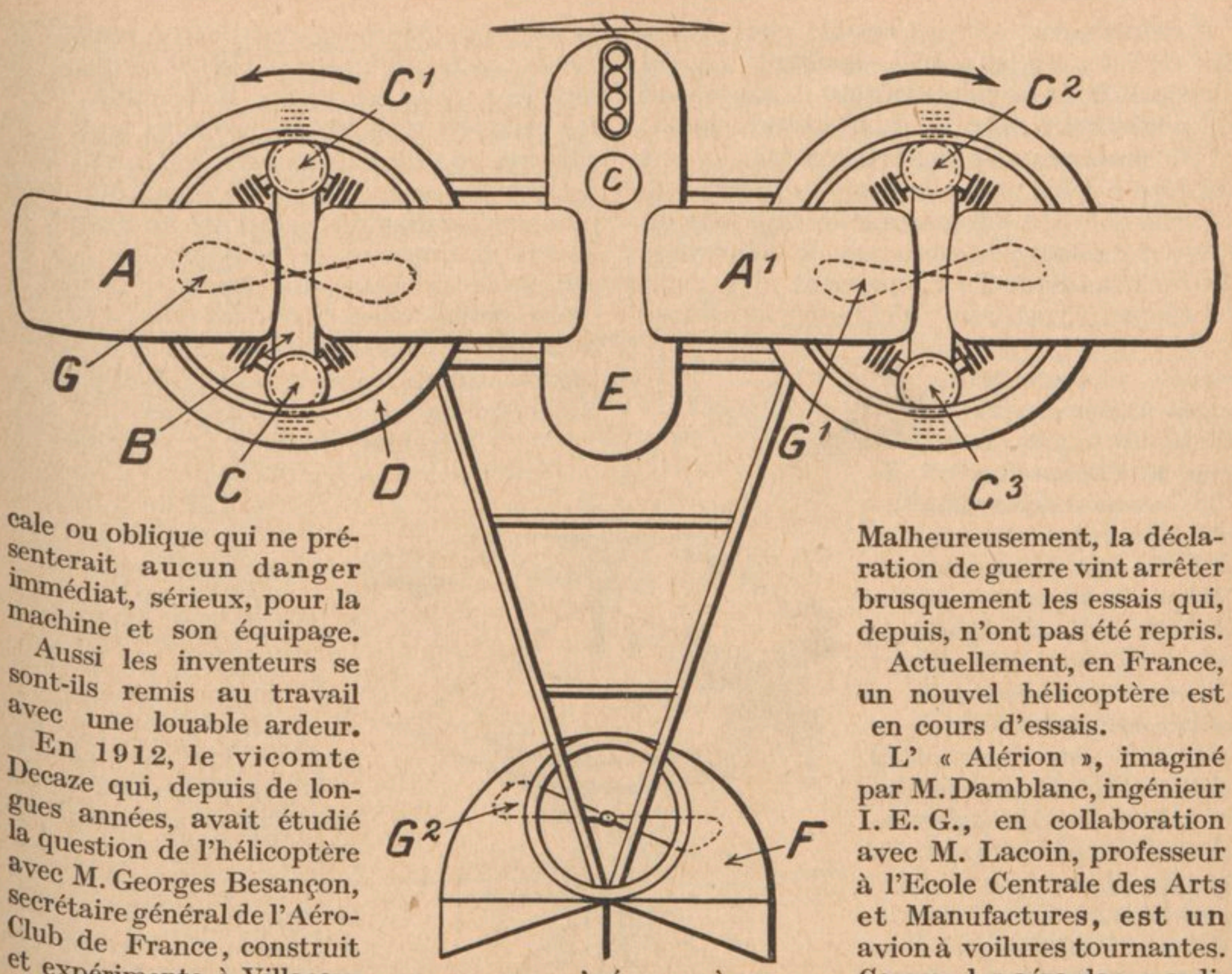
(Voir dans le texte la description des différents organes de cet appareil.)

Il serait peut-être audacieux d'assurer que cette propriété des hélices est actuellement suffisante pour donner une sécurité certaine aux hélicoptères ; mais on peut admettre qu'en perfectionnant ces organes mobiles, on pourra obtenir prochainement, une descente planée verti-



HÉLICOPTÈRE IMAGINÉ PAR M. WILLIAM G. BREACH, DE NEW-YORK

Le modèle réduit construit par l'inventeur vole, paraît-il, parfaitement, mais l'imagination est paresseuse à concevoir un grand hélicoptère volant bien tout en étant affligé de cinq moteurs, dont quatre rotatifs, et de six hélices, dont une tractive et trois stabilisatrices.



PLANS DE L'HÉLICOPTÈRE DE M. WILLIAM G. BREACH

(On trouvera dans le texte la description des divers organes de cette curieuse machine.)

cale ou oblique qui ne présenterait aucun danger immédiat, sérieux, pour la machine et son équipage.

Aussi les inventeurs se sont-ils remis au travail avec une louable ardeur.

En 1912, le vicomte Decaze qui, depuis de longues années, avait étudié la question de l'hélicoptère avec M. Georges Besançon, secrétaire général de l'Aéro-Club de France, construit et expérimente à Villacoublay un appareil comportant essentiellement un bâti sur lequel sont montés deux plans de 25 mètres chacun, en tandem. Il supporte deux hélices sustentatrices superposées et coaxiales mesurant 4 mètres de diamètre, tournant en sens inverse et entraînées par un moteur Gnôme de 50 HP. Le bâti supporte, en outre, vers le quart arrière de l'appareil, une hélice propulsive à axe horizontal actionnée par un second moteur Gnôme de 50 HP. A droite et à gauche, deux ailerons de 4 mètres carrés servent à stabiliser la machine ; leur efficacité est constante quelle que soit la vitesse de l'appareil, car ils se trouvent placés judicieusement dans le courant d'air créé par la rotation de l'hélice propulsive.

Les essais furent interrompus par le bris fâcheux de la machine avant que celle-ci eût été définitivement mise au point.

En 1914, deux inventeurs, MM. Papin et Rouilly, ingénieurs E. C. P., conçoivent un très curieux appareil, le « gyroptère », dont il a déjà été question dans ce magazine (n° 15 du mois de juin 1914), ce qui nous dispense de toute description supplémentaire.

Malheureusement, la déclaration de guerre vint arrêter brusquement les essais qui, depuis, n'ont pas été repris.

Actuellement, en France, un nouvel hélicoptère est en cours d'essais.

L' « Alérion », imaginé par M. Damblanc, ingénieur I. E. G., en collaboration avec M. Lacoin, professeur à l'Ecole Centrale des Arts et Manufactures, est un avion à voilures tournantes. Comme les aéroplanes ordinaires, il possède un fuselage *A*, muni à l'avant d'un train d'atterrissage avec roues, et à l'arrière d'un gouvernail de direction *B*, de plans stabilisateurs *C* et d'une béquille. Deux moteurs *E*, disposés verticalement dans le fuselage, actionnent chacun, par l'intermédiaire d'un arbre *a*, deux grandes hélices.

Chacune des deux voilures tournantes est une hélice à quatre pales. Chaque pale *F*, construite avec longerons et nervures comme les ailes d'avions, est inclinable autour d'un bras tubulaire *b*. Une poutre triangulaire métallique soutient l'ensemble à la partie inférieure. Les sommets des axes verticaux des deux hélices sont réunis, à la partie supérieure du fuselage, par une poutre très résistante et parfaitement croisillonnée.

Le siège du pilote est en *G*, il a devant lui le manche de gauchissement, ainsi qu'un palonnier au pied pour le gouvernail de direction et un volant à main pour les plans stabilisateurs. Les réservoirs d'essence et d'huile sont placés à l'avant du fuselage.

A la base des axes verticaux des voilures se trouvent les carters de transmission composées de roues et pignons à chevrons taillés.

Le fuselage n'est pas entoilé pour éviter les résistances nuisibles pendant l'envol vertical. Pour la même raison, le gouvernail de profondeur est orientable verticalement.

De nombreux et délicats problèmes ont dû être résolus, tels : la mise en marche de chaque moteur par commande spéciale du siège du pilote ; l'embrayage, le débrayage automatiques et l'accouplement des deux moteurs permettant d'obtenir la même vitesse quel que soit le couple, et permettant aussi à chacun d'eux d'assurer seul la marche de l'appareil, c'est-à-dire la commande simultanée des deux voilures.

Mais tout le principe de l'appareil repose sur le *dispositif inédit de gauchissement*. Ce dispositif permet de *donner à chaque pale, à n'importe quel endroit de sa rotation, des inclinaisons différentes*. Il en résulte que le centre de sustentation de l'appareil peut, au gré du pilote, être déporté vers la droite ou vers la gauche, vers l'avant ou vers l'arrière ou dans un sens intermédiaire quelconque.

Le pilote peut ainsi modifier à sa guise la tenue dans l'air de son avion. Cette manœuvre remplace donc celle des ailerons et des stabilisateurs dans les aéroplanes. Enfin, d'après son auteur, le problème capital de l'hélice a pas variable a été résolu dans l'avion à voilures tournantes. Selon les inclinaisons données aux pales des hélices, l'appareil s'élèvera verticalement, se déplacera horizontalement et reviendra atterrir aisément.

De même, par calme plat, et à la condition que l'aviateur puisse régler parfaitement la puissance de ses moteurs, on peut supposer que l'hélicoptère pourra encore planer sur place, immobile dans l'espace, ce qui faciliterait énormément les observations faites à son bord. Par temps agité, il est à craindre, par contre, une « habitabilité » précaire de la machine qui sera secouée au gré des remous aériens comme le serait une barque par une mer déchaînée.

Au Danemark, Ellehammer, un pilote de la première heure qui, en 1908, a réalisé un triplan fort curieux et a réussi à faire quelques envolées avec cet engin, a terminé, dans les premiers mois de la présente année, la construction d'un hélicoptère qui aurait volé devant témoins. L'appareil comporte deux plans circulaires disposés l'un au-dessus de l'autre et tournant en sens inverse. Sur la périphérie du plan supérieur sont disposées douze petites ailes, véritables pales d'hélices attaquant l'air. Pour l'envol vertical, le système est vertical, pour la marche horizontale, il s'incline sur son grand axe vers l'avant.

La machine, munie d'un stabilisateur automatique, est enfin pourvue d'un gouvernail de direction, d'un train d'atterrissage et d'une béquille arrière. Elle est mue par un moteur Ellehammer de 50 HP, comportant six cylindres en étoile et pesant un kilo par cheval.

L'hélicoptère danois pèse 300 kilos et a une surface portante de 39 mètres carrés. La machine a volé dans le courant de l'été devant des témoins et l'on dit que M. Ellehammer construit un nouvel appareil avec la collaboration de techniciens américains. Ceux-ci semblent, d'ailleurs, s'intéresser d'une façon particulière à toutes les expériences actuelles d'hélicoptères.

C'est ainsi que toute la presse technique d'outre-Atlantique a consacré de longs et enthousiastes articles à l'appareil réduit de M. William G. Breach.

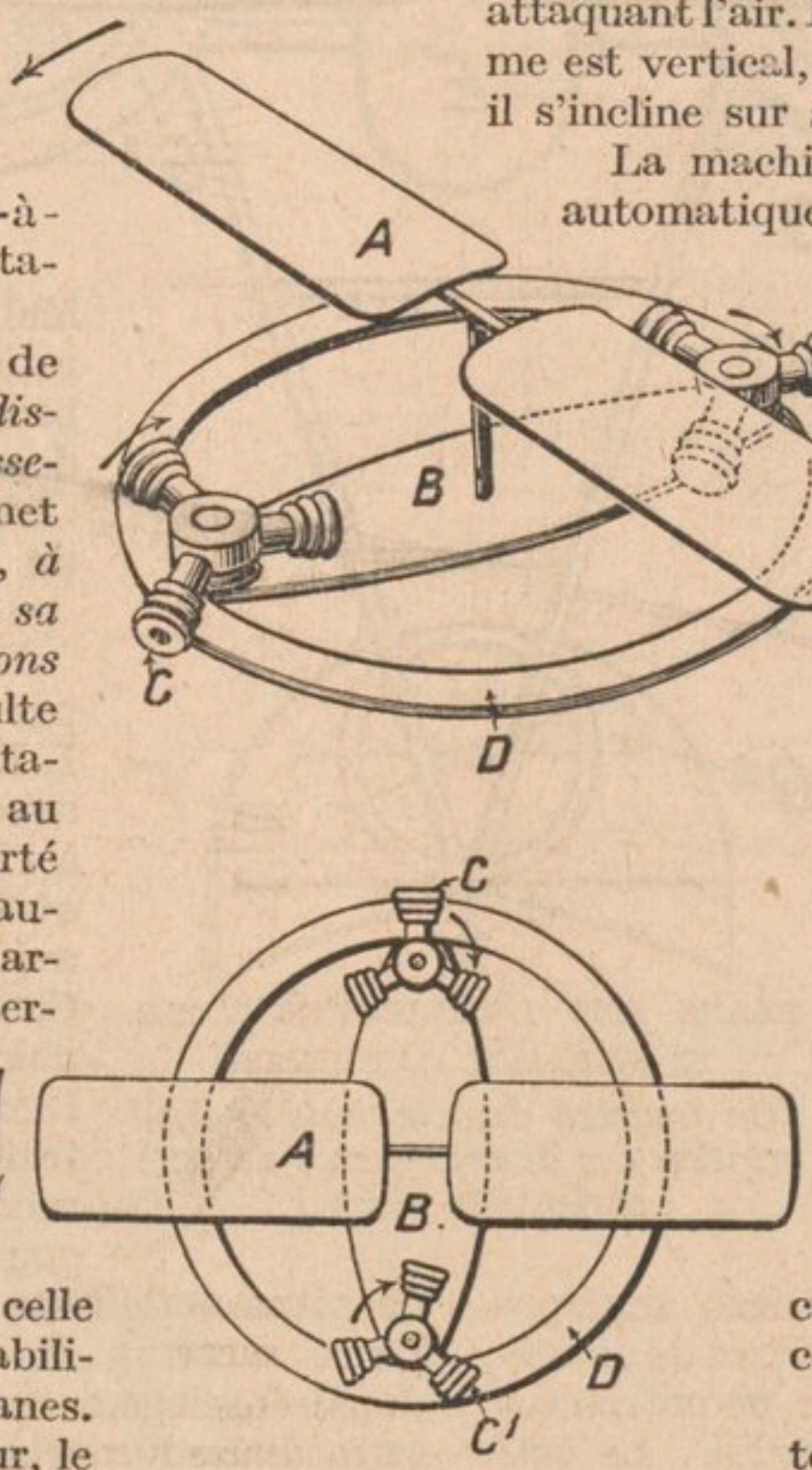


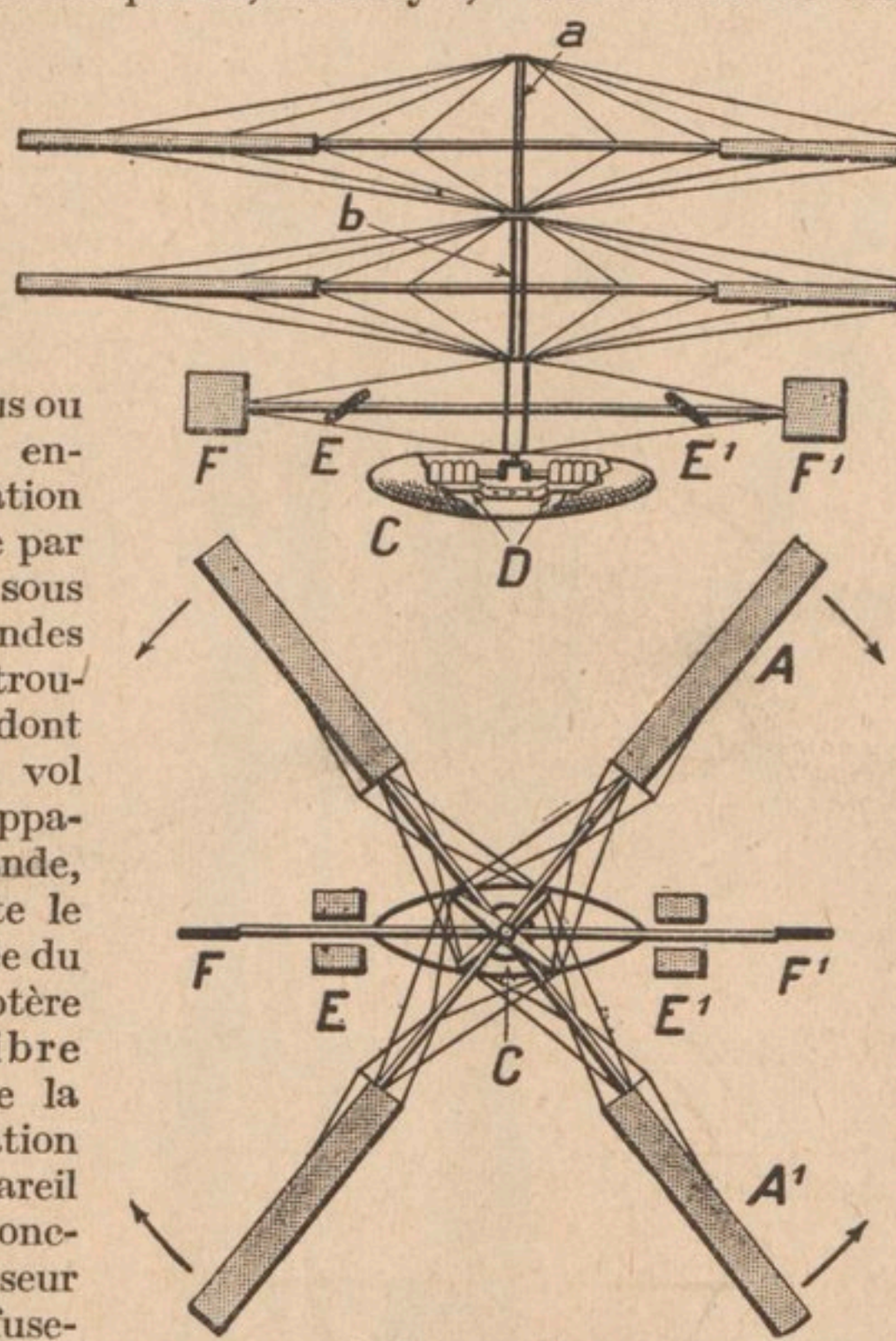
SCHÉMA D'UN GROUPE MOTO-SUSTENTATEUR DE L'HÉLICOPTÈRE WILLIAM G. BREACH

Les deux hélices *A* et *A*[1], de ce modèle, sont situées de part et d'autre d'un fuselage *E* et entraînées par les moteurs de façon fort originale : deux chemins de roulement circulaires *D* servent chacun à guider un groupe de deux moteurs rotatifs à air comprimé, *C* et *C*[1], montés aux extrémités d'un bâti *B*, lui-même solidaire d'un arbre vertical portant l'hélice de sustentation *A* (Voir les fig. page 301 et ci-dessus).

Les deux hélices tournent naturellement en sens inverse l'une de l'autre ; au cas où l'un des deux groupes moteurs aurait une panne, les hélices sont reliées entre elles par une courroie croisée. Dans le modèle définitif, l'accouplement serait obtenu par

quatre pignons d'angle et un arbre de liaison coupé en son milieu par un différentiel.

La stabilité longitudinale est assurée par l'adjonction, à la partie arrière du fuselage, d'un empennage *F* avec gouvernails de profondeur et de direction agissant de la même manière que ceux des aéroplanes, mais il y a, de plus, une hélice à axe vertical G^2 dont le pas est modifiable à la volonté du pilote, ce qui permet à ce dernier, selon le sens de sa manœuvre, de faire cabrer ou piquer plus ou moins la machine entière. La stabilisation latérale est obtenue par le même procédé : sous chacune des grandes ailes rotatives, se trouve une hélice *G*, dont le pas est nul en vol normal. Quand l'appareil donne de la bande, l'aviateur augmente le pas de l'hélice située du côté où l'hélicoptère penche et l'équilibre doit se rétablir de la sorte. La translation horizontale de l'appareil s'obtient par l'adjonction d'un propulseur placé à l'avant du fuselage et entraîné par un cinquième moteur. Cet hélicoptère nous semble bien compliqué. Bien plus simple est celui scientifiquement imaginé par Francis Bacon Crocker, ancien professeur au « Department of Electrical Engineering of Columbia University », et par le docteur Peter Cooper Hewitt. Nous empruntons à notre confrère américain, l'*Electrical Experimenter*, les renseignements suivants :



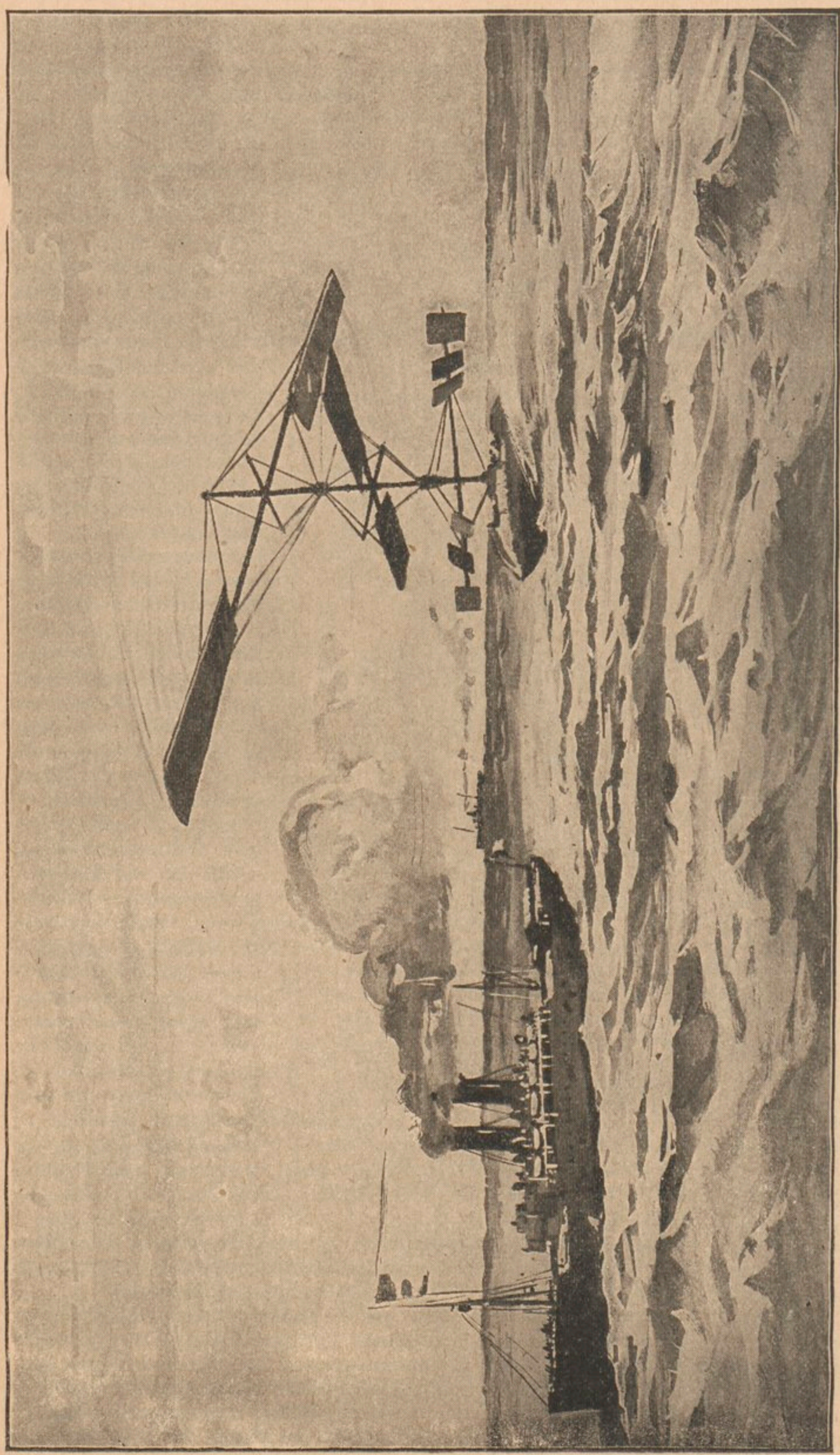
PLANS DE L'HÉLICOPTÈRE IMAGINÉ PAR MM. CROCKER ET HEWITT

Cet hélicoptère, actuellement aux essais à Ampère, se compose de deux hélices A *et* A^1, *à deux pales, entraînées par deux arbres concentriques* a *et* b, *solidaires de deux moteurs* D *placés dans une nacelle* C, *située à la partie inférieure de l'appareil. Le déplacement horizontal est obtenu par le jeu de deux gouvernails* E *et* E^1 *dont la manœuvre provoque l'inclinaison de l'axe des deux hélices ; la direction est obtenue par un procédé analogue, à l'aide de deux gouvernails verticaux* F *et* F^1.

Le premier objet des recherches entreprises par les deux inventeurs fut de déterminer les meilleures formes ou dispositions à donner aux hélices pour obtenir le rendement maximum. Après de patients essais, ces ingénieurs déterminèrent que les hélices devaient être coaxiales, avoir de grandes dimensions, peu de pales, et être animées de vitesses de rotation assez faibles pour éviter le brassage de l'air. De plus, pour obtenir une certaine stabilité, il semblait préférable de disposer les hélices l'une au-dessous de l'autre ; cet arrangement n'influençait pas le rendement de l'hélice inférieure comme le craignaient cependant les Américains. Avant d'entreprendre leurs expériences, ceux-ci pensaient obtenir des tractions verticales de 9 à 18 kilogrammes par HP. Ils sont arrivés actuellement à des efforts sustentateurs de 1.155 kilogrammes, les hélices tournant à soixante-dix tours à la minute et les deux moteurs développant une puissance totale de 126 HP, soit une traction de 91 kilogrammes par HP, chiffres que nous ne pouvons donner que sous toute réserve.

Les hélices de la machine actuelle mesurent 15 m. 54 de diamètre, chaque pale mesure 0 m. 76 de largeur et 4 m. 57 de longueur. Le profil est semblable à celui des ailes d'aéroplanes, mais la construction en est très particulière : un tube d'acier forme longeron unique ; sur ce tube se trouvent des nervures dont les becs avant et arrière sont réunis par un arêtier profilé en « U » ; toute cette carcasse est garnie de feuilles d'aluminium. Le mode de construction, très léger, manquerait toutefois de solidité : des haubans en assez grand nombre donnent aux hélices toute la rigidité désirable.

Les moteurs actuels sont des dynamos électriques. Ce type de machine a eu la préférence provisoirement, car sur un appareil d'expériences il était nécessaire d'avoir des moteurs vibrant peu, tournant régulièrement à tous les régimes et donnant une



COMPOSITION MONTRANT UN HÉLICOPTÈRE COCKER-HEWITT AMERRISSANT NON LOIN D'UN PAQUEBOT

Cette illustration est la reproduction d'un document américain. Pour l'avenir même de la navigation aérienne, dont l'insécurité actuelle est la cause principale de sa léthargie, il est à souhaiter que ce qui était fiction hier encore soit réalisation demain ; mais, malheureusement, malgré l'ingéniosité des inventeurs de l'Ancien et du Nouveau Monde, le temps de cette réalisation si vivement désirée ne semble pas encore très proche.

puissance aisément mesurable par simple lecture du voltmètre et de l'ampérémètre, mais, dans l'appareil définitif, les inventeurs utiliseront des moteurs d'avion.

Crocker et Hewitt paraissent avoir solutionné d'une façon élégante le délicat problème de la démultiplication des vitesses angulaires. Le régime des moteurs étant voisin de 1.400 tours à la minute, celui des hélices étant de cent révolutions, les ingénieurs imaginèrent le dispositif fort simple que représente la figure ci-contre. Deux disques en acier *A* et *B*, parallèles entre eux, portant à leur périphérie une denture conique, sont solidaires respectivement des arbres concentriques *a* et *b* qui entraînent chacun une hélice. Aux extrémités opposées d'un diamètre se trouvent deux pignons clavetés sur le nez des vilebrequins des moteurs ; des roulements à billes *d*, d^1, d^2, d^3, maintiennent tout le mécanisme rigidement monté. Le fonctionnement est aisé à comprendre et au cas où l'un des moteurs s'arrête, l'autre engin continue seul à entraîner les deux hélices sans qu'il en résulte pour cela un déséquilibrage de la machine. De plus, ce dispositif permettrait d'intercaler aisément quatre ou six autres moteurs, si besoin était.

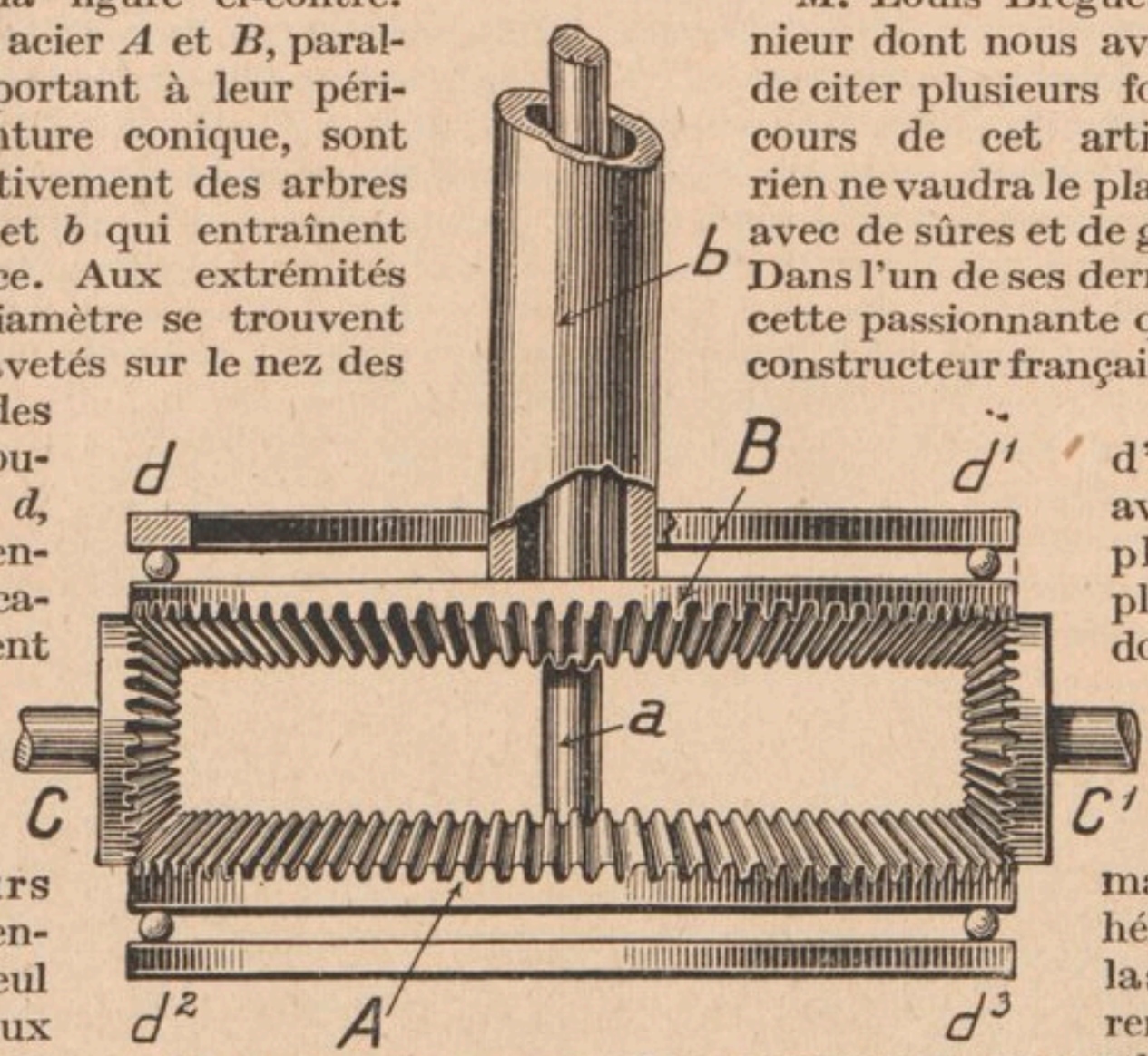


SCHÉMA DU DISPOSITIF D'ENTRAINEMENT DES HÉLICES DE L'APPAREIL CROCKER-HEWITT

Les essais de la machine d'expériences, qui eurent lieu à Ampère (New-Jersey), sont actuellement terminés et la construction de l'hélicoptère définitif, assurent les journaux, est en bonne voie d'achèvement.

Un troisième expérimentateur américain, M. Henry Berliner, fils d'Emile Berliner, le constructeur de phonographes connu, est un chaud partisan de l'hélicoptère, et depuis de nombreuses années, il a expérimenté, dans la province de Washington, plusieurs types différents d'engins à hélices sustentatrices. Les essais furent encourageants, paraît-il, et son appareil, comportant deux hélices superposées actionnées par un moteur Rhône de 80 HP, aurait volé l'hiver dernier deux ou trois minutes à la hauteur d'un arbre, ce qui est assez vague comme indication, mais marque toutefois un résultat.

Cependant, pour que la navigation aérienne par l'hélicoptère devienne pratique, il faudrait résoudre encore de délicats problèmes, en particulier celui de la maniabilité par temps agité. En effet, lorsque le vent soufflera à terre, il est évident que l'aéronef ne descendra pas verticalement mais selon une trajectoire d'autant plus inclinée que la vitesse du courant aérien sera plus grande ; ceci complique donc sérieusement l'atterrissage, théoriquement si simple.

M. Louis Bréguet, l'éminent ingénieur dont nous avons eu l'occasion de citer plusieurs fois les travaux au cours de cet article, suppose que rien ne vaudra le planement rectiligne avec de sûres et de grandes ailes fixes. Dans l'un de ses derniers ouvrages sur cette passionnante question, le grand constructeur français s'exprime ainsi :

« Tout appareil d'aviation doit, avant tout, être un planeur. Mais ce planeur, à mon sens, doit être complété non pas seulement par de bonnes hélices propulsives, mais aussi par des hélices donnant de la sustentation; elles rendront aux aéroplanes les plus grands services pour le rôle pratique qu'ils seront amenés à jouer et pour lequel une grande facilité d'essor sera nécessaire ainsi que des allures variables dans le vol.

« Pour terminer, je ne dirai donc pas qu'il faut détourner les inventeurs de cette utopie qu'est l'hélicoptère ; je dirai, au contraire, qu'il faut encourager et susciter de nouvelles expériences sur les hélices sustentatrices qui, dans un avenir rapproché, seront le complément précieux des aéroplanes. »

Quand on connaît les résultats obtenus en Amérique, lorsqu'il a été permis d'examiner en détail l'*Alerion*, dont la construction fait le plus grand honneur à Damblanc, on est en droit de supposer que nous sommes peut-être à la veille du jour où les hélicoptères s'élanceront à leur tour dans l'espace.

Notre but, en rédigeant cet article, n'a pas été de trancher la question ; nous ne nous laisserons pas aller, non plus, au jeu facile des prédictions à échéances plus ou moins lointaines.

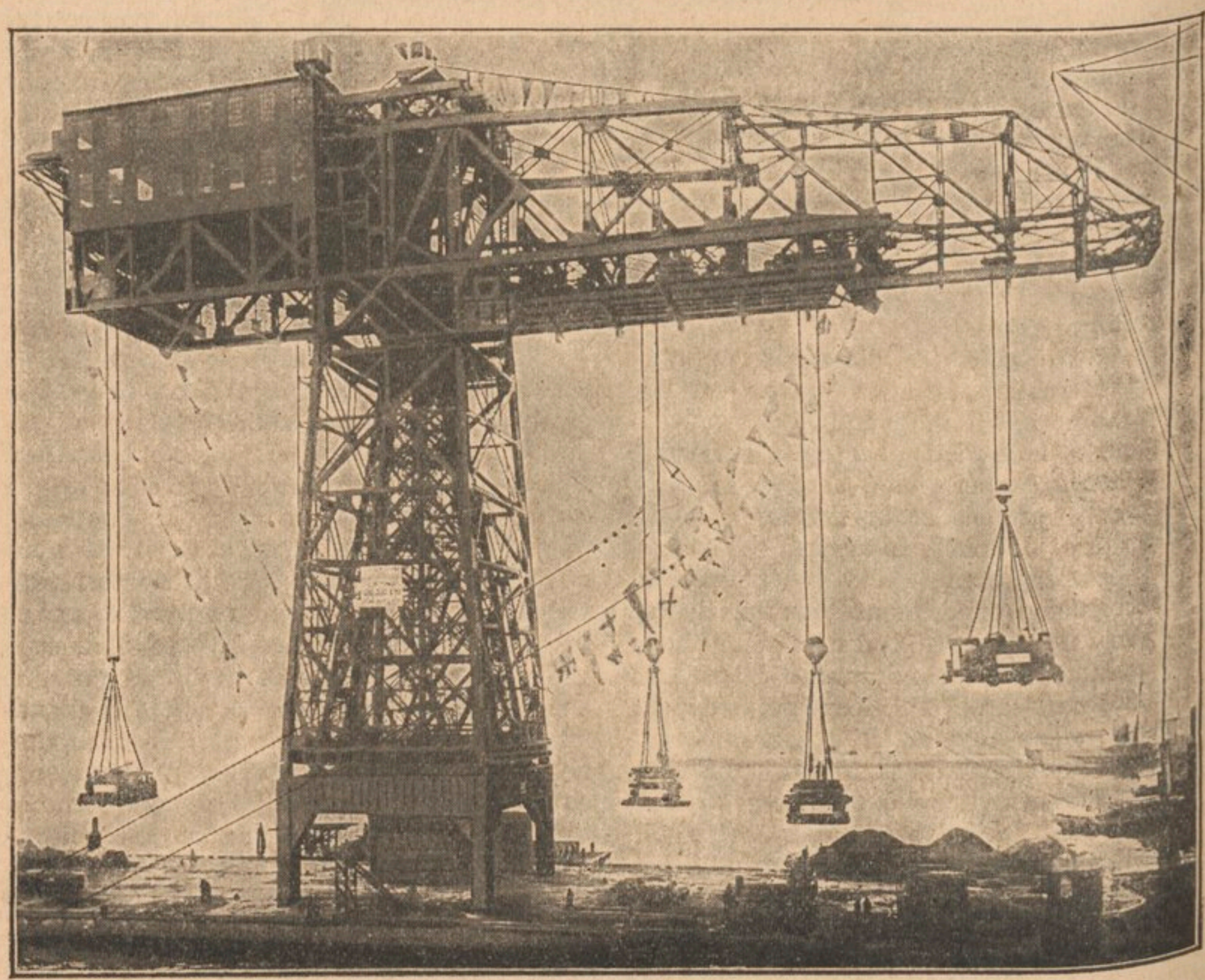
E.-H LÉMONON.

UNE GRUE QUI SOULÈVE 500 TONNES

Cet appareil a été récemment construit et mis en service à l'arsenal de Philadelphie; c'est la plus puissante grue américaine, sinon du monde. On se fera une idée de ses dimensions quand on saura que sa hauteur totale (hors tout, comme disent les ingénieurs navals) est de 245 pieds, soit environ 74 mètres. Elle est destinée à mettre à bord des plus grosses unités navales des États-Unis, en achèvement, armement ou réparation, comme aussi à débarquer, les pièces les plus lourdes qui s'y rencontrent, tels les formidables tourelles, les canons de gros calibre, les chaudières, machines, etc...

Dans les essais de recette auxquels fut soumise cette grue géante, on enleva, en un seul chargement, un poids de 443.000 kilogrammes, mais l'immense structure comporte, comme le montre notre gravure, plusieurs appareils de levage indépendants, de puissances diverses, tous susceptibles de se déplacer sur rails latéralement et longitudinalement. A l'essai que notre photographie représente, les deux appareils de levage principaux supportaient chacun un chargement de lingots d'acier pesant environ 190.000 kilogrammes et les deux appareils d'extrémité, une locomotive chacun, une de 45.000 et une de 34.000 kilogrammes, soit, pour l'ensemble, un poids total de 459 tonnes.

La puissance des différents appareils de levage qui composent cette grue a été calculée de manière à permettre d'assembler complètement dans les ateliers de l'arsenal les tourelles, canons, machines et autres lourdes pièces mécaniques et à les monter directement sur les cuirassés, croiseurs cuirassés, etc., éliminant ainsi les opérations de démontage, transbordement en plusieurs fois, réassemblage et réglages ultérieurs sur les navires.



ON VOIT ICI LA GRUE SOULEVANT, AU COURS D'UN ESSAI, UN POIDS TOTAL DE 459 TONNES

RÉCEPTION SUR BANDE LUMINESCENTE DES SIGNAUX INFRA-ROUGES

Par René BROCARD

Dans mon article sur la télégraphie militaire par ondes infra-rouges, paru en janvier (1), je n'avais pu donner du système à réception visuelle imaginé par M. Charbonneau, qu'une description très succincte, faute de renseignements suffisamment circonstanciés.

Les appareils et la méthode de cet ingénieur méritaient, cependant, mieux qu'une simple mention, ainsi qu'il appert des documents que M. Charbonneau lui-même a bien voulu me soumettre récemment. C'est pourquoi je m'excuse auprès du lecteur de revenir quelque peu sur cette question de l'infra-rouge.

A cet égard, je dois ajouter que la paternité de l'application des rayons infra-rouges à la télégraphie militaire a été à tort attribuée, par certaines revues américaines, à un de leurs compatriotes. Je le déplore d'autant plus que, ainsi que le remarquait récemment le général Ferrié à propos des progrès réalisés pendant la guerre en télégraphie et en téléphonie sans fil, trop de nos confrères américains ont, par ignorance ou par chauvinisme, une fâcheuse propension à « américaniser » toutes les bonnes idées que leurs compatriotes n'ont pas eues.

Ceci dit, revenons à la réception visuelle de M. Charbonneau dont le principe est basé sur la propriété qu'ont les rayons infra-rouges d'éteindre la phosphorescence de certaines substances dites photo-luminescentes.

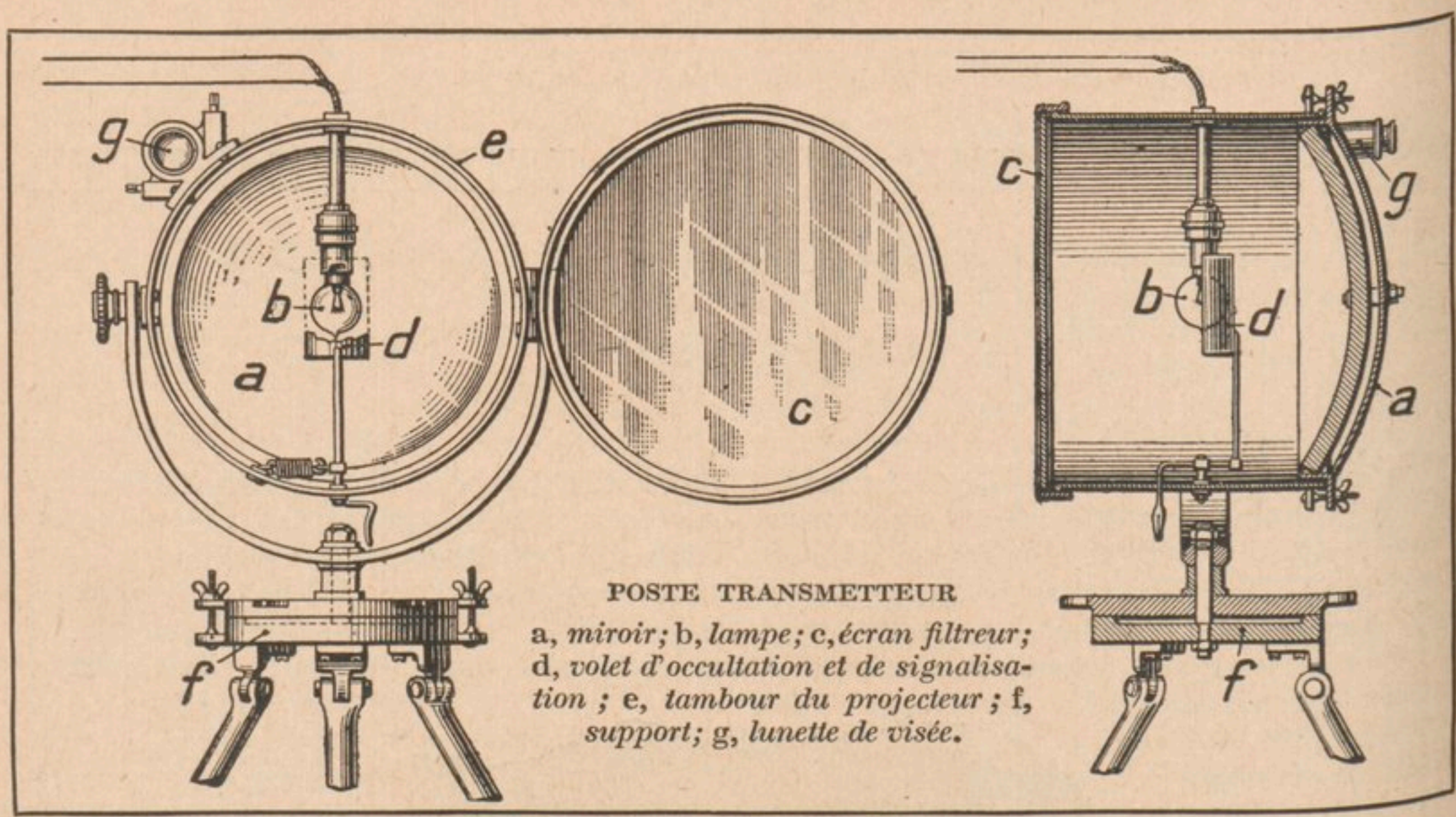
Le poste transmetteur est analogue à ceux décrits dans mon précédent article. Pour la clarté de ce qui va suivre, je rappellerai qu'il se compose : d'un miroir *a*, d'une source lumineuse *b*, riche en radiations infra-rouges (une simple lampe à incandescence, par exemple, qu'on place au foyer du miroir), d'un écran *c* propre à intercepter toutes les radiations lumineuses autres que les infra-rouges, et d'un dispositif permettant d'occulter même ces dernières radiations quand on le désire. Ce dispositif peut être constitué par un volet opaque *d* interposé entre la source lumineuse et le miroir et qu'on peut déplacer rapidement pour émettre des signaux, à l'aide d'une transmission appropriée, du genre Bowden, par exemple.

PROJECTEUR ÉQUIPÉ POUR LA RÉCEPTION VISUELLE, SYSTÈME CHARBONNEAU

L'ensemble de l'appareil est assemblé dans le tambour *e* d'un projecteur monté à la cardan sur un support *f*, de manière à pouvoir orienter dans toutes les directions le faisceau de rayons infra-rouges. Une lunette *g*, fixée sur le tambour, permet de viser le poste récepteur auquel on veut transmettre des signaux.

Le poste récepteur comprend : soit une lentille, soit un miroir concave *h* qui est

(1) Se reporter au n° 48, janvier 1920, page 19, de *La Science et la Vie*.

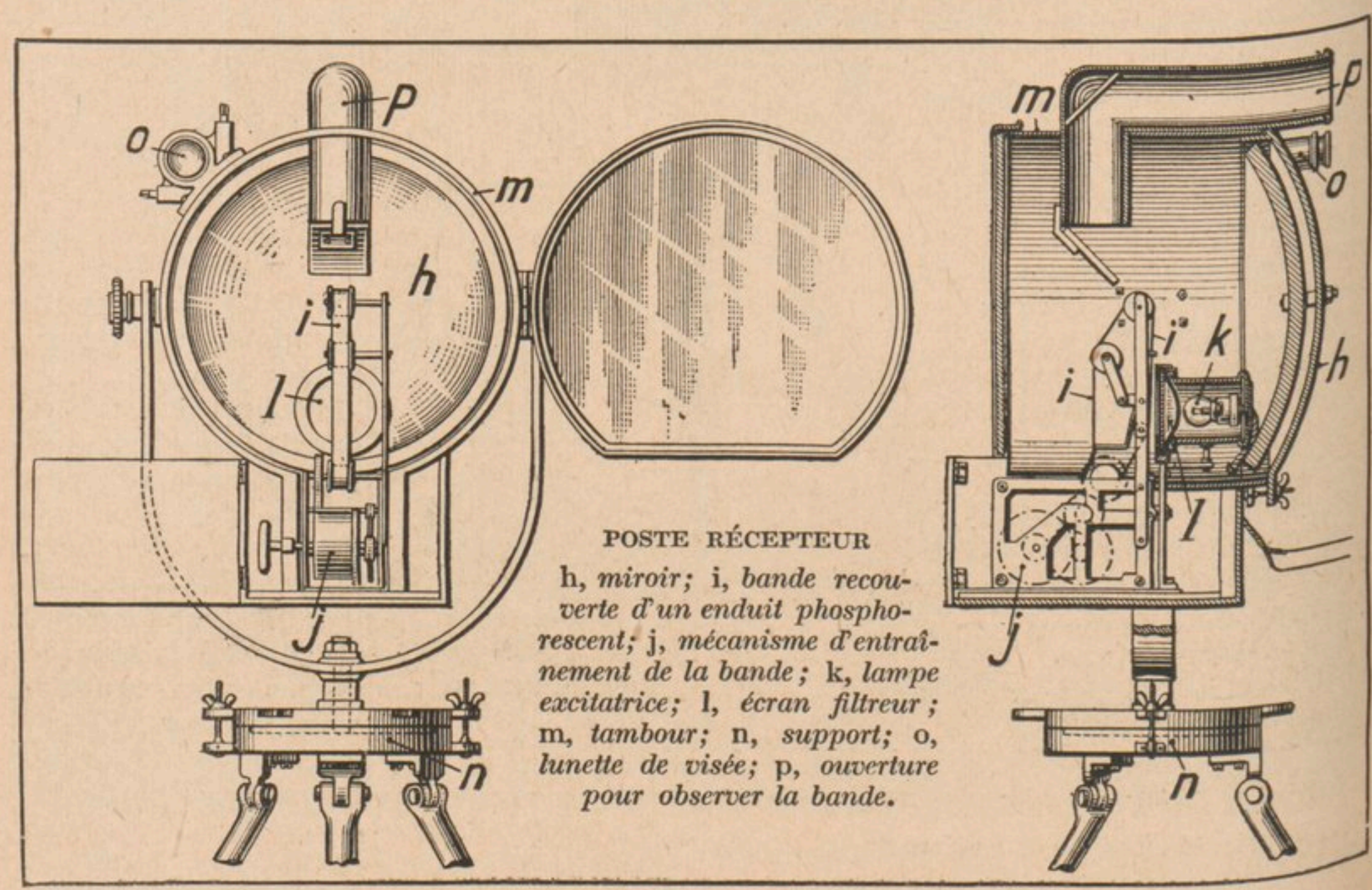


POSTE TRANSMETTEUR

a, *miroir;* b, *lampe;* c, *écran filtreur;* d, *volet d'occultation et de signalisation ;* e, *tambour du projecteur ;* f, *support;* g, *lunette de visée.*

destiné à capter les rayons infra-rouges et à les concentrer à son foyer sur une bande sans fin *i*, recouverte d'un enduit phosphorescent. Cette bande est animée d'un mouvement de translation continu et uniforme devant le foyer du système optique par l'intermédiaire d'un mécanisme d'horlogerie *j*. Il comprend encore une source lumineuse *k* servant à exciter la phosphorescence de l'enduit (du sulfure de zinc vert, par exemple) recouvrant la bande. Cette source lumineuse est enfermée dans une boîte étanche munie sur une de ses faces d'un écran spécial *l*, constitué par un verre bleu monochromatique, ou mieux, par une cuve transparente contenant une solution de sulfate de cuivre ammoniacal. Les rayons lumineux traversent cet écran avant de tomber sur la bande en un point autre que le foyer du miroir ou de la lentille.

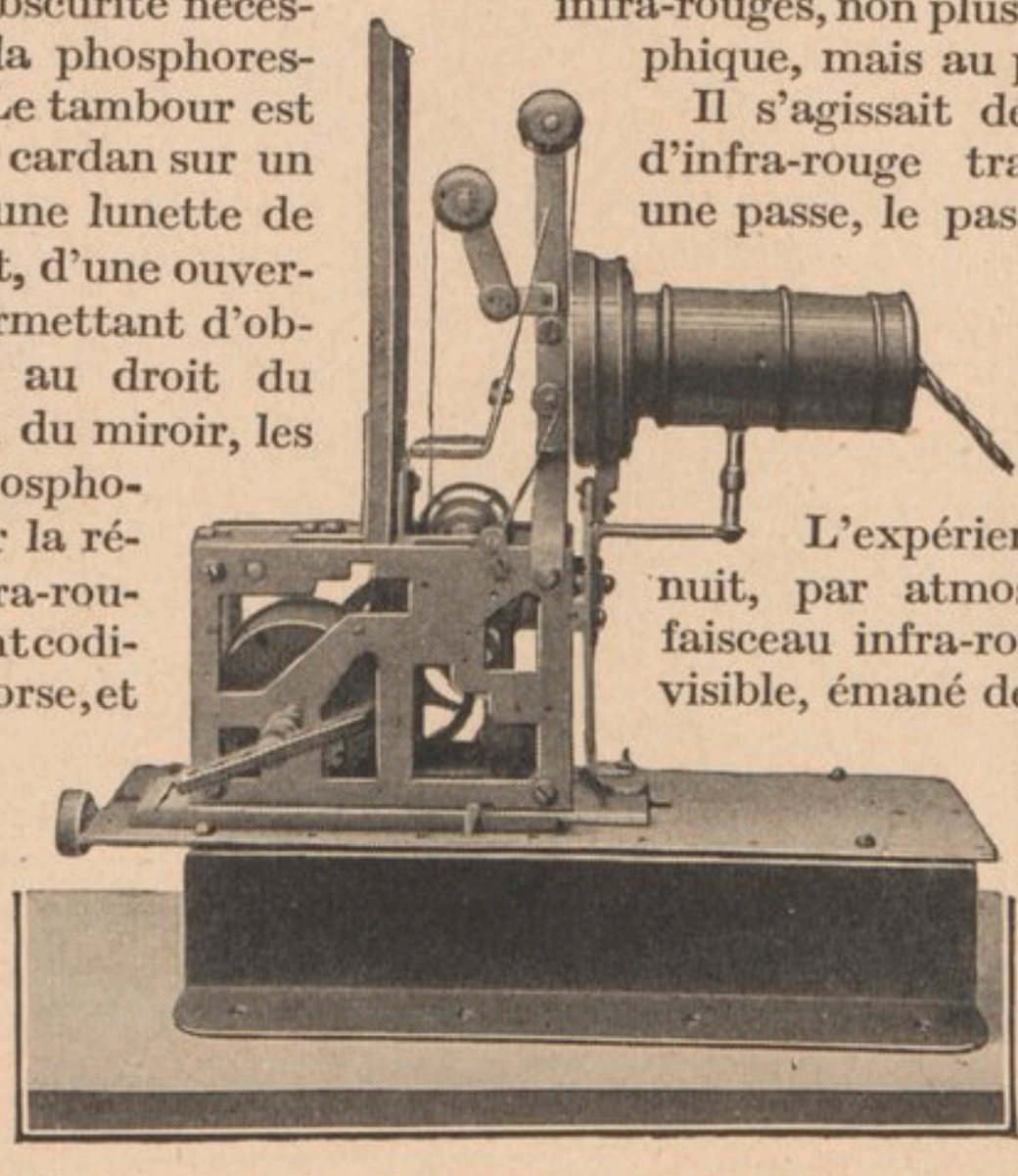
L'ensemble du dispositif de réception est également monté dans un tambour de projecteur *m*, fermé en avant par un verre



POSTE RÉCEPTEUR

h, *miroir;* i, *bande recouverte d'un enduit phosphorescent;* j, *mécanisme d'entraînement de la bande;* k, *lampe excitatrice;* l, *écran filtreur ;* m, *tambour;* n, *support;* o, *lunette de visée;* p, *ouverture pour observer la bande.*

noir permettant la réception pendant le jour, grâce à l'obscurité qu'il fait régner dans l'intérieur du tambour (obscurité nécessaire pour observer la phosphorescence de la bande). Le tambour est également monté à la cardan sur un support *n* et muni d'une lunette de visée *o* et, d'autre part, d'une ouverture ou bonnette *p* permettant d'observer sur la bande, au droit du foyer de la lentille ou du miroir, les extinctions de la phosphorescente produites par la réception des rayons infra-rouges. Les extinctions sont codifiées, par exemple au Morse, et s'interprêtent, dans ce cas, par des successions de points et de traits noirs sur la bande rendue lumineuse entre les éléments des signaux et ces signaux eux-mêmes.



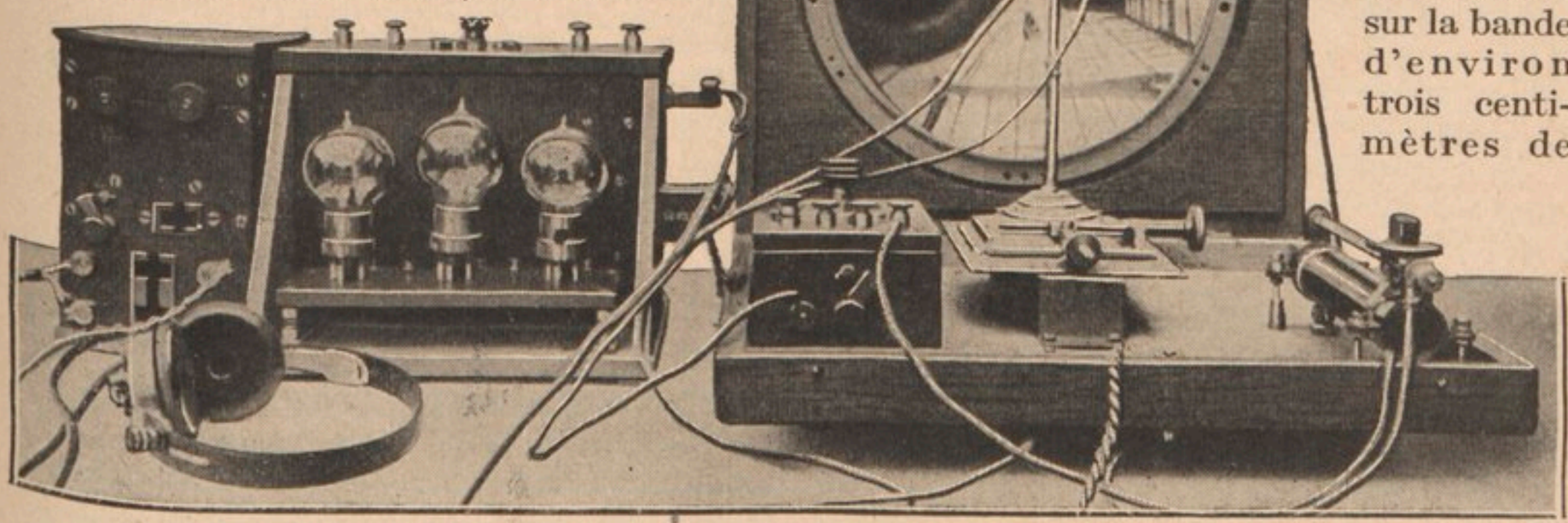
MÉCANISME D'ENTRAINEMENT AUTOMATIQUE DE LA BANDE PHOSPHORESCENTE

On peut aussi, en interposant entre le foyer du système optique récepteur et l'écran *l*, un dispositif permettant d'appliquer contre la bande phosphorescente une autre bande recouverte d'une émulsion sensible (pellicule ou papier) photographier les signaux reçus.

Les appareils de M. Charbonneau ont été expérimentés avec un plein succès par les armées et marines alliées, ainsi qu'en font foi les rapports officiels que j'ai eus sous les yeux. Il serait trop long et quelque peu oiseux d'entrer dans le détail de ces expériences, mais je ne peux passer sous silence une de celles qui ont été effectuées à Toulon, en raison de la clarté qu'elles jettent sur les services qu'on peut attendre sur mer de l'emploi des rayons infra-rouges, non plus au point de vue télégraphique, mais au point de vue détection.

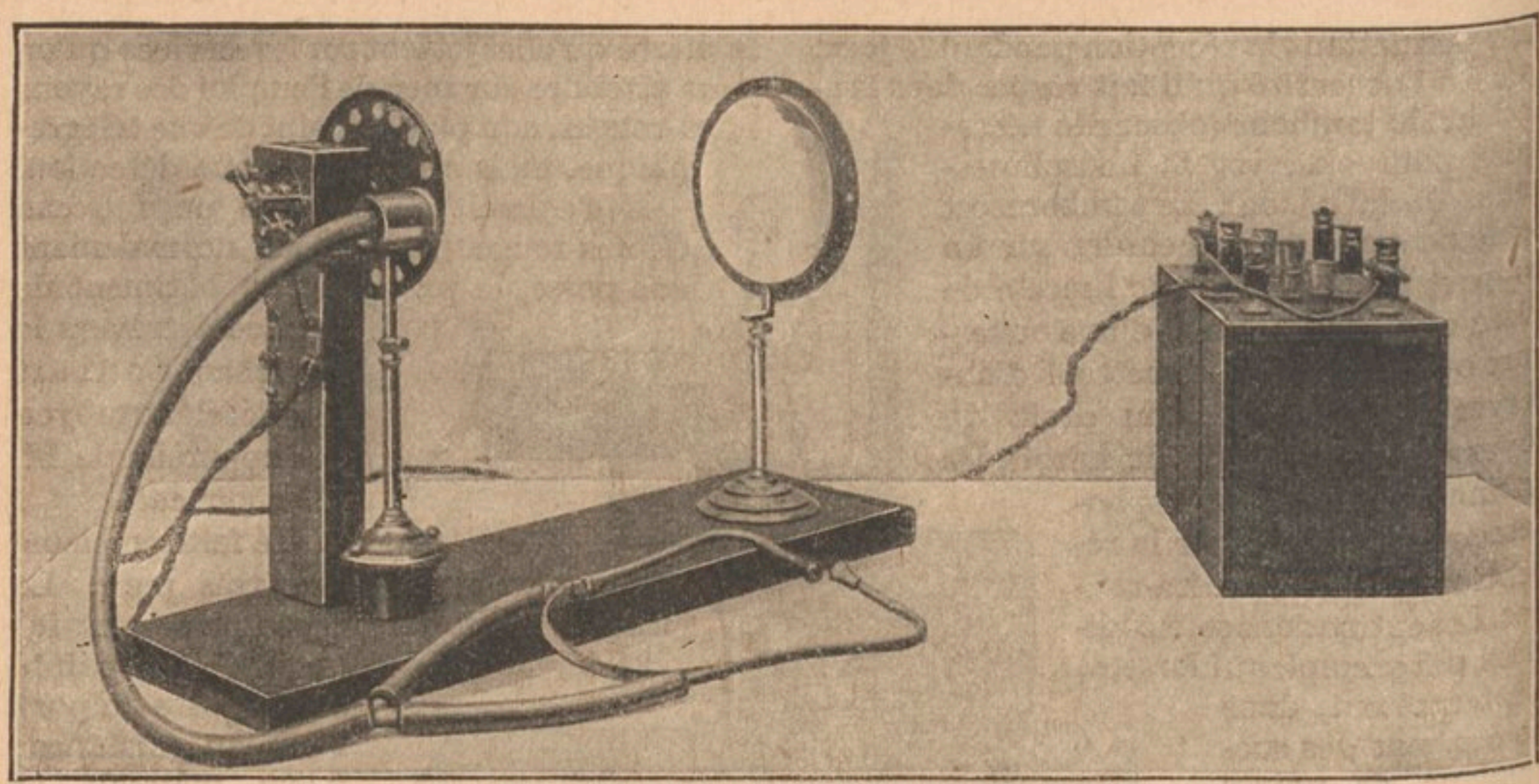
Il s'agissait de savoir si un faisceau d'infra-rouge traversant normalement une passe, le passage d'un bâtiment de surface à travers le faisceau pouvait être décelé au moyen des appareils de M. Charbonneau.

L'expérience a été faite en pleine nuit, par atmosphère très pure. Le faisceau infra-rouge, complètement invisible, émané de l'Estérel, était pointé sur le poste du port Pothuau (distance : 9.500 mètres), et reçu sur le miroir en verre Sauter-Lemonnier, de 0 m. 60 de diamètre, emprunté au projecteur de la *Poupée*. Un trait noir continu, très net, fut alors enregistré sur la bande phosphorescente. A un signal convenu, la *Poupée* appareilla, tous feux masqués, et traversa le faisceau à six reprises différentes, à 1.200 mètres environ de l'appareil récepteur, avant de reprendre son mouillage. Chaque fois, le passage du bâtiment fut nettement décelé par une interruption du trait noir sur la bande d'environ trois centimètres de



RÉCEPTION DES RAYONS INFRA-ROUGES PAR PILE THERMO-ÉLECTRIQUE

La pile est placée au foyer du miroir; on voit, au premier plan, la résistance et le potentiomètre et, à gauche, le ticker et l'amplificateur à lampes permettant la réception téléphonique.



RÉCEPTION TÉLÉPHONIQUE DIRECTE, AU MOYEN D'UNE CAPSULE AU NOIR DE FUMÉE

La capsule est placée derrière la roue perforée dont la vitesse de rotation donne la hauteur du son. Une lentille concentre le faisceau infra-rouge sur la grille de la capsule.

longueur, ce qui correspondait à une durée de dix-huit secondes, sensiblement égale au temps nécessaire à la *Poupée* pour se déplacer de sa propre longueur. A certains points, plus brillants dans la partie interrompue, on a même cru constater une occultation du faisceau plus complète correspondant au passage des superstructures du bâtiment.

De l'ensemble des expériences de Toulon, la commission conclut, sur ce point particulier de la détection, qu'on pouvait très facilement déceler, par occultation d'un faisceau infra-rouge ayant jusqu'à 10.000 mètres de portée, le passage d'un bâtiment.

Les distances franchies par les rayons en question sont, évidemment, en fonction des diamètres des systèmes optiques tant émetteurs que récepteurs ; elles sont, comme en matière d'ondes hertziennes, plus grandes la nuit que le jour. Le tableau ci-dessus donne une indication des portées nocturnes, en tenant compte de la qualité optique des miroirs. De jour, en plein soleil, ces portées seraient d'environ 25 % plus faibles.

RÉCEPTEUR DE	TRANSMETTEUR DE			
	30 centimètres	60 centimètres	90 centimètres	120 centimètres
30 centimètres.	2 km. 500	5 kilomètres.	6 km. 800	8 km. 500
60 —	5 km. 000	10 —	13 km. 600	16 km. 600
90 —	7 km. 500	15 —	20 km. 400	24 km. 400
120 —	10 km. 000	20 —	27 km. 200	33 km. 200

L'étude des rayons infra-rouges a conduit M. Charbonneau à imaginer, comme l'ont fait MM. Hébert Stevens et Larigaldie, une pile thermo-électrique de grande sensibilité et de faible inertie, ainsi qu'un relais photophonique ; ce dernier traduit par un son la déviation du miroir des cadres galvanométriques employés pour déceler et mesurer les courants extrêmement faibles générés par les piles thermo-électriques sous l'influence des radiations infra-rouges.

Comme la description de ces instruments ferait quelque peu double emploi avec celle de la pile thermo-électrique et du galvanomètre-relais dont j'ai parlé dans mon précédent article, je la passerai sous silence, ayant eu surtout en vue, dans cette seconde et courte étude, de compléter les renseignements trop succincts que j'avais donnés sur le système de télégraphie infra-rouge, à réception visuelle, de M. Charbonneau.

RENÉ BROCARD.

LES LAMPES A VAPEUR DE MERCURE A HAUT RENDEMENT

Par Clément CASCIANI

C'EST en 1901 que le physicien américain Cooper-Hewitt, après des recherches sur la possibilité de réduire la dépense d'énergie électrique, pour la production de la lumière, en faisant passer le courant à l'intérieur de tubes contenant soit des gaz, soit des vapeurs métalliques, présenta sa première lampe à vapeur de mercure à l'*American Institute*. Elle était constituée par un tube privé d'air, de 1 m. 38 de long et de 25 millimètres de diamètre. Sous 3 ampères et 75 volts, on obtenait 700 bougies. Un peu plus tard, il put arriver à 0 watt 5 par bougie.

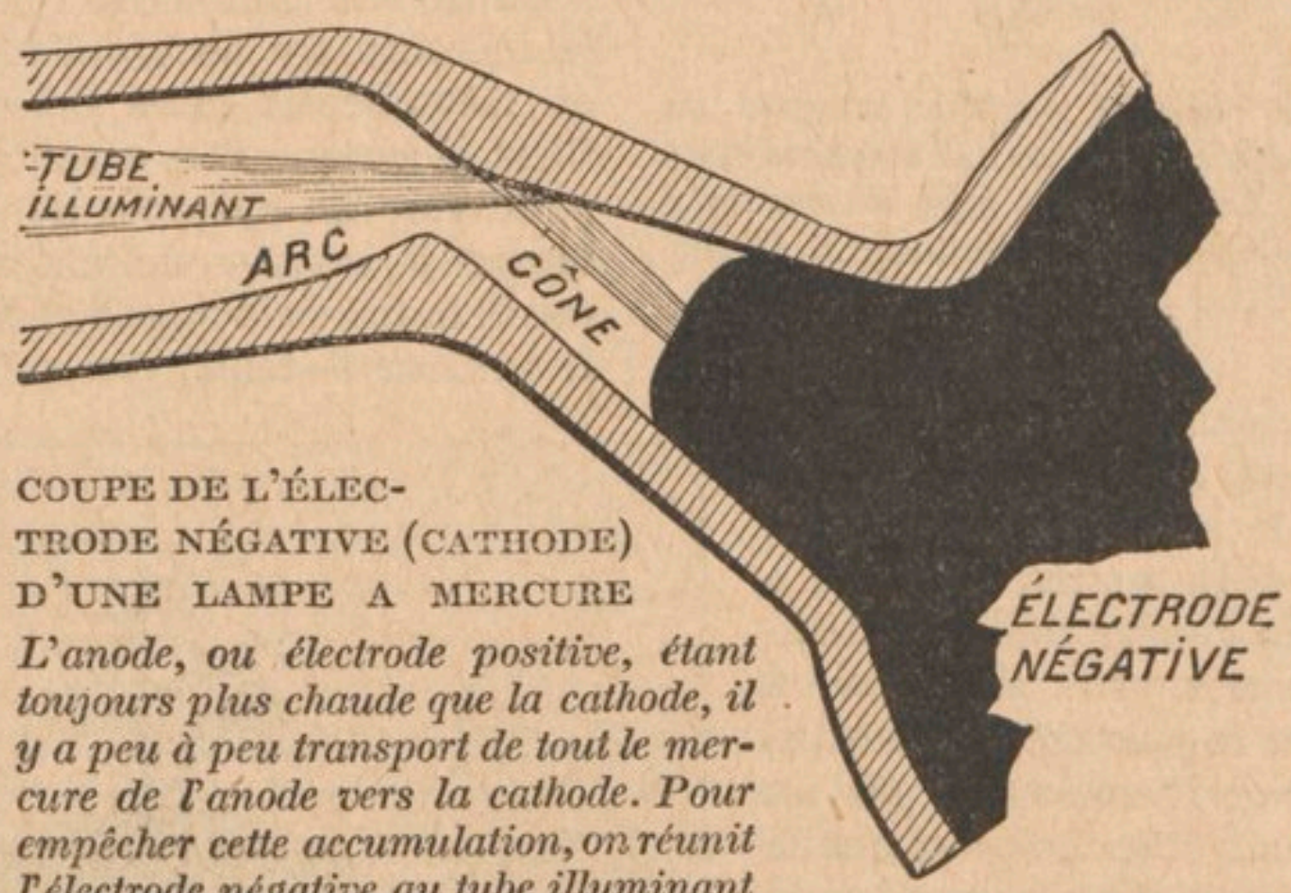
Cette lampe primitive ne pouvait fonctionner que sur courant continu. L'électrode positive était de platine étiré, ou encore de fer, de graphite, de nickel, de mercure. L'électrode négative était toujours constituée par du mercure. Lorsque l'on amorçait la lampe pour la faire entrer en fonctionnement, le mercure se volatilisait très rapidement dans un renflement du tube, et, à la base de l'arc lumineux, on constatait la formation d'une sorte de feu follet partant de la cathode.

Se basant sur ce fait d'expérience que, lorsqu'on pousse les lampes à mercure de façon à faire croître peu à peu la pression dans leur intérieur, leur consommation passe par un maximum pour redescendre ensuite, approchant de plus en plus d'un minimum de 0,16 watt par bougie Hefner, M. Küch construisit, quelques années plus tard, un modèle de lampe à mercure à très faible consommation et qui marquait un progrès.

Cette lampe fonctionnait sous une tension de 220-250 volts et consommait 3,5 ampères, en donnant une bougie Hefner par 0,25 watt environ. Comme la température de la vapeur de mercure y était très élevée et à une pression de 2 atmosphères environ, on dut la construire en verre de quartz qui, comme on le sait, est très réfractaire ; elle put avoir alors une longueur considérablement réduite.

L'allumage était obtenu en inclinant d'abord la lampe de façon à établir un court-circuit entre les deux électrodes, par formation d'un *pont mercuriel*, et en la redressant ensuite pour rompre ce court-circuit et faire jaillir un arc.

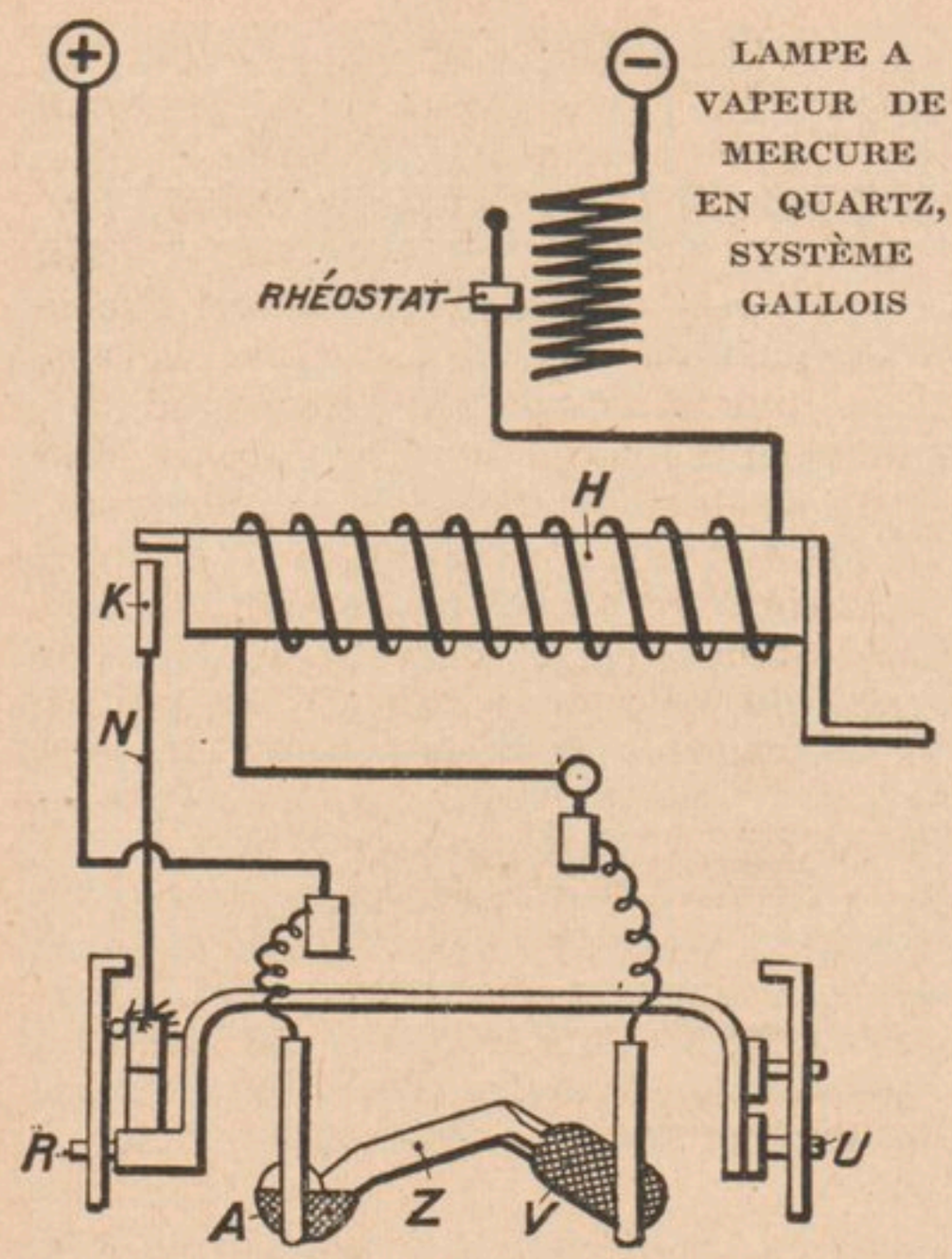
La lumière fournie, sous pression, par cette lampe était plus riche en rayons rouges que celle que donnaient les lampes Cooper-Hewitt, antérieurement construites, qui en étaient presque dépourvues.



COUPE DE L'ÉLECTRODE NÉGATIVE (CATHODE) D'UNE LAMPE A MERCURE

L'anode, ou électrode positive, étant toujours plus chaude que la cathode, il y a peu à peu transport de tout le mercure de l'anode vers la cathode. Pour empêcher cette accumulation, on réunit l'électrode négative au tube illuminant par un tube conique dont le sommet est placé du côté du tube illuminant.

Pour atteindre le maximum de rendement lumineux avec la vapeur de mercure, il est nécessaire d'avoir des pressions de vapeur telles qu'à la température correspondante le verre ordinaire fond ; c'est ce qui fait que la lampe primitive de Cooper Hewitt, dont le tube était en verre ordinaire, et qui, par conséquent, ne pouvait supporter qu'une pression correspondant à une température très limitée, n'avait qu'un rendement relativement faible ; il était cependant le maximum de ce que pouvait donner un arc au mercure dans une enveloppe de verre. Le quartz, qui ne fond que vers 1.800 degrés, résiste parfaitement aux hautes tempéra-



A, *pôle positif ou capacité positive remplie de mercure;* V, *pôle négatif ou capacité négative également remplie de mercure;* Z, *tube illuminant;* H, *bobine conique en série;* K, *armature;* N, *bielle;* R U, *axe du brûleur.*

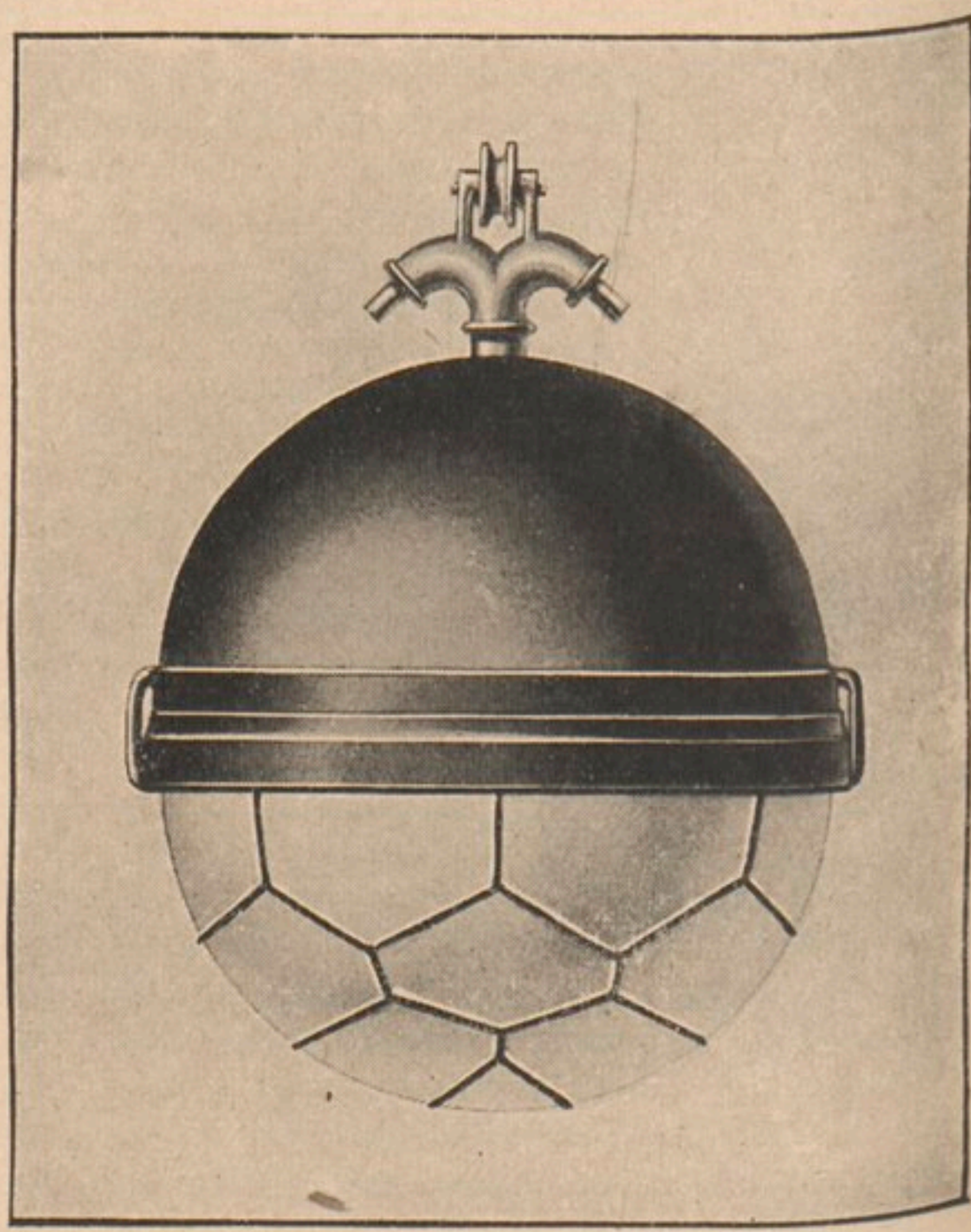
tures correspondant aux fortes pressions, et c'est cela qui l'a fait choisir pour remplacer le verre ordinaire.

La substitution du quartz au verre a introduit dans la fabrication des difficultés assez sérieuses, et la plus grave a consisté à assurer le passage du courant électrique à travers l'enveloppe, par un joint suffisamment étanche pour que le vide se maintienne à l'intérieur. Quand cette enveloppe est en verre ordinaire, on se contente de sceller un fil de platine dans celui-ci ; le coefficient de dilatation du platine est, en effet, très voisin de celui du verre (de certains verres, au moins) et on peut réaliser un scellement qui ne casse pas quand la lampe s'échauffe ou se refroidit par suite de son allumage et de son extinction. Mais la dilatation du quartz par la chaleur est presque nulle, soit vingt fois plus petite que celle du platine ; par conséquent, tous les scellements de platine dans le quartz ne peuvent pas être hermétiques et cassent après peu de temps.

Heureusement, on a trouvé, il y a quelques années, un métal qui n'a qu'une dilatation assez faible, très voisine de celle du quartz ; c'est un acier au nickel forgé, que l'on a appelé l'*invar*. Mais il perd ses propriétés quand on le porte au rouge : on ne peut donc pas le sceller dans le quartz. Voici comment on s'y prend pour l'utiliser : on rode un cône d'invar dans un tube conique en quartz, comme s'il s'agissait de réaliser une fermeture analogue à celle d'un flacon bouché à l'émeri ; mais, comme un tel rodage donnerait toujours lieu à des rentrées d'air, dans le tube où le vide a été fait, on le recouvre de mercure qui assure un joint hermétique, et, pour que le mercure ne se renverse pas, on met par-dessus une couche de ciment extrêmement solide.

Une autre difficulté vient de ce que, dans les arcs à vapeur de mercure, la chute de potentiel à la surface de l'anode étant plus grande qu'à la surface de la cathode, l'anode est toujours plus chaude que la cathode, et, par suite, il y a peu à peu transport de tout le mercure de l'anode vers la cathode.

On pourrait y obvier en plaçant celle-ci à un niveau plus élevé que l'anode : quand le mercure s'y accumulerait, il déborderait et retomberait dans l'électrode inférieure. C'est là ce que l'on a tenté de faire, et l'on peut voir un système de ce genre dans la lampe à vapeur de cadmium représentée par la figure de la page 319. Malheureusement, le brûleur s'éteint, par suite de ce déplace-



LA LAMPE GALLOIS DANS SON GLOBE

ment du mercure, car celui-ci, étant relativement froid, se vaporise en partie en passant dans le tube illuminant, très chaud, et il en résulte une brusque élévation de la pression interne qui cause l'extinction de la lampe.

Le dispositif que l'on a employé pour maintenir constants les niveaux des deux électrodes malgré leur différence de température, consiste à réunir l'électrode négative au tube illuminant par un tube conique dont le sommet est du côté du tube illuminant (figure à la première page de l'article).

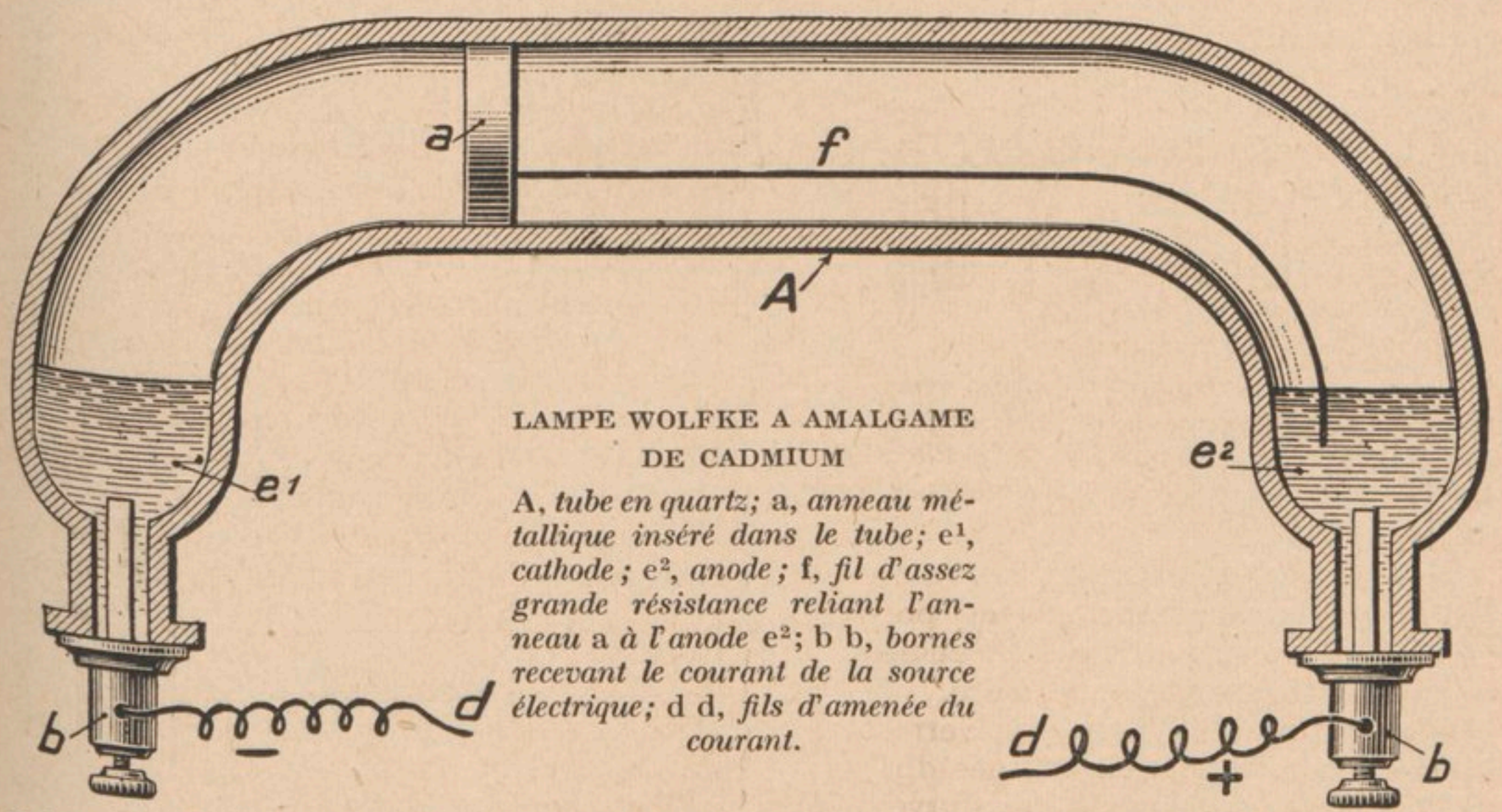
Si le mercure vient à s'accumuler dans cette électrode, le niveau s'élève dans le cône ; l'arc part d'une surface de plus en plus petite qui s'échauffe davantage, de sorte que l'évaporation y devenant plus active s'oppose à l'accumulation du mercure. Si le niveau vient à baisser dans le cône, le résultat inverse se produit, et on arrive à un bon fonctionnement de l'appareil lumineux avec un dimensionnement convenable du cône.

Il est nécessaire d'assurer le refroidissement du brûleur si on ne veut pas que la pression y atteigne une valeur trop élevée, et on y arrive soit en entourant les électrodes d'ailettes métalliques qui dissipent la chaleur comme dans un radiateur, soit en munissant le brûleur d'une chambre dans laquelle la vapeur de mercure vient se condenser pour retomber dans le brûleur sous forme liquide.

Si on fait fonctionner un brûleur quartz à des tensions aux bornes de plus en plus élevées, dit M. Maurice Leblanc, à qui nous empruntons cette explication, on atteint une valeur que nous appellerons « point critique » au-dessus de laquelle on ne peut rallumer le brûleur sans le laisser refroidir ; au moment du basculement, le court-circuit mercuriel se produit, le brûleur retombe, l'arc jaillit et s'allonge, mais il s'éteint avant de rejoindre une électrode à l'autre. La raison de ce fait est la suivante : à mesure que le brûleur fonctionne à des tensions plus élevées, le tube illuminant devient plus chaud ; or, au moment du basculement, le mercure froid de l'électrode vient dans le tube illuminant et il s'y produit une vaporisation intense qui élève la pression à une valeur telle que l'arc, pour s'établir, exige un voltage supérieur à celui du courant fourni par le réseau.

L'allumage ou *amorçage* de la lampe à vapeur de mercure peut se faire de différentes façons. La cathode absorbant une quantité d'énergie relativement considérable, le courant éprouve une double résistance, celle de la cathode et celle de l'arc lumineux. Pour diminuer la première, la *répugnance de la cathode*, comme on l'appelle parfois, on a donné à celle-ci une forme aplanie et on a mélangé une petite proportion de fer, d'argent, de cuivre, d'aluminium ou de magnésium au mercure pour le rendre plus adhérent à la paroi du tube. En outre, se servant de fer pour anode, on y fixe le mercure, utilisant ainsi ingénieusement une propriété bien connue de ce dernier métal.

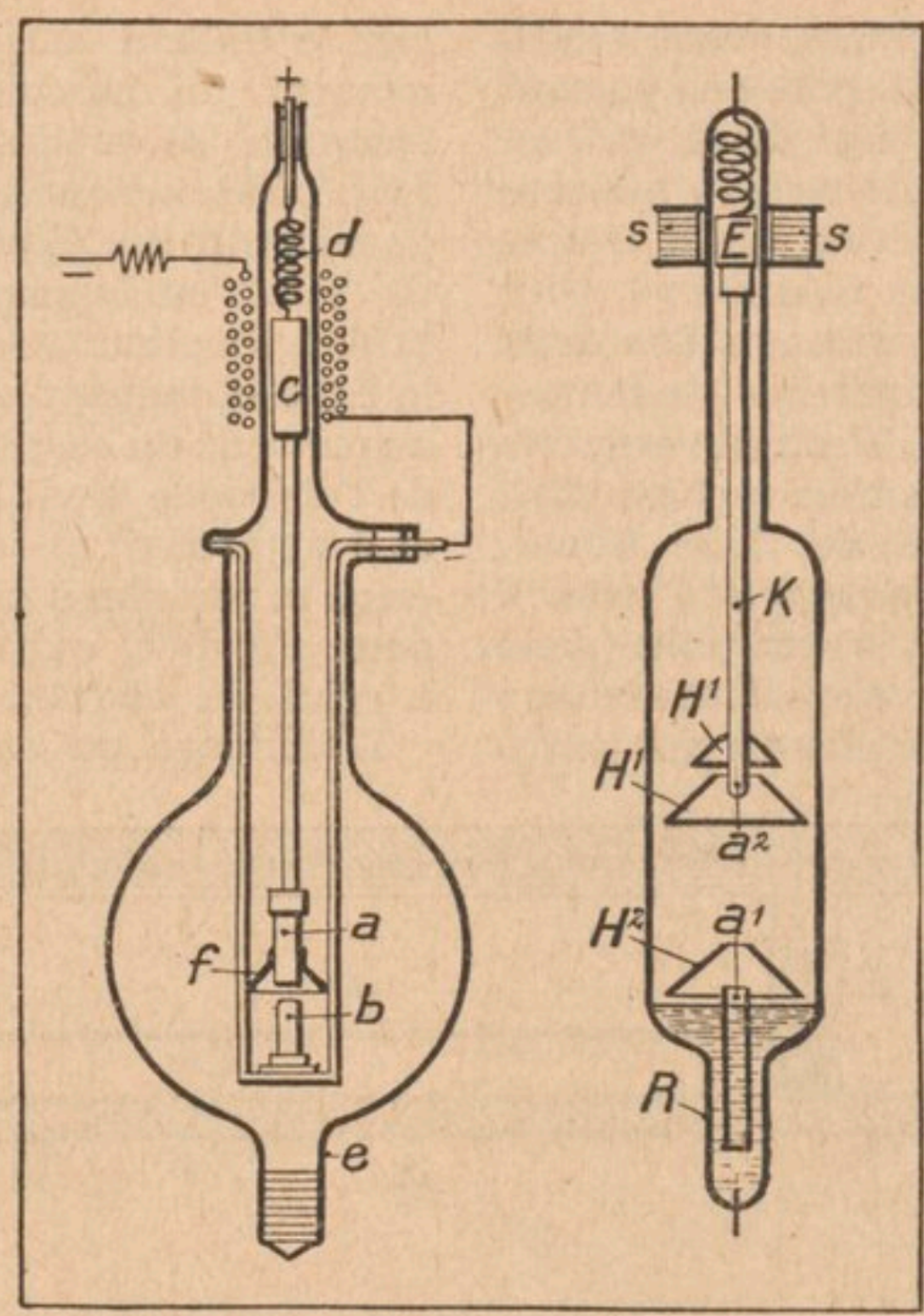
Outre l'amorçage par production d'un court-circuit, il existe un autre système de basculage qui consiste dans l'emploi d'un interrupteur dépendant d'un électro-aimant en dérivation sur le circuit principal ; le dispositif comprend une double plaque fer-cuivre, telle que la plaque de fer puisse



LAMPE WOLFKE A AMALGAME DE CADMIUM

A, *tube en quartz;* a, *anneau métallique inséré dans le tube;* e^1, *cathode ;* e^2, *anode ;* f, *fil d'assez grande résistance reliant l'anneau* a *à l'anode* e^2; b b, *bornes recevant le courant de la source électrique;* d d, *fils d'amenée du courant.*

être attirée par l'électro, la plaque de cuivre étant placée au point où le circuit d'alimentation coupe le circuit principal. Quand l'interrupteur est fermé, le courant passe et dans l'électro et dans la lampe. Le premier agit sur un noyau de fer doux qui, par l'action d'une bielle, vient soulever la lampe et établir le *pont mercuriel*. Le courant principal se ferme alors sur la lampe, passe dans un second électro qui agit sur la plaque de fer doux pour rompre le contact et ramener la lampe à sa première position, alors que l'arc s'illumine. L'avantage de ce système est de fonctionner automatiquement jusqu'à ce que le court-circuit nécessaire se produise.



LAMPES A VAPEURS SYSTÈME NERNST
(Voir la légende explicative au bas de la page).

Mentionnons le système d'amorçage Weintrand par arc auxiliaire, le système Bodde, qui consiste essentiellement à chauffer le mercure, et celui qui est basé sur la dilatation de ce métal, sur courant à haute tension, la lampe étant branchée sur le secondaire d'un transformateur électrique, et le circuit d'alimentation sur le primaire.

Outre leurs systèmes d'amorçage, les différents modèles de lampes à vapeur de mercure sont caractérisés par des modifications de forme et de matière apportées à la cathode.

Ces modifications ont eu surtout pour but leur utilisation pour l'éclairage des locaux habités en améliorant la teinte plus ou moins blafarde des rayons émis, laquelle donne aux visages un aspect un peu cadavérique.

On a reconnu que le cadmium parfaitement pur mélangé au mercure (dans la proportion de 3 à 10 pour 100 de mercure) fournissait une lumière extrêmement blanche et aussi très intense.

La lampe Wolfke est de ce genre. Les électrodes sont de préférence constituées l'une et l'autre par un alliage solide cadmium-mercure. Lors de l'extinction de l'arc lumineux, il se forme sur les parois du tube illuminant en quartz, autour des électrodes, un dépôt métallique et bon conducteur de l'électricité qu'on utilise pour l'amorçage de l'arc quand on procède à un nouvel allumage de la lampe.

Dans ce but, un anneau métallique *a* (fig. page 313) inséré dans le tube brûleur, à proximité de la cathode e^1 est relié à l'anode e^2 par un fil *f* de résistance électrique assez grande : le dépôt métallique formé sur les parois entre *a* et e^2 complète le circuit; quand le courant est envoyé aux bornes *b*, il passe d'une électrode à l'autre, vaporise le dépôt métallique et amorce l'arc. A l'extinction, le dépôt se reforme rapidement, et ainsi de suite.

Dans le même ordre d'idées, on a aussi utilisé l'amalgame à 40 % de sodium et de potassium pour constituer la cathode, l'anode étant de préférence formée par du graphite. L'amalgame zinc-bismuth a été aussi employé; il permet d'obtenir, dans de bonnes

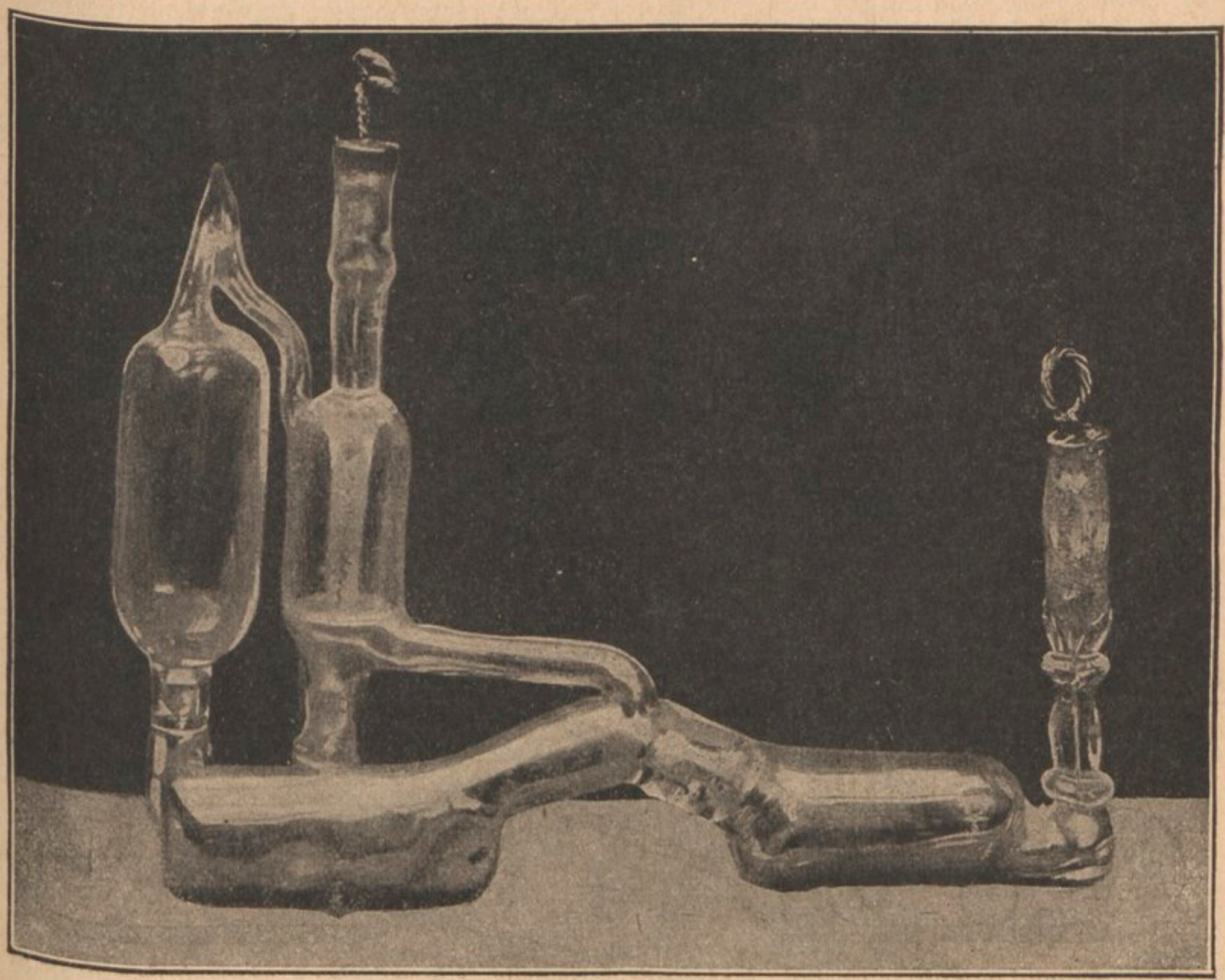
A gauche, lampe à vapeur de chlorure de zinc: a *et* b, *électrodes en charbon entre lesquelles l'arc jaillit;* c, *armature d'un solénoïde extérieur branché en série à la suite de l'électrode* b *au pôle — du circuit;* d, *dispositif magnétique suspendu au pôle + du circuit et supportant l'électrode positive* a; e, *réservoir contenant le chlorure de zinc;* f, *cône entourant l'arc et le protégeant contre les gouttelettes provenant de la condensation. — A droite, lampe à vapeurs de mercure et de chlorures :* a^1 a^2, *électrodes entre lesquelles l'arc jaillit (l'électrode* a^1 *est formée par le bain lui-même, ou plutôt par le mercure émergeant du bain à l'intérieur du tube) ;* H^1 H^2, *déflecteurs protégeant l'arc contre les gouttelettes provenant de la condensation (le cône* H^2 *forme aussi cheminée pour amener le courant ascensionnel de vapeur au contact de l'arc) ;* R, *réservoir émettant des vapeurs de mercure et de chlorures métalliques ;* E, *armature d'un solénoïde placé extérieurement au tube et branché en série, à la suite de l'électrode* a^2, *au pôle — du circuit;* K, *tige de l'armature ;* s, *solénoïde.*

conditions, une lumière qui se rapproche, par sa teinte et ses qualités, de celle du soleil.

Le professeur Nernst a pris en Allemagne, en 1917, deux brevets relatifs à des lampes ayant pour principe la décharge électrique entre des crayons de charbon dans une atmosphère gazeuse, laquelle est composée de vapeurs qui proviennent, soit de la vaporisation de sels analogues au chlorure de zinc et au bromure de zinc, soit de la vaporisation simultanée de ces sels et du mercure, les chlorures et bromures corrigeant la couleur violacée ou verdâtre de la lumière produite, et l'améliorant, par conséquent.

L'inventeur, si l'on s'en rapporte à ses brevets, aurait réussi à établir ainsi des lampes de 3.000 bougies Hefner, fonctionnant sous la tension de 120 volts et ne consommant que 4 ampères, chiffres qui correspondent à une consommation spécifique de seulement 0,16 watt par bougie Hefner.

La figure page 314 représente une de ces lampes, dont le réservoir *e* émet uniquement des vapeurs de chlorure de zinc. L'arc jaillit entre les électrodes de charbon *a* et *b*, et le cône *f* entourant l'arc le protège très efficacement contre les gouttelettes assez nombreuses provenant de la condensation. Au pôle positif + du circuit électrique est suspendu le dispositif magnétique supportant l'électrode positive *a*, le cylindre *c* formant l'armature d'un solénoïde placé extérieurement au tube et branché en série à la suite de l'électrode *b*, au pôle négatif — du circuit.



LAMPE A VAPEUR DE MERCURE ET A GAZ NÉON

(Voir à la page suivante la figure donnant les détails de construction de cette lampe).

La figure voisine est celle d'une lampe dont le réservoir *R* émet des vapeurs de mercure et de chlorures et bromures métalliques. Les déflecteurs H^1, H^2 protègent l'arc a^1, a^2, comme dans la lampe précédente, contre les gouttelettes provenant de la condensation, lesquelles font retour au réservoir en suivant un cycle continu de vaporisation et de condensation. Le cône H^2 forme à la fois déflecteur pour ces gouttelettes et cheminée pour amener le courant ascensionnel des vapeurs au contact immédiat de l'arc.

L'électrode a^2 est formée par le bain lui-même, ou plutôt par le mercure émergeant

du bain à l'intérieur du tube immergé a^1.

Le mélange des chlorures que M. Nernst juge le plus favorable est le suivant : chlorure de zinc 70 %, chlorure de calcium 15 %, chlorures de thallium, de lithium et de cœsium, 5 % de chacun de ces produits.

La consommation de 0,16 watt par bougie Hefner est du même ordre que celle de la lampe à vapeur de mercure. (La bougie Hefner, unité de lumière usitée en Allemagne, équivaut à 0,880 de la bougie française.)

On a aussi utilisé la vapeur de cadmium pur, et la lampe construite dans ce but consiste en un tube de quartz *A B*, en U renversé, terminé vers le bas par deux longs tubes capillaires à parois épaisses, aboutissant à deux scellements *s* des électrodes en tungstène. La chambre *A B* de ce tube forme deux compartiments inégaux, le plus petit, *A* pour la cathode, et l'autre, *B*, pour l'anode ; elle contient une certaine quantité de cadmium que l'on y introduit à l'état fondu en l'aspirant par l'un des tubes capillaires ; de cette façon, on évite la formation de toute trace d'oxyde qui pourrait le faire adhérer au verre de la lampe et amener sa rupture.

Pour l'allumage, il faut chauffer assez fortement le tube en *U* renversé au moyen d'un bec de Bunsen jusqu'à ce que le métal fonde, se volatilise et que l'arc électrique s'amorce dans la vapeur ainsi dégagée.

Il est généralement inutile de renverser la lampe quand on veut obtenir ce résultat.

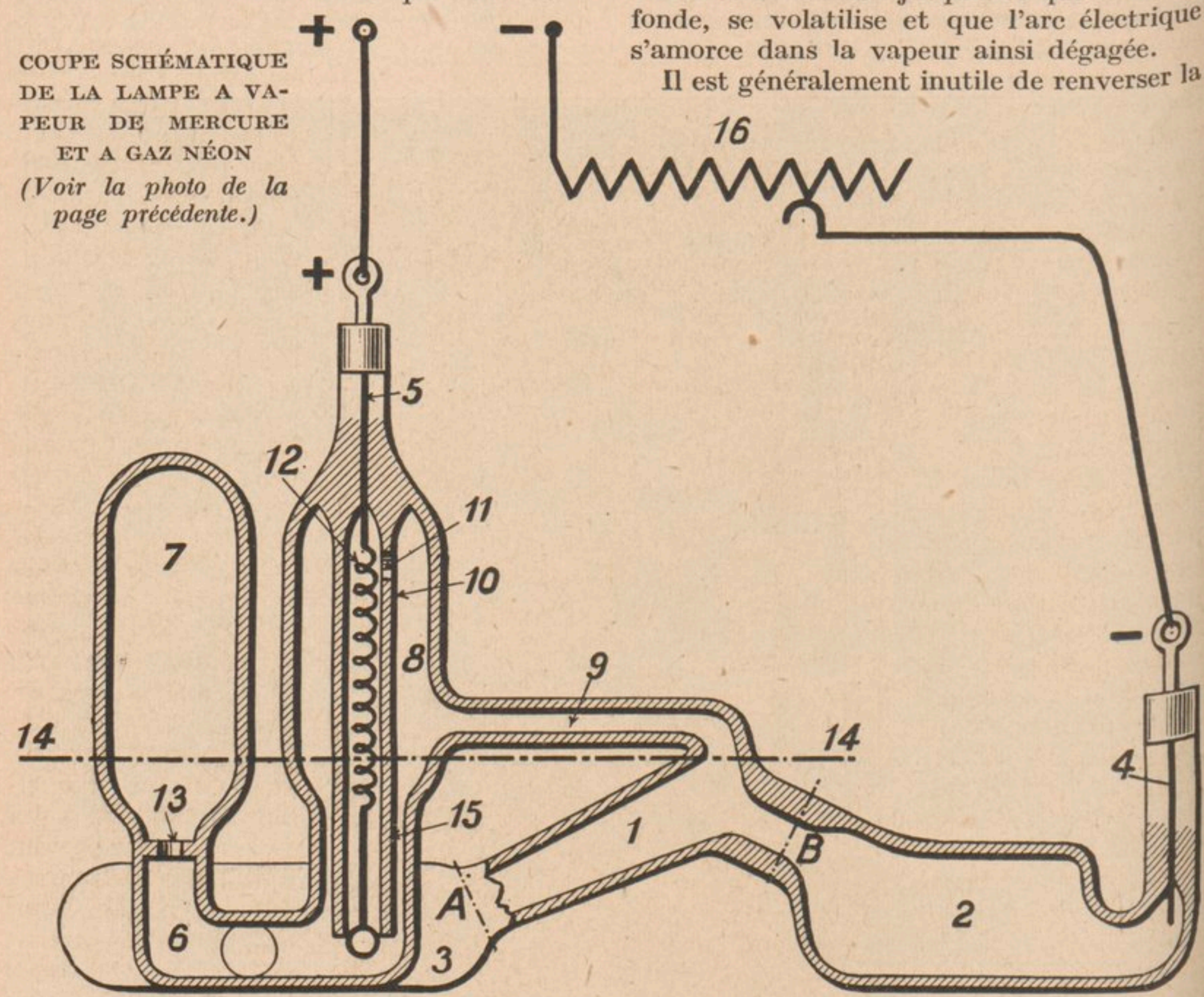
Elle se branche sur un circuit de 100 à 200 volts, en série avec une résistance réglée pour donner un courant de 5 à 7 ampères en court-circuit. La tension aux bornes est d'environ 30 volts, parfois davantage. (Fig. p. 319).

Cette lampe ne présente pas d'avantages particuliers sur les systèmes précédents.

Enfin, on a associé ces diverses lampes au procédé ordinaire d'éclairage par incandescence électrique, et on a proposé d'utiliser des filaments métalliques imprégnés d'oxydes de calcium, de zirconium, ou

COUPE SCHÉMATIQUE DE LA LAMPE A VAPEUR DE MERCURE ET A GAZ NÉON

(Voir la photo de la page précédente.)



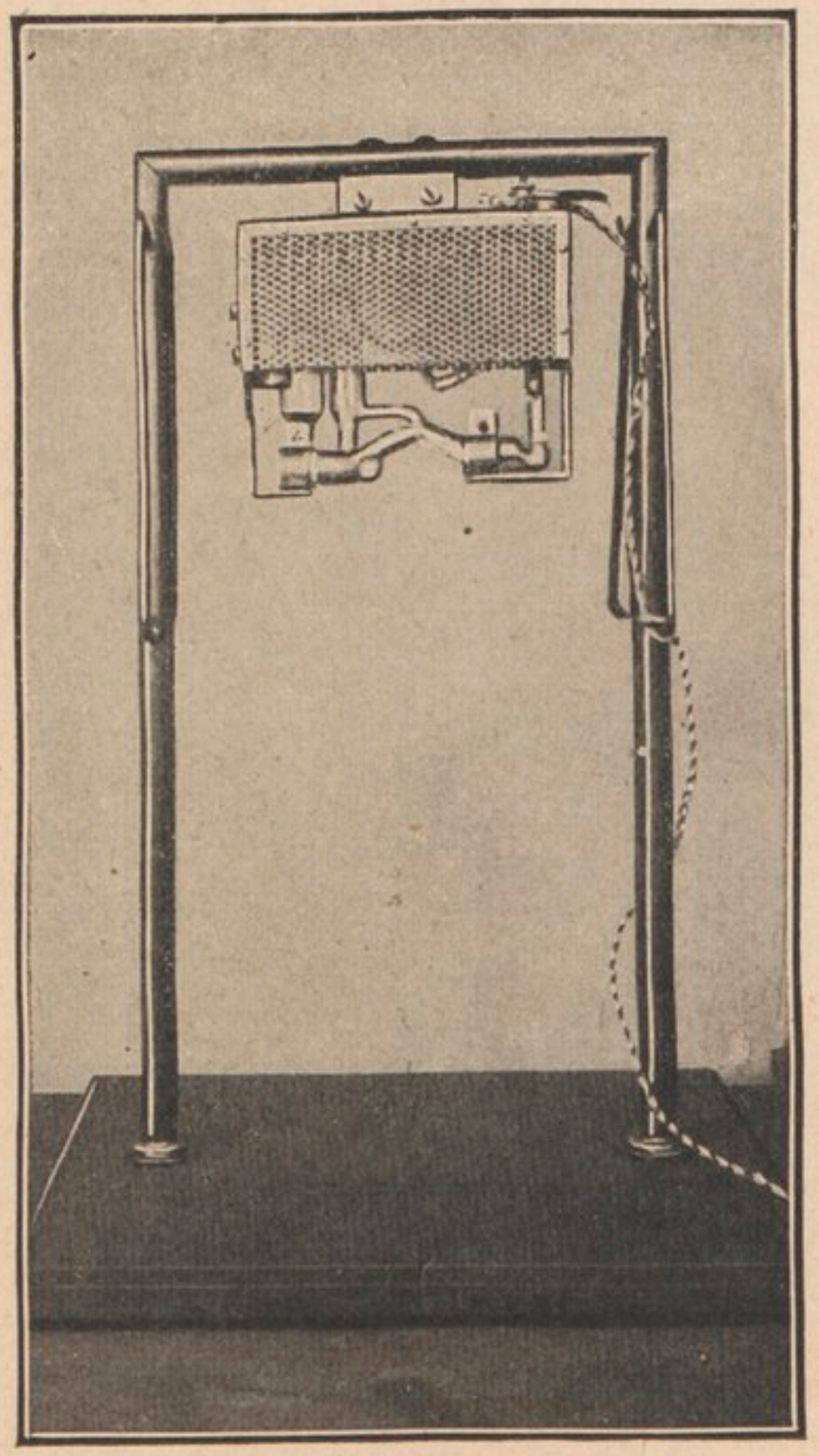
1, tube illuminant où l'arc se produit ; 2, réservoir de mercure de la cathode ; 3, réservoir de mercure de l'anode ; 4, borne négative ; 5, borne positive ; 6, raccord (figuré par un petit cercle) portant les deux ampoules 7 et 8 ; 9, tube réunissant l'ampoule 8 au tube illuminant ; 10, petit tube à l'intérieur de l'ampoule 8, percé d'un trou 11 ; 12, fil de tungstène en spirale ; 13, partie rétrécie de l'ampoule 7 ; 14, niveau du mereure ; 15, partie tubulaire inférieure de l'ampoule 8 ; 16, rhéostat ; A B, place occupée par l arc.

d'alliages de tungstène, de tantale, de platine et autres métaux rares et coûteux.

On a vu que, dans la plupart des lampes à mercure, le brûleur est monté pour s'allumer par basculement, lequel est provoqué quand on ferme le courant par un électro-aimant : la capacité polaire positive est alors levée, et la capacité négative, abaissée, emmagasine le mercure qui établit une connexion conductrice. Le circuit principal fermé traverse une seconde bobine montée en série avec le brûleur, laquelle attire une armature et interrompt le circuit de l'électro-aimant en dérivation ; le brûleur en quartz relié à ce dernier reprend, dès lors, sa position primitive, rompt le filet de mercure et l'étincelle jaillit.

La lampe imaginée par M. Gallois (fig. page 312) comporte une disposition plus simple : le brûleur en quartz n'est plus basculé, mais tourné par l'action de la bobine en série ; de plus, les contacts et bobines en dérivation sont supprimés. Dans la position initiale de repos, le mercure remplit le tube illuminant Z, établissant ainsi une connexion conductrice entre les deux pôles *A* et *V*. Dès que le courant est lancé dans la lampe, la bobine unique en série *H* attire l'armature *K*, qui, reliée par une bielle *N* avec le brûleur, le fait tourner de 40 degrés environ autour de son axe *R U*. Le mercure contenu dans le tube illuminant s'écoule dans la capacité positive *A*, la connexion du mercure se rompt et l'arc jaillit, répandant une belle clarté.

L'électro-aimant maintient le brûleur dans sa position d'allumage tant que celui-ci est en fonction. Si la lampe s'éteint, l'arc se trouve coupé, le courant ne traverse plus la lampe, le brûleur retombe dans sa position initiale sous l'action de la pesanteur, la capacité positive *A* déverse le mercure dans le tube lumineux *Z*, et, lorsque la vapeur s'étant condensée, le mercure a pu rétablir la connexion entre les pôles, l'allumage est immédiat et sans influence sur le fonctionnement des autres lampes qui pourraient être montées en série sur le même circuit.



LA LAMPE, REPRÉSENTÉE PAR LES DEUX FIGURES PRÉCÉDENTES DANS SA MONTURE POUR L'ÉCLAIRAGE

Les lampes en quartz sont construites pour fonctionner sous des tensions de 110 à 220 volts et à des intensités différentes. Les puissances lumineuses généralement employées sont de 500, 1.000, 2.000 et 3.000 bougies. On a même construit récemment des lampes de 6 à 7.000 bougies fonctionnant sous des courants de 500 volts et plus.

Nous avons dit que l'inventeur Hewitt n'avait, au début de ses expériences, pu utiliser sa lampe que sur courant continu. Postérieurement, il en établit une fonctionnant sur courant alternatif, puis une autre en quartz, obtenu en fondant du cristal de roche dans un creuset d'iridium, pour 500 volts en courant continu. L'allumage est obtenu sans basculage au moyen d'une *chaufferie*, petite résistance que traverse la totalité du courant au moment de l'allumage et qui fait entrer le mercure en ébullition. Cette lampe consomme le quart de watt par bougie. MM. Darmois et Maurice Leblanc, après quelques tâtonnements, ont également réussi, en 1914, à utiliser le courant alternatif dans la vapeur de mercure ; le rendement obtenu est d'un cinquième de watt par bougie.

La dernière venue des lampes à vapeur de mercure et en verre de quartz, est celle dans l'intérieur de laquelle le vide n'existe pas, comme dans les précédentes, mais où l'air a été remplacé par un gaz inerte tel que le néon, qui est, comme l'on sait, un des constituants de l'atmosphère. C'est en cela que

réside son originalité. Elle est à chaufferie et ne comporte point de basculement.

Elle se compose d'un tube illuminant convenablement contourné et soudé à deux réservoirs à mercure, formant l'anode et la cathode, ainsi qu'à deux ampoules, dont l'une porte dans son intérieur un petit tube droit percé d'un trou vers la partie supérieure, lequel le met en communication avec l'ampoule et avec le tube illuminant, et qui contient un mince fil de tungstène enroulé en spirale. Ce fil est relié par le haut avec une des bornes de prise de courant et plonge en bas dans le mercure de la lampe ; il sert à la fois d'électrode et de dispositif d'amorçage, comme on le verra un peu plus loin.

L'autre ampoule sert de réservoir pour le mercure quand la lampe est en fonctionnement.

Le petit tube contenant le fil de tungstène vient s'engager dans la partie tubulaire inférieure de la première ampoule (celle dans laquelle il est soudé) laissant entre ces deux tubes un petit espace annulaire. La seconde ampoule porte au bas une partie rétrécie dont le diamètre est de huit dixièmes de millimètres. Le niveau du mercure dans la lampe au repos est indiqué par la ligne de points sur la figure page 316.

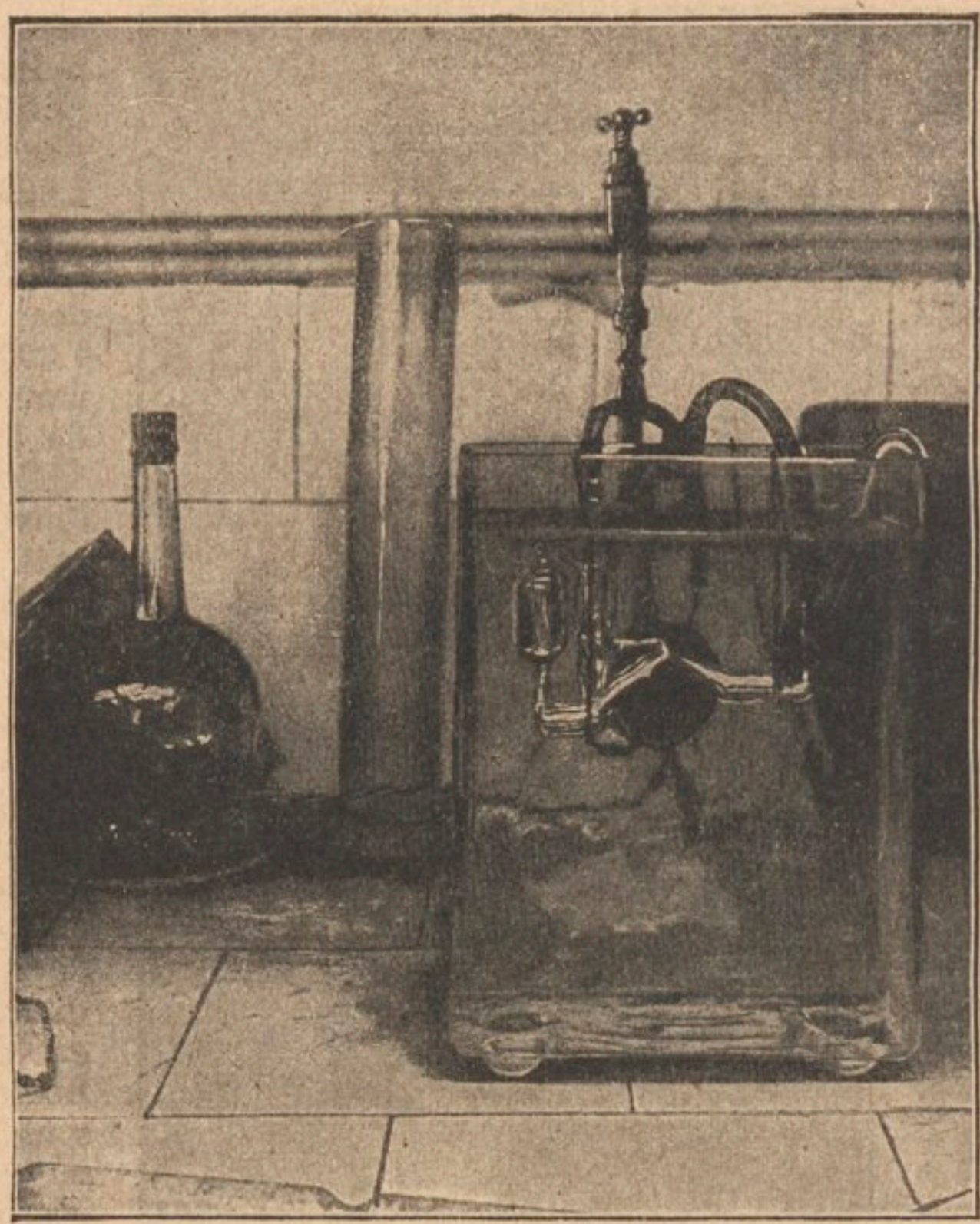
Au-dessus, il n'y a pas le vide, ainsi que nous l'avons dit plus haut, mais du néon à une pression voisine de celle de l'atmosphère.

Voici le fonctionnement de l'appareil :

Quand, l'interrupteur étant fermé, le courant arrive par les bornes, la lampe ne s'allume pas aussitôt, mais le fil de tungstène devient incandescent ; le gaz qui remplit l'ampoule dans laquelle il se trouve se dilate par la chaleur et vient refouler le mercure à la fois dans la partie tubulaire inférieure de l'ampoule-réservoir et à la partie la plus élevée du tube illuminant. Ce mercure vient alors s'accumuler dans ladite ampoule.

La colonne mercurielle, ainsi poussée par le gaz, ne tarde pas à se couper au sommet du tube illuminant, en raison de la forme de celui-ci ; le pont mercuriel se forme et l'arc jaillit à ce moment. Cet allumage demande quinze à vingt secondes. L'arc allumé s'étend peu à peu et s'établit finalement entre les deux points *A* et *B*. Au bout de dix minutes, le régime est atteint.

Quand on coupe le courant, l'arc s'éteint ; le mercure qui occupait le niveau *A B* remonte dans le tube illuminant, en même temps qu'il descend dans l'ampoule-réservoir, et, au bout de quelques secondes, le niveau général primitif se trouve rétabli.



LA LAMPE A VAPEUR DE MERCURE ET A GAZ NÉON EST UTILISÉE ICI POUR LA STÉRILISATION DE L'EAU

Elle est plongée dans un bac en verre à eau courante. Le modèle de 600 bougies peut stériliser 50 litres d'eau par minute.

Il est essentiel que le gaz néon soit éliminé du tube illuminant pendant le fonctionnement, sa présence diminuant beaucoup le rendement. Dans ce but, la disposition suivante a été adoptée : la vapeur de mercure produite dans l'arc vient, par le tube faisant communiquer le tube illuminant avec la première ampoule, se condenser dans celle-ci et retombe, par les tubes de sa partie inférieure, dans le réservoir de l'anode qu'il alimente ainsi. Il y a donc circulation constante de vapeur de mercure par le chemin *1, 9, 8, 15, 3, 1, 9...* (fig. à la page 316) ; elle

élimine, de cette façon, toute trace de gaz et assure à l'arc le rendement de l'arc au mercure dans la vapeur de mercure. Le gaz servant à l'amorçage est donc absolument localisé dans la première ampoule (celle qui contient le fil de tungstène) pendant le fonctionnement de l'appareil.

La lampe fonctionne sur courant alternatif ; la tension nécessaire pour l'amorçage est de 500 volts. Elle consomme 3,5 à 4 ampères pour le type de 115 volts, 1.500 bougies. Elle donne, dès que le régime est atteint, toute son intensité lumineuse et elle n'est pas sensible aux conditions atmosphériques. Enfin, elle supporte les chutes de tension ne dépassant pas 10 %, et, en cas d'extinction accidentelle, le mercure reprend sa place, puis l'arc se rétablit spontanément sans qu'il soit nécessaire d'intervenir.

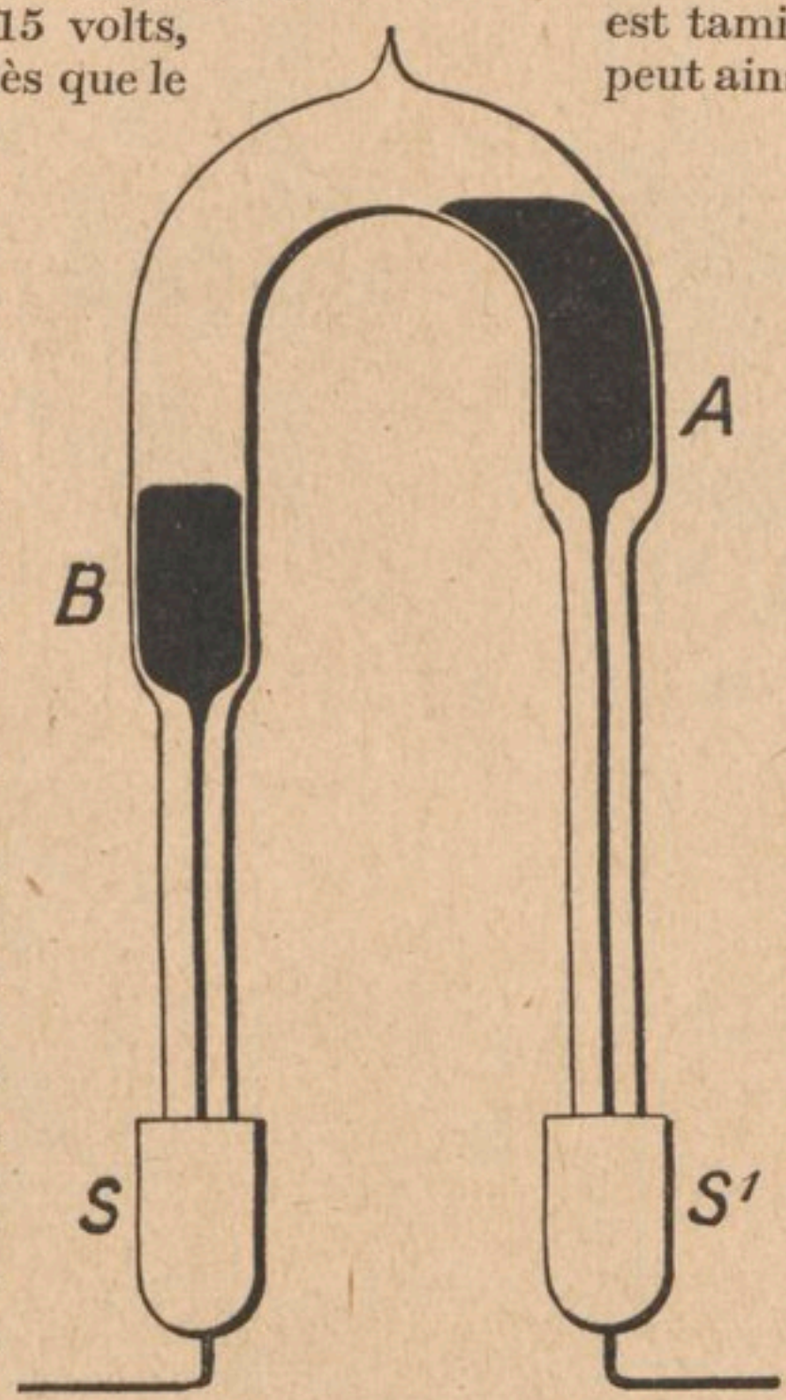
Elle sort des ateliers du constructeur Berlemont.

La lampe à vapeur de mercure ne peut guère servir utilement, de même que la lampe électrique à arc, que pour les grands éclairages par foyers de six cents à trois ou quatre mille bougies : rues et places publiques, quais, grands magasins et ateliers, chantiers, ports, gares de chemins de fer, expositions, promenades publiques et parcs, illuminations, etc...

On peut également l'utiliser pour la stérilisation rapide de l'eau ; le petit modèle de 600 bougies peut stériliser parfaitement 50 litres d'eau en une minute : il suffit de plonger le tube dans un bac où l'on fait arriver de l'eau courante.

Enfin, elle est précieuse pour les usages photographiques, grâce à sa richesse en radiations violettes et ultra-violettes ; quatre à cinq minutes suffisent amplement pour donner une image sur papier au citrate d'argent et huit minutes sur papier au ferro-prussiate ou à la gomme bichromatée.

Pour le tirage des « bleus », on a établi une machine rotative produisant jusqu'à dix mille mètres par jour. La source lumineuse est à l'intérieur d'un cylindre de verre tournant sur son axe, et sur lequel passe le calque et le papier ferro, dont le contact est assuré par des courroies placées côte à côte. Pour le papier citrate, on a construit une sorte de pupitre-support à l'aide duquel on peut tirer jusqu'à cent vingt épreuves 13×18 en une heure, avec une dépense de courant de 0 fr. 20 à l'heure. Pour faire des agrandissements, on monte sur châssis plusieurs tubes de 600 bougies, dont la lumière est tamisée par un verre douci ; on peut ainsi se passer de condensateur.



LAMPE A VAPEUR DE CADMIUM PUR

A B, *tube en quartz contenant le cadmium introduit à l'état fondu par les tubes capillaires aboutissant aux deux scellements* S S¹ *des électrodes en tungstène. La cathode* A *occupe le plus petit des compartiments du tube; le compartiment* B *est pour l anode.*

Pour la photogravure, deux tubes de même puissance, placés à l'intérieur d'un réflecteur émaillé blanc, sont largement suffisants.

En ce qui concerne ses propriétés chimiques, les rayons de la lampe de quartz convertissent l'oxygène en ozone. Un écran formé d'une feuille de mica suspend cette action. Ils ont aussi une action marquée sur les couleurs, qu'ils détruisent, et, ainsi qu'on l'a dit plus haut, sur les microbes et les ferments, qu'ils tuent.

Cette lumière permet, de plus, en disposant convenablement un certain nombre de lampes, de prendre de bonnes vues photographiques et cinématographiques de scènes de théâtre. Il est difficile, il est vrai, d'obtenir avec elle de la graduation dans les ombres, mais elle a des qualités de diffusion remarquables.

Elle admet une vitesse d'opération dépassant le cinquantième de seconde ; elle ne donne pas d'ombres portées ; elle tient les personnages en scène dans une sorte de bain lumineux d'une intensité toujours égale. Elle permet l'adjonction d'écrans diffuseurs.

Les tubes peuvent être réunis en batteries de quatre à dix éléments et constituer ainsi des herses de lumière, très maniables, fournissant dix mille bougies ou même davantage.

Mais cette lumière doit être maniée avec précaution, car elle est susceptible d'exercer sur l'organe de la vue une action qui, répétée trop fréquemment, peut devenir désastreuse. Il est bon de mettre des lunettes.

CLÉMENT CASCIANI.

POUR CHANGER D'HABITAT OU REGAGNER LA MER, L'ANGUILLE N'HÉSITE PAS A RAMPER SUR UN SOL DÉTREMPÉ

Les anguilles ne fréquentent les eaux douces et saumâtres que pendant une période de leur existence, celle de leur vie de croissance. Elles établissent leur habitat ordinaire dans les rivières, les mares et les étangs. C'est pendant la nuit qu'elles effectuent de préférence leurs déplacements terrestres.

L'ANGUILLE, POISSON MYSTÉRIEUX, ET SES TROUBLANTES MIGRATIONS

Par Louis ROULE

PROFESSEUR AU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

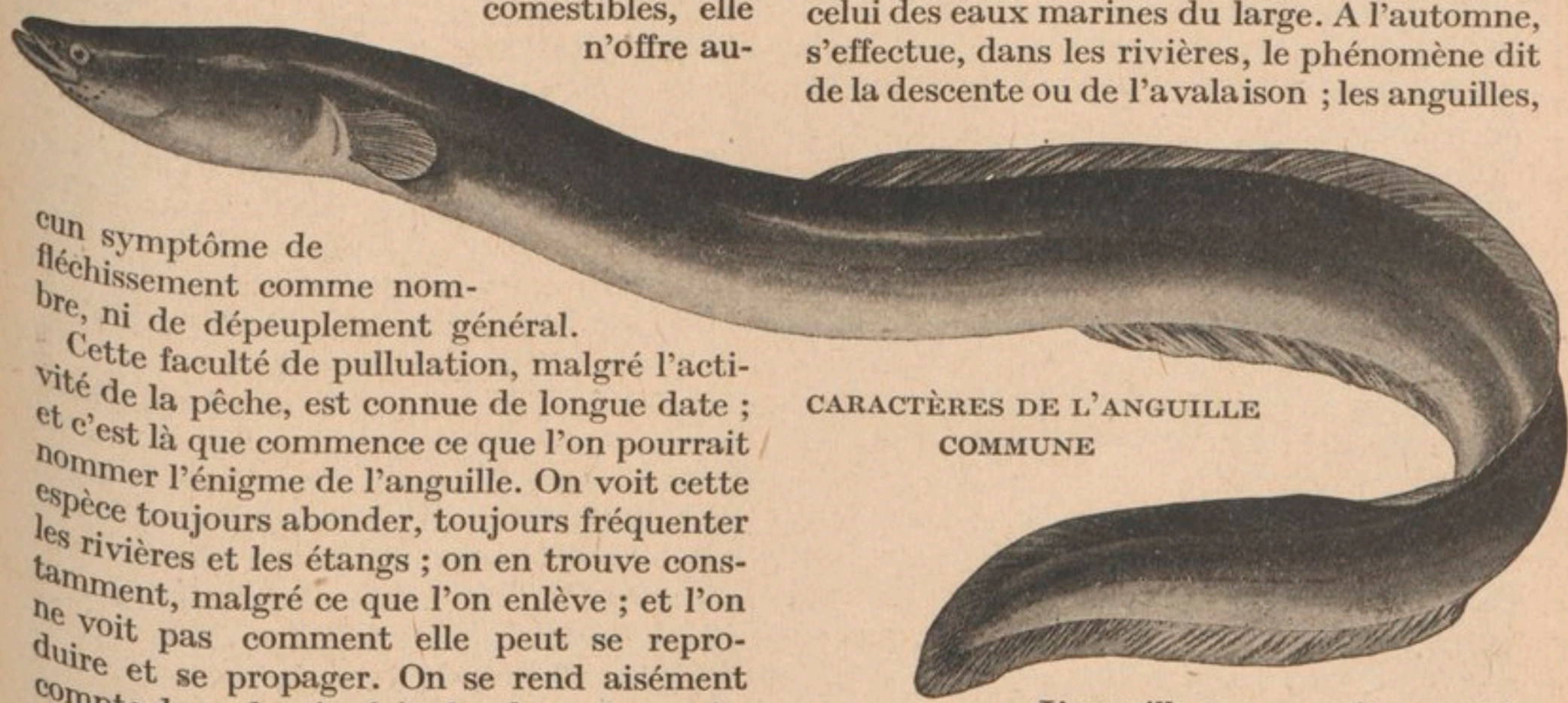
Il s'agit ici de l'anguille commune, qu'il ne faut pas confondre avec le congre, ou anguille de mer. Cette dernière espèce habite exclusivement les eaux marines ; elle appartient à une famille différente de celle de l'anguille ordinaire. On la reconnaît, entre autres dispositions, à sa mâchoire supérieure qui déborde l'inférieure, alors que le contraire a lieu chez l'anguille.

L'anguille commune, moins exclusive que le congre, fréquente les eaux de toutes qualités. On la trouve aussi bien dans les eaux salées des ports, des embouchures, des étangs littoraux, que dans les eaux douces courantes et stagnantes. On la pêche dans des régions de plaine comme dans des ruisseaux de montagne. Elle dépasse même les altitudes atteintes par la majorité des poissons d'eau douce, et parvient à des hauteurs où ne fréquente guère que la truite. Malgré cette diversité d'habitat, elle abonde presque partout. Grâce à un heureux contraste avec la plupart des autres espèces de poissons comestibles, elle n'offre aucun symptôme de fléchissement comme nombre, ni de dépeuplement général.

Cette faculté de pullulation, malgré l'activité de la pêche, est connue de longue date ; et c'est là que commence ce que l'on pourrait nommer l'énigme de l'anguille. On voit cette espèce toujours abonder, toujours fréquenter les rivières et les étangs ; on en trouve constamment, malgré ce que l'on enlève ; et l'on ne voit pas comment elle peut se reproduire et se propager. On se rend aisément compte de ce dernier fait chez les autres poissons ; on discerne dans leur corps, à de certaines époques, les œufs prêts à une ponte prochaine ; on connaît leur frai. Il n'est, par contre, rien de tel pour l'anguille.

Aussi, de nombreuses légendes, depuis l'antiquité, ont-elles tenté d'expliquer ce que l'observation ne pouvait résoudre. On a fait naître les anguilles de la vase des étangs. On les a fait éclore dans le corps de diverses espèces de poissons d'eau douce, tanches ou goujons. On a supposé qu'elles étaient hermaphrodites et qu'elles se fécondaient elles-mêmes. On a admis qu'elles étaient vivipares, et qu'elles mettaient au monde leurs petits tout vivants. On a inventé d'autres hypothèses, plus extraordinaires les unes que les autres. Or, s'il est exact que certains poissons, et les anguilles elles-mêmes, portent parfois dans leur corps des petits animaux filiformes, on sait, aujourd'hui, que ces derniers sont tout simplement des vers parasites et nullement des anguilles à l'état embryonnaire.

En revanche, on connaît depuis longtemps plusieurs habitudes régulières de l'anguille, tendant à montrer que sa vie complète dépasse le domaine des eaux douces et des eaux saumâtres littorales pour empiéter sur celui des eaux marines du large. A l'automne, s'effectue, dans les rivières, le phénomène dit de la descente ou de l'avalaison ; les anguilles,

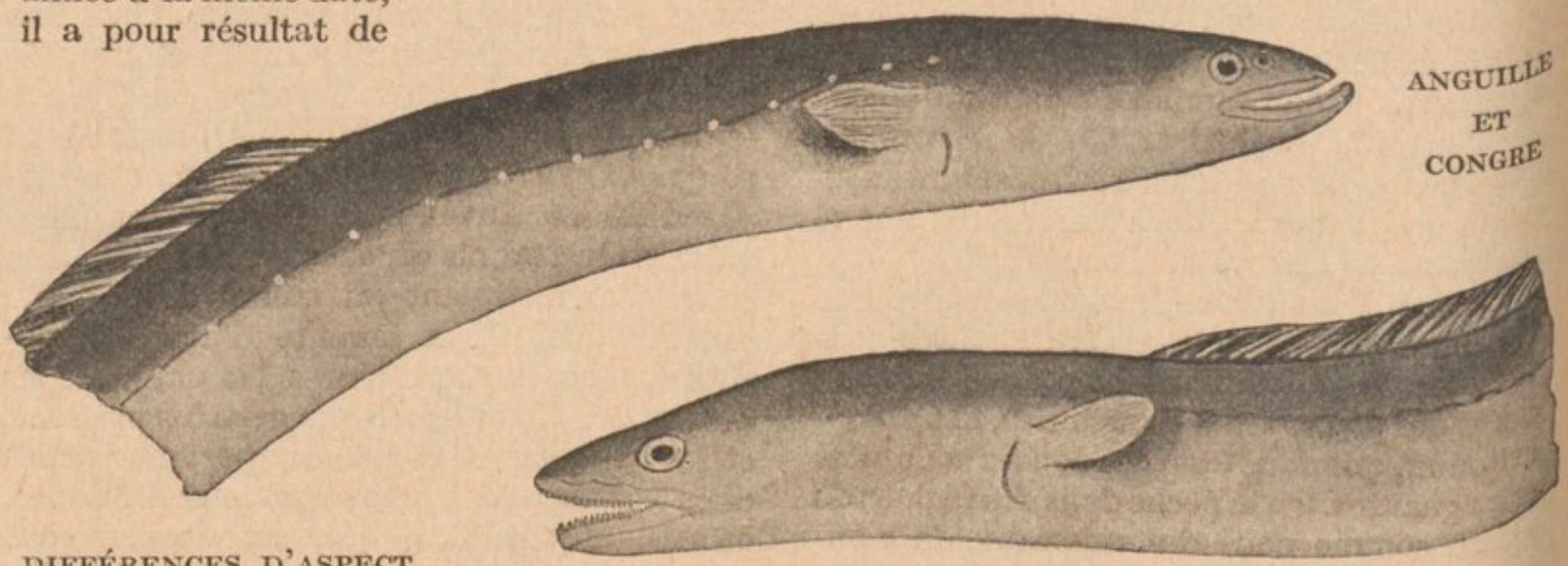


CARACTÈRES DE L'ANGUILLE COMMUNE

L'anguille se reconnaît, parmi les autres poissons des cours d'eau et des étangs, à son corps allongé et cylindrique, à sa peau glissante et privée d'écailles extérieures, ainsi qu'à sa bouche bien fendue dont la mâchoire inférieure est un peu plus longue que la mâchoire supérieure.

souvent pelotonnées à plusieurs, descendent les cours d'eau jusqu'aux embouchures, et vont à la mer ; les rivières se dépeuplent ainsi, annuellement, d'un certain nombre de leurs habitants. Par une disposition inverse, en hiver, et surtout au printemps, les embouchures sont envahies par une quantité prodigieuse d'anguilles minuscules venant de la mer, cherchant à se glisser dans les eaux saumâtres des étangs littoraux ou des estuaires, dans les eaux douces des fleuves, et y pénétrant effectivement. Ce phénomène est connu sous le nom de montée. Aussi régulier que celui de la descente, et revenant chaque année à la même date, il a pour résultat de

même est, jusqu'ici, demeurée inaccessible à la constatation directe, on sait, en revanche, par l'observation et non par l'hypothèse, que l'existence complète de toute anguille comprend trois étapes successives, conduites en des milieux différents, et comme trois vies distinctes : une première vie, larvaire, qui se passe au large, dans les profondeurs océaniques ; une deuxième vie, de croissance, qui s'effectue dans les eaux douces et saumâtres du continent ; une troisième vie, reproductrice, qui s'accomplit exclusivement en mer, où l'individu est obligé de retourner pour assurer la propagation de l'espèce.



DIFFÉRENCES D'ASPECT
DE L'ANGUILLE COMMUNE ET DU CONGRE, VULGAIREMENT APPELÉ ANGUILLE DE MER

La gravure du haut montre la tête et la partie antérieure du corps de l'anguille, avec sa mâchoire supérieure en retrait sur l'inférieure et sa nageoire dorsale reculée. Chez le congre (gravure du bas), la mâchoire supérieure est débordante, la bouche garnie de plus fortes dents, et la nageoire dorsale avancée.

réparer la perte causée par le voyage à la mer, et remplace les grandes anguilles disparues par de petites anguilles beaucoup plus nombreuses, qui ne demandent qu'à grandir à leur tour. Si l'un dépeuple, l'autre repeuple.

Considérant ces deux phénomènes contraires et s'équilibrant, le célèbre abbé Spallanzani, naturaliste et physicien du XVIIIe siècle, inclinait à penser que l'anguille, si elle ne se reproduit pas en eau douce, doit se reproduire en mer, puisque l'on voit ainsi, tous les ans, de grosses anguilles partir des eaux continentales pour aller dans les eaux marines, et, inversement, de petites anguilles partir de celles-ci pour aller dans celles-là. Il lui semblait probable, en raison de la constance et de la régularité des choses, que les premières vont pondre, et que les secondes sont les produits de cette ponte. Les études modernes ont démontré la réalité de cette présomption ; elles ont pu suivre les unes dans leur voyage au sein de la mer, et trouver plusieurs phases du développement marin des autres. Si la ponte elle-

L'anguille, que l'on pêche pour l'alimentation, et qui habite des lieux accessibles aux engins, est seulement celle de la vie de croissance. L'individu, pendant cette période de son existence, se tient à l'écart des eaux marines, s'installe dans les eaux continentales, y demeure jusqu'à l'époque de sa descente à la mer pour la reproduction, et il y grandit. Il mesure à peine quelques centimètres de longueur lorsqu'il arrive, et il possède sa taille complète lorsqu'il repart.

Le début de cette période est caractérisé par le phénomène de la montée. Minces et transparentes, mesurant quelques millimètres de diamètre, ne laissant guère voir d'elles que les points noirs de leurs yeux, les jeunes anguilles nagent en ondulant, et, dès leur entrée dans les chenaux des étangs ou les estuaires des fleuves, elles s'efforcent de pousser plus avant, et de s'éloigner de la mer. C'est ainsi que s'effectue le peuplement normal, par le seul jeu des forces de la nature.

Les jeunes anguilles de montée sont bien connues de nos pêcheurs de la zone maritime.

On les désigne, selon les provinces, par des noms variés, dont les principaux sont ceux de *civelles* et de *piballes* pour nos côtes océaniques, de *bouirons* pour celles de la Méditerranée. En quelques pays, notamment sur les bords du golfe de Gascogne, on les pêche pour les manger en friture ou en omelette. Le nombre inouï de ces petits êtres explique le fait. Pour en donner une idée, le seul département des Landes, en 1906, a expédié, par ses diverses gares, 73 tonnes de piballes. Comme un kilogramme en poids représente numériquement 1.500 à 2.000 de ces petits individus, le total de ces expéditions correspond à une quantité annuelle de jeunes anguilles égale à 100 ou 150 millions de sujets.

La montée débute vers la fin de l'automne et le début de l'hiver ; elle est plus précoce dans les régions méridionales. Son principal effort a lieu pendant la seconde moitié du printemps. Les jeunes anguilles arrivent en plusieurs fois, et sont d'autant plus nombreuses qu'elles sont plus tardives. Les premières venues, et les plus petites, mesurent 56 à 60 ou 65 millimètres de longueur ; la plupart d'entre elles s'établissent à demeure dans les eaux saumâtres des estuaires ou des étangs littoraux ; elles appartiennent en majeure partie au sexe mâle. Les dernières arrivées, plus grosses, qui mesurent 75 à 85 millimètres de longueur et deviendront surtout des femelles, s'arrêtent moins dans les régions basses, s'introduisent dans les fleuves, et les remontent progressivement, ainsi que leurs affluents ; elles nagent ou rampent au long des berges. Celles-là poussent toujours en avant sans rétrograder ; c'est grâce à elles que les eaux éloignées de la mer sont peuplées en permanence d'un monde d'anguilles.

Peu après le moment où elles ont quitté les eaux marines, les anguilles perdent leur transparence, deviennent opaques, et revêtent la coloration qu'on leur connaît. Elles sont encore petites et fluettes, mais, depuis cette époque, elles ne cesseront de grandir et de grossir. Leur croissance moyenne en longueur est de 8 à 10 centimètres par an ;

« CIVELLES » OU « PIBALLES » SONT LES NOMS DONNÉS AUX PETITES ANGUILLES DE MONTÉE

Les jeunes anguilles se rapprochent des côtes et envahissent les fleuves et les étangs littoraux pour vivre pendant plusieurs années en eau douce ou saumâtre et y grandir jusqu'à la fin de leur vie de croissance.

LES ANGUILLES NAGENT EN ONDULANT ET CHASSENT LEURS PROIES PENDANT LA NUIT ; ELLES S'ENFONCENT VOLONTIERS LE JOUR DANS LA VASE OU DANS LES TROUS DE ROCHERS

elle s'effectue avec constance jusqu'à l'époque de la vie reproductrice, du retour à la mer, et, par suite, du degré ultime de la croissance. La venue de cette époque diffère selon les sexes. Les individus mâles s'arrêtent les premiers ; parvenus à 40 ou 50 centimètres de longueur, vers la quatrième année de leur croissance en eaux continentales, ils préparent et accomplissent leur voyage à l'océan. Les femelles prolongent leur séjour; elles le poussent jusqu'à atteindre 80 centimètres à 1 mètre, ou plus encore ; elles lui consacrent sept à huit années. Ce n'est qu'après ce terme qu'elles imitent les mâles, et qu'à leur tour elles entreprennent, lorsqu'elles le peuvent, leur voyage nuptial.

Une telle croissance nécessite une alimentation copieuse. L'anguille la trouve et la prend dans les eaux où elle vit. Elle est carnivore, et franchement déprédatrice ; elle traque les petits poissons, les grenouilles, les épie à l'affût, et ne fait aucun choix ; toute chair animale lui est bonne. Elle opère la nuit de préférence et se tient volontiers à l'abri pendant la journée, soit enfoncée dans la vase, soit enroulée et pelotonnée dans un trou de rocher ou une anfractuosité.

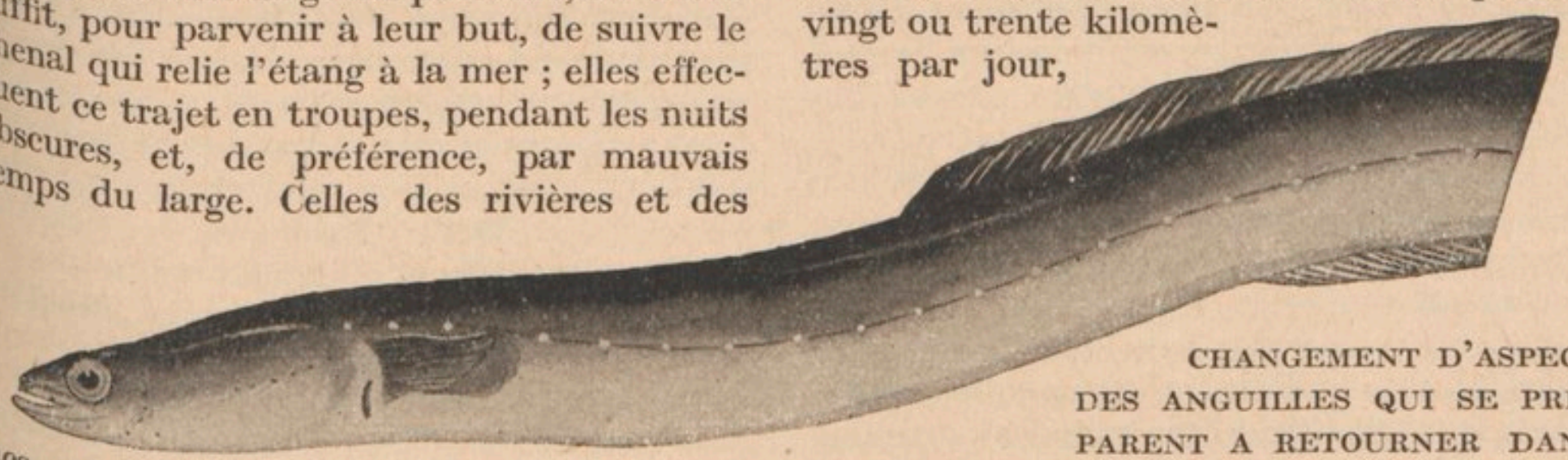
Tout en s'alimentant ainsi, et en grandissant, l'anguille se déplace, va et vient dans l'eau, et même hors de l'eau. Une remarquable conformation de ses organes respiratoires, la petitesse et la mobilité de ses ouïes, c'est-à-dire des orifices qui font communiquer ces organes avec le dehors sur les côtés du cou, lui permettent d'y emmagasiner de l'humidité, et, ainsi munie, de sortir de son milieu ordinaire, pour progresser sur le sol en rampant à la manière d'un serpent. Les anguilles agissent de la sorte pendant les nuits pluvieuses, lorsque la terre trempée, battue par l'eau, leur offre des facilités qu'un sol desséché ne présenterait pas. Il n'est pas rare, dans la belle saison, d'en trouver parmi les prairies, ou les guérets, arrêtées dans cette course à travers champs qu'elles comptaient reprendre la nuit d'après. Elles vont ainsi de ruisseau en ruisseau, de mare en mare ; elles amplifient sans cesse le domaine qu'elles occupent, pénètrent partout, grâce à cette singulière facilité de déplacement et à leur propriété de résistance vitale. C'est par ce

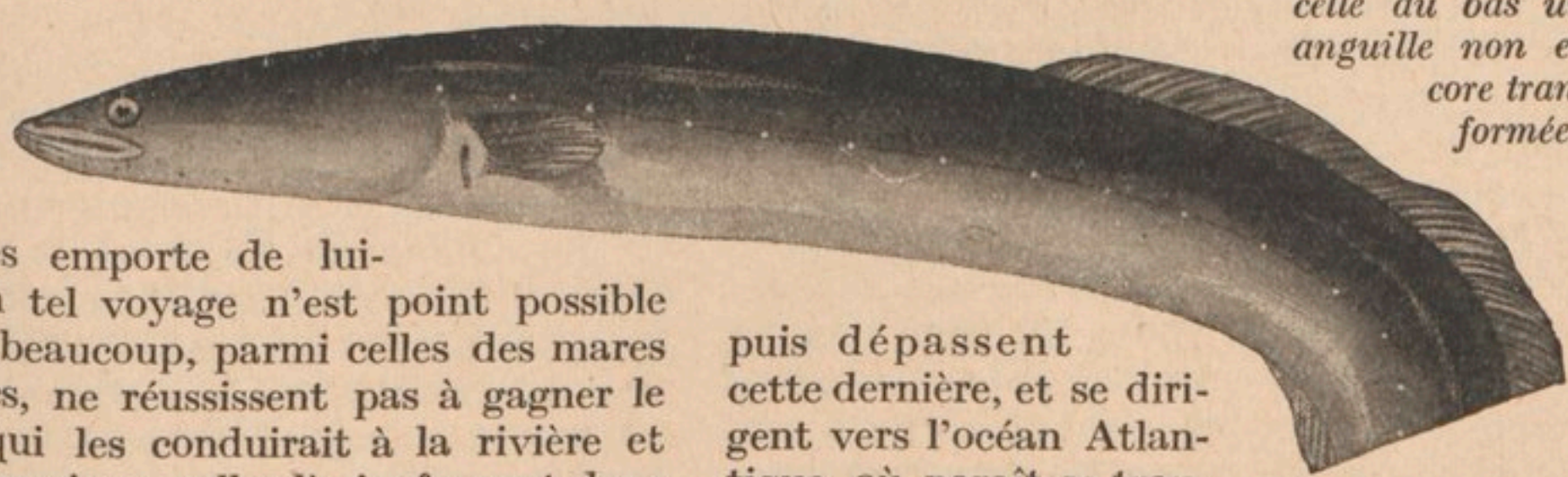
moyen que certains individus réussissent à s'introduire dans des mares isolées, dans des puits, et non, comme on l'a admis, par un procédé ignoré de reproduction sur place. Ils y sont venus du ruisseau le plus proche, et, s'y trouvant bien, ils y sont restés.

Au moment de retourner à la mer, les anguilles, modifient leur aspect ; la teinte jaunâtre de leur ventre s'éclaircit et devient blanche ; leurs yeux s'élargissent. Les ovaires, découverts en 1777 par Mondini, prennent de l'extension dans le corps des femelles ; ils ressemblent à d'épais cordons plissés où les œufs s'ébauchent en nombre considérable. Corrélativement, les glandes sexuelles des mâles, décrites en 1874 par Syrski, se développent en cordons subdivisés et segmentés. Les individus en état de préparation sexuelle se distinguent ainsi de leurs congénères, grâce à ces particularités d'allure et de structure ; les pêcheurs les désignent souvent sous des noms spéciaux, et l'on en avait fait pendant longtemps des variétés séparées.

Le retour à la mer a lieu en automne, principalement dans la seconde moitié de la saison. Les anguilles des étangs littoraux n'ont pas à faire un grand parcours, car il leur suffit, pour parvenir à leur but, de suivre le chenal qui relie l'étang à la mer ; elles effectuent ce trajet en troupes, pendant les nuits obscures, et, de préférence, par mauvais temps du large. Celles des rivières et des lacs ont à parcourir un chemin beaucoup plus long ; certaines doivent franchir plusieurs centaines de kilomètres. Elles y parviennent, mi-partie actives en nageant et rampant, mi-partie passives en se laissant entraîner, roulées à plusieurs en un peloton ; le courant les emporte de lui-même. Un tel voyage n'est point possible à toutes ; beaucoup, parmi celles des mares et des lacs, ne réussissent pas à gagner le ruisseau qui les conduirait à la rivière et aux eaux marines ; celles-là s'enfoncent dans la vase pour y passer l'hiver. Si le fait se renouvelle l'année suivante, elles continuent à vivre dans les eaux douces, ainsi perdues pour la propagation de l'espèce, et se bornant à grossir sans reproduire. Elles sont châtrées naturellement, et, par une conséquence habituelle, engraissent beaucoup : telle est l'origine des pièces de belle taille, que l'on pêche assez fréquemment.

Les autres, qui ont réussi à gagner les eaux marines, n'en sont, toutefois, qu'au début de leur voyage. Celui-ci ne s'arrête point dès qu'elles touchent à la mer; il lui faut se prolonger longtemps encore. Prises, dès leur contact avec l'eau salée, d'une activité qu'elles étaient loin de montrer auparavant, les anguilles reproductrices s'écartent de la côte, gagnent le large, et poussent droit devant elles. On a pu suivre leur course. Un naturaliste danois, J. Schmidt, quelques années avant la guerre, a institué des observations consistant à marquer des anguilles à la descente, en leur accrochant, près de l'opercule, une petite plaque portant un numéro d'ordre, et, après avoir prévenu les pêcheurs des régions voisines, à tenir compte de celles que le hasard aurait laissé reprendre. Après avoir marqué un grand nombre d'individus, les reprises furent suffisantes pour démontrer que les anguilles, qui descendent à la Baltique et aux eaux danoises se rendent dans la mer du Nord, en faisant parfois vingt ou trente kilomètres par jour, puis dépassent cette dernière, et se dirigent vers l'océan Atlantique, où paraît se trouver leur lieu commun de rendez-vous.





CHANGEMENT D'ASPECT DES ANGUILLES QUI SE PRÉPARENT A RETOURNER DANS L'OCÉAN POUR Y PERPÉTUER LEUR RACE

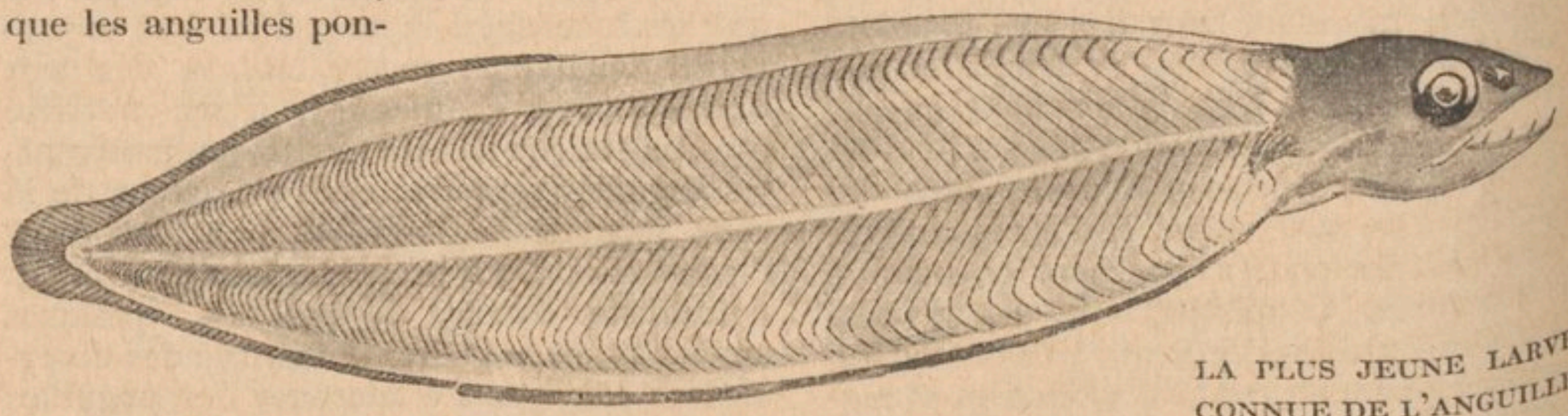
Leurs yeux s'agrandissent, leur ventre devient blanc et nacré, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par la comparaison des deux gravures dont celle du haut montre une anguille en livrée de voyage nuptial, et celle du bas une anguille non encore transformée.

Parvenues à ce point, leur piste directe est perdue. Mais on a pu la suivre partiellement, en repérant les lieux où l'on a recueilli, en plein océan, les jeunes individus produits

par la ponte. Il a été établi, par ce moyen, que les moins âgés de ces jeunes, les plus récemment éclos par suite, se trouvent fort loin dans l'océan Atlantique, et au voisinage de la mer des Sargasses. C'est là, selon des présomptions acceptables, et que nul fait n'a encore modifiées, que les anguilles pondraient, au-dessus des grandes profondeurs océaniques, dans des eaux dont le degré de salinité égalerait au moins 35,2 pour 1.000, et dont la température serait supérieure à 7° C. Cette ponte, les circonstances qui l'accompagnent, les phénomènes de l'éclosion sont encore inconnus, bien que l'on ait cru trouver parfois, en divers points, des œufs d'anguille flottant dans la mer. Tout ce que l'on a la possibilité d'admettre, en considérant la structure des glandes sexuelles, c'est que l'anguille est ovipare, que sa fécondation est extérieure, que ses œufs sont fort petits, et que chaque femelle en produit au nombre d'un million et même davantage.

Ainsi, l'anguille a toujours son énigme, qui, pour se porter ailleurs, n'en est pas moins impressionnante, en devenant plus vaste. La science moderne l'a déplacée sans la résoudre encore. Ce rendez-vous nuptial dans les abîmes de l'océan, où se portent en foule, après avoir franchi des kilomètres par milliers, ces poissons qui, jusque-là, avaient mené dans les eaux douces une existence casanière, est fait pour surprendre. Que deviennent ensuite, la ponte accomplie, ces époux qui ne se sont recherchés qu'après un tel voyage, semé d'obstacles et de dangers, où beaucoup périssent, sans doute ? On l'ignore encore. Le fait certain est qu'ils ne retournent pas. Meurent-ils après le frai, comme c'est souvent le cas pour d'autres poissons à voyages de noces, par exemple le saumon ou l'alose ? Continuent-ils à vivre dans les profondeurs atlantiques et à s'y reproduire ? La nature n'a pas dévoilé son secret.

Quoi qu'il en soit à ce sujet, si l'on ne connaît point avec certitude les péripéties de la ponte, ni les premières phases du développement des œufs et des embryons qui en proviennent, on sait, en revanche, comment se trouvent faits ces derniers lorsqu'ils arrivent à un état plus avancé. Ils sont alors des larves fort différentes de l'adulte par l'aspect comme par la structure. Leur corps, comprimé latéralement, oblong et plat comme un ruban, porte en avant une petite tête armée de dents, et se termine en arrière par une courte nageoire. Ce corps est transparent comme du verre ; on discerne en lui, à travers la peau, ses masses musculaires, et ses principaux organes. Cette forme de larve n'est point spéciale à l'anguille ; on la rencontre aussi chez d'autres poissons voisins de cette dernière, comme le congre. Connue depuis longtemps des naturalistes, on la désignait sous le nom de leptocéphale, et l'on croyait qu'elle constituait parmi les poissons une famille distincte. Tel n'est pas le cas, mais c'est seulement dans ces dernières années que sa nature véritable fut établie.



LA PLUS JEUNE LARVE CONNUE DE L'ANGUILLE

Cette larve, décrite par le naturaliste Hjort, mesurait 40 millimètres de longueur; elle a été pêchée au large dans l'Océan Atlantique. Tout en ayant sans doute commencé par ressembler au jeune congre, elle s'est déjà modifiée en grandissant; son corps est devenu rubané; sa tête et ses dents sont petites.

La sorte particulière des leptocéphales de l'anguille porte, à cause de la brièveté de la tête et de la bouche, le nom de *Leptocephalus brevirostris*. Nées dans l'océan, au-dessus des abîmes où la ponte a eu lieu, ces leptocéphales commencent par y habiter. La faible densité de leur corps leur permet de se tenir en suspension dans l'eau. Ainsi faites et disposées, les courants marins les prennent, les emportent, les disséminent au loin. Le Gulf-Stream les entraîne vers les côtes de l'Europe. Les unes pénètrent dans la Méditerranée par le courant superficiel du détroit de Gibraltar ; les autres remontent plus au nord, s'introduisent dans le golfe de Gascogne, arrivent autour des îles anglaises, s'étendent dans les mers du nord de l'Europe. Ces larves, emportées par les courants marins, grandissent en suivant leur route ; lorsqu'elles arri-

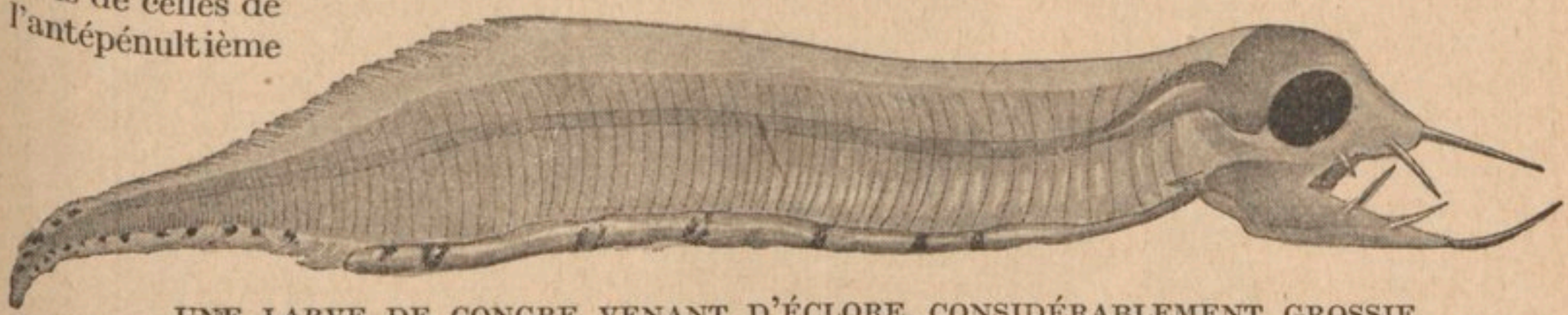
vent dans les mers d'Europe, les plus avancées mesurent jusqu'à 8 et 9 centimètres de longueur. Elles sont prêtes alors à subir une métamorphose qui doit les convertir en petites anguilles de forme normale. Ce changement a lieu en haute mer. Le corps du petit être se restreint et se raccourcit ; il diminue de longueur, et surtout de hauteur. Il perd progressivement sa disposition aplatie pour devenir cylindrique. Un remaniement de ses organes s'accomplit en lui-même pour se prêter à ces nouvelles conditions. Sans perdre sa transparence, le leptocéphale, toujours suspendu en pleine eau, au large des côtes, se change en civelle ou jeune anguille de montée. La transformation accomplie, cette dernière n'a plus qu'à se rapprocher du rivage et à gagner les eaux continentales, pour commencer sa vie de croissance. Son existence larvaire marine est achevée, et le cycle ouvert par la descente à la mer des anguilles en état de reproduire est ainsi fermé.

Les anguilles reproductrices, qui vont à la mer en automne, effectuent sans doute leur ponte, à en juger d'après l'état de leurs glandes sexuelles au départ, dans le cours de l'hiver consécutif. L'éclosion des larves a donc lieu au printemps. Probablement, une année au moins est nécessaire pour conduire celles-ci à la taille qui précède leur métamorphose. Le changement en civelle s'accomplirait donc au cours de l'année suivant celle de l'éclosion ; et les jeunes anguilles de montée auraient déjà un an et demi à deux ans d'âge. La montée représenterait le produit, non pas des anguilles migratrices qui viennent de descendre à la mer, non pas même des anguilles migratrices de l'année précédente, mais de celles de l'antépénultième année. C'est à deux ans d'intervalle que la rénovation de peuplement paraît s'accomplir.

Que penser d'une telle existence, si riche en péripéties diverses et contraires ? Et, sur cette question principale, combien se pressent de questions secondaires ? Les réponses sont encore malaisées, et souvent incomplètes. Pourtant, l'une d'elles se précise et s'affirme : l'anguille, cette espèce banale de nos rivières et de nos étangs, ne leur appartient pas ; elle n'est point un poisson des eaux douces. Elle dépend surtout des grandes profondeurs océaniques, où elle éclôt, où elle retourne pour reproduire. Elle est, pour les eaux continentales, comme une passante, qui leur consacre une part importante de sa vie, puis les quitte à jamais.

Quel appel écoute-t-elle pour venir vers les côtes, au début de son existence, lorsqu'elle est encore une larve emportée par les courants marins ? Et, plus tard, aux approches de la puberté, quel autre appel entend-elle, qui la presse de retourner aux abîmes d'où elle est sortie ? Quelles sont ces deux impulsions opposées, et toujours obéies ? Et comment, dans l'une comme dans l'autre, la bête minuscule, perdue dans l'immensité de ce qui l'entoure, fait-elle pour trouver son chemin et voyager à coup sûr ? C'est un instinct, dira-t-on. Le terme est d'un emploi aisé, mais il laisse en suspens toute réponse logique. Si l'instinct astreint l'être à conformer normalement ses actes à l'état présent des choses, il oblige l'anguille en deux sens différents, et la conduit successivement en deux directions opposées. Ce sont ces deux obligations contradictoires qu'il s'agit de connaître et de préciser, pour obtenir la réponse aux questions posées.

Cette réponse est celle que donnent les autres poissons migrateurs. L'individu, chez eux, modifie ses exigences vitales selon les besoins successifs de son organisme, et se déplace dans son milieu, de manière à satisfaire chaque fois aux plus impérieux de ces derniers. Il se dirige vers ce qui l'attire le plus, et ses migrations ne sont autres que ses déplacements pour trouver ce qui lui convient. Il suit un tropisme ; il va de proche en proche, guidé par l'excitation différentielle du milieu, vers le point où il trouvera la condition voulue par le besoin présent. Et,



UNE LARVE DE CONGRE VENANT D'ÉCLORE, CONSIDÉRABLEMENT GROSSIE

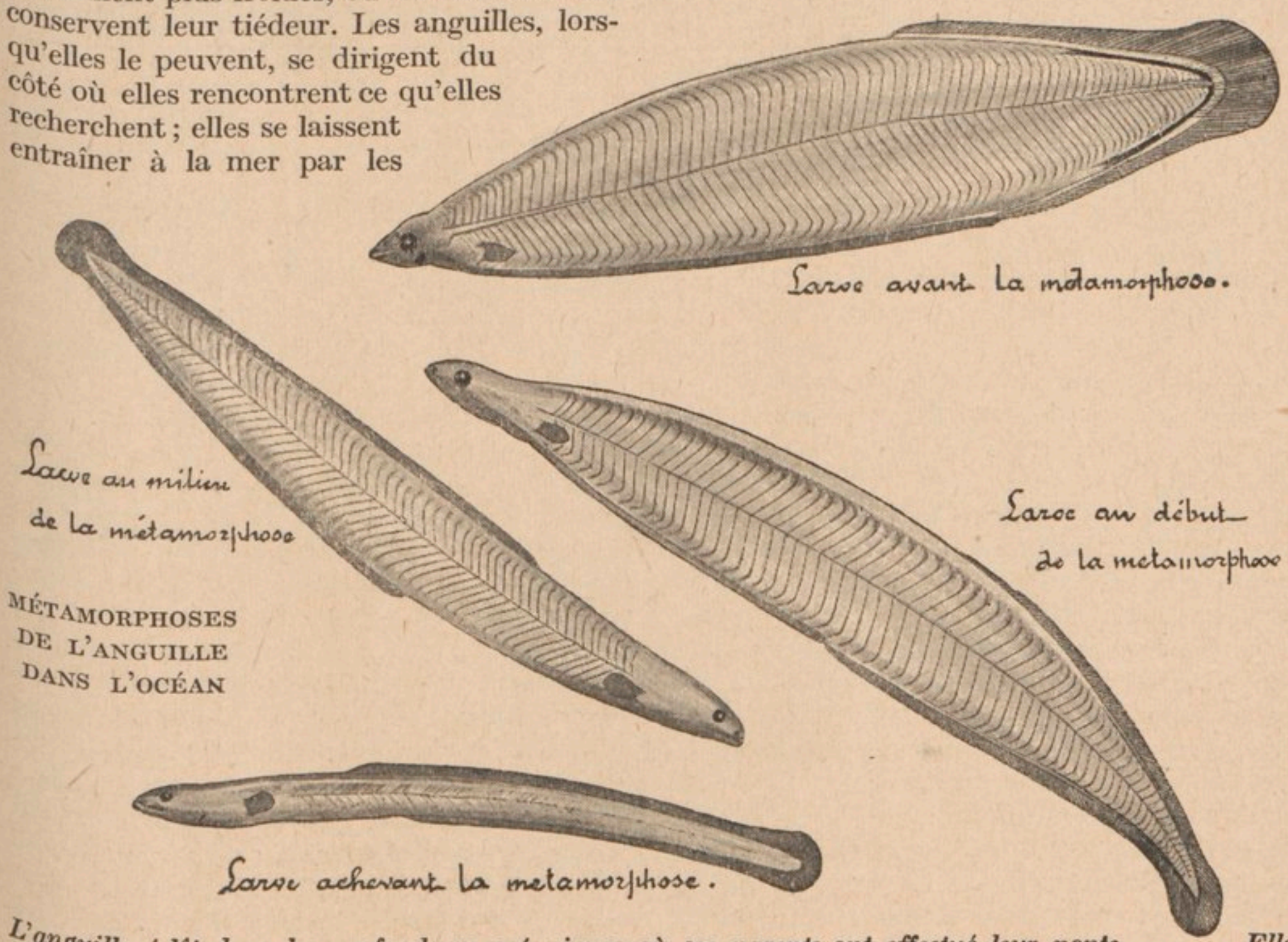
Les phases de la ponte et du premier développement de l'anguille dans l'océan ne sont pas connues, mais on connaît celles du congre, dont elles ne doivent pas être très différentes. La larve ci-dessus mesure seulement huit millimètres de longueur. Remarquez la forme singulière de la tête et des dents.

CETTE PÊCHERIE D'ANGUILLES CONSISTE EN UNE PALISSADE BRISÉE MUNIE DE NASSES, DANS LESQUELLES S'INTRODUISENT LES ANGUILLES. ELLE EST EMPLOYÉE EN FRANCE ET DANS LES PAYS SITUÉS PLUS AU NORD ; ON LA DÉSIGNE SOUS LE NOM DE « GORD ».

comme ces besoins changent au cours de l'existence, les directions se modifient, et les résultats se montrent comme ils sont.

L'anguille, à l'état de larve et de jeune, agit comme un grand nombre d'autres poissons au même âge. Il lui faut, autour d'elle, pour sa respiration active, une eau aussi riche que possible en oxygène dissous. Entraînée par ce besoin, elle se dirige progressivement vers des zones où se réalise de plus en plus cette supériorité. Elle remonte des régions profondes de l'océan vers les couches superficielles ; elle revient du large vers les côtes, et s'introduit dans les eaux continentales, afin de mieux satisfaire à cette exigence vitale. Puis, installée à demeure dans les étangs et les rivières, elle y reste tant que ses besoins organiques et son milieu intérieur ne subissent aucun autre changement en ce sens. Mais, plus tard, la vie de croissance achevée, le développement des glandes sexuelles déclanche une orientation nouvelle. Le besoin le plus pressant cesse d'être celui d'une respiration active ; il cède la place à celui d'une température plus élevée. Cette manifestation a lieu en automne, époque à laquelle les eaux continentales deviennent plus froides, où les eaux marines conservent leur tiédeur. Les anguilles, lorsqu'elles le peuvent, se dirigent du côté où elles rencontrent ce qu'elles recherchent ; elles se laissent entraîner à la mer par les rivières ; arrivées dans les eaux marines, elles se dirigent vers les zones les plus chaudes et s'y maintiennent. La raison de leur retour aux profondeurs océaniques est donc, vraisemblablement, l'effet d'un thermotropisme lié à l'état de reproduction.

Ce double voyage obligatoire fait de l'anguille l'un des poissons les plus aisés à capturer, à l'arrivée comme au départ. A l'aller, on pêche la montée aux embouchures des fleuves et dans les chenaux des étangs littoraux ; les engins les plus simples, troubles et épuisettes, suffisent à la capturer. Ses facultés de résistance permettent de l'expédier, seulement emballée dans de la mousse humide, en des régions éloignées que l'on voudrait peupler. Il importe toutefois d'agir en cela avec discernement. On peut immerger avec avantage les jeunes anguilles dans des étangs naturels, ou des lacs, ou des rivières, dont on ne tirerait pas grand profit autrement ; mais on doit se garder d'en faire autant pour les étangs à pisciculture, où l'on élève des truites et des carpes, car l'anguille est carnivore ; elle détruirait, dans ces pièces d'eau, l'espoir du pisciculteur en prélevant une part trop forte sur la récolte



MÉTAMORPHOSES DE L'ANGUILLE DANS L'OCÉAN

L'anguille éclôt dans les profondeurs océaniques où ses parents ont effectué leur ponte. Elle passe dans l'océan la première partie de son existence, et est alors une larve au corps rubané et transparent nommée Leptocéphale. Vers la fin de cette vie marine, elle se métamorphose pour prendre sa forme cylindrique bien connue. La figure montre, de haut en bas, les phases de l'évolution qui s'accomplit en mer.

UNE BORDIGUE, PÊCHERIE D'ANGUILLES DU TYPE MÉRIDIONAL OU MÉDITERRANÉEN

Ces pêcheries consistent en palissades emboîtées les unes dans les autres, de manière à former un parc divisé en compartiments anguleux et communiquant entre eux par un étroit passage ménagé à leur sommet. Les anguilles passent de l'un dans l'autre jusqu'au dernier d'où elles ne savent pas sortir.

future. Le déficit causé par elle serait supérieur au bénéfice obtenu par sa propre pêche.

En revanche, le principal avantage procuré par l'anguille est celui de sa pêche au cours de sa vie de croissance, et surtout à l'époque de son retour à la mer, lorsque cette vie touche à sa fin. On la prend alors par quantités considérables. Il est difficile d'évaluer, même approximativement, le rendement de la pêche dans les eaux douces. On aura toutefois une notion de ce qu'il peut être d'après celui que les statistiques officielles accusent pour la zone maritime de notre pays (étangs littoraux, ports, embouchures fluviales). Le chiffre en est presque toujours supérieur, annuellement, à un million de kilogrammes. Celui de la pêche en eau douce, sur toute l'étendue de notre territoire, doit sans doute lui être égal, sinon le dépasser. C'est donc à deux millions de kilos en moyenne, qu'il convient d'évaluer le poids total des anguilles livrées en France à la consommation : ressource de haute valeur pour l'alimentation générale, et d'autant plus intéressante qu'elle peut être prélevée à l'aide d'engins de pêche peu coûteux.

Nous pourrions tirer de cette ressource un parti meilleur en multipliant et développant les lieux où l'anguille pourrait prospérer sans inconvénient. Il faudrait établir des installations pour la garder vivante dans des bassins spéciaux, et aussi pour la préparer en conserves. L'Italie, la Hollande, avancent hardiment dans cette voie. Nous, qui disposons de moyens identiques, sinon plus vastes encore, nous devrions de même peupler de montée les étangs improductifs, régler et améliorer la production des autres, établir des parcs de garde, fonder des usines à conserve, en somme pousser à fond l'exploitation de ce précieux gibier de pêche. La situation économique est telle, à notre époque, qu'il faut se garder d'emprunter au voisin. Or, nous ne manquons pas, tant s'en faut, de ressources ; il suffit de s'en occuper.

LOUIS ROULE.

LES COMBINATEURS DANS LA TRACTION ÉLECTRIQUE

Par L.-D. FOURCAULT

La conduite d'un véhicule électrique sur rail : tramway ou automotrice, paraît, à première vue, d'une simplicité extrême. Le wattman commande le démarrage, règle la marche aux différentes vitesses, aussi bien que l'arrêt ou la marche arrière, par la manœuvre d'une seule manette. Même en y ajoutant la commande des deux freins, l'un à air comprimé, et l'autre, dit de sécurité, à main, nous sommes loin de la complexité des embrayages et leviers de changements de vitesse de l'automobiliste, dont mains et pieds sont mis à contribution, parfois ensemble, pour effectuer les manœuvres nécessaires à la marche de sa machine.

Quant au mécanicien de locomotive à vapeur, il n'est pas rare de le voir lutter de toutes ses forces pour ouvrir ou bien fermer à fond le registre d'admission de vapeur ; à côté de ce forçat de la traction, notre wattman paraît un homme bien peu occupé.

Cependant, si l'on examine avec quelque attention le détail des mécanismes mis en jeu dans les différents systèmes de traction, on voit immédiatement que l'utilisation de l'électricité pour cet usage est théoriquement très complexe, et nécessite de multiples combinaisons de branchements électriques variant avec les changements de régime.

Un tramway est équipé généralement avec

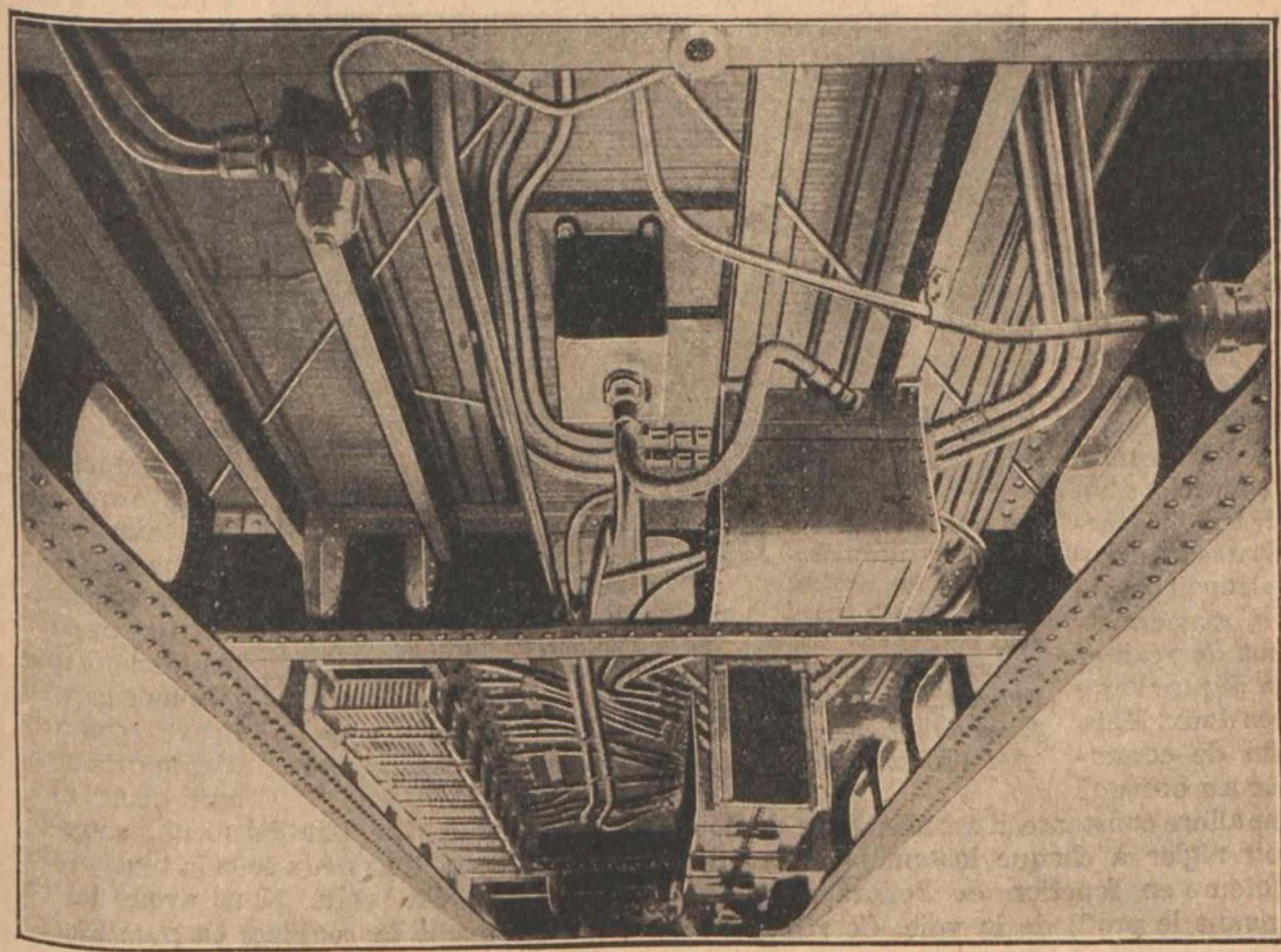


FIG. 1. — VUE EN DESSOUS D'UNE AUTOMOTRICE THOMSON-HOUSTON DE LA LIGNE PARIS-INVALIDES-VERSAILLES, MONTRANT LA COMPLEXITÉ DES CONNEXIONS ÉLECTRIQUES POUR TRACTION PAR UNITÉS MULTIPLES

deux moteurs électriques d'égale force. L'emploi de deux électromoteurs distincts est motivé par plusieurs considérations :

1° Meilleur rendement mécanique, l'adhérence nécessaire pour éviter le glissement ou patinage des roues sur le rail étant bien plus grande, on le conçoit aisément, avec deux essieux moteurs au lieu d'un ;

2° Possibilité de faire marcher les deux moteurs ensemble ou séparément, avec des vitesses variables, suivant les besoins, par le moyen de couplages électriques ;

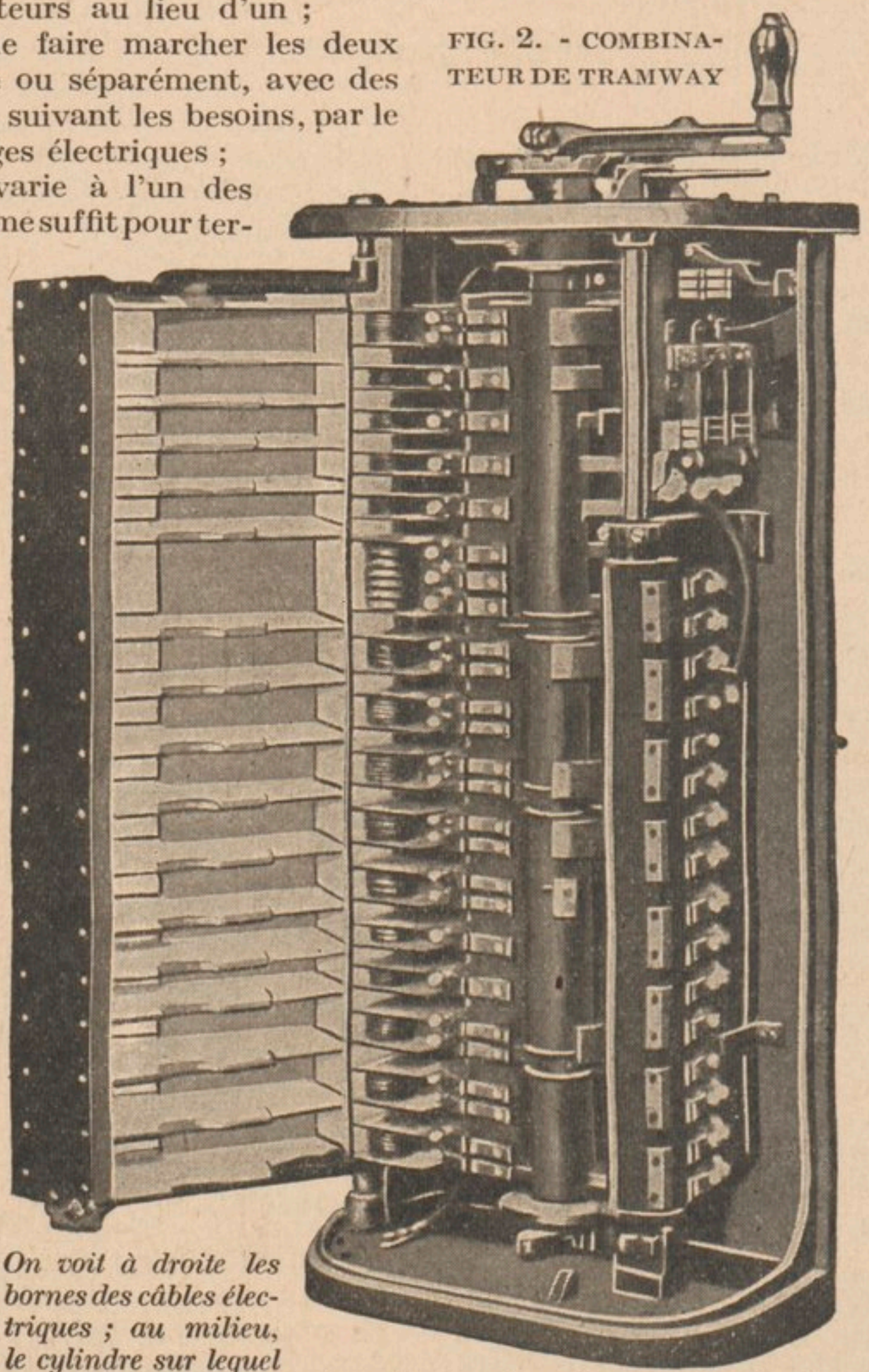
3° En cas d'avarie à l'un des moteurs, le deuxième suffit pour terminer le voyage. La panne complète du fait des moteurs est donc très rare.

On sait que les moteurs électriques sont mis en marche par l'intermédiaire de rhéostats absorbant une partie du courant dans des résistances, ce qui permet de donner le courant progressivement au moteur jusqu'au moment où celui-ci ayant atteint sa vitesse normale, on supprime ces résistances interposées.

Pour la mise en marche d'un véhicule, les rhéostats sont naturellement utilisés, et permettent de réaliser un démarrage très doux. Mais, afin de conserver au convoi une allure constante, il est nécessaire de pouvoir régler à chaque instant la vitesse des moteurs en fonction de l'effort nécessaire suivant le profil de la voie. Ce réglage de vitesse pourrait être obtenu par l'interposition des résistances dans le circuit d'alimentation des moteurs, mais il y aurait là une source de perte de courant continuelle, l'énergie électrique étant dissipée en chaleur dans ces résistances, d'ailleurs fort encombrantes à bord des véhicules.

Aussi l'emploi des résistances est-il limité le plus possible, et les constructeurs ont cherché à réaliser les principales variations de vitesse au moyen de couplages différents des deux moteurs. Sans entrer dans les détails techniques, qui nécessiteraient les schémas des connexions électriques, nous allons donner un aperçu de ce procédé, d'un emploi très général.

FIG. 2. - COMBINATEUR DE TRAMWAY



On voit à droite les bornes des câbles électriques ; au milieu, le cylindre sur lequel sont fixés les contacts qui, par la rotation, viennent s'enclencher dans les mâchoires de prise de courant, visibles à gauche. Sur le couvercle, ouvert ici pour montrer l'intérieur de l'appareil, sont fixées les cloisons isolant les compartiments de contacts, où les fortes étincelles de rupture peuvent se produire sans danger.

Dans l'installation première, les deux moteurs sont branchés sur le circuit d'alimentation l'un à la suite de l'autre, et la force électromotrice se trouve partagée entre eux. Si le courant est, par exemple, reçu à 440 volts, le premier moteur fonctionnera sous la moitié, soit 220 volts, et il restera au deuxième moteur 220 volts également. C'est le *couplage série*.

Supposons maintenant que l'on fournisse le même courant d'alimentation aux deux moteurs, c'est-à-dire parallèlement, ceux-ci fonctionneront tous deux sous la tension du circuit, soit 440 volts. Nous avons ici ce que l'on appelle le *couplage en parallèle*.

Les deux moteurs étant construits pour fonctionner sous la tension la plus élevée, soit 440 volts, donnent leur vitesse normale lorsqu'ils reçoivent tous deux cette tension,

c'est-à-dire lorsqu'ils sont couplés en parallèle. Avec le couplage-série, au contraire, ne recevant que la moitié de la force électromotrice, soit 220 volts, ils ne tournent plus qu'à une vitesse réduite également de moitié. On voit qu'il faut mettre les deux moteurs en série pour obtenir la demi-vitesse, puis passer au couplage en parallèle quand on veut atteindre la vitesse maximum.

Si le wattman devait faire ces modifications de couplages, c'est-à-dire de branchements, avec tous les interrupteurs, commutateurs et rhéostats utilisés pour les moteurs fixes, il aurait un appareillage très encombrant, qu'il lui serait d'ailleurs matériellement impossible de manœuvrer en temps utile, et dans l'ordre nécessaire pour éviter toute erreur.

Un appareil unique permet de réaliser toutes ces manœuvres, au moyen d'une série de contacts commandés par une seule manivelle : c'est le *combinateur*, dont le nom anglais « controller » a donné naissance à l'emploi du mot français « contrôleur », qui est aujourd'hui généralement appliqué à tous les combinateurs utilisés pour la conduite des véhicules à traction électrique, comme les tramways.

Entouré d'un couvercle lui donnant l'aspect d'une boîte cylindrique placée verticalement sous la main du wattman, le combinateur ne laisse voir qu'une manette de manœuvre à la partie supérieure, commandant la rotation d'un axe cylindrique, entre deux butoirs qui limitent la course extrême de chaque côté. Sur cet axe sont fixés des contacts, ou couteaux en cuivre, isolés électriquement. Des mâchoires correspondant à ces couteaux sont placées sur le carter fixe, et reliées aux câbles des circuits électriques des moteurs. Couteaux et mâchoires sont disposés en quinconces, de telle sorte qu'à chaque position déterminée de l'axe et, par suite, de la manette de commande, correspondent certaines connexions électriques réalisées par les couteaux qui se trouvent à ce moment en prise dans les mâchoires où ils établissent aussitôt les contacts électriques qu'on désire obtenir.

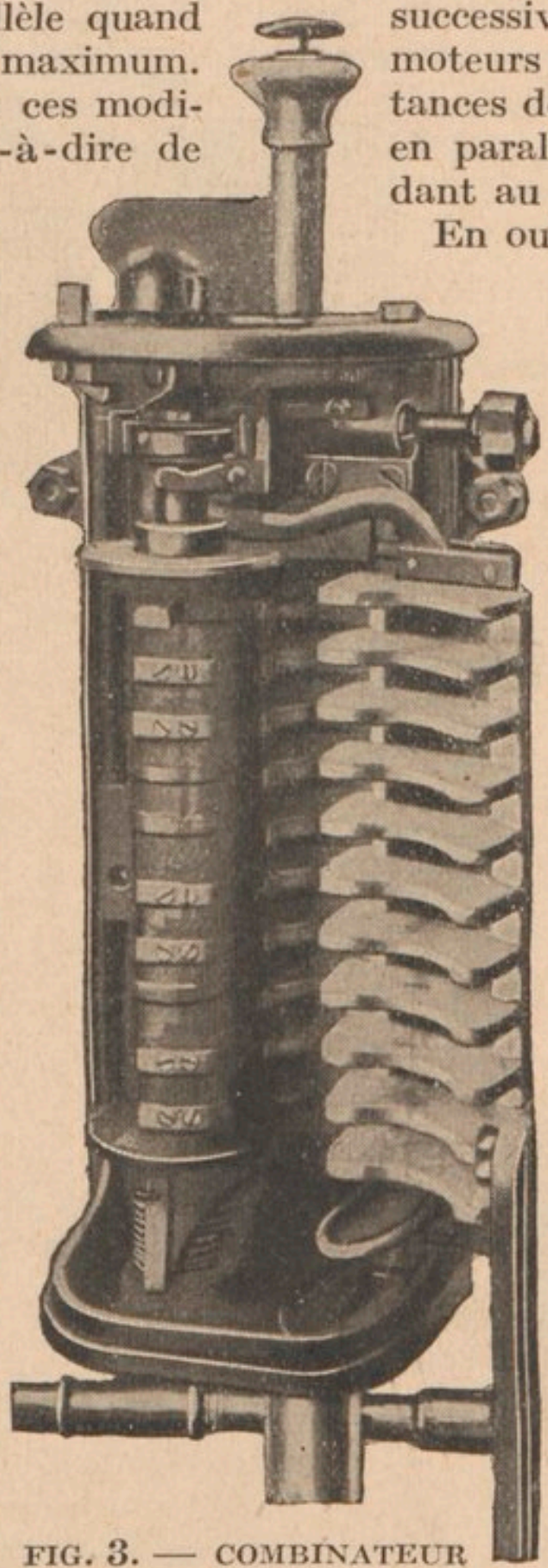


FIG. 3. — COMBINATEUR D'AUTOMOTRICE ACTIONNANT LES CIRCUITS DE COMMANDE DES CONTRACTEURS AUTOMATIQUES

On voit qu'il est facile, grâce à cet ingénieux appareil, d'effectuer un grand nombre de branchements et de ruptures de contacts, simultanément ou successivement. En fait, le couplage série-parallèle comprend le passage par environ dix à quinze positions successives, depuis le démarrage, les deux moteurs étant en série avec leurs résistances de démarrage, jusqu'à la marche en parallèle sans résistances, correspondant au maximum de vitesse réalisable.

En outre de la simplification extrême de la conduite, il faut remarquer que le combinateur rend impossibles les fausses manœuvres électriques : certaines de celles-ci causeraient de forts à-coups et risqueraient de « griller » les moteurs. La construction même du combinateur élimine ce dernier risque, puisque tous les changements de couplages sont effectués rigoureusement dans l'ordre prévu, par la rotation de la manette. Aucune manœuvre ne peut être oubliée ni négligée, la rapidité et la souplesse de l'électricité permettant de se contenter de passages même très courts, mais strictement dans l'ordre théorique, aux différentes positions de réglage.

Si le wattman n'a pour ainsi dire rien à apprendre pour la conduite électrique, il lui sera néanmoins indispensable d'acquérir la douceur des accélérations et arrêts, nécessaire pour éviter les secousses aussi désagréables aux voyageurs que nuisibles au matériel. L'arrêt brusque, en particulier, est capable de produire une vraie dislocation de la voiture en même temps qu'une usure rapide des organes de freinage. Pour éviter les secousses, il est nécessaire que le conducteur connaisse aussi parfaitement la ligne à parcourir que les qualités des véhicules à conduire.

Dans le cas de trains de plusieurs voitures, chemins de fer métropolitains ou de banlieue, la traction se fait par unités multiples, c'est-à-dire au moyen de plusieurs automotrices intercalées dans le train. Mais alors le rôle du combinateur devient plus complexe, puisqu'il s'agit maintenant de commander les

enclenchements ou couplages de plusieurs séries de moteurs par le même appareil. Ici apparaît encore davantage la merveilleuse souplesse de l'électricité, car l'on doit reconnaître qu'aucun autre mode de force motrice ne peut réaliser une telle automaticité.

Toutefois, la grande intensité des courants d'alimentation ne permet plus ici de faire couper ou brancher directement les conducteurs par le combinateur. On doit d'ailleurs éviter, par raison d'économie, de faire courir ces câbles d'un bout à l'autre du train. Aussi le combinateur d'automotrice n'est-il plus l'agent d'exécution, mais l'organe de commande : les contacts multiples, qui s'opèrent comme précédemment par la rotation de l'axe cylindrique, actionnent à distance les *contacteurs* placés sur les circuits d'alimentation de chacun des moteurs. Ces contacteurs coupent ou remettent le courant principal sur les différents branchements, pour réaliser les couplages de chaque paire de moteurs, dans l'ordre des commandes transmises par le combinateur. Un circuit auxiliaire, avec des conducteurs de petit calibre, est seulement nécessaire pour transmettre ces commandes du combinateur à ses sous-ordres, les contacteurs situés dans les différentes cabines d'automotrices.

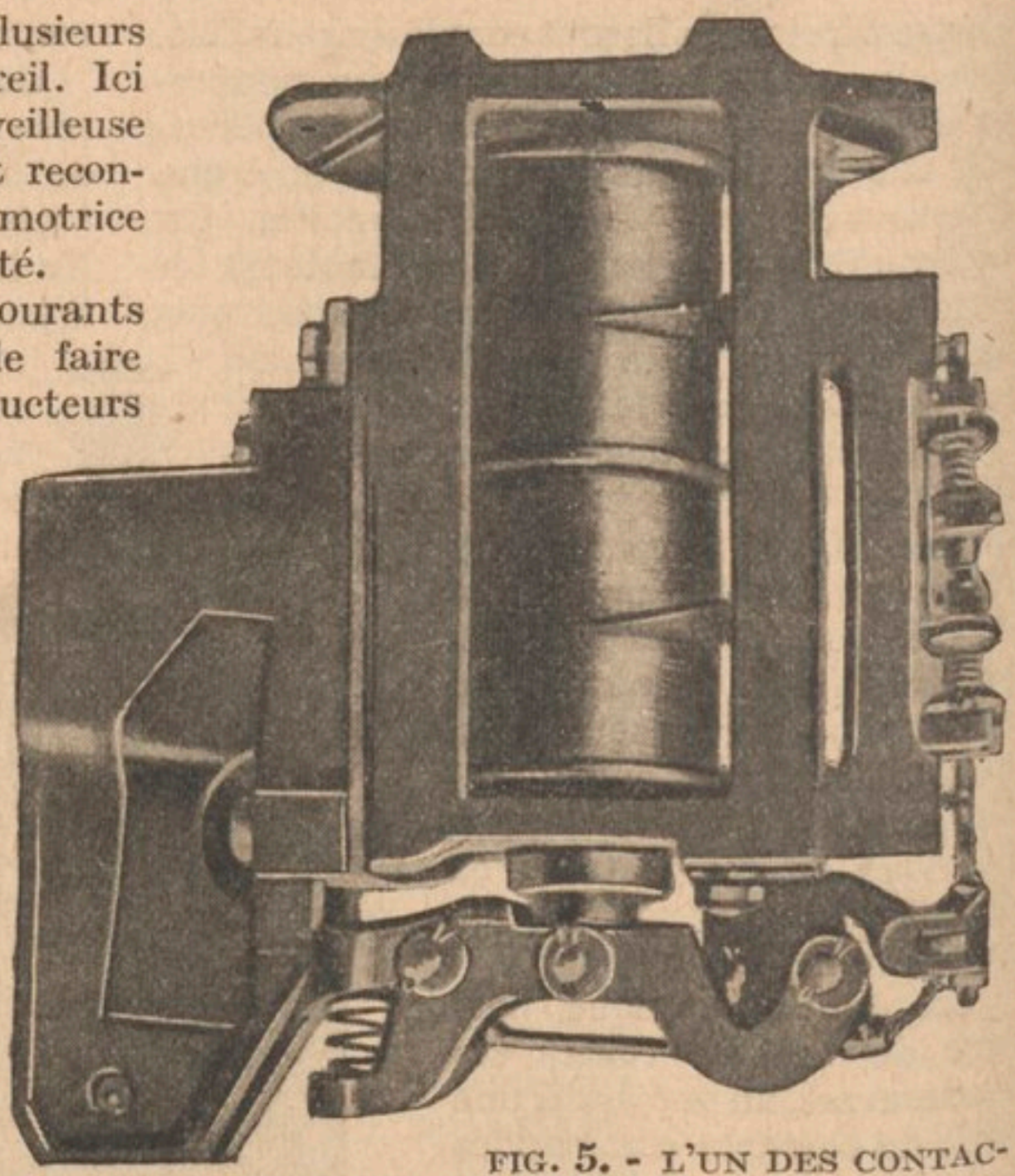


FIG. 5. - L'UN DES CONTACTEURS COMMANDÉS PAR LE COMBINATEUR

L'électro du milieu actionne le levier de la partie inférieure, provoquant l'enclenchement ou la rupture des touches de contact, placées dans la boîte cloisonnée visible à gauche de la figure.

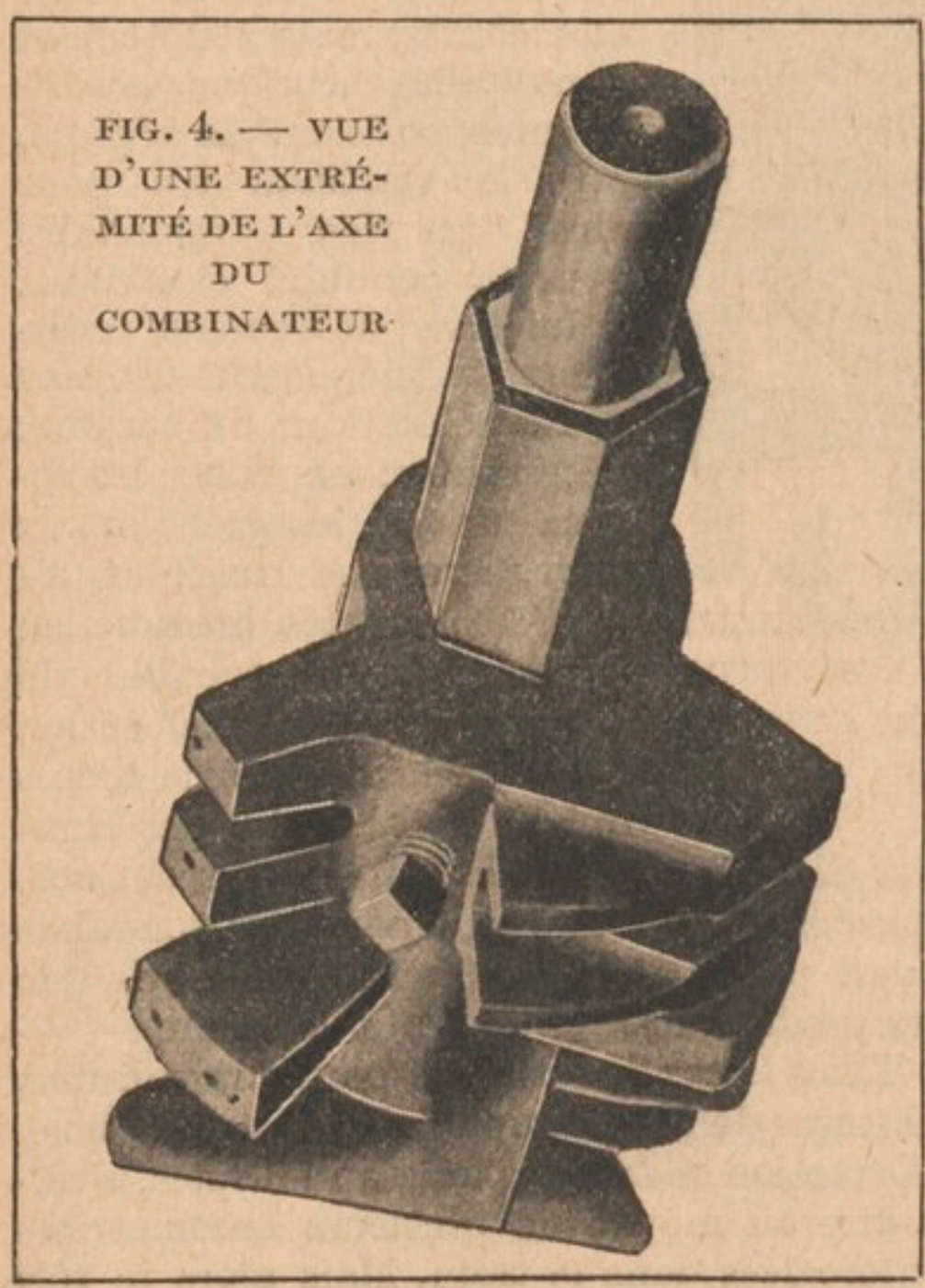


FIG. 4. — VUE D'UNE EXTRÉMITÉ DE L'AXE DU COMBINATEUR

Cette figure montre les différents segments de contact, isolés électriquement de l'arbre qui les supporte.

Dans le sens de rotation opposé à la marche normale, la manette du combinateur détermine la marche arrière, laquelle est généralement limitée aux petites vitesses.

Cette marche arrière est commandée par une série de contacts doubles contenus dans un appareil distinct appelé *inverseur*. Les deux positions d'enclenchement de l'inverseur correspondent aux deux sens de marche du train, et le rôle de l'inverseur est d'autant plus complexe, plus délicat que les changements de position ne doivent pas se faire sous courant, et nécessitent par suite une coupure et une remise de courant.

Afin d'assurer la sécurité des convois, les combinateurs de traction sont à rupture automatique, c'est-à-dire qu'ils provoquent l'arrêt dès que la main du wattman n'exerce plus l'effort nécessaire sur la poignée. De sorte que si le conducteur, pour une cause quelconque, perd le contrôle de son véhicule, celui-ci s'arrête aussitôt. Cette mesure de sécurité est complétée, dans les trains, par un dispositif assurant dans le même cas le serrage automatique des freins du convoi.

L.-D. FOURCAULT.

LE BALLAST DES VOIES FERRÉES NETTOYÉ MÉCANIQUEMENT

On a récemment expérimenté, sur le réseau de l'importante compagnie américaine des chemins de fer de Pensylvanie, une machine curieuse destinée à nettoyer le ballast des voies ferrées.

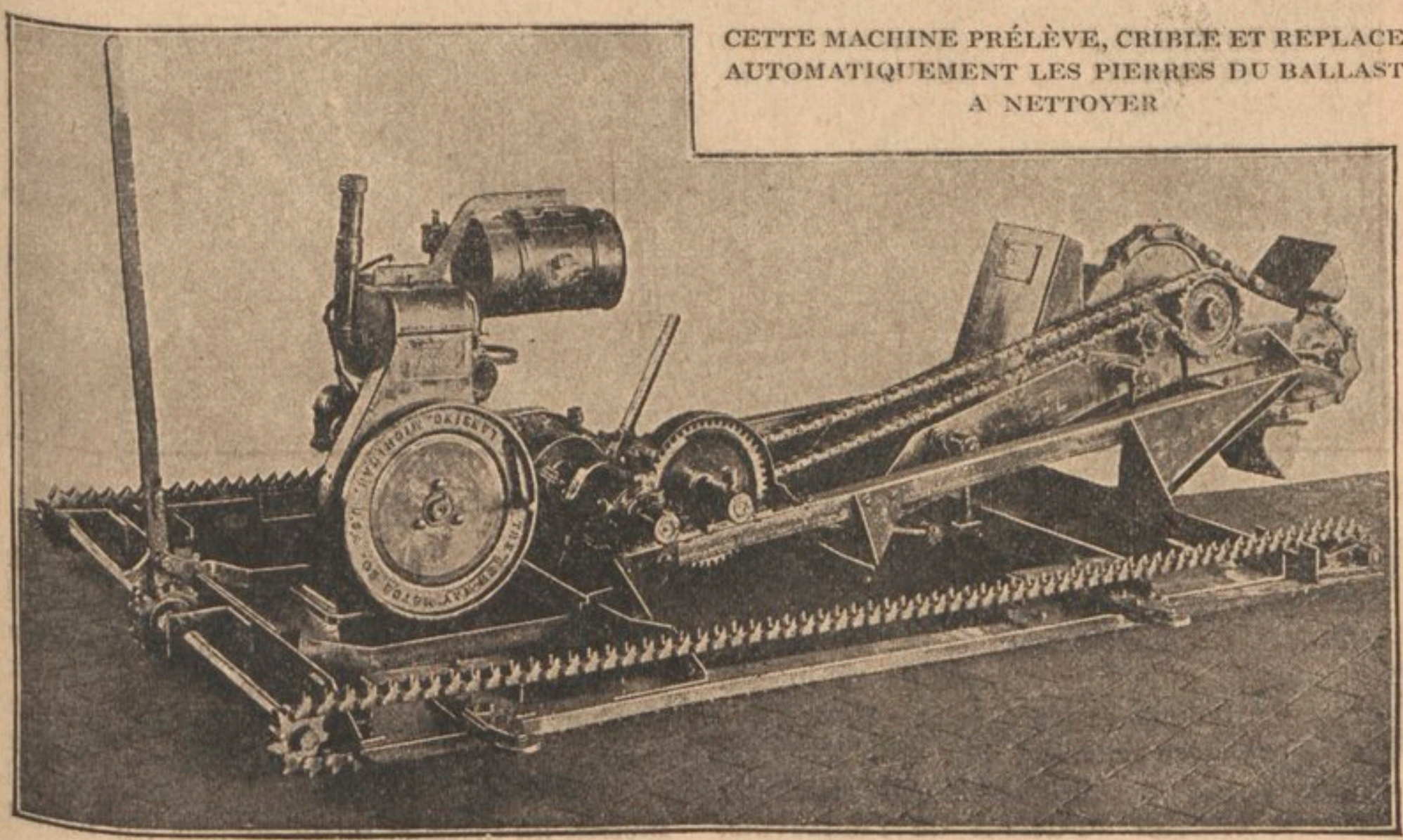
Cette machine, inventée par M. H. D. Pratt, se compose d'un châssis se déplaçant entre les voies, sur les extrémités des traverses au moyen d'un *caterpillar* ou, si l'on préfère, d'une chenille mue à la main par un mécanisme à rochet commandé à l'aide d'un levier. Dans le modèle définitif de cette machine, le déplacement du châssis sera rendu mécanique et l'on fera, pour cela, appel au petit moteur à essence qui ne sert, sur la machine représentée par nos gravures, qu'à actionner le mécanisme de nettoiement.

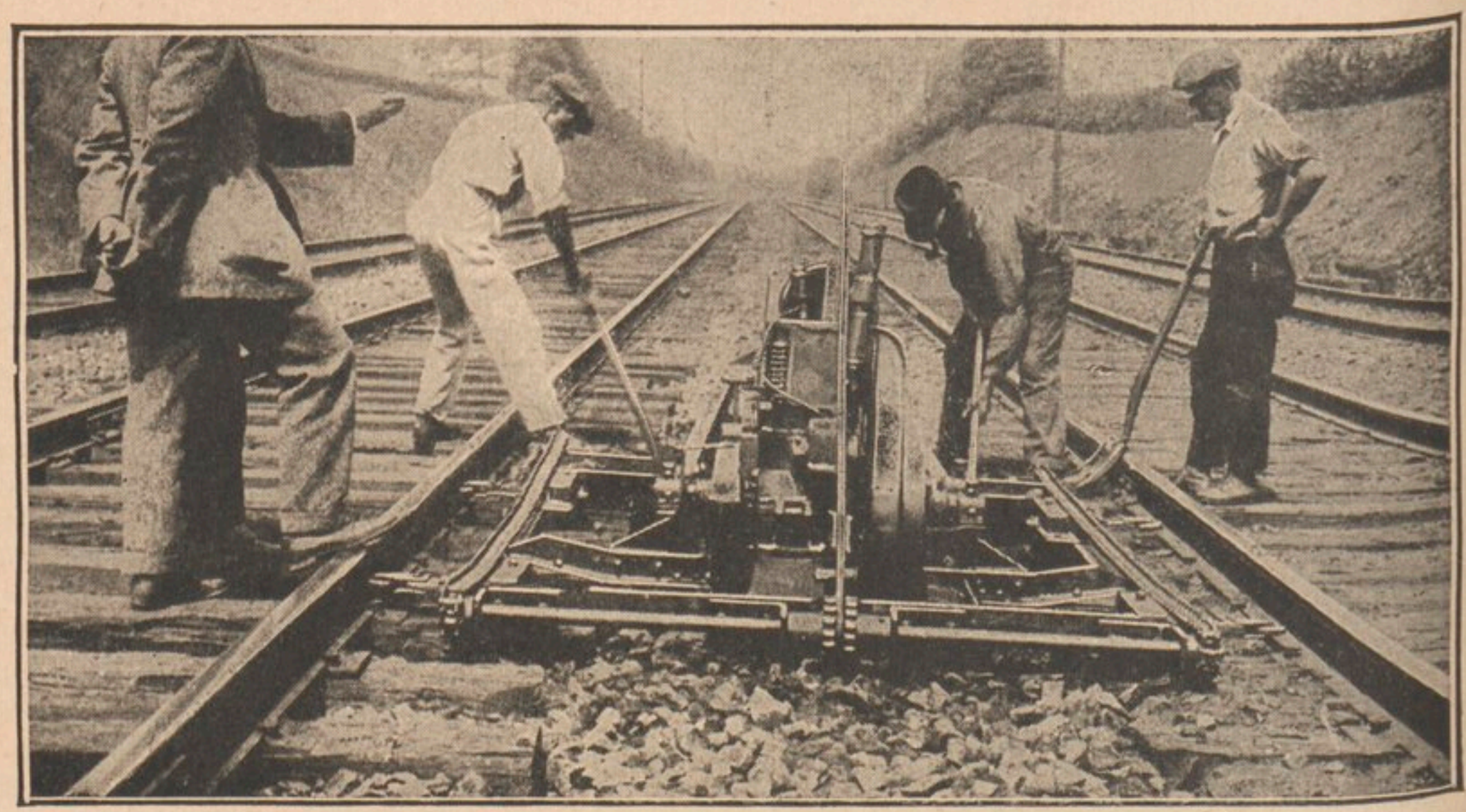
Ce dernier comporte une chaîne sans fin munie de godets articulés. Ces godets, dans le mouvement de va-et-vient continu qui leur est imprimé, s'emplissent successivement de pierres du ballast mélangées aux poussières et détritus divers qu'il s'agit précisément d'éliminer; ainsi chargés, ils sont amenés à se renverser tour à tour au-dessus d'un crible métallique animé d'un mouvement alternatif propre à faciliter le tamisage des matériaux déposés sur lui. La poussière et la plupart des matières étrangères traversent ainsi le crible et tombent sur un plateau d'où on les retire à la pelle; les pierres du ballast, elles, ne passent pas à travers les mailles de la toile métallique et sont automatiquement ramenées à l'endroit où elles ont été ramassées par les godets. L'ensemble du mécanisme peut être déplacé latéralement de manière à opérer sur toute la largeur du ballast comprise entre les deux voies.

L'un des principaux avantages de cette machine est de n'exiger aucune interruption du trafic sur les voies entre lesquelles elle accomplit sa besogne de nettoyage.

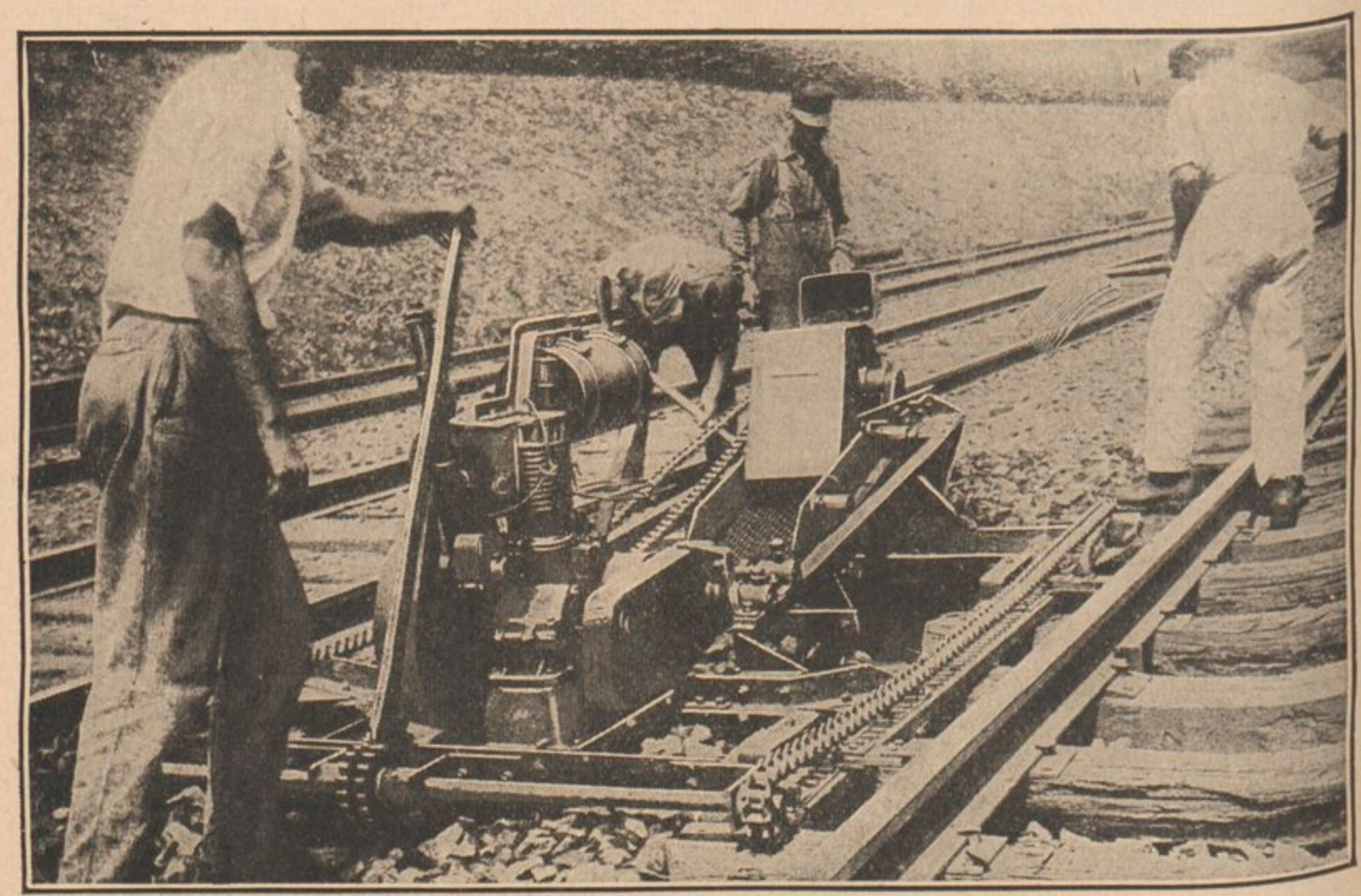
Les premiers essais ont montré que le curieux engin en question pouvait nettoyer complètement dix mètres de voie en trois quarts d'heure, travail qu'un bon manœuvre ne pourrait effectuer, et encore moins bien, en moins de dix heures. Cette économie de temps, qui est aussi une économie de main-d'œuvre non à dédaigner dans les circonstances actuelles, correspond également à une économie d'argent fort appréciable. Dans les essais effectués avec le premier appareil, quatre manœuvres et un surveillant étaient employés; leur travail, combiné avec celui de la machine, équivalait à celui de dix hommes qui, dans le même temps, eussent fourni un effort infiniment plus

CETTE MACHINE PRÉLÈVE, CRIBLE ET REPLACE AUTOMATIQUEMENT LES PIERRES DU BALLAST A NETTOYER





LES GODETS DÉVERSENT LEUR CONTENU AU-DESSUS D'UN CRIBLE MÉCANIQUE



ON DÉPLACE LA MACHINE SUR SA CHENILLE A L'AIDE D'UN LEVIER A ROCHET

grand, d'où une fatigue moindre pour les hommes affectés au nettoyage mécanique.

M. Pratt a également imaginé un aspirateur par le vide qui permet de maintenir propre le ballast après qu'il a été nettoyé par la première machine. Cet aspirateur est monté, soit sur une plate-forme roulante pouvant circuler au-dessus de l'entrevoie, soit sur un truck roulant sur les voies elles-mêmes, pour permettre de nettoyer le ballast entre les traverses. C'est, en somme, un *vacuum cleaner* ordinaire, mais de dimensions et de puissance beaucoup plus grandes, puisqu'il est capable d'aspirer poussière, cendres et même mâchefer à quinze centimètres au-dessous de la surface du ballast.

LA TAPISSERIE DES GOBELINS EST UN ART DE PATIENCE

Par Claude ORCEL

L'ART de la tapisserie, ce tableau de laines et de soies, existe depuis les temps les plus reculés, puisqu'on a trouvé, chez les Coptes de la Haute-Egypte, des morceaux de vêtements en tapisserie. Les métiers à tisser ont peu varié depuis. A la Manufacture des Gobelins, on travaille encore avec les métiers sur lesquels Colbert fit tisser *l'Histoire du Roi*.

Actuellement, la Manufacture nationale des Gobelins, administrée par M. Geffroy, ne présente plus une aussi grande activité qu'au temps de Louis XIV. Beaucoup de métiers sont inemployés par suite de l'insuffisante production des laines et de la diminution du nombre des artistes tapissiers. Mais aujourd'hui, comme autrefois, les pages d'Art et d'Histoire, tissées dans cette manufacture appartiennent à l'Etat, qui en orne nos musées, nos palais de justice, etc... Cependant, quelques personnalités bénéficient parfois des libéralités du gouvernement. C'est ainsi que Mme Wilson reçut une fort belle tapisserie : *les Noces de Psyché*, et que Mme Poincaré, visitant, l'an dernier, les Gobelins, se vit offrir une *Verdure*, de Gondoin, qui est encore au tissage.

L'enseignement de la tapisserie est donné à la manufacture en trois cours. Pour être admis élève, il faut être âgé de moins de seize ans et être muni du certificat d'études primaires. L'enseignement du dessin élémentaire est donné aux élèves du dehors pendant deux ans. Le cours supérieur et le cours d'académie lui succèdent et sont réservés aux apprentis-tapissiers recrutés, par voie de concours, parmi les jeunes gens qui suivent le cours de dessin élémentaire.

Le cours supérieur comprend d'abord l'étude des draperies en deux couleurs, puis en cinq tons ; des compositions décoratives ; puis l'étude, d'après nature, des fleurs et des fruits. En dernier lieu, vient l'étude du modelé des chairs, et, finalement, celle de la tête, la plus longue et la plus délicate.

LE MÉTIER A TAPISSER ACTUEL NE DIFFÈRE PAS SENSIBLEMENT DE CELUI DES PHÉNICIENS

Il est constitué par une nappe de fils de laine qui se déroulent entre deux cylindres fixés à la charpente. On voit ici, à l'avant du métier, l'envers des miroirs fixés au cylindre inférieur de la chaîne, miroirs qui permettent aux artistes de suivre le travail qu'ils accomplissent à l'envers, de l'autre côté de la nappe de fils.

« HISTOIRE DU ROI : LA PRISE DE DOLE », D'APRÈS CH. LE BRUN

Modèle de haute lisse exécuté aux Gobelins en 1676, par Testelin, et faisant partie d'une suite de quatorze tapisseries tissées d'après les tableaux de Le Brun. Quelques-uns de ces tableaux eurent la collaboration du peintre Van der Meulen, qui accompagna Louis XIV à la guerre. Cette magnifique tapisserie se trouve au palais de Versailles ; elle mesure 3 m. 52 de hauteur sur 6 m. 16 de largeur.

Jusqu'à présent, ce n'est qu'après deux ans de cours supérieur, c'est-à-dire d'étude de la tapisserie proprement dite, que l'élève devenu artiste reçoit une rémunération.

Voyons comment se fait la tapisserie.

Les métiers étant alignés à deux mètres de grandes fenêtres, afin qu'ils soient éclairés le plus favorablement, l'artiste se place entre le modèle, grandeur nature, qu'il doit interpréter et qui est accroché au mur auquel lui-même tourne le dos, et le métier. Celui-ci est composé de deux cylindres ou ensouples, reliés par deux jumelles. Les fils sur lesquels se tissera la tapisserie sont enroulés sur les cylindres dont l'écartement produit la tension. Ils forment deux nappes séparées par un bâton de verre dit « bâton de croisure ». Les fils constituant la nappe de devant sont pris dans des ficelles en forme d'anneaux attachées à une perche placée au-dessus de la tapisserie, — d'où le nom de métier de haute lisse, parce que cette ficelle ou lisse est placée au-dessus de la tête du tapissier. La nappe arrière est entièrement libre.

Pour mettre exactement en place toutes les parties du modèle du compositeur, un calque est toujours pris de l'aquarelle ou de la peinture, par vingt-cinq centimètres environ à la fois. Ce calque est reproduit à l'encre sur la chaîne où se tissera l'œuvre.

Le tissage en lui-même est une opération fort simple quoique se faisant à l'envers. La main droite tenant une broche sur laquelle la laine est enroulée, se pose au-dessus des lisses, entre les deux nappes de fils. Elle fait glisser la broche de gauche à droite. Le point ainsi obtenu est tassé avec la pointe de cette broche. La main revient alors de droite à gauche en attirant derrière les fils qui se trouvent devant, afin de les croiser.

Un miroir, fixé en avant de la chaîne du métier, à la hauteur où le travail est en train de s'effectuer, et qu'on déplace au fur et à mesure, c'est-à-dire très lentement puisqu'un mètre carré de tapisserie est tissé en un an, permet à l'artiste de voir sans se déranger le travail qu'il a exécuté. Il lui faut seulement tourner la tête pour vérifier derrière lui les teintes du modèle et changer de broche de laine chaque fois que cela est nécessaire.

Si le point en lui-même est simple, la difficulté est cependant grande de produire une

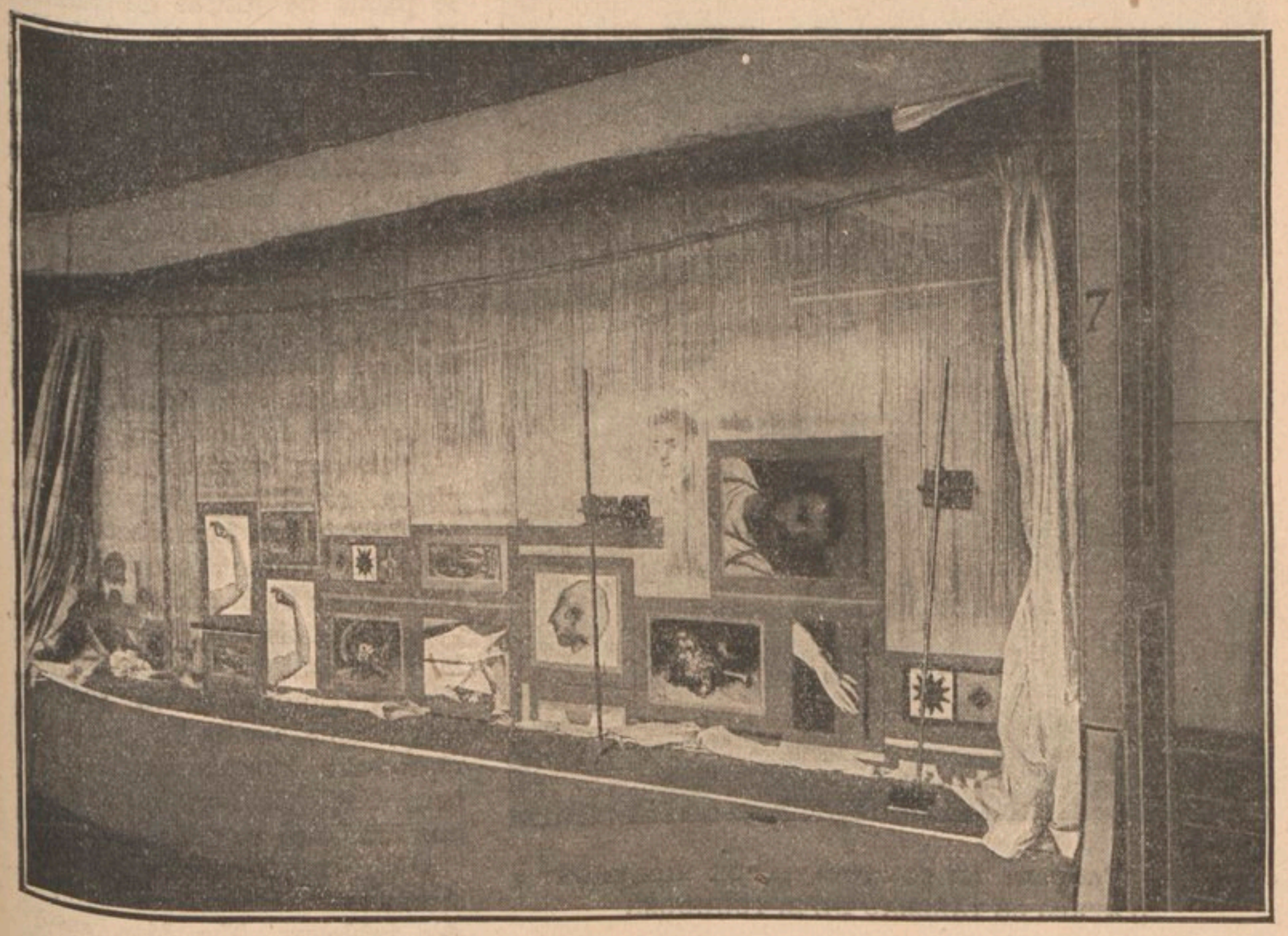
tapisserie. Cette difficulté réside dans l'interprétation du modèle. C'est là que le tapissier se révèle artiste de plus ou moins de valeur. Le choix des laines exige une grande habileté de l'œil, d'autant plus que les tons sont nombreux; il est analogue à celui du peintre qui mélange les couleurs sur sa palette. Le sentiment personnel de l'artiste tapissier doit nécessairement renforcer ou diminuer l'œuvre, la richesse des tons de la tapisserie, accentuant ou atténuant sa beauté.

Vus à travers leurs métiers, les artistes tapissiers ont un peu l'air de prisonniers travaillant derrière un grillage ; ce n'est, heureusement, qu'une impression de l'œil...

Les cartons des artistes peintres, conçus spécialement pour la tapisserie, ne sont généralement tissés qu'une fois. Les sujets, quels qu'ils soient, sont traités verticalement : ainsi le veut la tradition. C'est toujours par sa base que la tapisserie est commencée; aussi voit-on apparaître, dès le début, un G traversé d'une broche (Gobelins), les initiales R. F. (République française), les années d'exécution de l'œuvre et la signature de l'artiste-tapissier. Trois à quatre ans sont généralement nécessaires à l'exécution d'un de ces tableaux laine et soie où les figures font partie intégrante de la trame du tissu.

Le tissage se fait par enlevages, c'est-à-dire que plusieurs artistes travaillant à la même tapisserie se gardent, pour ne pas se gêner mutuellement, de se trouver tous au même niveau. Le fait de mettre dans le tissage quelques centimètres d'inégalité dans sa hauteur donne plus de vibrations aux tons, plus de tenue à la tapisserie et facilite l'ouvrage.

Les cartons actuellement interprétés aux Gobelins sont presque tous de contemporains. Cependant, on refait encore les modèles de Tessier dont les fleurs épanouies, très en couleurs, sont toujours si belles, si vivantes. Sur les métiers de haute lisse s'épanouissent actuellement une *Verdure*, de Gandoin, *l'Automne*, d'après Franc-Lamy, un *Hommage à Watteau*, composition de M. Danger, qui est des plus délicieusement nuancées, *la Fontaine de Jouvence*, d'après Tapissier, *la Bourgogne*, de Louis Anquetin, des « Ameublements » de Chéret, qui sont essentiellement



LES PREMIERS TRAVAUX DE L'APPRENTI TAPISSIER, AUX GOBELINS

Après deux années de dessin, l'élève reçu apprenti tapissier commence par tisser des teintes plates, puis à modeler les diverses parties d'une composition relativement simple. Les visages sont traités séparément, jusqu'à ce que l'apprenti soit capable d'interpréter avec vigueur une œuvre entière. A travers la nappe de fils tendus sur les cylindres du métier, on voit le jeune artiste au travail.

« JEANNE D'ARC ET LE CONNÉTABLE DE RICHEMONT », D'APRÈS LE TABLEAU DE E. TOUDOUZE

Cette superbe tapisserie de haute lisse, achevée en 1906, mesure 5 m. 54 de hauteur et 2 m. 65 de largeur ; son exécution a demandé plusieurs années et son prix de revient est de 28.800 francs, ce qui n'est point excessif, étant donné le travail. Elle décore l'une des salles du palais de justice de Rennes, où elle fait l'admiration des visiteurs.

harmonieux. Ce dernier artiste a le goût des choses primesautières. Avec lui, c'est une envolée de femmes souriantes, fines, modernes, dans des nuées dont la couleur changeante dit les *Quatre Saisons*. Louis Anquetin montre une chair épanouie, l'amour de la réalité et de l'équilibre dans un aspect de fête antique. Bracquemond manifeste son génie dans un paysage lumineux et rajeunit superbement la mythologie.

Ces années dernières, Adolphe Willette exprima pour les Gobelins les aspects du Paris moderne avec vivacité et sûreté, inaugurant dans son *Salut à Paris* la série des provinces et des grandes villes de France que nous voyons se continuer actuellement dans *la Bourgogne*, de Louis Anquetin.

Vers 1900 fut exécutée, d'après Edouard Toudouze, l'admirable suite de tapisseries qui décorent le palais de justice de Rennes. En même temps se tissait *le Duc Jean de Berry à Bourges*, d'après M. Cormon, pour le palais de justice de Bourges, et une *Histoire d'autrefois*, de M. Tapissier, où revivait le conte de fées. Peu avant, on répétait à nouveau la *Marie de Médicis en Bellone*, de Rubens, pour le ministère des Affaires étrangères ; la *Vénus* et le *Bacchus*, de Jordaens, pour le Sénat ; *le Char de Vénus, Aurore et Céphale*, de Boucher.

A travers les siècles et les régimes royalistes, impérialistes, républicains, la Manufacture des Gobelins connut tour à tour l'apothéose et la décadence.

Sous Louis-Philippe et sous la Restauration, comme sous le second Empire et la seconde République, on ne fit guère que reproduire Horace Vernet, Rubens, Raphaël, bien qu'il y eût une tendance vers la décoration.

Déjà, sous l'Empire, les tapissiers avaient été réduits à copier des tableaux. Napoléon essaya bien de faire cesser cet état de choses, mais, insuffisamment entouré et manquant de temps il ne put réagir suffisamment. Aussi peut-on dire que, depuis la Révo-

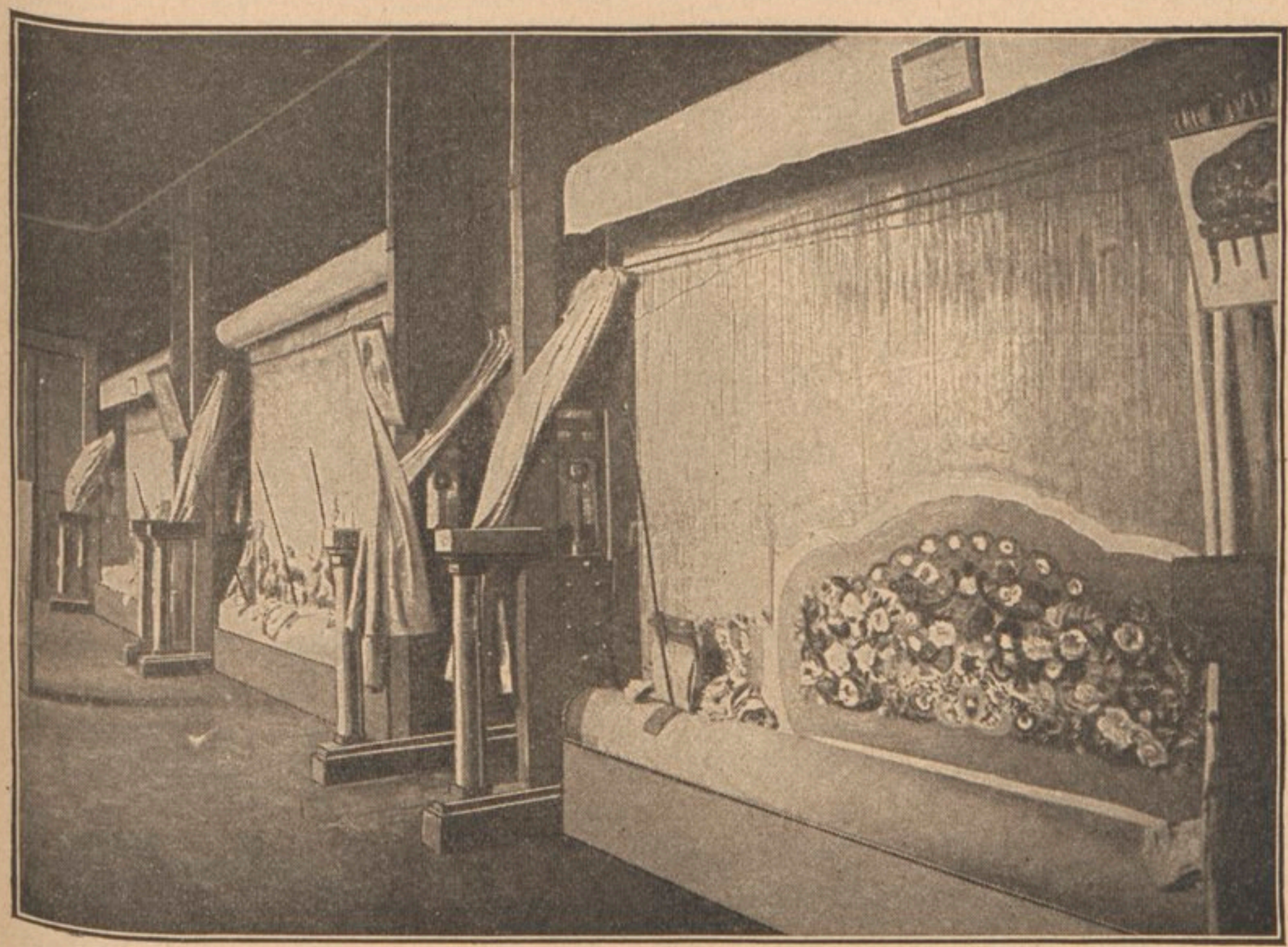
lution jusqu'à la troisième République, l'art de la tapisserie fut en décadence en France. C'étaient les époques des papiers peints et des boiseries plutôt que des belles tentures.

Cet art avait connu des années de gloire. Si nous remontons de la Révolution à Louis XIV, nous voyons, au XVIIIe siècle, Boucher apporter un style nouveau en fleurissant les tapisseries de pastorales et de nymphes galantes. D'après ses cartons, on tissa alors les admirables pièces que sont *Vénus chez Vulcain*, *Aminthe et Sylvia*, *Philis et Sylvie*. Avant lui, Coypel composa des vignettes légères et interpréta des scènes de la *Psyché*, de Molière, d'*Athalie* et de *Bajazet*, de Racine, de la *Rodogune*, de Corneille, et l'*Alceste* et l'*Armide*, de Quinault. Charles Parrocel représenta *l'Ambassade de Turquie* défilant en 1721 place de la Concorde et François Desportes célébra nos colonies dans sa célèbre série de la *Tenture des Indes*.

Nous voici maintenant, puisque nous envisageons les travaux des Gobelins de nos jours à l'origine de la manufacture, au siècle de Louis XIV, où les Arts et les Belles-Lettres reçurent des encouragements exceptionnels.

Mignard dirigea les Gobelins. Avant lui, et plus longtemps, Charles Le Brun, chef des artistes et artisans, gouverna la manufacture que Colbert, son créateur, administra. Le Brun fut, en tapisserie, un grand peintre. Il composa de réels tableaux d'histoire, grâce à la fidélité desquels on pourra toujours reconstituer le siècle du Grand Roi. Ses muses et ses déesses, parmi les nuages, dans une lumière d'apothéose, ont une grâce et une expression de pensée dont la finesse est fort heureuse dans le pompeux étalage habituel. Charles Le Brun et Rubens remirent la tapisserie dans sa voie véritable.

C'est à tort qu'on attribue communément à Charles Le Brun la première direction des tapisseries des Gobelins. Ce sont les de Coomans et de Deplanche qui l'inaugurèrent et qui firent interpréter les premiers peintres sur les métiers de la manufacture : le glorieux Raphaël, Nicolas Poussin, Martin Frémiet, Michel Corneilles, Fouquières, Le-



VUE PARTIELLE D'UNE GALERIE DE MÉTIERS A TAPISSER, AUX GOBELINS

Sur chacun de ces métiers, trois ou quatre artistes tissent l'œuvre qu'un peintre a spécialement conçue pour être exécutée en tapisserie. Etant donné qu'un tapissier ne tisse guère plus d'un mètre carré par an, les coloris des laines sont protégés par une grande toile étendue sur la partie de l'œuvre déjà exécutée.

L'UN DES MÉTIERS A TISSER LES TAPIS DITS DE « LA SAVONNERIE »
Les artistes sont devant le métier et le modèle à interpréter est placé au-dessus de leurs têtes.

UN ATELIER DE RENTRAITURE, RÉPARATION DES TAPISSERIES USÉES OU DÉTÉRIORÉES

sueur. Ces artistes, dont les cartons furent les premiers conçus à l'intention de la manufacture de tapisserie des Gobelins, apportaient la science des couleurs, la force des modelés, le goût de la composition.

Tous les peintres qui leur succédèrent mirent dans leurs cartons autant d'art et de beauté, et quelquefois un style nouveau. En effet, les tapisseries des Gobelins, grâce à la valeur des peintres et à la bonne interprétation qu'en font les tapissiers, présentent une fermeté de dessin impeccable. A côté de celles des Gobelins, les fameuses tapisseries espagnoles, d'après Goya, apparaissent comme des taches de couleurs plus ou moins harmonieusement plaquées — tout en tenant compte que, dans leur pays très ensoleillé, les conceptions artistiques diffèrent nécessairement de celles qui naissent dans la contrée brumeuse de l'Ile-de-France — à peine dessinées, tandis que toutes celles qui sortent des ateliers des Gobelins sont d'un dessin ferme, éclairé par une lumière harmonieuse.

« VÉNUS PLEURANT ADONIS », D'APRÈS UNE ŒUVRE DU PEINTRE ALBERT MAIGNAN

Cette jolie tapisserie de haute lisse, datant de 1905, se trouve actuellement dans la grande galerie du palais du Sénat; elle mesure 3 m. 25 de haut sur 2 m. 16 de large; son prix de revient est de 12.397 francs.

Puisque nous parlons d'autres tapisseries que celles des Gobelins, évoquons ce qui se fit en France avant la création de cette manufacture, la plus artistique du monde.

Il y avait des métiers à tapisser à Poitiers, au XIe siècle, à Limoges au XIIe siècle. Plusieurs villes de France s'honoraient d'en posséder avant le XIVe siècle. C'était l'ère des fêtes, des tournois ; les églises et les châteaux se décoraient. C'est au moyen âge que fut exécutée la fameuse tapisserie de Bayeux, de 0 m. 50 de large sur 70 mètres de long, qui compte 530 figures. C'est au début du XIVe siècle qu'Arras eut des métiers de haute lisse. Les tapisseries des Flandres françaises et belges sont d'ailleurs les aïeules infiniment respectables et admirables de la tapisserie occidentale.

François Ier installa des maîtres tapissiers à Fontainebleau. Henri II fonda une école de haute lisse. Les provinces françaises chantaient l'antiquité sur la tapisserie.

Paris eut également ses ateliers dans lesquels, au contraire, fut gardée la tradition naturiste du moyen âge. Quand Colbert décida Louis XIV à créer une manufacture royale de tapisseries pour accroître la production de la France et sa renommée mondiale, l'hôtel des Gobelins existait déjà. Un ouvrier fameux en teintures de laines et de soie sous François Ier, Gilles Gobelin, avait installé ses ateliers dans une maison qu'il avait fait bâtir dans le quartier Saint-Marcel et qu'on nomma d'abord la Folie-Gobelin, puis l'hôtel des Gobelins. C'est cet hôtel que Colbert acheta en 1666, autour duquel il fit construire des bâtiments et c'est là qu'il installa la manu-

« VERTUMNE ET POMONE », D'APRÈS LE MODÈLE DE F. GORGUET

Cette admirable tapisserie de haute lisse, datant de 1703 et mesurant 3m79 de hauteur sur 3m04 de largeur avec les bordures, se trouve au musée du Luxembourg; elle revient à 23.015 francs.

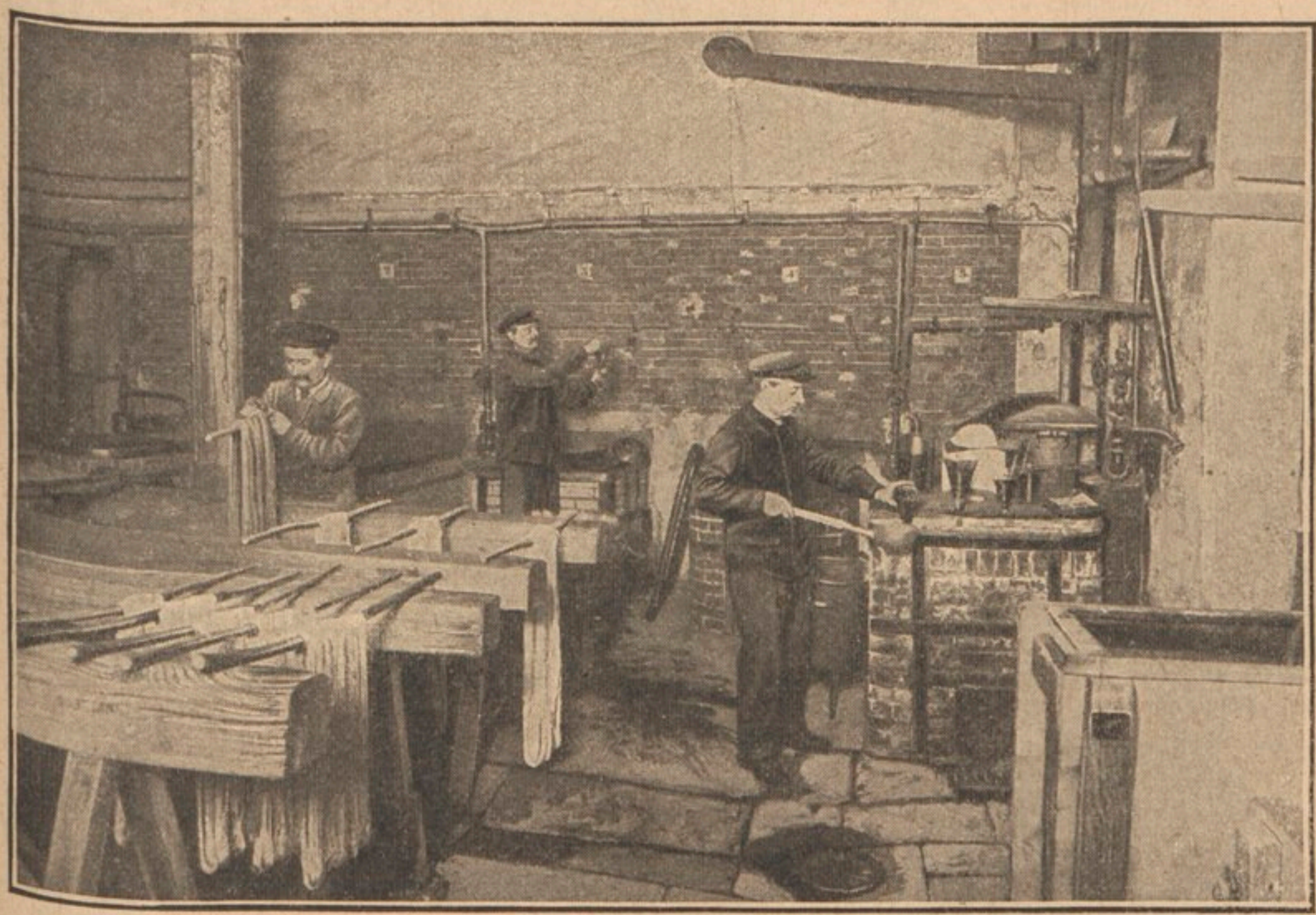
facture de tapisseries d'où devaient sortir tant de chefs-d'œuvre incomparables.

Il y eut d'abord aux Gobelins une représentation de tous les arts : tapissiers, peintres, orièvres, joailliers, sculpteurs, ébénistes ; puis, seulement, des tapissiers. On n'y tissait que des tentures : le tapis y était inconnu.

Les métiers à tapis, ou métiers de basse lisse, ne furent introduits aux Gobelins qu'en 1826. Ils venaient de la Savonnerie, à Chaillot,

où ils avaient été transférés du Louvre dans un hospice puis dans une fabrique de savons, d'où le nom de tapis de la Savonnerie, qui reste attaché aux lourds tapis des Gobelins, dont le style fut créé au XVIIe siècle.

Le métier à tapis diffère peu du métier à tapisserie. Ayant plus de poids à supporter, il est beaucoup plus fort. Il est horizontal au lieu d'être vertical. La lisse, qui se trouve sous la monture et est mue par des pédales, a donné au métier le nom de basse lisse.



L'ATELIER DE TEINTURE DE LA MANUFACTURE DES GOBELINS

Toutes les laines et soies nécessaires aux ateliers de haute et basse lisse des Gobelins et de la manufacture de Beauvais sont teintes dans cet atelier. Le travail y a été considérablement perfectionné dans ces dernières années et l'on y produit toutes les gammes des couleurs claires, permettant ainsi aux laines de suivre tous les tons de l'œuvre à reproduire en tapisserie.

Le travail se fait face à l'artiste et non plus à l'envers, comme dans la tapisserie, et le modèle est immédiatement placé au-dessus du métier. Les laines employées sont nécessairement plus résistantes.

Tandis que dans la tapisserie tous les fils se trouvent sur le plan du travail, il y a pour le tapis un plan avant et un plan arrière. Le point s'obtient par une passée de la broche sur la première rangée de fils et par un nœud bouclé sur la deuxième rangée. Un fil de lin, appelé duite, est passé horizontalement entre les nappes de fils pour donner de la solidité à l'ouvrage. Le travail est un peu plus long que celui de la tapisserie car il faut épurer et tondre le tapis. La tonte de la laine qu'on a laissé dépasser en bouclettes en faisant le point, donne le velours du tapis. Son épaisseur minimum est d'un demi-centimètre; son épaisseur maximum est d'un centimètre et demi. La rigidité est la caractéristique des tapis de la Savonnerie, très recherchés.

Les tapis exécutés ces temps-ci aux Gobelins se font d'après des aquarelles de MM. Buret, Hannotin, Anquetin, artistes au goût très sûr. Ce dernier peintre a conçu un *Tapis des Cygnes* d'une harmonie verte et argentée dans laquelle s'ébattent gracieusement des tritons et des cygnes blancs et noirs, savamment encadrés d'une bordure rouge et or.

Il existe également aux Gobelins deux ateliers de rentraiture. Une soixantaine de femmes y réparent les vieilles tapisseries qui ont subi quelques outrages. Cette rentraiture se fait à l'aiguille et nous conserve des tapisseries anciennes d'un prix inestimable.

Un atelier de teinture dans lequel Chevreul, l'illustre chimiste français qui découvrit les bougies stéariques et fit d'heureuses recher-

« AURORE ET CÉPHALE », D'APRÈS LE MODÈLE PEINT PAR LE MAITRE FRANÇOIS BOUCHER

Tapisserie de haute lisse datant de 1909 et destinée à orner les salles d'exposition, de congrès, etc... Elle mesure 7 m. 19 sur 5 m. 11 et son prix de revient est de 16.810 francs.

FAUTEUIL EN TAPISSERIE TISSÉE D'APRÈS UN MODÈLE ANCIEN DE TESSIER

ches sur les corps gras, passa vers 1875, teint les laines que tissent les Gobelins et la manufacture de Beauvais. L'emploi de colorants nouveaux, dus aux progrès de la chimie, a déterminé la production de 14.000 tons différents, donnant au tapissier le moyen de reproduire toutes les gammes des cartons des artistes.

Les peintres en matières textiles que nous avons actuellement à la Manufacture des Gobelins continuent l'art de la tapisserie dans toute sa splendeur, et l'on peut dire que la plupart d'entre eux sont supérieurs à leurs devanciers. La guerre de 1914-1919 sera vraisemblablement bientôt interprétée par eux avec leur maîtrise habituelle. Ce seront alors de nouvelles pages de la gloire de la France qu'ils tisseront, dans l'atmosphère de la Manufacture nationale des Gobelins, qui demeure toute parfumée d'histoire.

CLAUDE ORCEL.

L'ARCHITECTURE CHEZ LES INSECTES

(Voir le premier article dans le N° 50 de *La Science et la Vie.*)

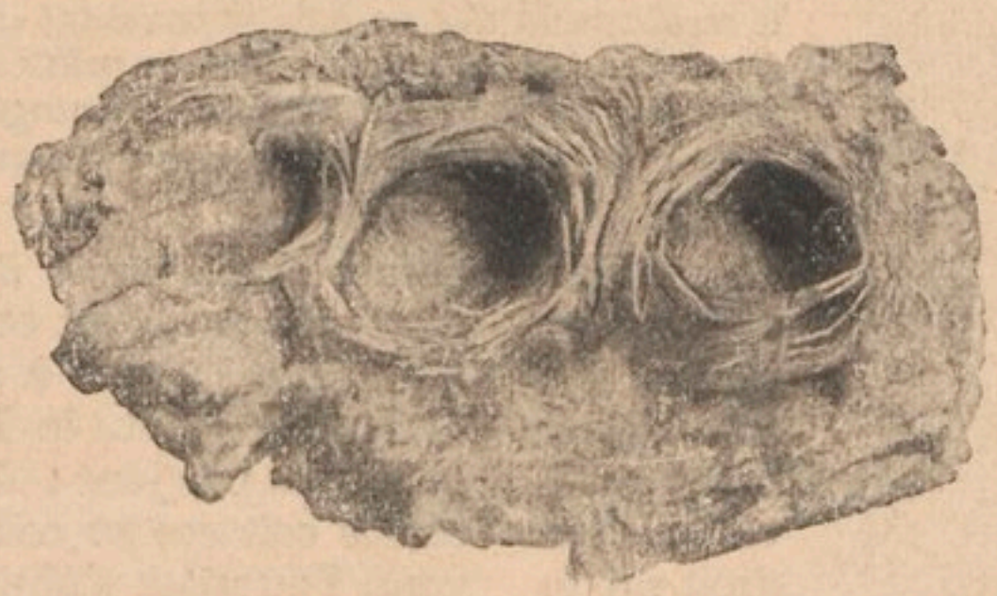
Par Alphonse LABITTE

ATTACHÉ AU MUSÉUM (HAUTES ÉTUDES)

Nous avons exposé, dans un précédent article, la science architecturale, le génie constructif de certaines variétés d'insectes. Si nous passons aux Coléoptères, par exemple, nous rencontrons la même intelligence et la même énergie que chez les Hyménoptères; la moisson des observations serait grande si je voulais l'entreprendre, mais je dois encore, faute de place, ne parler que de quelques-uns d'entre eux. Je vais donc donner un aperçu sur le travail intelligent, infatigable, de ces vaillants petits animaux, sur la science qu'ils déploient pour mener à bien leur œuvre, souvent fort compliquée et hérissée de grosses difficultés.

En avril, on rencontre, lorsque la saison est normale, le *Rhynchites cœruleus* (Curculionide, charançon) sur les feuilles ou les bois des arbres, principalement sur les jeunes bourgeons du poirier, dont il absorbe les sucs; souvent aussi, on le voit ronger les feuilles naissantes de cet arbre où il enlève le parenchyme, dans les fleurs, dont il altère les organes, s'abreuvant du nectar qu'elles renferment, perforant les ovaires et coupant les pistils. En somme, ce Rhynchite est un petit être nuisible. Mais voyez, lorsque la femelle va devenir mère, qu'elle attend une petite famille qu'elle ne connaîtra pas, voyez quel discernement elle montre pour choisir l'emplacement du berceau qu'elle doit préparer et quelle prévoyance elle a pour donner aux petits qui naîtront une alimentation tendre et facile à prendre pour leur débile mâchoire. Elle recherche les pousses les plus moelleuses, les plus commodes à attaquer et à broyer. Avant d'en avoir trouvé une à son idée, elle en coupe plusieurs, elle préfère celles provenant de greffes récentes parce qu'elles sont, pour le Rhynchite, plus succulentes.

A une faible distance de la branchette, au tronc de l'arbre, du côté intérieur, c'est-à-dire du côté qui fait face au tronc, l'insecte, avec ses mandibules, entame le jeune bois et lui fait une petite ouverture oblique, dont la largeur est celle de son rostre, qu'il emploie là comme un calibre. Il fait ensuite quelques enjambées, sur le côté interne de son support, repère la place, puis, s'arc-boutant sur ses pattes, il se met en devoir de le percer. Il fait un trou de la moitié du diamètre de la pousse, de manière à en atteindre la moelle. Cette condition est absolument nécessaire à l'existence de la larve. Dans ce trou, la femelle Rhynchite laisse tomber un œuf, puis elle se retourne, penche la tête à l'orifice, et elle examine le résultat de sa ponte; si l'œuf n'est pas tombé exactement à l'endroit qu'elle désire, elle l'y place avec son rostre, l'arrangeant convenablement au fond du berceau; elle l'y fixe elle-même au moyen d'une matière particulière qu'elle secrète de sa bouche et qui a des propriétés adhérentes. L'œuf paraît tellement bien fixé, collé, qu'il est extrêmement difficile de le détacher.

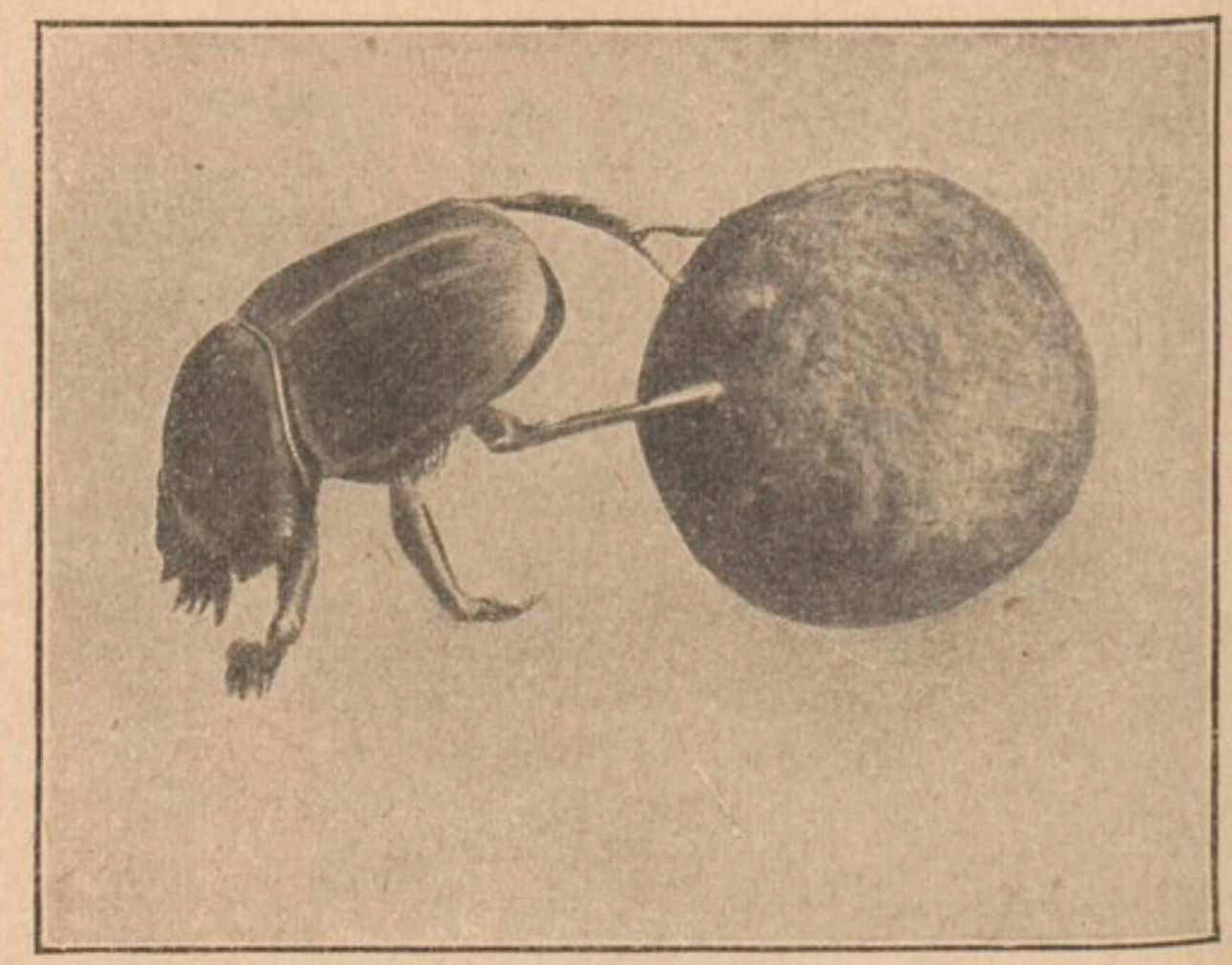


LOGES EN FORME DE NIDS DU « RHAGIUM INQUISITOR » (FABRICIUS)

C'est la larve de ce coléoptère, de la famille des Longicornes, qui, pour se métamorphoser en nymphe, assemble et entrelace les fibres du pin ou du sapin sous l'écorce de ces arbres. Elle les façonne de telle sorte qu'ils ont absolument l'aspect de nids d'oiseaux.

Mais l'œuvre de la mère Rhynchite n'est pas terminée. Pour l'enfant qui naîtra au fond de son puits, bien que ce fond soit moelleux, il ne faut pas moins qu'il y ait arrêt de la sève, qui afflue avec force dans l'extrémité de la branchette ; c'est la condition primordiale, absolue de son existence; si elle n'est pas remplie, si la mère ne trouve pas le moyen de tarir cette sève, celle-ci

noiera, engluera, étouffera le petit être dès sa sortie de l'œuf. Mais la mère a prévu l'accident. Pour le conjurer, elle retourne à l'endroit où elle a fait son incision, elle l'agrandit en la rongeant de chaque côté; elle enlève toute la partie supérieure du pétiole, creusant ainsi en profondeur, jusqu'à ce que la pousse tombe par son propre poids sans cependant se rompre; elle reste suspendue à l'arbre auquel elle ne tient plus que par la partie corticale externe. La circulation de la sève est ainsi définitivement arrêtée à l'endroit précis qu'a voulu l'insecte. N'est-ce pas merveilleux ?



L' « ATEUCHUS SACER » (SCARABÉE SACRÉ) TRANSPORTANT SA PELOTE ALIMENTAIRE

L'insecte pétrit et roule sa boule avec ses pattes postérieures, marchant à reculons, la tête en bas, se poussant avec ses pattes antérieures. Quand le terrain est en pente, la pelote lui échappe fréquemment; sans jamais se lasser, souvent une vingtaine de fois, il redescend et recommence l'ascension jusqu'à ce qu'il soit arrivé à ses fins.

NID DE RHYNCHITE

Il consiste en une feuille de peuplier patiemment roulée en forme de cigare par ce petit insecte.

Tout près du trou qu'elle vient de forer, la mère Rhynchite en perce un second, puis un troisième, un quatrième; c'est le nombre ordinaire des chambres de ponte; parfois, il arrive que ces chambres sont au nombre de cinq et de six; jamais ce chiffre n'est dépassé, tout au moins dans les brindilles que j'ai été à même d'examiner.

Généralement, le Rhynchite opère deux brindilles par jour ; il faut, pour cela, que le temps soit sec et calme. Par la pluie ou le vent, l'ouvrière s'abrite et ne travaille pas ; il en est de même lorsque la nuit la surprend : elle interrompt son ouvrage et ne le reprend que le lendemain quand le jour se lève.

Un autre Rhynchite, celui du peuplier *(Rhynchites populi)* si joli avec son corps vert bronzé, cuivreux, plonge son rostre, dont il se sert comme d'un poinçon, dans la queue de la feuille du peuplier, se tenant dans les basses branches de cet arbre. Il fait une entame formant plaie pour amoindrir la circulation de la sève qui va vers la feuille ; ensuite, il augmente l'entame jusqu'à ce que la feuille, par son poids, fasse plier la queue à l'endroit perforé; la feuille penche, se fane et s'amollit, c'est ce que veut l'insecte. Il profite de cette flexibilité de la feuille pour la rouler et en faire un étui. Par un des angles du côté de la surface, il commence son enroulement, trois pattes d'un côté, trois pattes de l'autre, attentif à son travail, et son labeur est grand ; il s'agrippe avec force et surtout ne lâche pas prise, car si une patte venait à quitter la feuille, elle ferait ressort et tout serait à recommencer. En agissant comme il le fait, l'insecte a trois points d'appui et

NID DE BOMBYX HYNPSOÏDES RODAMA
(LÉPIDOPTÈRE DE MADAGASCAR)

Pour confectionner leur nid, les chenilles de ce bombyx tissent une toile très solide avec des fibres de bois et de la soie ; certains de ces nids atteignent 50 centimètres de long sur 8 et 10 centimètres de circonférence ; on éprouve quelque difficulté à les déchirer.

trois points de traction. L'enroulement se fait peu à peu; il lui a fallu une journée pour le terminer. A ce moment, le Rhynchite lisse le bord de la feuille avec son rostre; il le presse et le comprime avec force jusqu'à ce que les pores ou les glandes de cette partie de la feuille produisent une liqueur qui devient adhérente, soudant ainsi et fermant hermétiquement l'étui.

La femelle Rhynchite — car c'est encore la femelle qui, pour ses enfants, construit ce curieux étui aérien — pond deux ou trois œufs, rarement quatre, et s'en va sur une autre feuille en recommencer l'enroulement.

Le *Bictiscus betulæ* (Thompson 1859) *Rhynchites betuleti* (Schneider 1791) fait le même métier que le *Rhynchites populi*, seulement, c'est un cigare qu'il roule, et c'est sur la vigne qu'il opère. Chez le *Bictiscus*, très souvent, le mâle aide la femelle dans son travail, plus compliqué que celui du premier : la feuille de vigne étant de bien plus grande dimension que celle du peuplier, exige un enroulement plus difficile, par conséquent, un labeur plus pénible et plus long. La feuille est entaillée à la base du pétiole, la sève est interrompue et cette feuille s'incline, pend au bout du pédoncule, puis elle se flétrit. Cette conversion de feuille vivante et ferme en feuille morte, molle et fanée, a pour but de faciliter le travail du *Bictiscus*. En effet, en s'altérant, les tissus de la feuille deviennent plus mous, les nervures perdent leur élasticité et deviennent plus flexibles ; l'enroulement commence, en quelque sorte, naturellement ; l'intelligente petite bête a provoqué cet état qui met la feuille en vrille ; elle n'a plus qu'à le continuer, tournant la feuille sur elle-même en une sorte de spirale, se servant pour cela de son rostre et de ses pattes avec une extraordinaire habileté.

Lorsque le cigare est terminé, avant la ponte, la femelle, bien souvent accompagnée par le mâle, fait une minutieuse inspection du travail achevé; satisfaite de son œuvre, elle perce plusieurs trous au milieu de l'intérieur du cigare et elle dépose un œuf dans chacune de ces petites cavités.

Quel intéressant chapitre que celui des travaux des *Bousiers*. Hélas ! je ne puis, aujourd'hui, n'en donner qu'un aperçu si je veux, dans la première partie de cette étude, dire un mot sur les autres ordres d'insectes.

Le Scarabée sacré (*Ateuchus sacer*) a été étudié depuis fort longtemps, puisque, au temps des Pharaons, on l'adorait à l'égal d'une divinité et on le représentait sur presque tous les monuments.

Par prévoyance et par gourmandise, ce gros et sombre stercoraire recherche les bouses et les crottins pour en faire des pelotes qu'il ira déguster à l'aise dans quelque coin du sous-sol. A l'aide du chaperon denté qui orne sa large tête et qui lui sert de pelle et de râteau, à

NID D' « EUCHEIRA SOCIALIS »

La chenille de ce papillon, qu'on rencontre surtout au Mexique, construit un nid dont l'enveloppe ressemble à du parchemin très épais.

l'aide aussi de ses pattes antérieures, dont les tarses sont absents, et dentées comme le chaperon, l'Ateuchus ramasse brin par brin les parties de la bouse de vache ou du crottin de cheval qui lui paraissent propres à ses desseins, et il commence aussitôt à les façonner, en les accumulant en boule. Ses deux paires de pattes postérieures jouent un rôle important dans la confection de cette petite sphère. Comme l'a remarqué Fabre, il suffit de les voir pour reconnaître en elles un compas sphérique qui, dans ses branches courbes, enlace un corps globuleux pour en vérifier et corriger les formes.

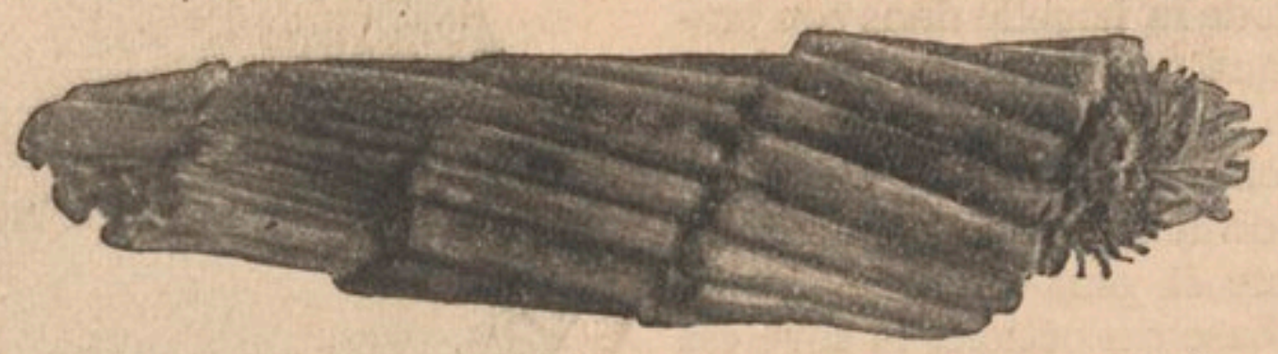
La matière, pressée sous le ventre par ces quatre branches de compas, devient ronde, l'insecte lui donnant une impulsion rotative ; lorsque la boule est ébauchée, qu'elle prend tournure, le scarabée suspend son travail et l'examine attentivement de tous côtés ; si elle a besoin de quelques retouches, les pattes antérieures, comme des battoirs, la tapotent à petits coups ; il aplanit les angles qui se seraient formés, puis il roule cette pilule, y ajoutant encore de la matière pour en augmenter le volume ; elle devient grosse comme une balle d'enfant. Lorsque l'insecte a bien promené sa boule, qu'il pousse à reculons, qu'elle est grosse à souhait, il l'abandonne un instant pour se creuser un terrier qui, pour lui, sera une salle à manger secrète, ou nul indiscret ne viendra le déranger où lui demander de lui permettre de prendre part au festin. Son terrassement achevé, il y descend sa pilule, ferme l'ouverture, et, satisfait de tout ce qu'il a fait, il se met à table, la bouche sur sa boule et le dos appuyé au mur. Son repas dure plusieurs jours, jusqu'à ce qu'il ne reste absolument plus rien de la grosse pilule amassée et travaillée par lui avec tant de peines et souvent avec tant de difficultés et de patience.

NID DE CHENILLES PROCESSIONNAIRES DU PIN

Ces bestioles construisent en commun de grandes tentes de soie enveloppant un rameau de pin ; ce nid mesure parfois 50 centimètres et même 70 centimètres de longueur.

La femelle de l'*Ateuchus sacer*, pour sa progéniture, pétrit des déjections de moutons ; elle fabrique, avec cette matière spéciale, une sorte de poire qu'elle travaille sur place sans la rouler. Fabre a étudié particulièrement cette fabrication de poterie scarabéide, montrant l'habileté et la science qu'apporte le scarabée dans son modelage ; les *Souvenirs entomologiques* donnent, à ce sujet, des détails intéressants ; nous y renvoyons nos lecteurs, seulement je dois faire remarquer que la matière employée (fiente de mouton) qu'il affirme exclusive pour la confection de la poire, ne l'a pas été dans mes observations, car, à l'Insectarium du Museum, je n'offrais à mes Ateuchus que du crottin de cheval ramassé par moi dans la rue Buffon, et j'ai obtenu des poires d'une forme presque parfaite.

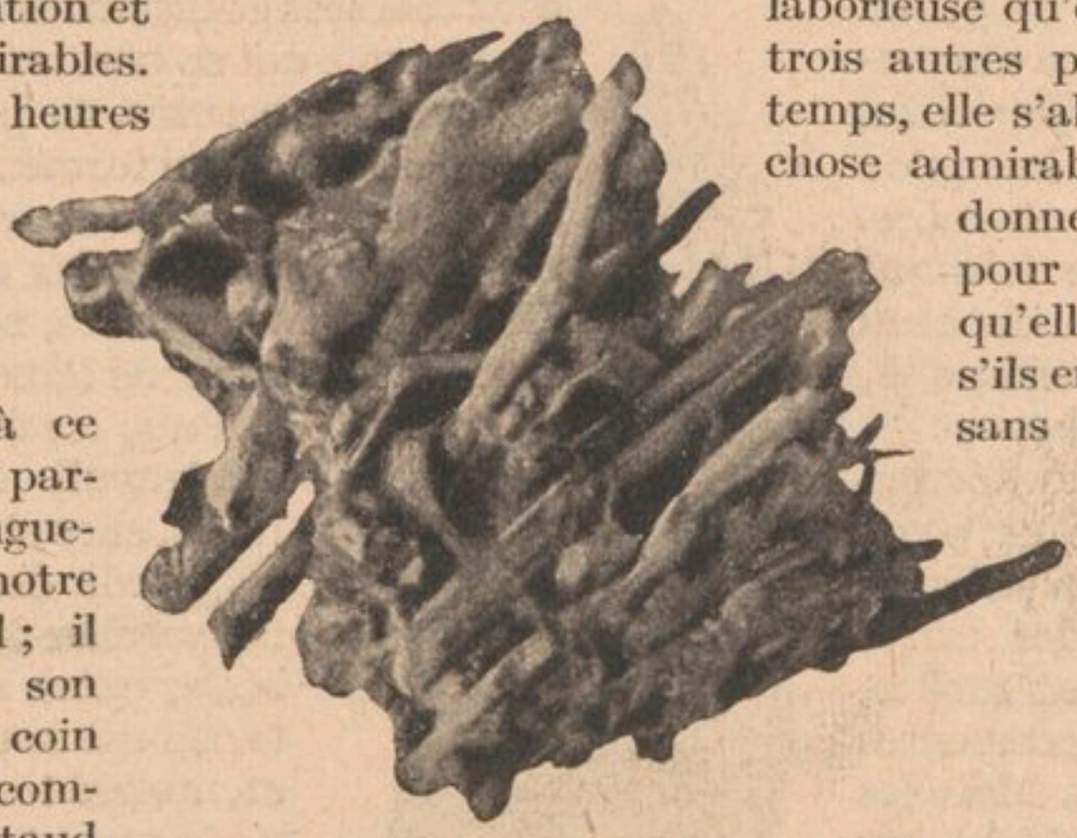
Le même fait s'est encore produit dans l'Insectarium avec des *Copris (Copris hispana)*. Ces coléoptères ont de vingt à vingt-cinq millimètres ; ils sont aussi noirs ; le mâle possède une grande corne arquée, la femelle en a une plus petite et plus conique. Les deux époux captifs ont ensemble creusé le terrier sous un amas de crottin de cheval qu'ils y ont descendu ; mais, à ce moment, le mâle a abandonné le chantier, la femelle seule a continué le travail, c'est-à-dire que, pendant plusieurs jours, elle a ramassé, égalisé, battu, poli la miche composée de crottin. Puis elle a divisé cette miche. Au moyen de ses outils : son chaperon et ses pattes, l'insecte fait une entaille au bloc, en détache un premier morceau de la dimension jugée par lui suffisante ; il l'arron-



CE JOLI FOURREAU DE « PSYCHIDE » EST CELUI D'UN PAPILLON D'UN GENRE INCONNU

Il provient de l'Annam, il a été recueilli à Kou-Toum, pays Bahnar, par un voyageur français.

dit, pressant la matière avec ses jambes, grimpant dessus, se glissant dessous ; il fait disparaître les parties anguleuses de la portion de crottin devenue un aggloméré, et cela avec une attention et une patience admirables. Après vingt-quatre heures d'un travail assidu, le Copris a obtenu une sphère de la grosseur d'une prune qu'il retouche encore jusqu'à ce qu'il l'ait reconnue parfaite. Fabre a longuement observé notre intéressant animal ; il dit à propos de son travail : « Dans un coin de son atelier encombré, l'artiste courtaud ayant à peine de quoi se mouvoir, a terminé son œuvre sans l'ébranler une fois sur sa base ; avec longueur de temps et patience, il a obtenu le globe géométrique que semblaient devoir lui refuser son gauche outillage et son étroit espace ; la mère monte sur le dôme de son édifice, elle y creuse, toujours pas la simple pression, un cratère de peu de profondeur ; dans cette cuvette, l'œuf est pondu. Puis, avec une circonspection extrême, une délicatesse surprenante avec des outils si rudes, les lèvres du cratère sont rapprochées pour faire croûte au-dessus de l'œuf. C'est ici travail délicat entre tous. Une pression non ménagée, un refoulement mal calculé pourrait compromettre le germe sous son mince plafond. De temps en temps, le travail de clôture est suspendu. Immobile, le front baissé, la mère semble ausculter la cavité sous-jacente, écouter ce qui se passe là-dedans. Tout va bien, paraît-il, et la patiente manœuvre recommence, fin ratissage des flancs en faveur du sommet, qui s'effile un peu, s'allonge. Un ovoïde dont le petit bout est en haut remplace de la sorte la sphère primitive. Sous le mamelon, tantôt plus, tantôt moins saillant, est la loge d'éclosion avec l'œuf. »



FOURREAU DE LARVE DE PHRYGANE
(Grossi plusieurs fois.)

Cet étui ou fourreau est formé par des petites branchettes enchevêtrées les unes dans les autres. La larve s'en sert comme d'une maison portative dans laquelle elle s'abrite contre les poissons et les insectes aquatiques, très friands de sa chair. Elle passe la tête et les pattes hors de son étui ; mais, à la moindre alerte, elle les y rentre.

Il a fallu une cinquantaine d'heures à la mère Copris pour accomplir cette œuvre laborieuse qu'elle répète pour deux ou trois autres pontes ; pendant tout ce temps, elle s'abstient de nourriture. Et, chose admirable, cette mère n'abandonne pas son logis ; elle y reste pour surveiller les berceaux qu'elle y a placés, les réparant s'ils en ont besoin, les raclant, sans doute pour faire disparaître les moisissures, les tenant dans un état de propreté parfaite ; elle sait que toute cette sollicitude est absolument nécessaire pour mener à bien la naissance et l'existence des petits êtres claustrés dans les ovoïdes.

Chez les lépidoptères, les chenilles sont fileuses pour la plus grande partie. Tout le monde connaît les cocons de soie jaune ou blanche du *Bombyx muri* (le ver à soie). Plus ou moins épais, plus ou moins résistants, les tissages sont exécutés par la chenille qui va se chrysalider et qui s'y enferme. D'autres chenilles construisent aussi en soie, elles trament même en commun des nids volumineux. Dans nos climats nous trouvons les nids des Processionnaires du chêne (*Bombyx processiona*), des Processionnaires du pin (*Bombyx pythiocampa*), etc. A Madagascar, les chenilles du *Hypnsoïdes Rodama* tissent une longue bourse, d'un tissu serré et très résistant ; quelques-unes atteignent cinquante centimètres de longueur sur 7 et huit centimètres au centre. La toile obtenue par ces chenilles est de couleur brun foncé, d'une très grande solidité et, en quelque sorte, indéchirable.

AUTRE FOURREAU DE LARVE DE PHRYGANE, GROSSI

Celui-ci est construit avec des petites pierres soigneusement assemblées et reliées solidement entre elles par un tissage très serré de fils, imperméables à l'eau.

En Amérique, au Mexique, les chenilles du *Eucheira socialis* sont de réelles et habiles cartonnières ; l'enveloppe de leur chambre de transformation est un carton imitation par-

chemin dur et très résistant. Lorsqu'on ouvre cette chambre, qui varie comme dimensions (de six à douze centimètres de long sur six à dix de large) on est surpris de voir rangées à son plafond quatre, cinq, six jusqu'à douze et quatorze chrysalides, suspendues comme de petites clochettes vacillantes lorsqu'on remue tant soit peu la chambre.

Une autre chenille se fabrique un étui dans le genre de ceux exécutés par les Phryganes; c'est celle du *Psyché du Gramen.*

Les *Phryganes* sont des névroptères; leur état larvaire se passe dans le fond de l'eau. Les poissons recherchent les larves des Phryganes parce qu'elles sont molles, faciles à happer et succulentes pour eux, probablement. Mais les larves connaissent la prédilection qu'ont les poissons pour elles, et, pour se dérober à la dent de ces monstres en même temps qu'à tous leurs ennemis, larves de Libellules, de Dytiques, d'Hydrophiles, etc., elles se revêtent de cuirasses originales qu'elles fabriquent elles mêmes avec toutes sortes de matériaux : brindilles de bois, brins de paille, assemblage de graviers et de coquillages minuscules, etc...

Lorsqu'une larve de Phrygane veut confectionner son fourreau protecteur, elle a une mise en œuvre semblable à celle du maçon. Après avoir choisi les matériaux qu'elle veut employer, si son choix s'est arrêté sur des graviers, elle en cherche deux ou trois bien plats, elle les rassemble et les lie avec des fils de soie, elle en forme une voûte sous laquelle elle se place; un à un, ensuite, elle prend les autres graviers avec ses pattes, les joint à ceux déjà fixés en faisant clef de voûte, les entrecroisant, ayant soin de mettre à l'intérieur les surfaces planes. Chaque gravier, une fois mis à la place qu'il doit occuper, est relié et scellé avec ses voisins par des fils de soie très ténus.

TROISIÈME SPÉCIMEN DE FOURREAU DE LARVE DE PHRYGANE

Celui-ci est composé de petits coquillages et de pierres, et la larve l'a placé entre deux branchettes auxquelles elle l'a solidement attaché par des fils.

Combien d'actes laborieux et intelligents on rencontre chez les fourmis ? En voici un pris au hasard parmi des milliers.

Les *Œcophilla* sont des fourmis tisseuses, habitantes de l'Afrique, de l'Asie et de l'Australie; elles bâtissent leurs nids dans les arbres; à l'aide de fils de soie, elles en réunissent les feuilles. Si, par malheur, à la suite d'un accident, le nid se trouve détérioré, s'il s'y produit une déchirure, par exemple, et que les feuilles qui le forment sont écartées et distantes les unes des autres, les fourmis qui se trouvaient à l'intérieur en sortent nombreuses, se partageant en deux groupes. Celles qui forment le premier groupe constatent les dégâts et prennent des mesures pour les réparer; celles du second groupe, résolues et menaçantes, se tiennent prêtes à attaquer l'auteur de l'accident, s'il y a lieu.

Puis, les ouvrières se mettent au travail. Avec leurs mandibules, elles cherchent à atteindre les bords de la déchirure et à rapprocher les feuilles écartées. Mais, entre ces feuilles, la distance est souvent trop grande, et, malgré tous leurs efforts, elles ne peuvent y parvenir. Alors une fourmi saisit avec ses mandibules l'une de ses compagnes par la taille et la tend vers la feuille que cette dernière cherche à atteindre; si elle n'y parvient pas, la distance étant encore trop grande, une troisième fourmi vient s'adjoindre aux deux autres. Quelquefois, cette chaîne vivante est constituée par cinq ou six fourmis. N'est-ce pas admirable ?

Je le répète, je ne puis, ici, énumérer le nombre prodigieux d'insectes qui édifient, bâtissent, mesurent, maçonnent, opèrent, jouent du bistouri, tissent, minent, terrassent, façonnent des entonnoirs, construisent des pièges, élèvent des cheminées, entreprennent des routes couvertes, lancent des ponts, percent des tunnels, dressent des observatoires, fabriquent des poteries, etc.; des pages, encore des pages il faudrait pour donner un aperçu de leurs travaux, de leur industrie, de leur science.

Si j'ai pu intéresser le lecteur en appelant son attention sur quelques-uns d'entre eux, choisis parmi les plus intéressants, je pourrai peut-être un jour donner une suite à cette étude, qui est, pour le biologiste et le psychiste, de haute portée morale, sociale et philosophique. Le monde des insectes n'est-il-pas, en raccourci, comme une représentation vivante de notre société humaine ?

ALPHONSE LABITTE.

LES A-COTÉ DE LA SCIENCE

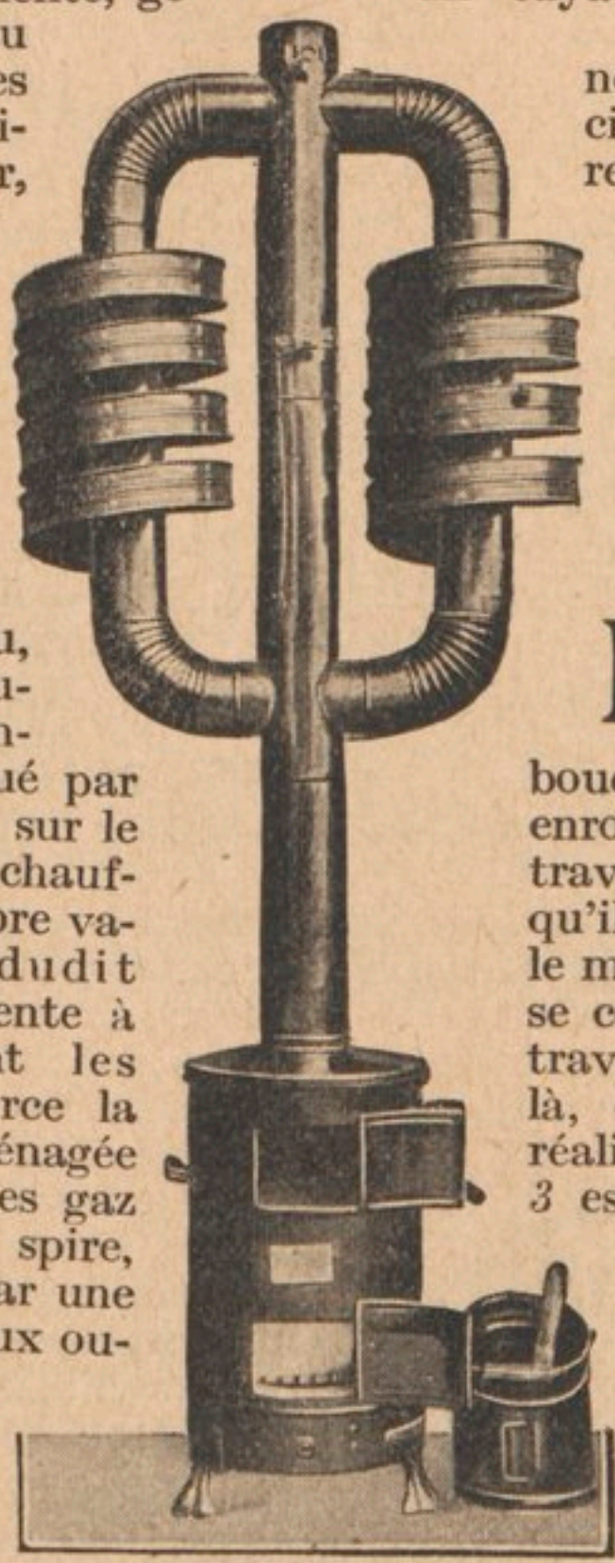
INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Récupérons la chaleur perdue de nos poêles

Il est reconnu que 70 à 80 % de la chaleur produite par la combustion dans les poêles et autres appareils de chauffage à tirage direct sont perdus. Pour essayer d'atténuer cette perte, on augmente, généralement, le parcours du tuyau d'évacuation de la fumée et des gaz au moyen de sections horizontales, coudes, repos de chaleur, etc. Ce sont là des expédients ne donnant que des résultats médiocres et augmentant considérablement les dangers d'incendie et d'asphyxie. Rien n'est, d'autre part, plus laid que ces tuyaux allongés, tortueux ou zigzagants.

Pour récupérer la plus grande partie possible du calorique perdu, un de nos compatriotes, M. V. Laurent, a imaginé un dispositif ingénieux. Ce dernier est constitué par une spirale formant dérivation sur le tuyau émanant de l'appareil de chauffage et dont les spires, en nombre variable s'enroulent autour dudit tuyau, sur une hauteur de trente à soixante centimètres, suivant les diamètres. Au point où s'amorce la spirale, une ouverture est ménagée dans le tuyau pour l'entrée des gaz et, à l'extrémité de la dernière spire, ceux-ci font retour au tuyau par une seconde ouverture. Entre les deux ouvertures se trouve un disque d'obstruction qui s'ouvre et se ferme au moyen d'une clef extérieure. Au moment de l'allumage du poêle, on ouvre la clef pour accélérer le tirage, les gaz s'échappant alors avec le gros de la fumée, directement dans la cheminée. Lorsque le feu est bien pris, on ferme la clef et les gaz chauds, au lieu de s'évacuer rapidement et de se perdre par le tuyau, parcourent la spirale qu'ils échauffent. Dans cette dernière, le tirage est modéré, mais il ne rencontre aucune résistance. On conçoit que la spirale constitue ainsi une source indépendante de chaleur rayonnante qui emprunte son calorique à un débit de chaleur très supérieur à la capacité d'absorption du tuyautage ordinaire. En d'autres termes, elle augmente très sensiblement la surface de chauffe par le simple fait qu'elle oblige les gaz issus de la combustion à circuler, pour ainsi dire, sur place et non dans un tuyau démesurément allongé.



LES SPIRALES DU TUYAU AUGMENTENT CONSIDÉRABLEMENT LA SURFACE RAYONNANTE DU POÊLE

Le dispositif de M. Laurent ne nécessite aucune installation spéciale et s'adapte à tous les appareils de chauffage à charbon, bois, coke, pétrole, etc., possédant un conduit de fumée en tôle.

De solides connexions électriques au moyen d'une borne à serrage automatique

Le principe de cette petite invention française réside dans l'emploi d'un ressort à boudin entre les spires duquel on enroule, autour d'une tige filetée traversant le ressort, le fil électrique qu'il s'agit de fixer à la borne. Comme le montre notre fig. *1*, cette dernière se compose d'une vis métallique *1* traversant la base isolante *2* (ce n'est là, évidemment, qu'une forme de réalisation de l'invention). Un écrou *3* est vissé contre ladite base ; au-dessus on place le ressort à boudin *4*, en ayant soin d'introduire son extrémité inférieure *5* dans un petit trou 6 percé dans l'écrou. On comprime les spires du ressort, à la main, pour visser sur la tige filetée un second écrou 7 également percé d'un petit trou ; ceci fait, il ne reste plus qu'à décomprimer le ressort et à engager son extrémité supérieure dans ce trou où il doit passer librement. La borne est ainsi assemblée et prêtre à être utilisée.

Pour faire une connexion, il suffit de contourner à la main le fil à fixer à la borne du ressort. autour de la tige filetée, entre les spires. Si l'on passe le fil simplement entre deux spires consécutives, on

réalise une connexion à tenue limitée, ce qui est souvent recherché. Pour obtenir une connexion d'une tenue irréprochable et susceptible de résister à de grands efforts de traction ou à des trépidations et vibrations violentes, il suffit d'enrouler le fil entre les spires jusqu'à ce que ces dernières, comprimées entre les deux surfaces qui limitent leur écartement en hauteur, ne livrent plus passage au fil ; ce dernier se trouve alors coincé fortement entre les deux dernières spires entre lesquelles on a pu l'insérer (fig. 2). Dans tous les cas, il suffit, pour défaire la connexion, de dérouler le fil par son extrémité libre.

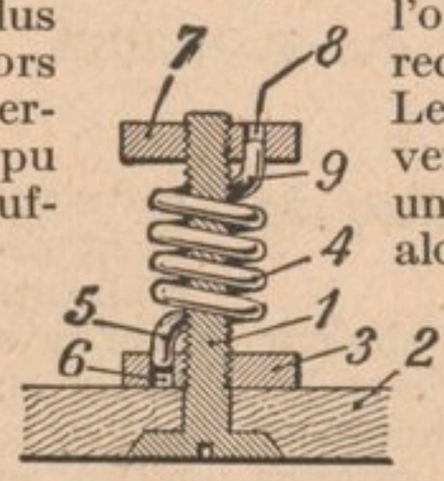


FIG. 1. — COUPE DE LA BORNE

Un des avantages de cette borne est de ne nécessiter aucun outil pour faire ou défaire une connexion, mais sa principale supériorité sur les bornes des modèles ordinaires est d'assurer un contact parfait ; ce contact ne s'exerce pas seulement, en effet, en un point, mais sur une surface relativement grande, d'une part entre les spires, et, d'autre part, autour de la tige filetée. Enfin, si, pour permettre de faire et défaire souvent la connexion, on se contente de passer le fil entre deux spires seulement, le contact n'en est pas moins parfait puisque l'élasticité du ressort intervient alors pour comprimer le fil entre lesdites spires, et cela sur une longueur encore très suffisante.

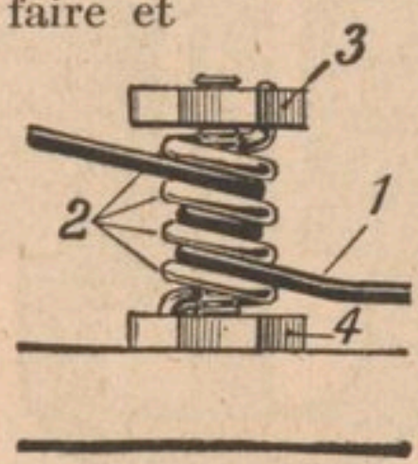


FIG. 2. — UNE CONNEXION PARFAITE

Cette nouvelle borne est d'une application générale au moyen et petit appareillages électriques ; rien d'autre ne limite son emploi que la souplesse des conducteurs à relier aux appareils qu'ils alimentent ou dont ils reçoivent du courant. Dans l'automobile et l'aviation, on gagnera à en munir les bougies d'allumage, soumises, comme on le sait, à des trépidations et des vibrations qui rendent très précaires les connexions faites au moyen de simples écrous. L'inventeur a, d'ailleurs, réalisé une adaptation spéciale de la borne en question aux dites bougies d'allumage, qui permet de démonter ces dernières et de les remonter sans avoir, chaque fois, à défaire ou refaire la connexion.

L'industrie électrique ne manquera pas d'apprécier ce petit perfectionnement.

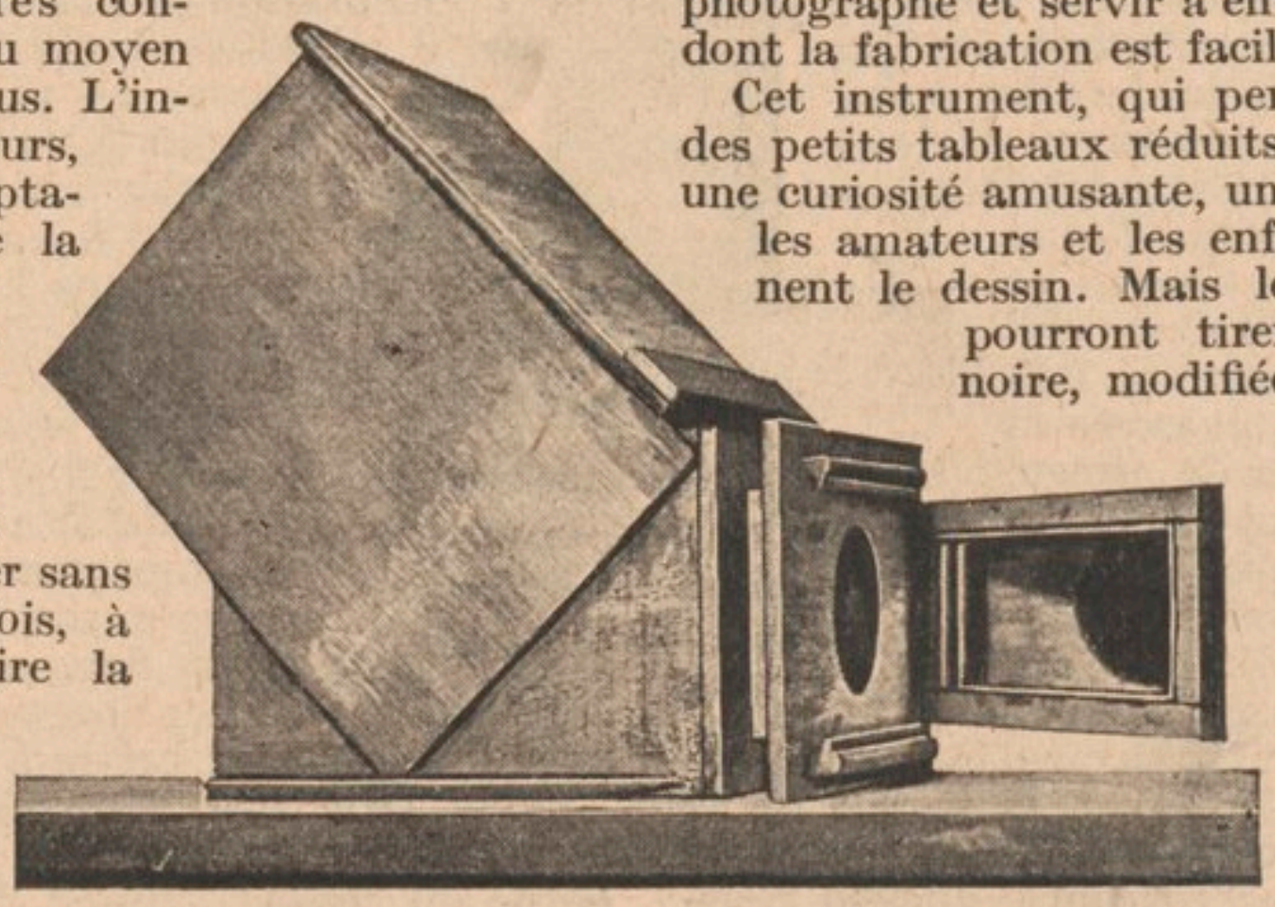
Une chambre noire perfectionnée pour le dessin

La chambre noire de Porta (1560) qui fut utilisée sous le nom de chambre noire à tirage pour le dessin, se composait d'une boîte formée de deux parties à coulisse, glissant l'une dans l'autre. L'une portait l'objectif qu'on pouvait avancer ou reculer à volonté pour la mise au point. Les rayons lumineux, après avoir traversé la lentille, se réfléchissaient sur un miroir incliné à 45°. L'image venait alors se former sur un verre dépoli. On pouvait aussi la recevoir sur du papier à décalquer placé sur une plaque de verre ordinaire et en reproduire les contours au crayon. Mais cette image présentait un grand inconvénient elle était *renversée*.

Pour que les objets viennent se peindre sur le verre dépoli ou le papier transparent, dans le sens *naturel*, il suffit, comme le montre notre photographie et comme nous l'indique un de nos lecteurs, M. Paul Bourguin, professeur de dessin au lycée de Charleville, de placer en avant de l'objectif un miroir plan, incliné à 45°. Ce miroir, monté sur un cadre à charnières, peut se rabattre sur la boîte lorsqu'on ferme l'appareil, après avoir enlevé l'objectif (lequel ne figure pas sur la photographie).

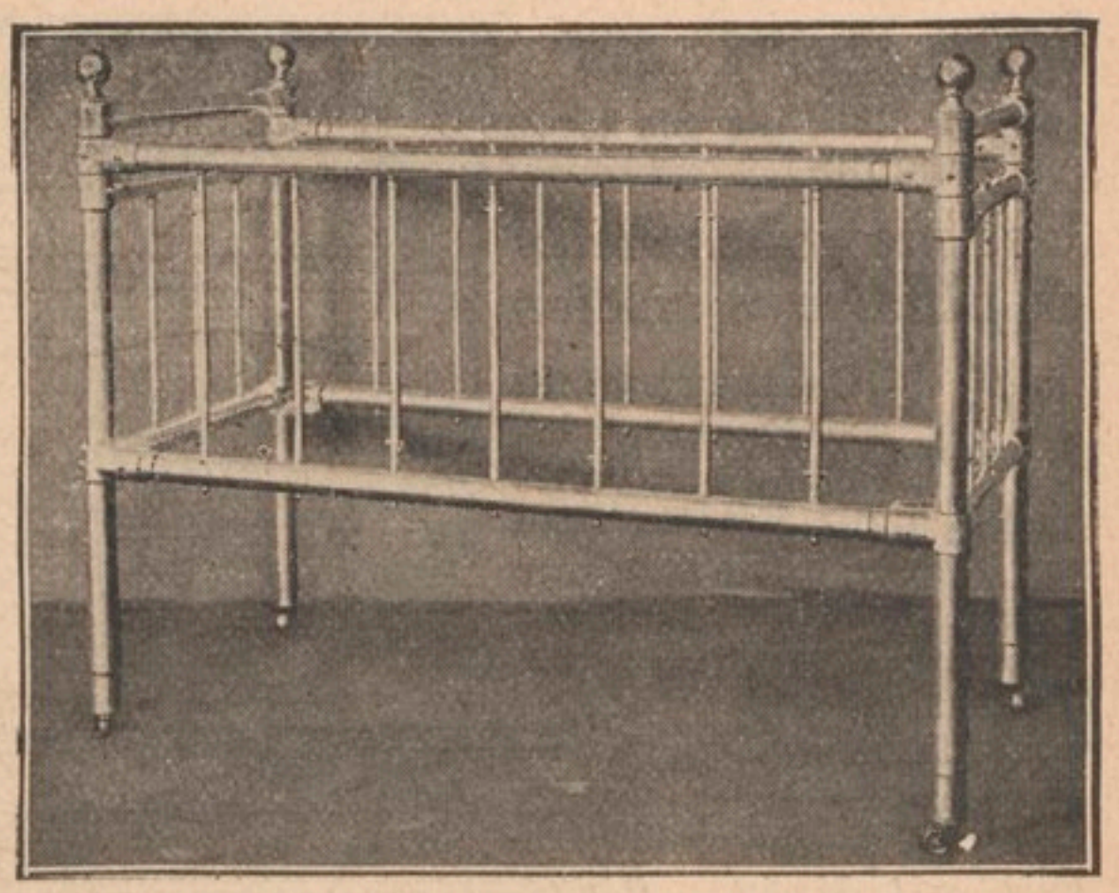
La planchette porte-objectif, qu'on emprunte, avec l'objectif, à la chambre noire, coulisse entre deux rainures, vissées en avant du tube prismatique, qui permet, en l'avançant ou en le reculant, d'avoir toujours une image au point. Un écran à charnières, ou volet, se rabat également sur le verre dépoli quand on replie l'appareil. Cet écran peut être remplacé par le voile noir du photographe et servir à envelopper la boîte, dont la fabrication est facile et peu coûteuse.

Cet instrument, qui permettra d'obtenir des petits tableaux réduits de la nature est une curiosité amusante, une récréation pour les amateurs et les enfants qui apprennent le dessin. Mais les peintres aussi pourront tirer de la chambre noire, modifiée comme il vient d'être dit, de précieux enseignements. Elle est utile à consulter surtout pour l'étude du coloris, car le verre dépoli enrichit et avive les couleurs naturelles qui se réfléchissent sur sa surface.

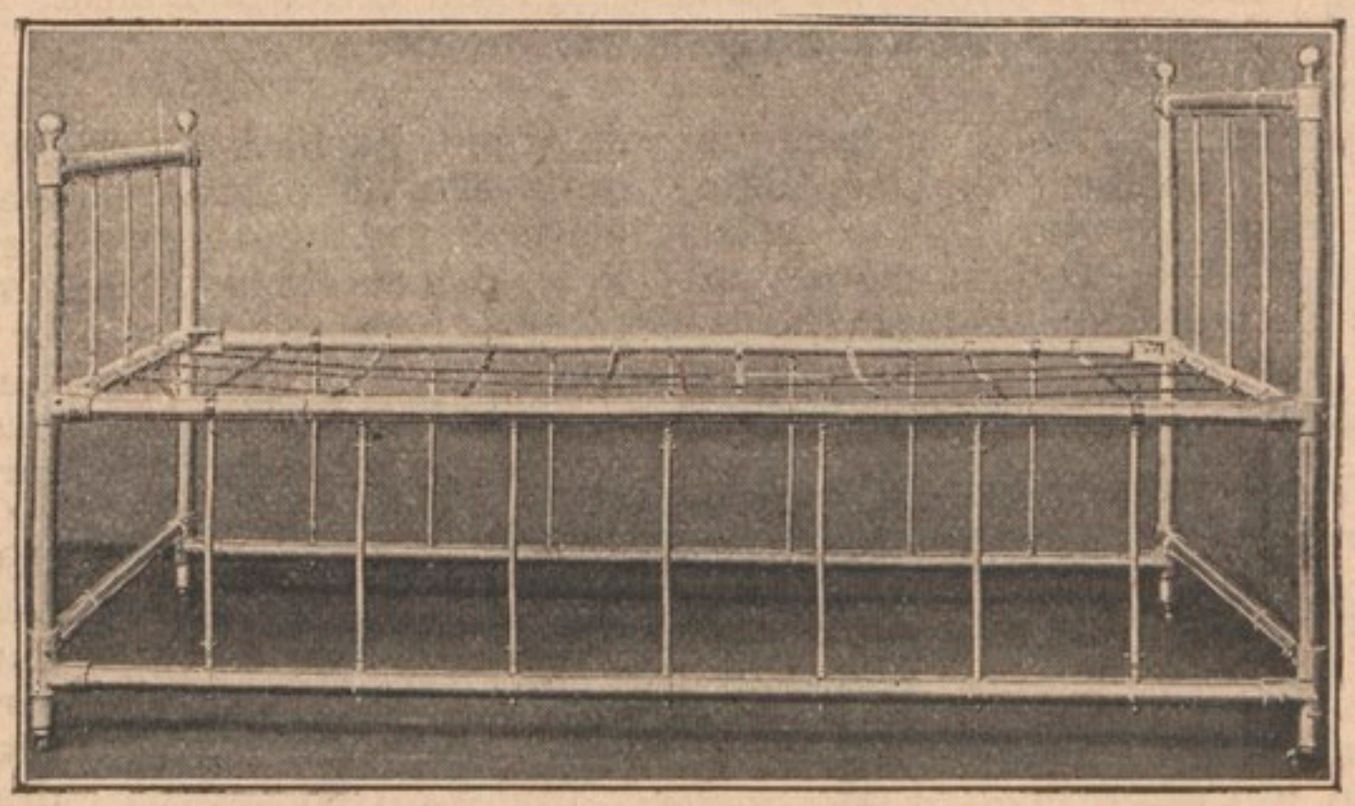

CHAMBRE NOIRE DE PORTA MUNIE D'UN MIROIR A 45°, POUR REDRESSER L'IMAGE SUR LE VERRE DÉPOLI

Un lit qu'on peut, à volonté, allonger ou raccourcir

Ce meuble est d'invention et de fabrication françaises. Il consiste en une cage métallique quadrangulaire fabriquée avec des tubes de duralumin, pouvant coulisser les uns dans les autres. On peut ainsi, en réglant la hauteur, la longueur et la largeur de la cage, utiliser cette dernière sous plusieurs dimensions et même sous différentes formes, sans avoir besoin d'employer des tubes de raccordement. Le matériel d'un seul meuble permet, à volonté, de réaliser : soit un *berceau*, ayant pour dimensions un mètre sur un demi-mètre environ ; un *lit d'enfant*, de 0 m. 50 à 1 mètre de largeur et 1 mètre, 1 m. 50 ou 2 mètres de longueur ; un *lit de grande personne*, un *fauteuil*, une *banquette*, un *divan* ou une *table-étagère*. Le système qui, pour toutes ces transformations, permet de régler le meuble à la dimension désirée, en permet aussi le démontage complet. Il est représenté, en effet, par de simples rangées de trous permettant, au moyen de petites clavettes à boules, de verrouiller les tubes à la longueur désirée après chaque réglage ou transformation. Démonté, le meuble-lit extensible se présente sous une forme aussi aisément transportable que le faisceau de cannes et de parapluie que l'on emporte en en voyage. Etant, à résistance égale, moitié moins lourd que le lit métallique ordinaire, son transport est aussi moins coûteux, ce qui n'est pas un avantage à dédaigner.



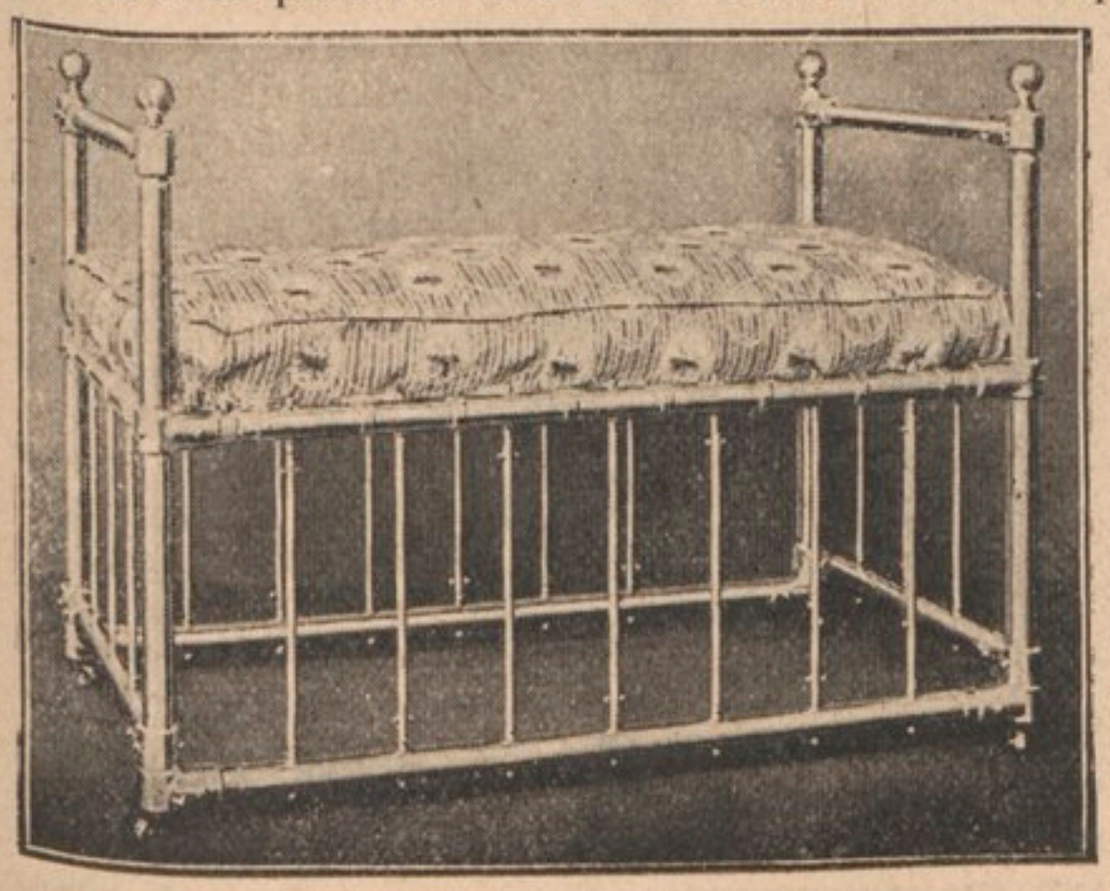
LE LIT EXTENSIBLE A SA PETITE DIMENSION



LE MÊME CONVERTI EN LIT DE GRANDE PERSONNE

Le duralumin est, on le sait, un alliage d'aluminium aussi léger que ce dernier métal, mais beaucoup plus résistant ; poli, il présente un bel aspect argenté ; il a, sur le cuivre, l'avantage d'être inoxydable. Donc, au point de vue solidité, élégance et propreté, le meuble extensible n'a rien à envier aux autres mobiliers métalliques.

On conçoit que la possession d'une pièce d'ameublement semblable évite les dépenses successives de literie inévitables au fur et à mesure de la croissance des enfants. Au lieu d'être relégué dans un grenier ou un débarras, comme les berceaux devenus inutiles, le lit-extensible contribuera toute la vie au confort du *home*, sous l'aspect d'un fauteuil, d'un divan ou d'un lit de grande personne. D'autre part, on peut imaginer l'étonnement de l'ami auquel on tient à peu près ce langage: « Restez, je vous prie, vous ne nous dérangez pas ; vous pourrez coucher à l'aise dans le lit de bébé. » Sa stupé-

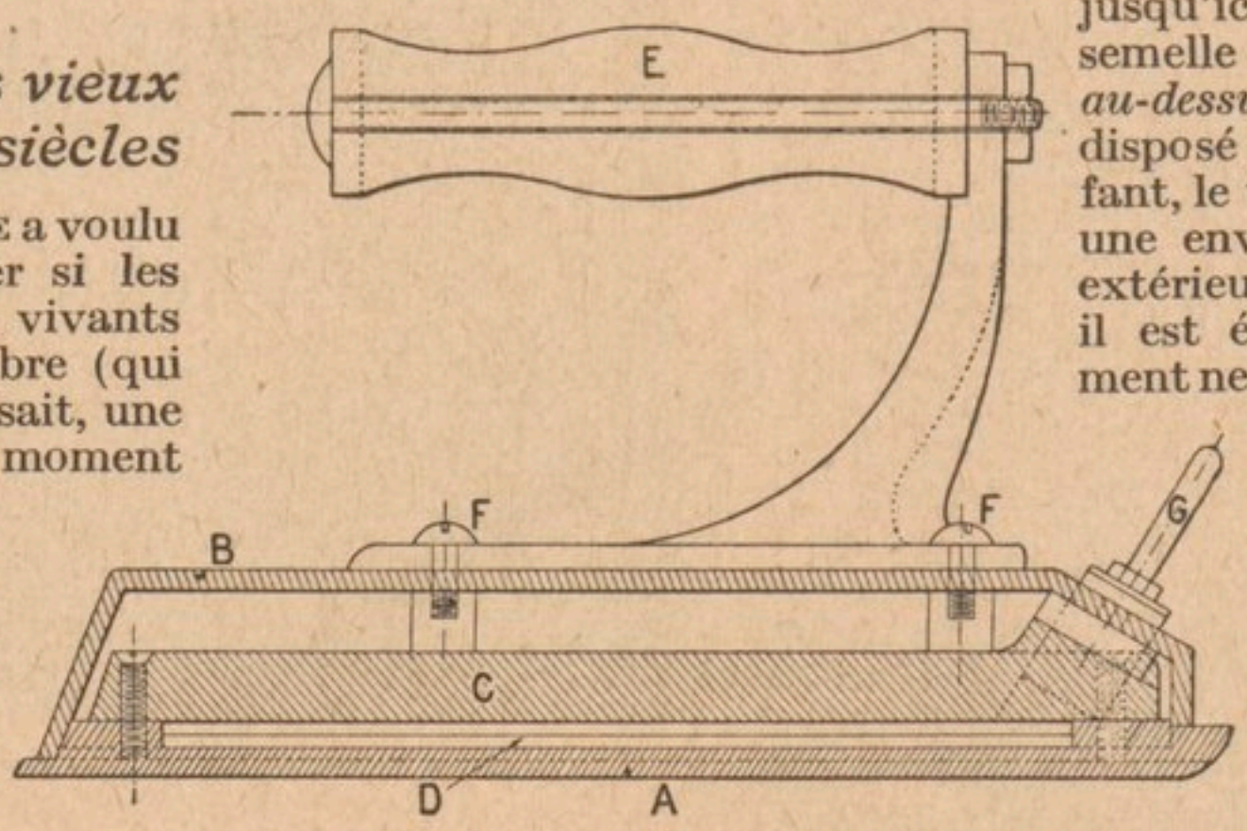


LE LIT EST ICI TRANSFORMÉ EN BANQUETTE

faction ne serait sans doute pas moins grande si vous le priiez de bien vouloir retirer son lit d'un des tiroirs de la commode, par exemple !

Des microbes vieux de plusieurs siècles

M. V. Galippe a voulu rechercher si les éléments vivants occlus dans l'ambre (qui est, comme on le sait, une résine fossile) au moment de sa formation, avaient pu traverser une longue série de siècles sans perdre leur vitalité. Après s'être entouré de toutes les précautions voulues, M. Galippe a constaté, au moyen du microscope, et par des ensemencements de cultures, que des microzymas, bacilles ovoïdes, etc. n'avaient pas cessé de vivre dans cette substance millénaire et étaient même, en général, doués de mouvements très vifs.

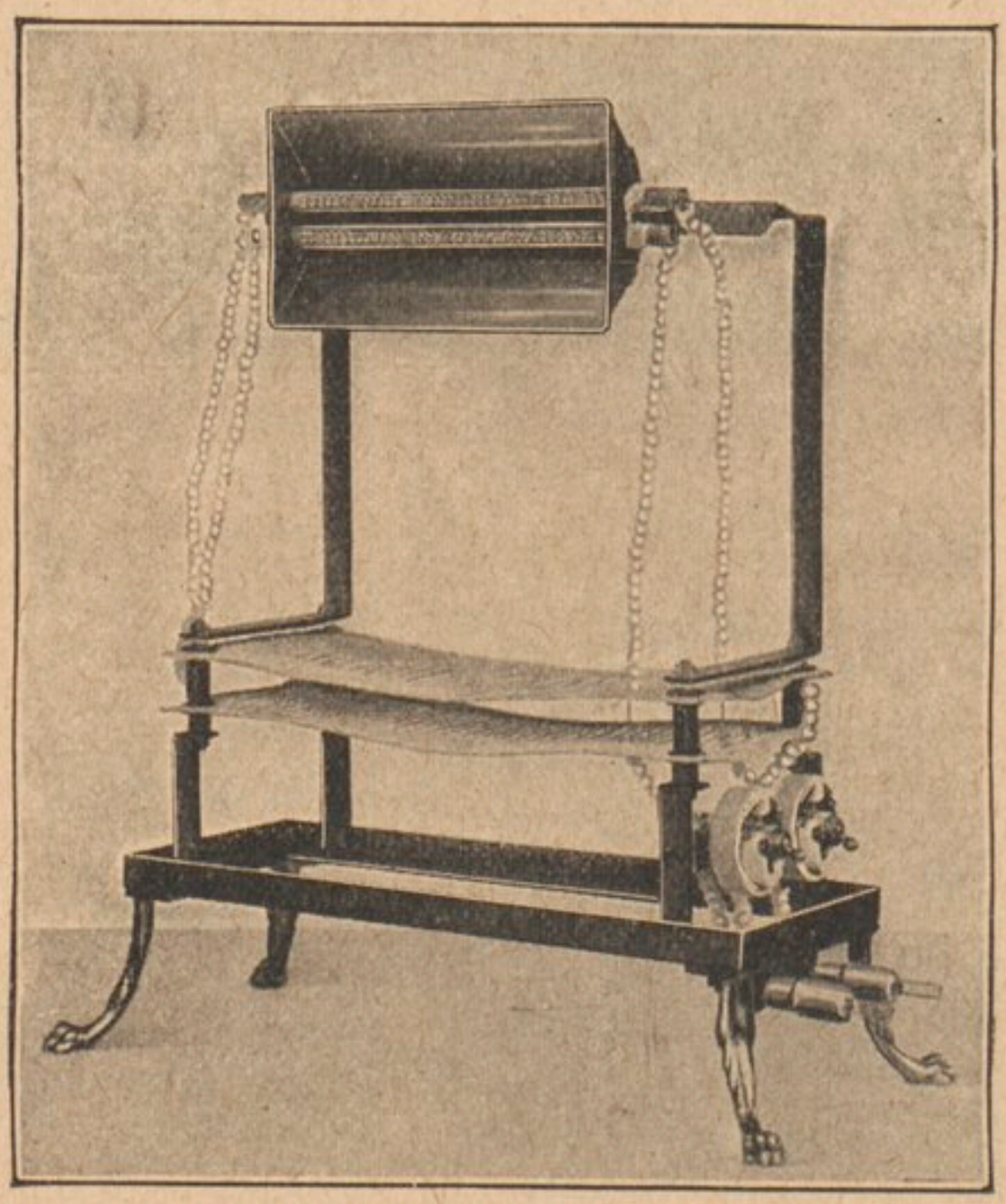


DANS CE FER ÉLECTRIQUE, LA PLAQUE *A*, EN CONTACT AVEC LE LINGE, EST TRÈS MINCE ; ELLE EST DONC ÉCHAUFFÉE RAPIDEMENT. LA PLAQUE *C*, PLUS ÉPAISSE, FORME ACCUMULATEUR DE CHALEUR

Fer à repasser électrique, à chauffe rapide et régulière.

Le repassage électrique a de plus en plus d'adeptes ; trop de raisons évidentes militent en sa faveur pour qu'on songe à s'en étonner. Est-ce à dire, cependant, que les fers à repasser chauffés à l'électricité soient parfaits ? Non, certes, mais leurs deux grands défauts, à savoir : d'abord une mauvaise utilisation du calorique emprunté à l'énergie électrique, puis un refroidissement trop rapide dans le repassage des grosses pièces, n'exigeaient, pour être éliminés, qu'une conception plus étudiée, mieux scientifique.

Considérons le fer à repasser : il consistait jusqu'ici, *à la base*, en une semelle épaisse de fonte *au-dessus* de laquelle était disposé l'élément chauffant, le tout enfermé dans une enveloppe en métal extérieurement poli. Or, il est évident que l'élément ne pouvait échauffer rapidement cette forte semelle dont la masse offrait une sorte d'inertie calorifique, et cela d'autant plus qu'il n'était en contact avec elle que par une de ses faces ; la chaleur rayonnée par l'autre face demeurait bien, il est vrai, en grande partie à l'intérieur de l'enveloppe, mais elle ne concourait pas *directement* à élever la température de la semelle. Si donc, le fer demeurait longtemps appliqué sur une pièce à repasser, la semelle se refroidissait, car elle n'absorbait pas assez vite le calorique disponible.



CE RADIATEUR ÉLECTRIQUE COMPORTE QUATRE ÉLÉMENTS CHAUFFANTS : DEUX TOILES ET DEUX SPIRALES, MONTÉES DANS DES TUBES EN QUARTZ FONDU, DEVANT UN RÉFLECTEUR.

Cette disposition défectueuse est entièrement éliminée dans le fer à repasser d'invention récente dont notre dessin donne une coupe. On remarquera, en effet, que l'élément chauffant *D* (une toile métallique dont la trame est noyée dans de l'amiante) est *comprimé* entre deux semelles *A* et *C* (en réalité, il est isolé de ces deux semelles par des cartons d'amiante) dont l'une, *A*, celle qui sert de base, est mince et l'autre, *C*, est, au contraire, très épaisse. *A* est donc échauffée très rapidement, ce qui est un avantage puisque c'est cette semelle qui effec-

tue le repassage ; *C* s'échauffe plus lentement, mais, en raison de son épaisseur, forme un volant de calories pour la régulation de la température de la plaque active. En d'autres termes, cette semelle épaisse entretient la chaleur de la semelle mince, tout en l'empêchant de trop s'échauffer. Le capot *B*, en métal extérieurement poli, forme une chambre calorifuge. L'appareil est complété par une poignée *E* en équerre, qui facilite par sa forme le repassage de certaines pièces telles que les manches, les volants, les encolures, etc., et par l'habituelle prise de courant *G*.

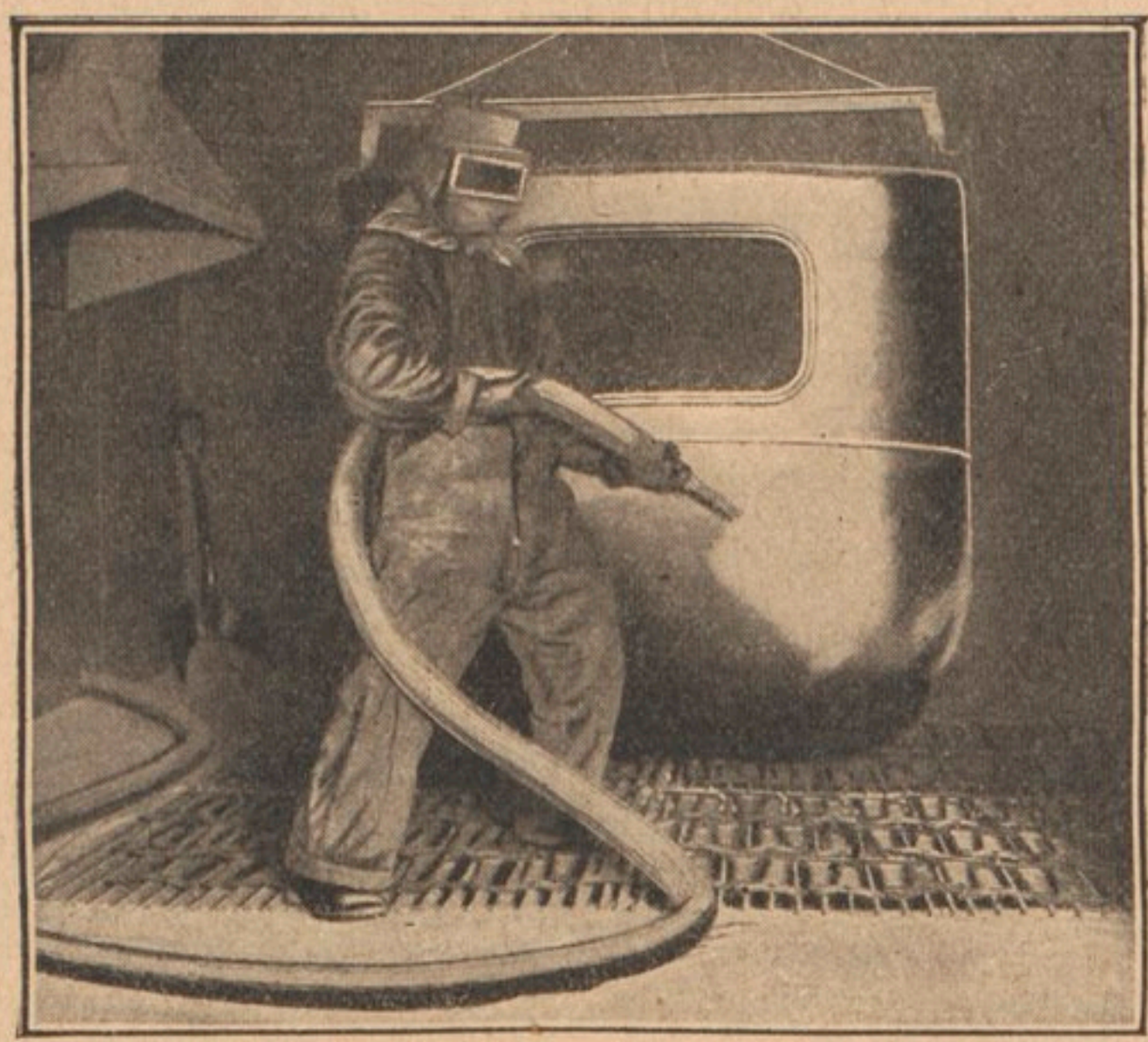
PLACÉS DERRIÈRE UNE FENÊTRE GRILLAGÉE, LES DEUX TUBES SERVENT AUSSI DE TÉMOINS

Perfectionnement à un radiateur électrique déjà décrit

J'ai déjà parlé, en septembre 1919 (N° 46) d'un radiateur électrique qui présentait de grands avantages sur ses devanciers. J'indiquais, en le décrivant, qu'il constituait une véritable cheminée à air chaud, puisque les échanges de température entre ses éléments chauffants et l'air ambiant ne faisaient intervenir que la convection. Je signalais aussi qu'une lampe rouge s'allumant lorsque l'appareil était en circuit, servait de témoin.

Un perfectionnement très intéressant a été récemment apporté à cet appareil, sous la forme de deux tubes qui, tout en remplaçant la lampe-témoin, permettent au radiateur, non seulement de débiter de l'air chaud, comme dans l'ancien modèle, mais aussi de chauffer par rayonnement. Ces deux tubes, en quartz fondu, sont montés dans un réflecteur en métal poli ; ils renferment chacun un enroulement de fil en nickel chrome, que le courant porte à l'incandescence. L'ensemble est disposé derrière une fenêtre grillagée percée dans la plaque antérieure de l'appareil. Lorsque celui-ci est en circuit, on voit donc les deux tubes briller, ce qui est une sûre indication que les toiles chauffantes sont, elles aussi, parcourues par le courant ; en même temps, un torrent d'ondes calorifiques s'échappent par la fenêtre et échauffent tous les corps qu'elles rencontrent. L'air ambiant, appelé à la base de l'appareil et échauffé par son passage à travers les toiles, sort par le haut, au travers d'une grille horizontale sur laquelle on peut poser des objets à réchauffer ou à maintenir chauds.

Chaque tube de quartz est en série avec une toile et forme avec elle un allumage ; on peut donc, à volonté, faire fonctionner le radiateur soit à toute puissance, soit à demi puissance seulement.



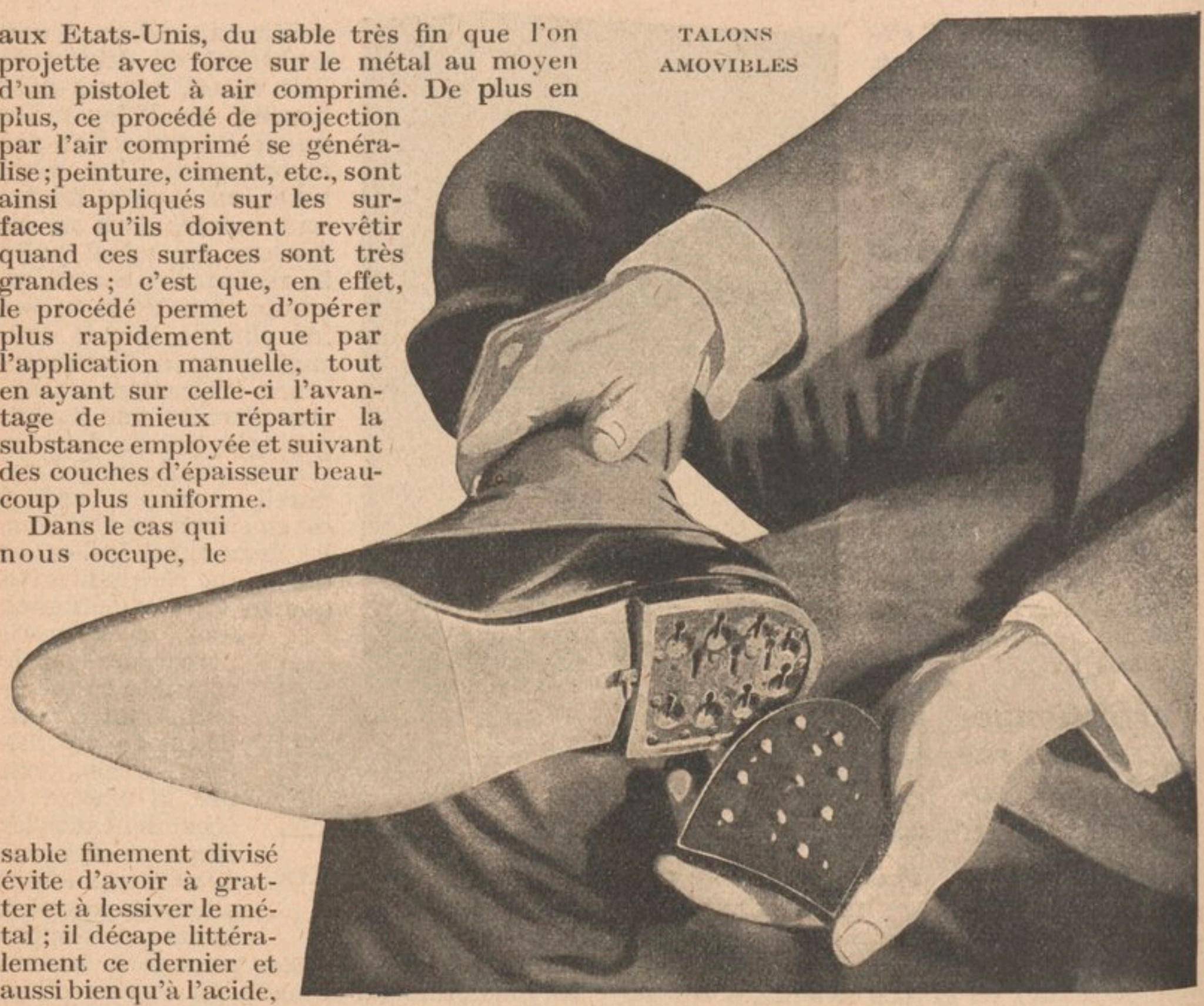
DU SABLE FIN, VIOLEMMENT PROJETÉ A L'AIDE D'AIR COMPRIMÉ, NETTOIE CETTE CARROSSERIE

Nettoyage du métal au sable

Pour décaper les carrosseries métalliques d'automobiles avant de les peindre, on emploie depuis quelque temps,

aux Etats-Unis, du sable très fin que l'on projette avec force sur le métal au moyen d'un pistolet à air comprimé. De plus en plus, ce procédé de projection par l'air comprimé se généralise ; peinture, ciment, etc., sont ainsi appliqués sur les surfaces qu'ils doivent revêtir quand ces surfaces sont très grandes ; c'est que, en effet, le procédé permet d'opérer plus rapidement que par l'application manuelle, tout en ayant sur celle-ci l'avantage de mieux répartir la substance employée et suivant des couches d'épaisseur beaucoup plus uniforme.

Dans le cas qui nous occupe, le sable finement divisé évite d'avoir à gratter et à lessiver le métal ; il décape littéralement ce dernier et aussi bien qu'à l'acide, mais sans aucun des inconvénients de ce traitement; aussi l'adhérence de la première couche de peinture est-elle parfaite. Toutefois, il est bon, pour effectuer ce travail, de se protéger la tête et même le corps par un casque et des vêtement spéciaux, non seulement afin de ne pas inhaler du sable, mais aussi pour ne pas s'en remplir les fosses nasales, la cavité buccale, les oreilles, les cheveux, etc., ainsi, d'ailleurs, que pour garantir ses propres vêtements.



TALONS AMOVIBLES

LA PARTIE AMOVIBLE DU TALON EST MUNIE DE CLOUS QUI SE VERROUILLENT DANS LES FENTES DE LA PARTIE FIXE

Nos chaussures seront-elles munies de talons amovibles?

Un habitant de New-York, M. Maurice Mayorowitz, a imaginé de rendre amovibles les talons de nos chaussures. Comme le montre la gravure ci-dessus, le talon modifié par cet inventeur est en deux parties : une base, fixée à demeure et par les moyens ordinaires, à la chaussure ; une partie détachable qui s'assujettit à la base et peut en être retirée très facilement.

Une plaque métallique est clouée sur le dessus de la pièce permanente ; elle est perforée de fentes dont la forme rappelle assez bien le clou de girofle ; les fentes, réparties autour du talon, ont un profil courbe dû à une dépression circulaire du métal en chacun de ces points. La pièce amovible est munie, elle, de clous à têtes sphériques qui peuvent s'engager dans les fentes ; pour cela, il faut que les têtes soient introduites dans les ouvertures rondes des fentes. Le talon est, à ce moment, désaxé ; pour le placer en alignement avec la base, on le frappe du côté où il déborde, puis on donne un coup de pied à plat contre le sol, ce qui a pour effet d'emboîter les deux pièces à fond. Les dépressions circulaires de la plaque métallique jouent le rôle de ventouses ou de « tire-pavés » ; autrement dit, ce sont elles qui assurent l'adhérence du talon contre la pièce permanente et rendent le joint étanche à l'eau. Pour terminer le montage, on pousse à fond la petite targette qui fait saillie en dehors de la pièce permanente, afin de verrouiller les clous du talon dans leurs fentes respectives. Pour enlever le talon, il suffit de tirer sur la targette et de frapper du pied sur le côté, de façon à vaincre l'adhérence des deux pièces.

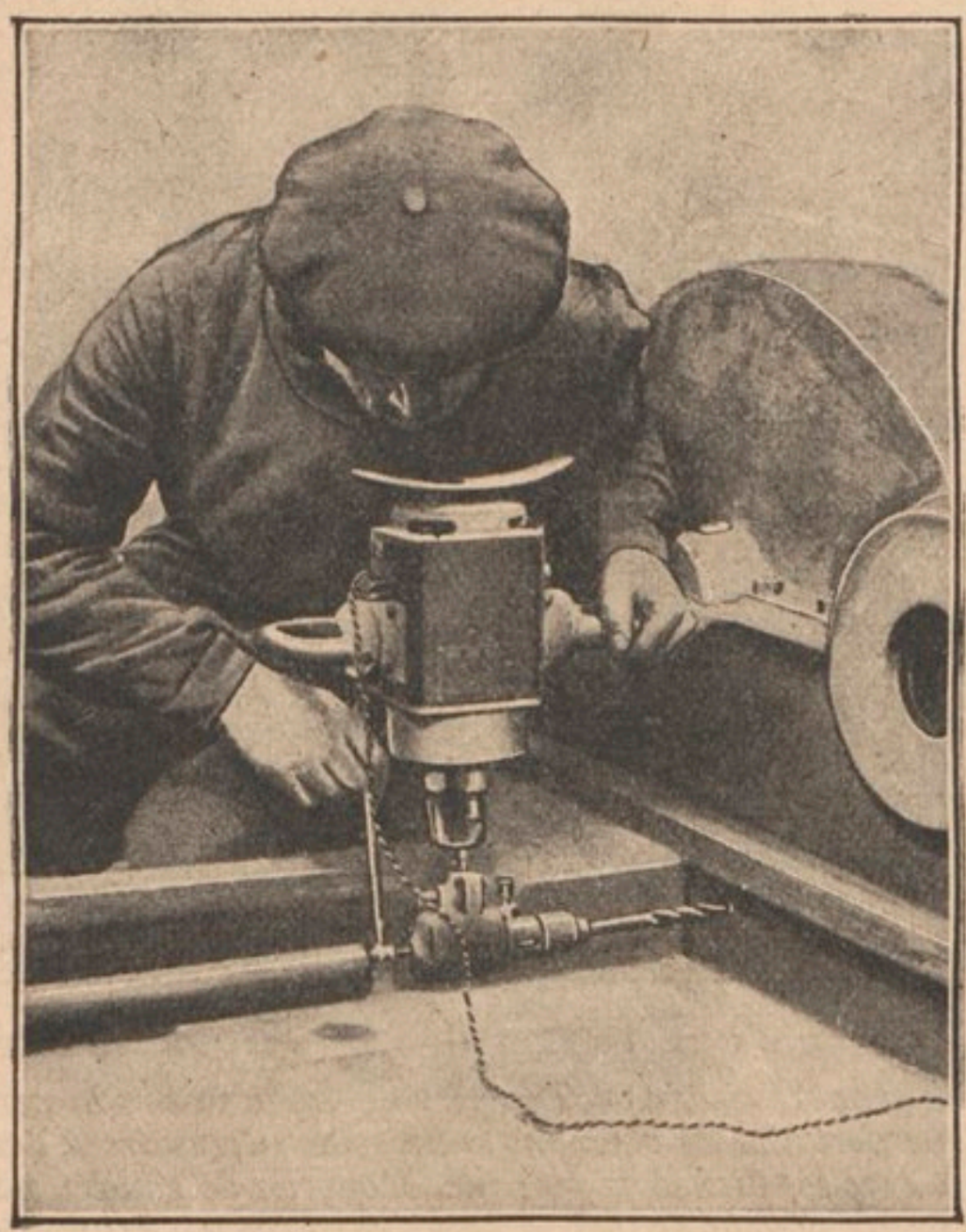
V. Rubor.

L'OUTILLAGE ÉLECTRIQUE PORTATIF POUR LES TRAVAUX DE PERÇAGE

Par Jules ROUVÈRE

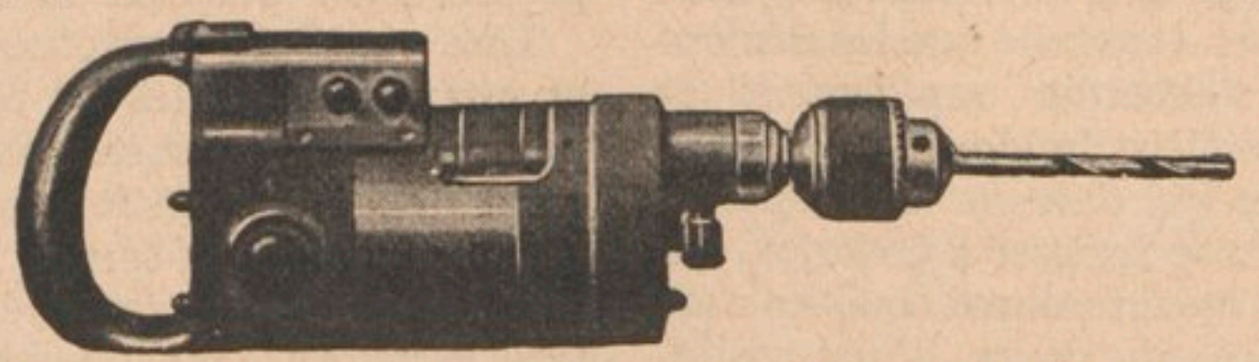
L'OUTILLAGE électrique portatif, dont l'usage se répand de plus en plus dans les ateliers de construction, comporte sous ce nom générique divers appareils dont le but principal est d'effectuer un travail d'usinage, non plus en déplaçant la pièce en chantier, mais bien l'outil producteur du travail.

Le déplacement des masses métalliques lourdes ou encombrantes devient de plus en plus onéreux et souvent impossible. On se demande donc pourquoi on continuerait à les mouvoir à grand'peine puisque, en employant l'énergie électrique, on peut limer, percer, meuler, polir, scier, river, en tous points et facilement, avec des appareils légers, parfaitement maniables, et effectuant un travail aussi précis et souvent plus rapide que celui des grosses machines-outils qu'ils remplacent. On trouve, d'ailleurs, un très grand avantage à pouvoir multiplier à volonté les organes agissants et producteurs d'un atelier afin d'accélérer le travail qui est souvent — aujourd'hui plus que jamais — urgent et impératif.



PERÇAGE DE TROUS DANS LES ANGLES

Pour percer des trous dans des endroits où il serait difficile d'accéder, malgré le faible volume de la perceuse électrique portative, on peut munir celle-ci de porte-outils spéciaux permettant de se rapprocher de très près des parois même qu'il s'agit de perforer.



PERCEUSE ÉLECTRIQUE POUR TROUS DE PETITS DIAMÈTRES

La pression à exercer pour des trous de petits diamètres étant faible, la perceuse ci-dessus est munie d'une seule poignée.

Un exemple typique est fourni par l'assemblage sur place des tôles d'acier qui constituent les coques de navires de fort tonnage.

Ce travail, qui exigeait autrefois des années, ne demande plus actuellement que quelques semaines, parce que l'outil perfectionné décuple et centuple même l'effort développé par son conducteur.

La perceuse est l'outil électrique qui attire en premier lieu l'attention quand on visite un atelier ou un chantier de constructions métalliques ou mécaniques. Employée d'abord timidement il y a une vingtaine d'années dans quelques chantiers de constructions, elle a tout d'abord donné lieu à de nombreux déboires. Les premiers modèles étaient, en effet, constitués par des moteurs à enroulements extérieurs, soumis, par conséquent, aux intempéries et, chose plus grave, aux projections de liquides lubrifiants ou de copeaux métalliques.

On vit apparaître, pour la première fois, au cours de l'année 1900, la perceuse dite *Mignonnette* à moteur complètement fermé, cons-

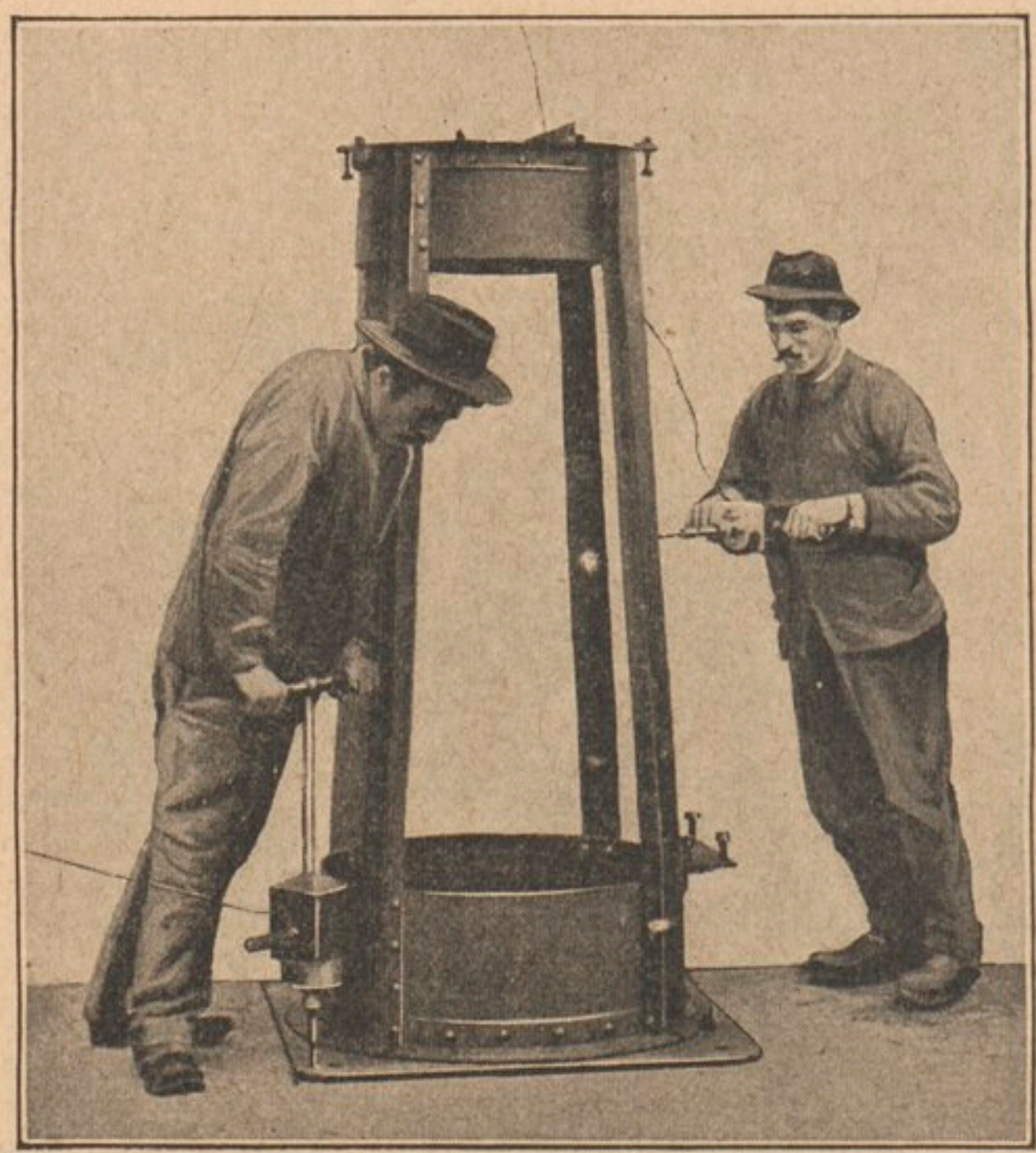
truite, d'après des brevets français, par la maison Couffinhal et ses Fils, de Saint-Etienne.

Peu à peu, l'emploi de ces machines se multiplia et d'autres maisons, profitant de l'expérience acquise, créèrent de nouveaux types de perceuses électriques perfectionnées dans le détail, mais procédant toujours du seul modèle primitif consacré par l'usage.

La perceuse électrique doit répondre à certaines qualités maîtresses que l'on peut résumer comme suit : légèreté, robustesse, puissance, simplicité de construction.

Pour obtenir une machine légère, on doit construire la partie mécanique avec des matériaux résistants et les organes électriques avec des métaux ayant le maximum de propriétés magnétiques.

On remplit ces conditions en faisant choix de matières premières coûteuses : alliage d'aluminium résistant pour les carters et les paliers ; aciers au nickel trempé et rectifié pour les engrenages, les arbres et les porte-forets. Les coussinets seront remplacés par des roulements à billes judicieusement choisis.



UTILISATION D'UNE PERCEUSE ÉLECTRIQUE PORTATIVE

Dans la gravure ci-dessus, l'ouvrier de droite utilise la perceuse électrique portative en obtenant la pression nécessaire à l'avance du foret avec ses bras et sa poitrine. L'ouvrier de gauche, perçant des trous au niveau du sol, a muni sa perceuse d'une béquille lui permettant d'exercer la pression sur le foret sans se courber, en pesant de tout son corps sur le croisillon porté par la perceuse.

De plus, la conception de la machine dans son ensemble devra être telle que les démontages puissent s'effectuer rapidement et surtout d'une manière indépendante, pour les divers organes qui doivent la composer.

On ne saurait trop insister à ce sujet, car trop souvent, des machines mal conçues sont mises hors service au cours d'une visite. Que penser d'un appareil qui nécessite un démontage complet quand on veut accéder à un simple organe de détail ? En outre des pertes de temps considérables qui résultent pour lui de cet inconvénient si grave, l'opérateur se trouve ainsi constamment sous la menace d'une avarie possible.

Il faut donc, tout d'abord, que les organes mobiles — par conséquent sujets à usure — puissent être visités avec facilité ; le carter abritant les engrenages réducteurs devra s'enlever sans qu'on ait, pour ce faire, à toucher à un seul autre organe de l'outil.

Le bâti devra supporter toutes les connexions du moteur électrique qui constitue le corps de la perceuse. Il ne faut, par conséquent, ni construire ni employer des machines dans lesquelles chaque démontage de la partie mécanique nécessite le dégroupage des connexions électriques.

L'interrupteur et les fusibles de protection doivent également être toujours d'un accès commode et indépendant.

Enfin, la partie purement électrique sera complètement à l'abri de tout corps étranger : huile, graisse, poussières, limailles, copeaux, etc., sans que l'opérateur ait à prendre aucune précaution spéciale de préservation pendant la durée du travail.

Une ventilation vigoureuse, bien étudiée, et intéressant toutes les parties du moteur, permettra d'assurer, sans fatigue ni échauffement dangereux, un fonctionnement continu de l'appareil dans toutes les circonstances.

Si les conditions qui précèdent sont réalisées, la perceuse possédera toutes les qualités de légèreté, de robustesse et de puissance désirées. Mais il ne faut pas non plus oublier que plus l'outil est simple, plus il approche

de la perfection, et, ici, cette vérité trouve une rigoureuse application.

A première vue, la perceuse électrique paraît complexe si l'on songe que, sous un faible poids et avec un encombrement limité, il faut rassembler à la fois le moteur, ses organes électriques de protection et de mise en marche, les pièces intermédiaires de réduction, le porte-outil et aussi les accessoires qui servent à protéger les parties délicates. A la réflexion, on constate qu'il faut une étude approfondie et très détaillée pour arriver au summum de la simplicité et du rendement mécanique.

Mais il ne suffit pas qu'un ouvrier ait un bon outil en main pour que sa production soit toujours satisfaisante : il faut encore qu'il sache parfaitement l'utiliser.

Considérons en premier lieu la perceuse électrique à main, surtout utilisée dans les travaux de chaudronnerie, de réparations, de montage de machines, d'assemblage, etc...

Généralement, l'opérateur appuie sur la perceuse soit en utilisant son poids pour le perçage des trous verticaux, soit en poussant sur la « conscience » appliquée sur la cage thoracique ou à l'épaule. Le procédé serait mauvais si les bras n'agissaient pas comme organes modérateurs.

S'il s'agit de trous verticaux disposés sur un plan horizontal où l'ouvrier pourra se tenir debout à l'aise, le meilleur procédé est de munir la perceuse d'une béquille qui remplacera le dispositif appelé la « conscience ».

Le travail pourra alors être effectué debout en plaçant la béquille à la hauteur de la ceinture et en faisant effort sur celle-ci. La fatigue sera aussi bien moins grande que si le perceur est à genoux sur le plan à percer et agit par simple pression de sa poitrine.

LA PERCEUSE SUR SUPPORT A COLONNE

Ici, la perceuse électrique portative est disposée sur un support à colonne. L'ensemble forme un groupe d'une installation facile et qui peut être disposé à proximité des chantiers dans les ateliers de montage.

Si le nombre de trous à percer est important, on aura avantage à prévoir des installations de fortune permettant d'accroître sensiblement la production horaire tout en diminuant de beaucoup la fatigue de l'ouvrier.

Un procédé très employé dans les chantiers de constructions navales pour le perçage de trous disposés sur une même ligne consiste à percer l'un d'eux en utilisant la perceuse comme machine à main. On monte ensuite sur celle-ci un levier de fortune dont le point d'appui est pris sur une tige fixée dans le premier trou percé ; le travail se continue successivement, chaque trou percé servant d'attache du levier pour percer lentement le trou suivant.

Si la disposition des lieux le permet, on obtient un résultat aussi bon, quant à la production, en plaçant au-dessus de la ligne des trous à percer et à la hauteur convenable, une traverse suffisamment rigide qui servira d'appui permanent à une forte vis, solidaire de la perceuse.

On peut encore utiliser des supports en ⌋ ou en ⊏ faits avec de simples fers plats ou disposés sur une colonne munie d'un col à coulisse.

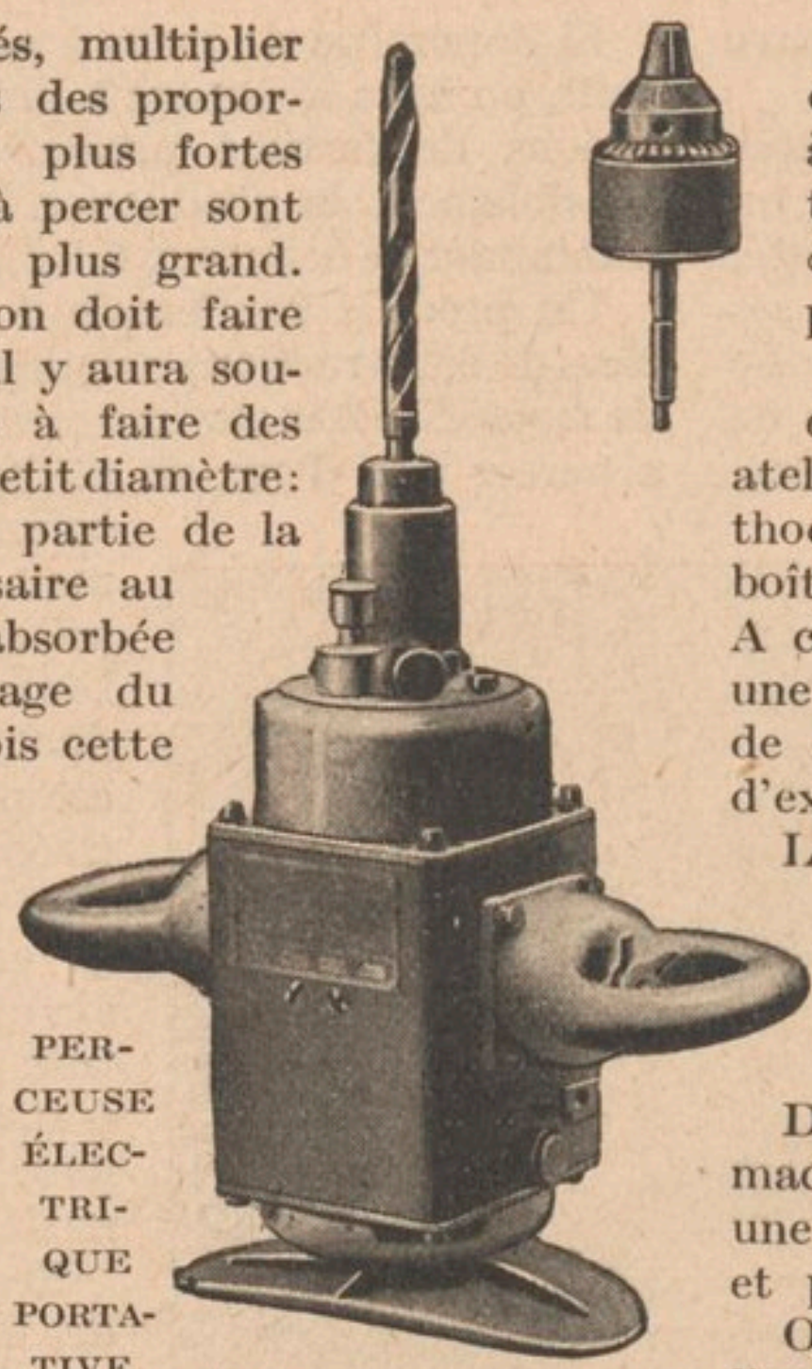
Toutes ces adaptations ne sont d'ailleurs données qu'à titre de simple indication. Les chefs de chantiers auront dans l'utilisation du matériel de forage électrique une occasion exceptionnelle de faire preuve d'initiative : la production pouvant passer du simple au double et même au triple par un choix judicieux des moyens mis en œuvre.

Il ne faut pas perdre de vue qu'à partir de 10 à 12 millimètres de diamètre, la pression à exercer sur le foret pour obtenir une production correspondant à la puissance des perceuses dépasse l'effort moyen que peut donner l'homme. Il faut donc, par des dispo-

sitifs appropriés, multiplier cet effort dans des proportions d'autant plus fortes que les trous à percer sont d'un diamètre plus grand.

A ce sujet, on doit faire remarquer qu'il y aura souvent avantage à faire des avant trous de petit diamètre: la plus grande partie de la pression nécessaire au foret étant absorbée par le défonçage du centre. Une fois cette opération exécutée, l'agrandissement d'un trou au diamètre désiré se fera facilement et sans effort trop pénible.

Il arrive fréquemment que sur les chantiers mêmes il y ait à exécuter des travaux de perçage nécessitant une machine fixe. Dans ce cas, les dispositifs représentés par les gravures ci-contre se recommandent d'eux-mêmes, car ils permettent l'utilisation des perceuses à main par la simple adjonction de quelques organes amovibles utiles à leur guidage. On peut signaler, parmi ces principaux accessoires des perceuses proprement dites, la tête de forage, la vis pointeau et le mandrin universel.



PERCEUSE ÉLECTRIQUE PORTATIVE ET SON MANDRIN UNIVERSEL

Cette machine réunit, sous un faible volume et un faible poids, un moteur électrique, un réducteur de vitesse par engrenages et tous les accessoires nécessaires à son branchement, à sa mise en marche et à sa protection. Munie de deux poignées, elle permet de percer dans les métaux et dans le bois des trous multiples au moyen de mèches hélicoïdales.

Les têtes de forage, qui permettent de percer dans les angles ou très près d'une paroi, se montent sur la perceuse aux lieu et place de la mèche ; il est ainsi possible d'atteindre des points que les dimensions de la perceuse proprement dite rendraient la plupart du temps tout à fait inaccessibles.

La vis-pointeau se fixe aux lieu et place de la conscience, qui évite à l'opérateur l'effort de pression nécessaire pour réaliser l'avance du foret toutes les fois qu'il peut trouver à proximité du trou à percer un point d'appui rigide, capable de supporter la réaction engendrée par son effort de poussée.

Chaque perceuse peut recevoir un mandrin universel pour l'emploi des mèches à queue cylindrique. Ces mandrins portent eux-mêmes emmanchement un mâle « au cône morse » correspondant au porte-foret de la perceuse électrique.

Enfin, en vue d'éviter le gaspillage et de donner au personnel des chantiers ou ateliers l'habitude de l'ordre et de la méthode, on a créé des foreries complètes en boîtes représentées par la gravure ci-contre. A chaque numéro de perceuse correspond une boîte spéciale. Cette précaution permet de donner une place à chaque chose et d'exiger que chaque chose soit à sa place.

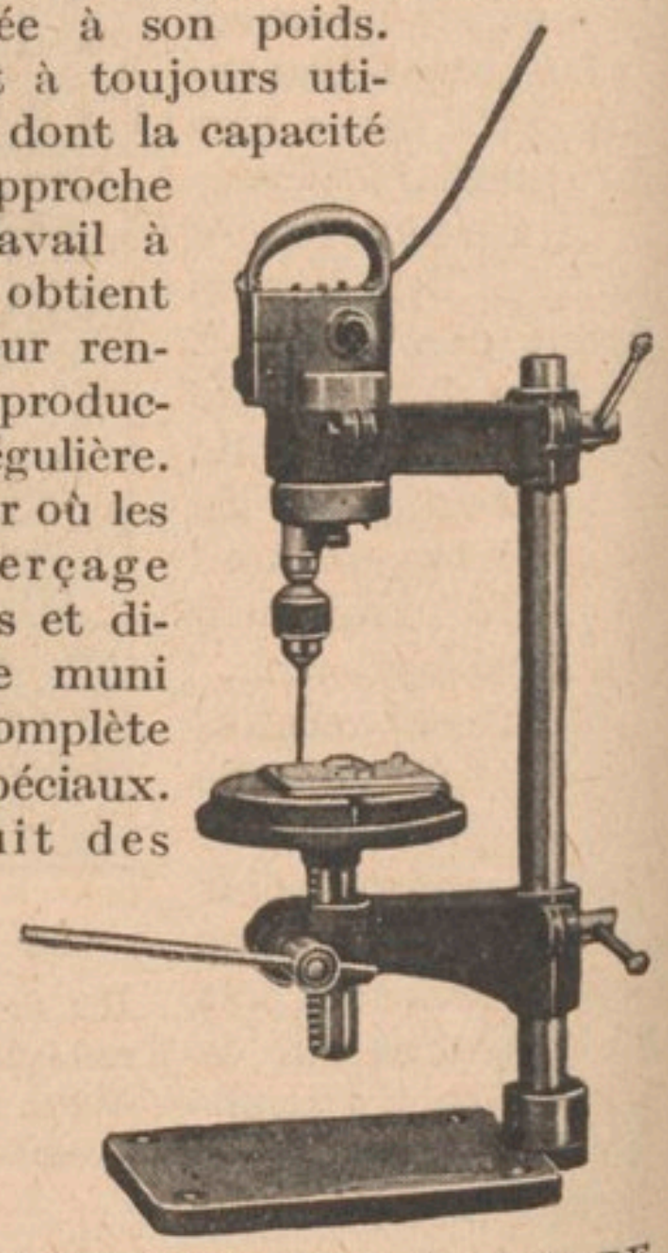
Les détails qui précèdent s'appliquent aux perceuses électriques à main destinées au travail des métaux et au perçage de trous ne dépassant pas 20 à 22 millimètres de diamètre maximum.

D'ailleurs, il existe généralement, de ces machines, plusieurs modèles ayant chacun une capacité de perçage bien déterminée et proportionnée à son poids.

On a intérêt à toujours utiliser le modèle dont la capacité de perçage s'approche le plus du travail à réaliser, car on obtient ainsi un meilleur rendement et une production bien plus régulière.

Tout chantier où les travaux de perçage sont importants et divers doit être muni d'une série complète de ces outils spéciaux.

On construit des perceuses plus puissantes, procédant d'une conception identique mais manipulées par deux hommes. Ces machines sont dénommées *perceuses électriques portatives*, pour les distinguer des perceuses dites *à main*. On les emploie surtout pour l'alésage des trous de

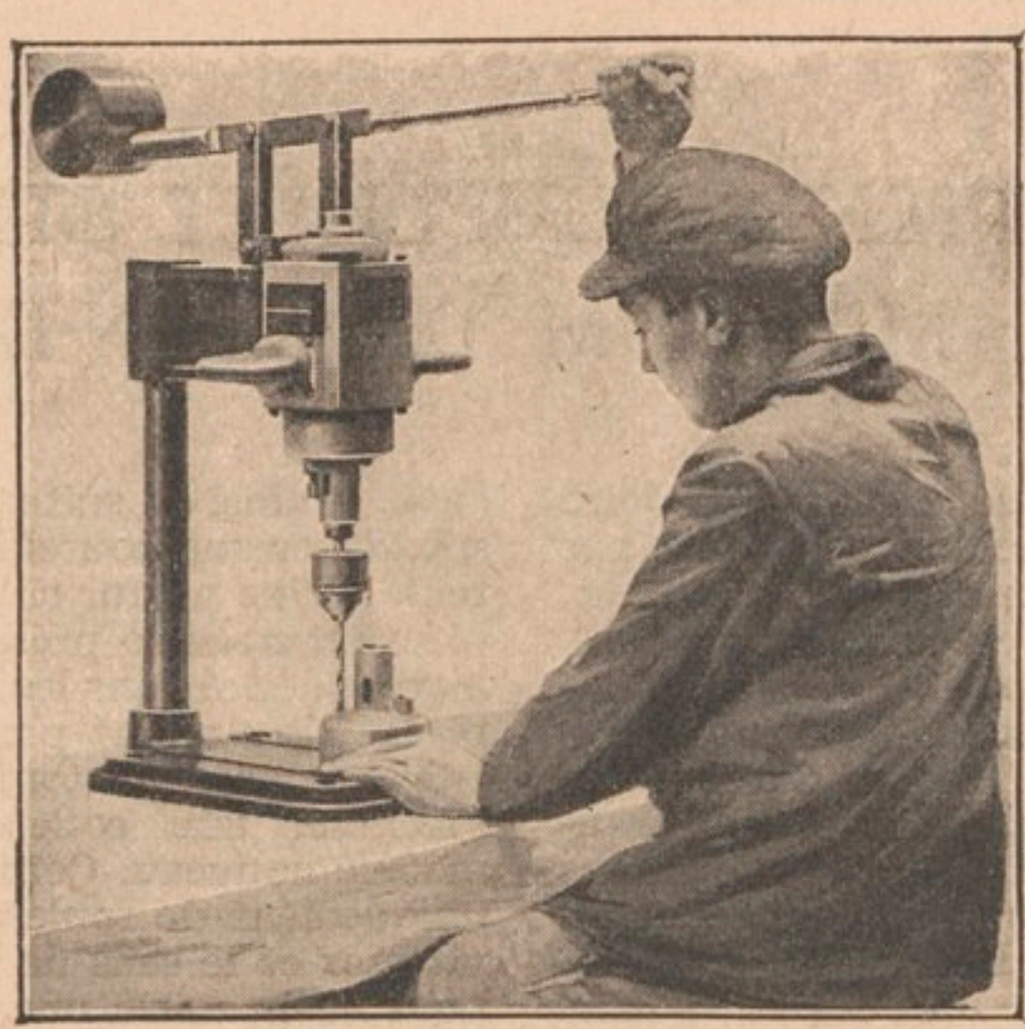


PERCEUSE POUR TROUS DE PETIT DIAMÈTRE MONTÉE SUR LE SUPPORT D'ÉTABLI MÊME

Dans cette machine, la perceuse électrique est fixée par un collier sur le support, et l'avance de perçage est obtenue par la montée du plateau supportant la pièce à travailler. Cette avance est obtenue au moyen d'une crémaillère. La perceuse électrique peut être utilisée comme perceuse à main par un démontage facile du petit collier qui la maintient.

rivets ou pour le perçage direct des diamètres supérieurs à 25 millimètres. Elles nécessitent l'adjonction de supports spéciaux qui donnent à l'appareil une excellente tenue, même en cours de travail.

Le travail des métaux nécessite pour l'outil de forage une vitesse relativement réduite si on la compare à celle du moteur électrique actionnant une perceuse, d'où l'obligation d'interposer entre l'arbre de ce moteur et le porte-outil, un organe mécanique de réduction ramenant exactement le foret à la vitesse désirée.



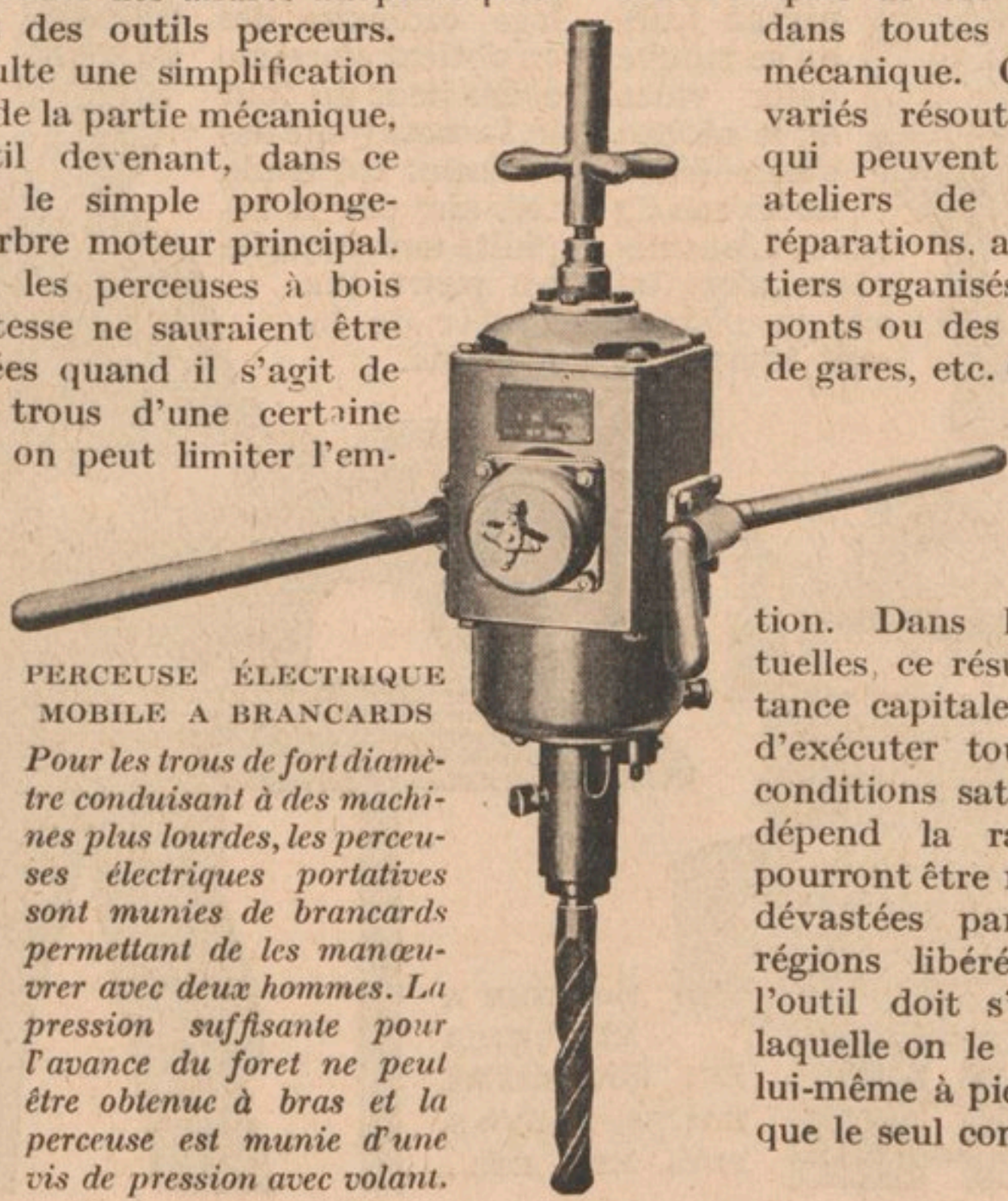
PERCEUSE PORTATIVE MONTÉE SUR SUPPORT D'ÉTABLI POUR PERÇAGE DANS L'ACIER

Dans les ateliers de peu d'importance, où une machine à percer genre radiale ne pourrait être constamment utilisée, la machine électrique portative peut être disposée sur un support muni de glissières, constituant ainsi une véritable machine-outil. Un démontage très facile permet l'utilisation en machine portative.

Le travail du bois ou des matières similaires demande, au contraire, des vitesses rapides de l'ordre des allures adoptées pour les moteurs des outils perceurs.

Il en résulte une simplification importante de la partie mécanique, le porte-outil devenant, dans ce cas spécial, le simple prolongement de l'arbre moteur principal.

Toutefois, les perceuses à bois à grande vitesse ne sauraient être recommandées quand il s'agit de percer des trous d'une certaine profondeur: on peut limiter l'emploi de ce genre de machines au forage de trous n'ayant pas en profondeur plus de six à sept fois leur diamètre, ce qui est généralement le cas pour les travaux d'ébénisterie, de menuiserie, de charronnage, etc.



PERCEUSE ÉLECTRIQUE MOBILE A BRANCARDS

Pour les trous de fort diamètre conduisant à des machines plus lourdes, les perceuses électriques portatives sont munies de brancards permettant de les manœuvrer avec deux hommes. La pression suffisante pour l'avance du foret ne peut être obtenue à bras et la perceuse est munie d'une vis de pression avec volant.

Quand on perce, soit des pièces de charpente, soit des bois humides ou fibreux, il vaut mieux revenir aux allures modérées des perceuses à métaux. On peut facilement percer des pièces ayant en épaisseur vingt-cinq ou même trente à trente-cinq fois les diamètres des trous, qu'il faut avoir soin de débourrer de temps à autre afin d'éviter les fréquents engorgements de l'outil.

Les vues ci-contre se rapportent aux perceuses à bois comportant une partie électrique identique à celle des perceuses à métaux des types correspondants.

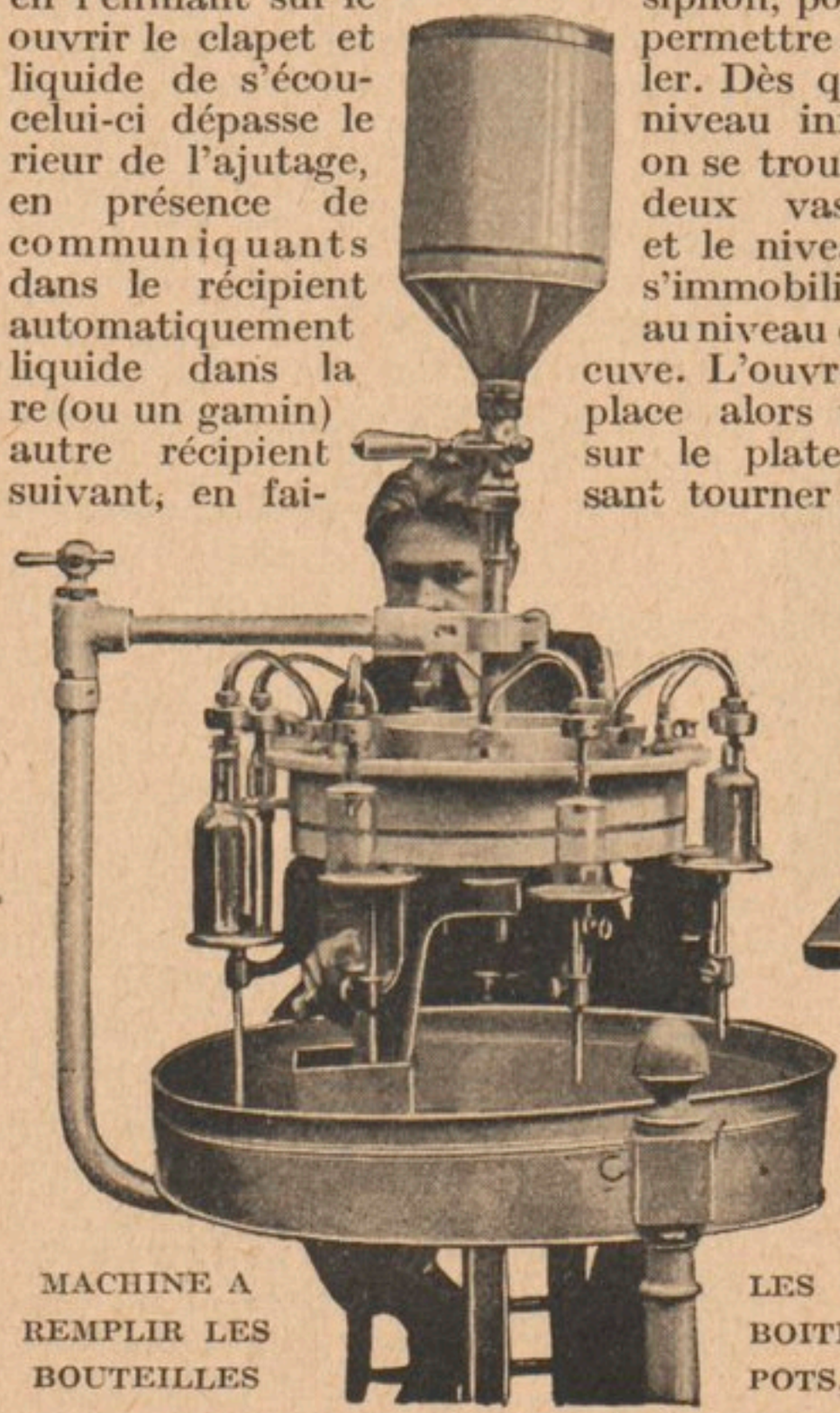
On voit de quelle immense utilité peut être l'emploi de cet outillage perfectionné dans toutes les branches de la mécanique. Cet ensemble d'outils variés résout tous les problèmes qui peuvent se poser dans les ateliers de construction ou de réparations, ainsi que sur les chantiers organisés pour le montage des ponts ou des grands halls d'usines, de gares, etc. On peut ainsi accélérer le travail tout en diminuant le prix de revient de la main-d'œuvre dans une très forte proportion. Dans les circonstances actuelles, ce résultat est d'une importance capitale, car, de la possibilité d'exécuter toutes tâches dans des conditions satisfaisantes d'économie, dépend la rapidité avec laquelle pourront être reconstituées les usines dévastées par l'ennemi dans nos régions libérées. De plus en plus, l'outil doit s'adapter à la tâche à laquelle on le destine, se transporter lui-même à pied d'œuvre et n'exiger que le seul concours d'un manœuvre.

J. ROUVÈRE.

LES RÉCIPIENTS REMPLIS ET ÉTIQUETÉS AVEC LE MINIMUM DE MAIN-D'ŒUVRE

Nous avons remarqué, à la dernière foire de Paris, une machine, construite par un de nos compatriotes, M. P. Boulant, qui permet de remplir de produits liquides, avec commodité et rapidité, tous les récipients, depuis le minuscule flacon d'échantillon, jusqu'au gros bidon d'huile. Le liquide destiné au remplissage est amené au-dessus de la machine ; il descend dans un large bassin par un tube vertical muni d'un robinet et dont l'extrémité inférieure est obturée par un clapet poussé par un flotteur. Cette disposition permet de maintenir le niveau du liquide constant dans la cuve. Celle-ci, montée sur billes, peut tourner dans le plan horizontal ; elle porte huit ajutages en col de cygne formant autant de siphons, dont chaque extrémité plonge dans le liquide, en reposant sur un petit clapet, tandis que l'autre s'introduit dans le récipient à remplir. Il suffit de poser celui-ci sur un des plateaux prévus à cet effet, en l'enfilant sur le siphon, pour ouvrir le clapet et permettre au liquide de s'écouler. Dès que celui-ci dépasse le niveau inférieur de l'ajutage, on se trouve en présence de deux vases communiquants et le niveau dans le récipient s'immobilise automatiquement au niveau du liquide dans la cuve. L'ouvrière (ou un gamin) place alors un autre récipient sur le plateau suivant, en faisant tourner la cuve, et ainsi de suite, son rôle se bornant à substituer une bouteille vide à chaque bouteille pleine au fur et à mesure que les récipients remplis se présentent devant elle. Le niveau désiré dans les récipients s'obtient en réglant le support plus ou moins haut.

Nous avons photographié, à côté de cette machine, une colleuse d'étiquettes d'un modèle nouveau. Cette machine se compose uniquement de rouleaux parallèles dont les vitesses et le sens de rotation sont calculés pour saisir, une à une, les étiquettes en pile, les enduire de colle en dessous et les appliquer proprement et fortement sur les récipients. Cette machine permet d'étiqueter plusieurs récipients à la fois, six boîtes de cirage, par exemple ; elle tient compte des différentes grosseurs et même, jusqu'à un certain point, de la forme des bouteilles ; c'est ainsi qu'elle peut coller des étiquettes sur des bouteilles coniques. Le bac à colle se trouve sous le rouleau inférieur qui y est immergé et dépose la colle sur le rouleau placé au-dessus, lequel sert d'égaliseur. On peut aussi se servir de la machine pour l'encollage ordinaire des étiquettes ; on obtient alors une étiquette en collée pour un tour de manivelle. Le nettoyage des rouleaux est rendu très aisé par la rapidité avec laquelle on peut les sortir de la machine.



MACHINE A REMPLIR LES BOUTEILLES

MACHINE A ÉTIQUETER LES BOUTEILLES, BOITES, FLACONS, POTS, ETC, ETC...

L'ESPRIT SEUL PEUT-IL GUÉRIR TOUTES LES MALADIES ?

QUELQUES EXPLICATIONS NÉCESSAIRES SUR LA " CHRISTIAN SCIENCE "

Deux amis venaient de se rencontrer et causaient ensemble. A l'un, le jour paraissait triste et l'air irrespirable ; le charme du paysage lui était étranger. A l'autre, la pureté de la lumière, le chant des oiseaux, la beauté des fleurs et le murmure du ruisseau qui coulait à leurs pieds au fond de la vallée étaient un enchantement. Celui-ci rompant le silence et reprenant la conversation, interrogea :

— Eh bien ! si la médecine ne peut plus rien pour vous, pourquoi n'essayez-vous pas la Christian Science ?

— Mais je l'ai essayée. J'en ai lu quelque peu et je me suis fait donner un traitement. Je n'y vois rien d'intéressant.

— Avez-vous essayé pendant longtemps les remèdes matériels ?

— Certes, j'ai été soigné pendant une dizaine d'années d'après les méthodes les plus variées, mais sans résultat. Et puisque votre remède à vous, pas plus que les autres, ne m'a guéri, c'est que je suis décidément incurable.

— Trouvez-vous vraiment que cela soit juste d'essayer un instant mon remède, comme vous l'appelez, alors que vous vous êtes saturé de drogues pendant des années ?

— En tout cas, je ne comprends pas la Christian Science.

— Compreniez-vous la médecine pendant ces dix années où vous avez eu recours à elle ? Compreniez-vous pourquoi un remède agissait sur vous de façon différente à des époques différentes ou connaissiez-vous vous-même les remèdes que vous preniez ?

— Non, sans doute. Je suppose pourtant qu'un remède agissait différemment d'un autre parce qu'il était composé de façon différente.

— Bien ; mais alors comment se fait-il qu'un remède agisse sur une personne d'une certaine manière aujourd'hui, puis qu'un autre jour il agisse d'une manière différente ou même qu'il n'ait pas du tout d'effet ? Ou encore, pourquoi un certain remède semble-t-il soulager un malade, tandis qu'il n'en soulage pas un autre atteint de la même maladie ?

— Je ne sais. Qu'en pensez-vous ?

— Eh bien, je pense que cela tient à ce que l'état mental d'une personne n'est pas le même à des époques différentes ou que l'état mental n'est pas le même chez différents individus et qu'ainsi la guérison, ou l'effet produit quel qu'il soit, doit provenir du mental.

— Alors, toutes les maladies peuvent être guéries par la Christian Science ?

— Toutes. Il n'est pas de sorte de maladie, fût-elle réputée la plus incurable, qui n'ait été guérie par l'application de la Christian Science. On avait commencé par soutenir que celle-ci ne pouvait guérir que les maladies nerveuses ; puis, après avoir admis son efficacité dans les troubles fonctionnels, on l'a niée dans les maladies organiques. Mais les faits sont là,et si nombreux qu'il est vain de les vouloir nier.

— Est-ce que vous considérez cela comme des miracles ?

— Non, du moins pas dans le sens qu'on attribue d'ordinaire à ce mot. Il n'y a rien de surnaturel dans le miracle, à moins de prétendre que cet acte constitue une violation plutôt qu'une démonstration de la loi. Or, une telle idée tend à établir que le Principe a créé une loi absolue et une loi relative : l'une inviolable, l'autre susceptible d'être violée par lui, mais inexorable en ce qui concerne ses victimes humaines. Cette théorie est insoutenable. La loi est une succession de causes et d'effets dans laquelle on ne perçoit pas de variation. Quand une telle variation apparaît, même si elle est contraire non seulement au témoignage des sens, mais encore, ce qui est plus important, aux connaissances admises et vérifiées, il serait plus sage, au lieu de crier au miracle, d'accepter l'observation d'un fait jusqu'alors non constaté et de se mettre à l'étudier. « Si, disait le savant anglais Huxley, je rencon-

trais un centaure dans Piccadilly, je reconnaîtrais simplement que je dois rectifier mes connaissances en anatomie. »

— Mais, qu'entendez-vous dire quand vous affirmez que la maladie n'est pas réelle ?

— Nous voulons dire qu'elle ne fait pas partie de la vérité. La vérité, c'est ce qui est ; l'erreur, c'est ce qui paraît être. Un jour, je voyageais en Californie avec quelques amis, quand, tout à coup, frappé par une vision qui s'offrait à mes yeux, je m'écriai : « Voyez donc le merveilleux lac ! Où cela ? demanda quelqu'un. — Là-bas, en face de nous », dis-je, en allongeant le doigt. Mon interlocuteur sourit en disant que ce lac que je croyais voir n'était qu'un mirage. La maladie et la souffrance peuvent paraître assurément très réelles, au sens mortel, mais elles ne le sont pas pour le Principe divin et l'homme spirituel. Si une personne est capable, avec l'aide de la Christian Science, d'abandonner sa croyance à la maladie, elle découvrira que celle-ci n'est qu'une illusion. Mais nous ne pouvons espérer ainsi saisir la Vérité tant que nous persisterons à croire à l'erreur. Le Principe qui anime, soutient et gouverne l'univers est le Bien infini. Si le mal était aussi réel que le Bien, il serait éternel et infini et on ne pourrait en détruire un iota. La question du réel et du non réel semble difficile au premier abord, alors qu'on s'efforce de comprendre et d'appliquer la Christian Science, mais il ne convient pas de la traiter superficiellement. La Christian Science ne nous enseigne pas à nier à la légère des expériences aussi terribles que la maladie, la souffrance et autres manifestations du mal. Le but qu'elle poursuit est de réduire l'emprise du mal et, finalement, de l'éliminer : ce qui se peut précisément parce le mal n'est pas d'origine divine.

« En élevant la pensée humaine au-dessus du témoignage des sens, on arrive à une vue scientifique qui amène des résultats pratiques. L'évidence sensible change constamment devant des conditions d'éducation qui s'améliorent.

« Bien des choses qui ont été considérées comme impossibles d'après cette évidence sont devenues pourtant, non seulement d s choses possibles, mais des choses courantes. La Christian Science n'enseigne pas toutefois que l'on peut surmonter le mal en s'efforçant simplement de l'ignorer, mais en comprenant la toute-puissance, l'infinité du Bien.

« Quand nous connaissons la Vérité, celle-ci nous affranchit de l'erreur et de ses effets. On peut souffrir de l'erreur par suite de mauvaise éducation ou de crainte, mais on ne peut pas connaître l'erreur. Pour employer un exemple banal, on peut croire que deux et deux font cinq, mais on ne peut pas « savoir » cela, car ce n'est pas vrai. Si on le croit, on admet simplement une erreur. Ainsi, quand on éprouve du mal, ce mal ne fait pas partie de la Vérité, mais c'est au contraire la Vérité qui l'élimine. Un exemple peut expliquer cette action de la Vérité. Voici un homme bon que son entourage calomnie. Ses voisins, ajoutant foi à ces calomnies, le tiennent pour malhonnête et déloyal. Cependant, il arrive un jour où ils découvrent l'erreur. Qu'est-il advenu ? Ni force de volonté, ni suggestion n'ont été mises en œuvre, aucun changement ne s'est fait non plus dans l'homme calomnié. Mais la Vérité sur cet homme s'est fait jour, et la Vérité, par son action propre, a fait disparaître la fausse croyance. On ne peut plus croire l'erreur quand on connaît la Vérité ; les suppositions ne tiennent pas devant la réalité.

« Maintenant, il va de soi que, pour se libérer du mal il ne suffit pas d'admettre théoriquement qu'il est impuissant. On n'obtiendra pas de résultat si l'on continue, au fond, à le craindre ou à s'abandonner à lui; car il tire toute sa force de la foi qu'on met en lui.

« Le phénomène de la maladie apparaît dans ce qu'on nomme le corps humain ; mais qui peut dire que le corps humain existe indépendamment de la pensée ? L'homme est conscient et sa conscience renferme ce qu'il nomme son corps. Qui peut dire que ce corps est malade et que sa conscience ne l'est pas ? Si le corps est compris dans la conscience — et il l'est, — il faut donc s'occuper à déloger la maladie de la pensée et non de la matière. Ainsi, en dernière analyse, on ne lutte pas contre la maladie en soi, mais contre la croyance à la maladie ; croyance qui, entretenue pendant des siècles et des siècles, en est venue à paraître plus réelle que la Vérité même.

« Mais, allez-vous dire, étant admis que l'humanité souffre, qu'est-ce que cela peut bien faire qu'on classe la maladie comme croyance puisque l'expérience est la même, qu'on la nomme maladie ou qu'on la nomme croyance ? La Christian Science vous répondra que la distinction importe beaucoup. Le fait de reconnaître la maladie comme une croyance empêche de la craindre autant que si on la tient pour une réalité ; et puis on peut détruire une croyance, mais pas une réalité. La réalité ou la Vérité est absolue.

— Quelle différence faites-vous entre le

relatif et l'absolu en Christian Science ?

— On peut dire que le relatif indique un degré ; mais pour qu'il y ait un degré « de », il faut l'absolu dont ce soit le degré. Cet absolu n'est pas inexistant : c'est même tout ce qu'on peut connaître. L'Esprit connaît exactement ce qui est, parce que c'est lui qui est l'origine de ce qui est et tout ce qu'il conçoit est parfait. Or, il ne peut y avoir des degrés de perfection et, par suite, il ne peut exister réellement de chose imparfaite. De ceci, nous nous rendons bien compte dans le cas d'une figure géométrique. Un cercle imparfait, par exemple, n'est pas un cercle du tout. Rien n'est un cercle qui ne remplit pas exactement la définition du cercle. Il est clair que les sens physiques ne peuvent pas voir un cercle, si précis que soient les instruments employés pour le tracer, car un microscope également précis révèlera toujours de légères imperfections qui empêchent la figure de remplir les conditions voulues, à savoir que chaque point de la circonférence doit être également distant du centre.

« Donc, un cercle parfait n'existe que dans la conscience. Et ainsi ce que voient les sens physiques, c'est seulement leur notion imparfaite, leur effort imparfait pour exprimer l'idée cercle.

« De même que du cercle, ainsi en est-il de toute autre idée. Le sens physique, qui est synonyme d'inexactitude, ne peut ni voir une idée exacte ni en rendre compte. Cependant, dans la mesure où l'idée est admise comme une réalité dans la conscience, par conséquent parfaite et indestructible, dans cette mesure le témoignage sensible sera moins inexact dans son compte rendu.

« L'Esprit étant le créateur de l'idée, celle-ci doit être parfaite, non pas plus ou moins parfaite, mais absolument parfaite et il ne saurait y avoir deux classes d'idées, une parfaite et une imparfaite. Il y a l'idée parfaite et un contraire supposé ou faux ; non point un contraire réel, pour la bonne raison qu'il ne peut y avoir de contraire à l'infini. L'Esprit est infini et sa conception de toute chose est, par conséquent, infinie. Et tout cela revient à dire qu'il n'y a pas, véritablement, de relatif. Ce qu'on appelle ainsi n'est que l'effort pour exprimer l'absolu, et cet effort est plus heureux quand on reconnaît l'absolu comme la seule réalité.

« Au surplus, tout cela n'est que théorie et une théorie, fût-elle la plus logique du monde, ne vaut que par l'expérience. L'erreur ne peut être effectivement corrigée dans l'abstrait. La Christian Science, en tant que philosophie, serait impuissante à soulager l'humanité. On n'en peut bénéficier qu'à condition de la démontrer pratiquement, et ce n'est qu'à ce moment-là aussi qu'on arrive à la bien comprendre ».

Adaptation d'après le « Christian Science Journal ».

CAUSE DE L'USURE ONDULATOIRE DES RAILS

Depuis une vingtaine d'années, rappelle M. Ch. Frémont, dans une note présentée récemment à l'Académie des Sciences, les spécialistes ont publié des observations sur les ondulations qui apparaissent en certains endroits de la surface de roulement des rails. Ils ont généralement attribué la cause de ces ondulations à la nature de l'acier : un mouvement vibratoire, pendant le laminage du rail, créerait le germe initial de ces ondulations malfaisantes.

Des expériences personnelles, effectuées par le service de la voie du chemin de fer de l'Est, ont montré à M. Frémont que la cause de cette usure prématurée des rails est due au phénomène mécanique suivant : quand un glissement succède brusquement au roulement de la roue sur le rail, il se produit, par frottement brusque et excessif, un choc tangentiel au bandage de la roue ; ce choc n'est pas un effort qui puisse être équilibré par un effort antagoniste, c'est une quantité de travail qui est absorbée par une déformation élastique d'organes mécaniques connexes avec la roue, généralement par l'essieu qui se tord. Cette déformation élastique, proportionnelle à l'intensité du choc, emmagasine une quantité de travail qui, brusquement restituée, entraîne rapidement la roue dans le sens inverse, par la détorsion de l'essieu, ce qui fait produire au bandage, sur le rail, un effet de meulage par friction locale. De nouveaux chocs succèdent au précédent, pour les mêmes raisons, et produisent ainsi les ondulations sur la surface du rail par une suite de saccades rapides.

Comme les glissements dont parle M. Frémont sont, évidemment, dus au patinage des roues, par suite de brusques freinages, lesquels ne peuvent être évités dans les circonstances critiques, il semble bien qu'on ne pourra guère combattre efficacement cette usure ondulatoire des rails qui nuit tant cependant à la douceur de roulement des voitures à voyageurs. C'est pourquoi on tend à employer de l'acier dur pour les rails.

UN MOYEN DE S'OPPOSER AUX EFFRACTIONS ET, EN MÊME TEMPS, DE LES SIGNALER

Nous avons remarqué à la Foire de Paris un avertisseur sonore d'alarme qui constitue en même temps un obstacle sérieux à l'intrusion dans les appartements et habitations des chevaliers de la pince-monseigneur. Cet appareil est, en effet, construit de manière à former coin d'arrêt ; il est très résistant et s'oppose à toute tentative d'ouverture d'une porte, quelle que soit la poussée ; en même temps, il fait retentir sans arrêt une sonnerie électrique qui peut, d'ailleurs, être celle actionnée habituellement par les visiteurs.

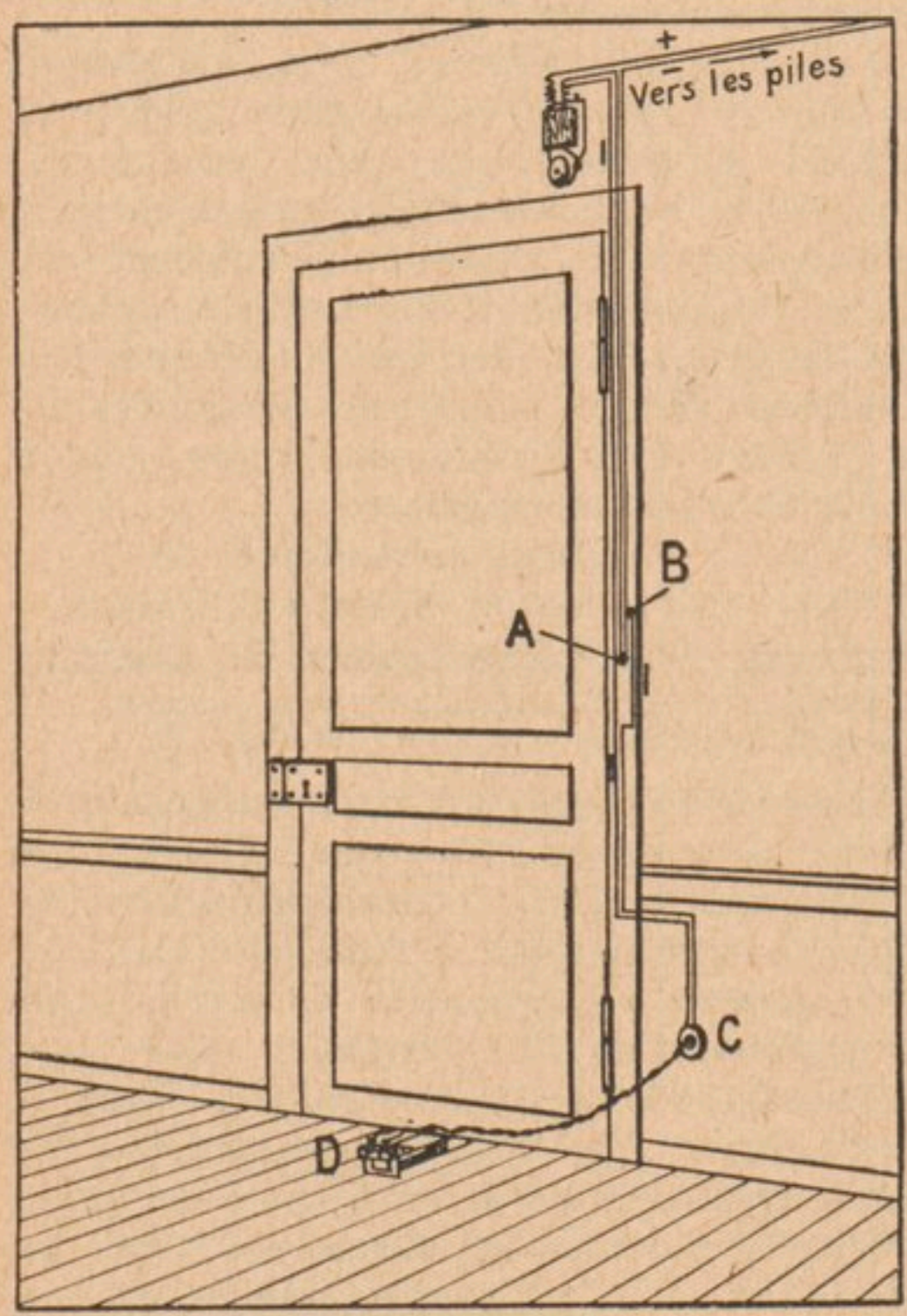
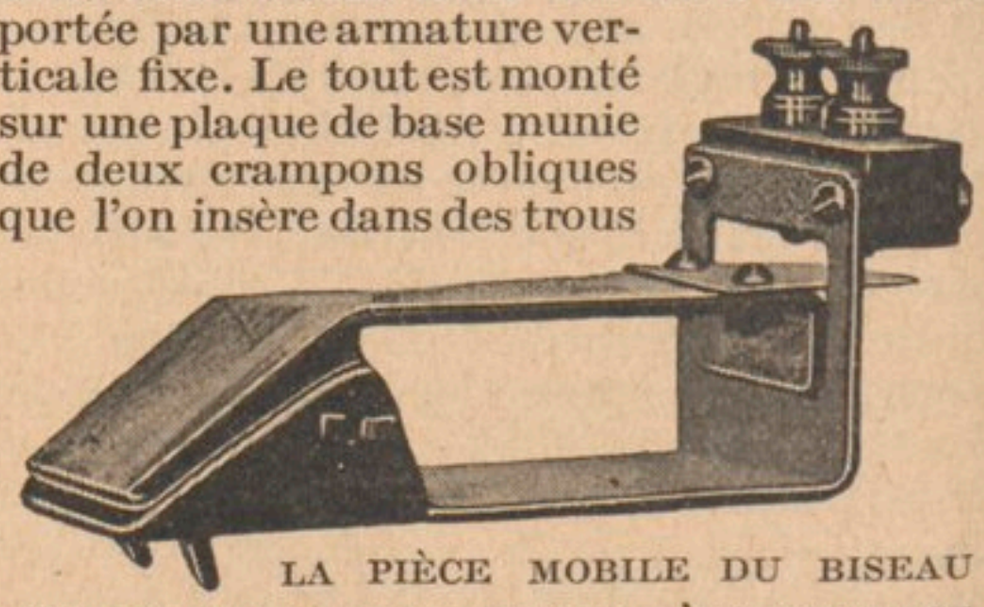


SCHÉMA DE MONTAGE DE L'APPAREIL

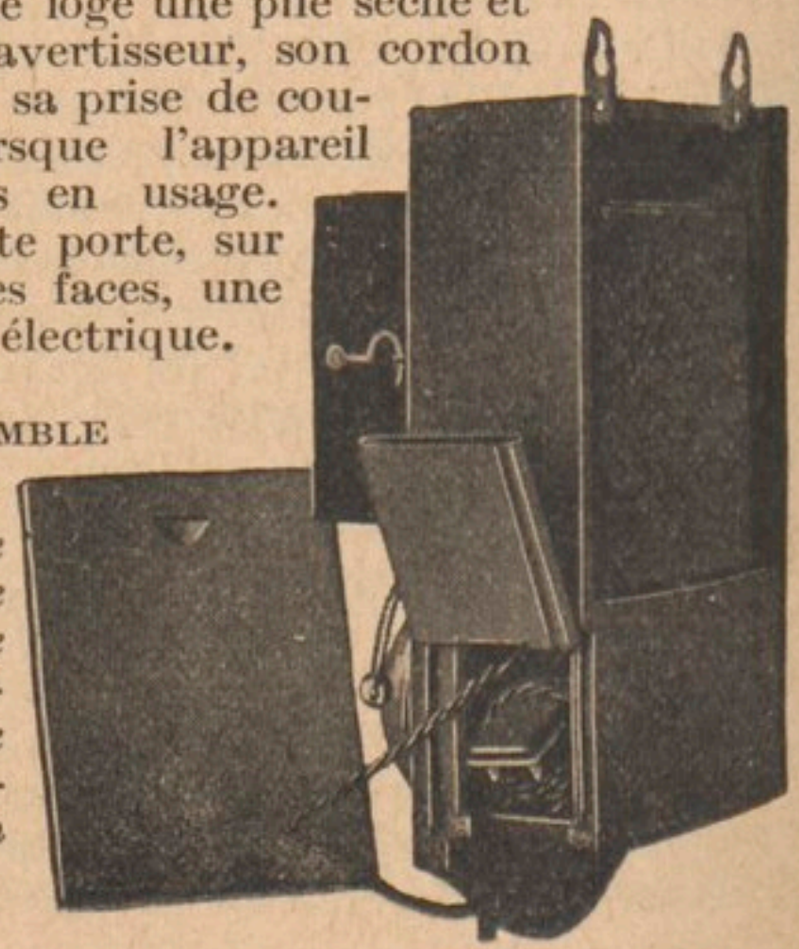
A, *contact du bouton de la sonnerie ;* B, *point de jonction du fil allant à la prise de courant* C *du coin avertisseur* D.

Comme le montre une de nos gravures, ce coin avertisseur comporte une pièce pivotante taillée en biseau à l'extrémité qui se place à toucher l'arête inférieure de la porte. Cette pièce se prolonge horizontalement en arrière et se termine par une partie rabattue à angle droit, vers le bas. D'autre part, elle porte, au-dessus de l'extrémité repliée, une pièce plus mince qui, lorsque l'extrémité taillée en biseau est déprimée, forme pont entre deux tétons reliés chacun à une borne portée par une armature verticale fixe. Le tout est monté sur une plaque de base munie de deux crampons obliques que l'on insère dans des trous



LA PIÈCE MOBILE DU BISEAU COMMANDE LA FERMETURE D'UN CONTACT

percés, au préalable, dans le plancher ou la dalle, de manière à empêcher le recul de l'appareil sous la poussée exercée sur la porte. La portion rabattue de la pièce pivotante limite le mouvement de cette dernière à un très faible déplacement, ce qui rend l'avertisseur très sensible. On voit, en effet, qu'elle porte par en bas contre l'arête inférieure une fenêtre découpée dans l'armature verticale. On connecte les deux bornes de l'appareil par une prise de courant mobile au circuit de la sonnerie, que celle-ci soit actionnée par des piles ou par le courant de lumière. La même pile et la même sonnerie peuvent desservir plusieurs avertisseurs. Une de nos gravures représente une installation complète, compacte et aisément transportable, constituée par une boîte divisée en deux chambres dont l'une loge une pile sèche et l'autre l'avertisseur, son cordon souple et sa prise de courant, lorsque l'appareil n'est pas en usage. Cette boîte porte, sur une de ses faces, une sonnerie électrique.



UN ENSEMBLE COMPACT

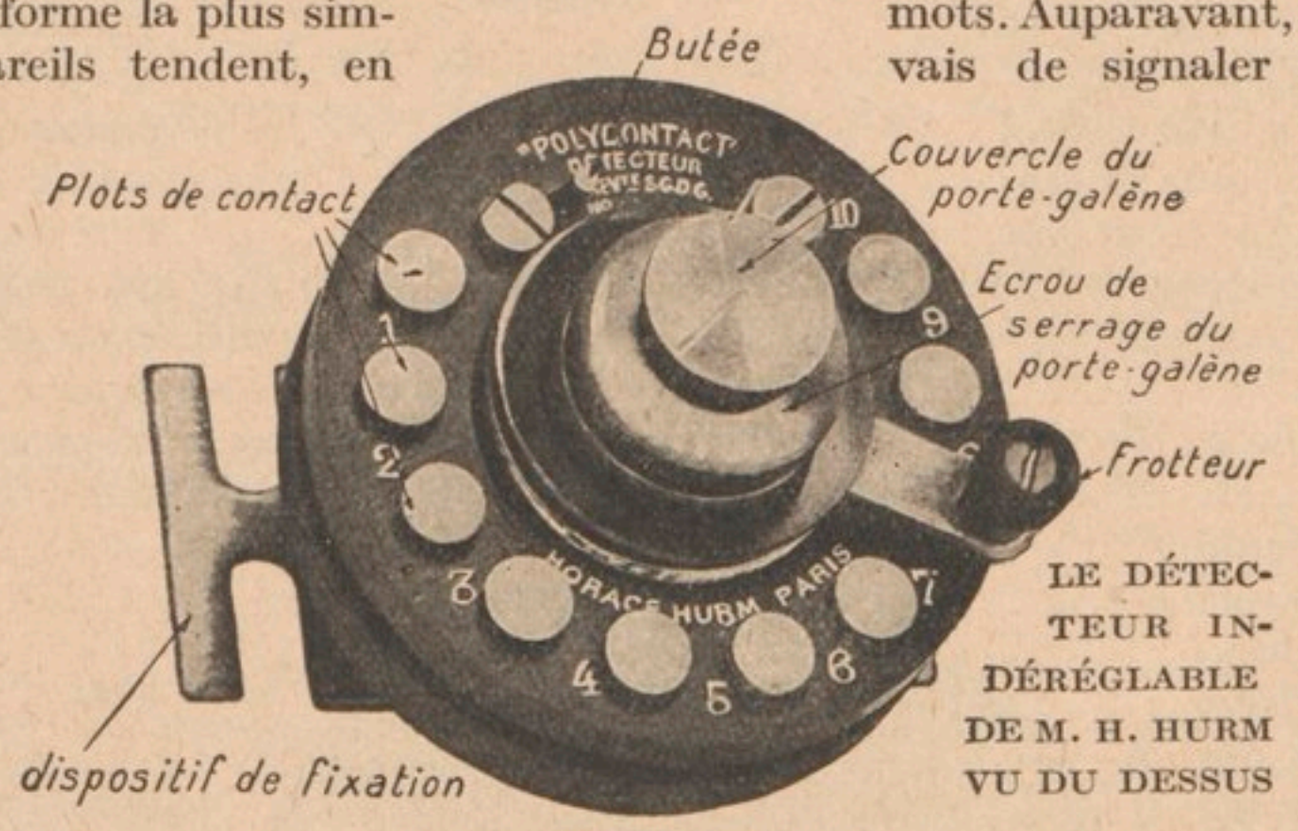
La boîte de sonnerie renferme une pile sèche et loge l'avertisseur et son cordon.

ON A TROUVÉ UN DÉTECTEUR IDÉAL POUR LES POSTES MOBILES DE T.S.F.

Le tube à vide à trois électrodes, connu plus généralement sous le nom d'*audion* que lui a donné son inventeur, M. Lee de Forest, constitue, on le sait un parfait détecteur-amplificateur. Ce détecteur, d'une sensibilité idéale, est, cependant, relativement délicat ; il nécessite aussi une source locale de courant ; s'il convient parfaitement aux stations d'une certaine importance et, en général, aux postes fixes, on ne saurait donc l'adapter facilement aux petits appareils portatifs tels que ceux des amateurs. Dans leur forme la plus simplifiée, ces appareils tendent, en effet, à prendre la forme de poche ou, tout au moins, pour ceux qui permettent des réglages de self et de capacité, à ne pas être plus encombrants qu'une jumelle ou qu'un petit appareil photographique.

Pour ces postes d'amateur, comme pour ceux qui, pendant la guerre, étaient employés par toutes les unités mobiles, le détecteur employé est resté le détecteur à cristaux, le seul qui, pour permettre l'audition, se contente de la faible énergie des ondes. Ce détecteur est loin, cependant, d'être parfait ; sa sensibilité n'est point constante ni uniforme ; avant de l'utiliser, il faut rechercher son point le plus sensible et, ce résultat acquis, essayer de conserver le contact pendant tout le temps qu'il correspond à la meilleure audition des signaux.

Depuis l'apparition des détecteurs à cristaux, dont le plus courant est à galène (sulfure de plomb naturel) on s'est efforcé de faciliter la recherche rapide du point sensible et surtout la stabilisation du contact, une fois ledit point trouvé ; mais on n'y est pas parvenu d'une manière satisfaisante. Aucun des détecteurs à cristaux qui se trouvaient dans le commerce au moment où la guerre éclata, n'était susceptible d'être employé par nos armées : à la moindre vibration, l'instrument se déréglait ; il fallait rechercher le point sensible qu'une détonation, par exemple, faisait perdre à nouveau l'instant d'après. On s'attaqua alors au problème avec plus d'acharnement, et, finalement, un des chercheurs, M. Horace Hurm, conçut le détecteur que représentent nos gravures et dont nous allons dire quelques mots. Auparavant, il n'est pas mauvais de signaler que, s'il a été adopté par l'aviation, ce ne fut que grâce à l'intervention du général Ferrié, le savant directeur de la radiotélégraphie militaire. M. Hurm n'était en effet, qu'un musicien (premier prix du Conservatoire), un musicien doublé, il est vrai, d'un physicien-chimiste très distingué, mais non officiel.



LE DÉTECTEUR INDÉRÉGLABLE DE M. H. HURM VU DU DESSUS

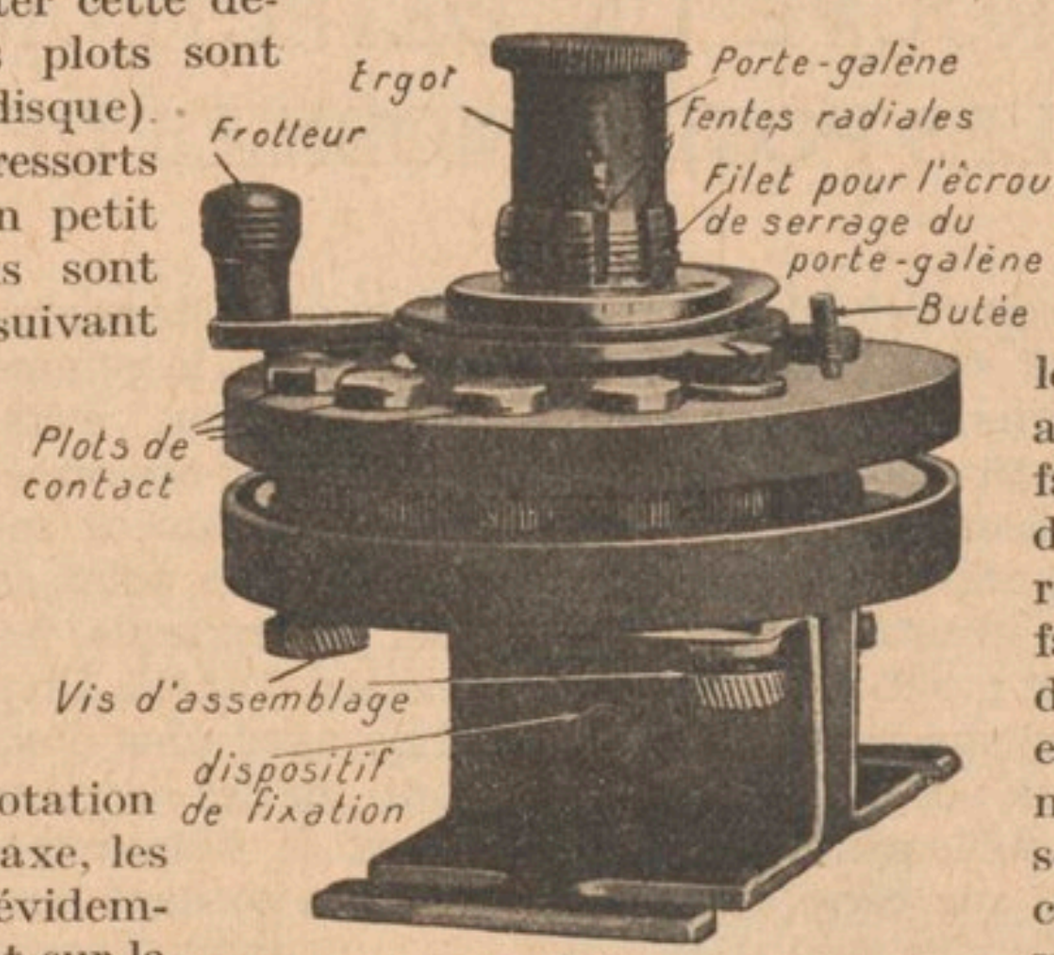
La recherche du point sensible de la galène s'effectue en arrêtant le frotteur successivement sur chacun des dix plots de contact.

Le détecteur de M. Hurm est constitué essentiellement par un disque d'ébonite qui porte dix plots reliés chacun, par en-dessous, à un fil ressort en argent dont l'extrémité libre, recourbée à angle droit, forme une pointe en contact avec la galène ; celle-ci appuie toujours contre les dix pointes qu'elle repousse un peu en arrière ; l'élasticité des fils assure ainsi des contacts parfaits ; d'autre part, le premier disque s'assujettissant sur un second plateau isolant, en laissant entre lui et ce dernier l'espace nécessaire pour permettre le retrait élastique des fils sous la pression du cristal, on ne peut à aucun moment déranger les contacts. Un frotteur muni d'une petite manette permet d'explorer très rapidement la valeur des sensibilités respectives des dix contacts, et,

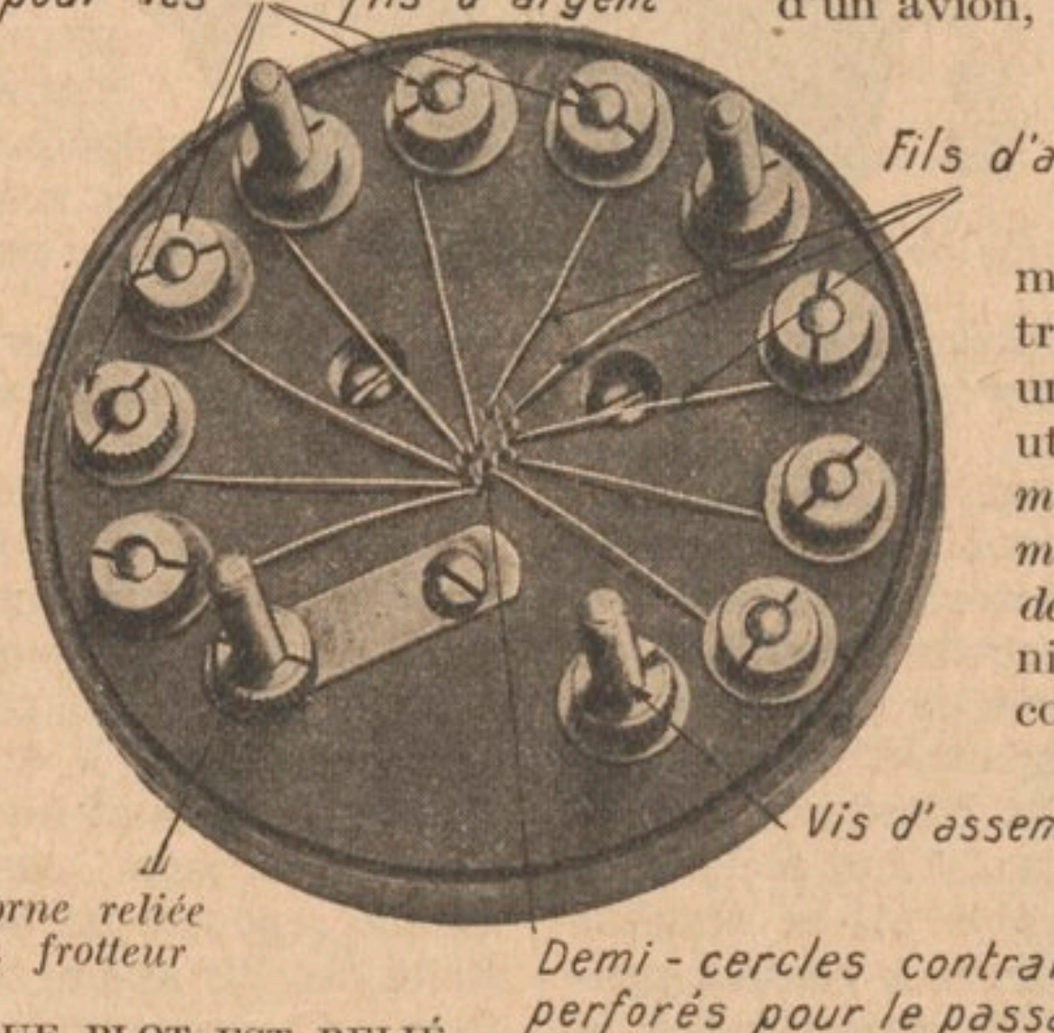
tout en s'arrêtant sur le plot qui correspond à la meilleure audition, de repérer ceux qui permettraient, le cas échéant, une bonne sensibilité (pour faciliter cette détermination, tous les plots sont numérotés sur le disque).

Les pointes des fils-ressorts traversent chacune un petit trou ; les dix trous sont percés dans le disque suivant deux demi-cercles contrariés (visibles sur la gravure du bas). On va voir que cette disposition est extrêmement ingénieuse : si, en effet, on imprime à la galène un mouvement de rotation autour de son grand axe, les pointes, qui restent évidemment fixes, dessineront sur la surface du cristal des cercles concentriques, puisqu'elles sont toutes sur des rayons différents ; elles pourront, par conséquent, fournir chacune et indépendamment les unes des autres, un nombre théoriquement infini de points de contacts. Pratiquement, M. Hurm s'est contenté de prévoir douze déplacements circulaires du porte-galène, égaux chacun, par conséquent, à trente degrés ; il dote ainsi son instrument de cent vingt points de contact différents, soit quatre au millimètre carré. Pour changer l'orientation du cristal par rapport aux pointes, il suffit de retirer la capsule porte-galène de son logement, puis de l'y replacer en engageant un ergot que porte cette capsule dans la fente qui suit immédiatement celle dans laquelle il se trouvait précédemment inséré. Si, en outre, on déplace légèrement, de temps à autre, la galène dans sa propre capsule, on renouvelle du même coup les cent vingt points possibles de contact. L'ergot de la capsule a une autre utilité : il empêche que, pour introduire la capsule porte-galène dans son logement, on accompagne tout naturellement le mouvement de poussée d'une légère rotation, ce qui aurait pour résultat de faire rabattre les pointes des fils par la surface rugueuse du cristal. On fait varier la pression des pointes sur la galène en enfonçant plus ou moins la capsule dans son logement. Une fois celle-ci en place, on la verrouille en position au moyen d'un écrou qui se visse sur les filets du canon conique, entaillé des douze fentes dont nous avons parlé, qui sert de logement à la capsule. Le détecteur est alors en mesure de résister aux trépidations les plus fortes, à tel point que, fixé, dans un essai officiel, sur le fuselage même d'un avion, il ne s'est pas déréglé. Les chocs violents, sa chute même, l'influencent rarement. Un exemple entre mille, pour terminer : un soldat, M. M..., a pu utiliser *pendant plusieurs mois consécutifs les mêmes points sensibles de son détecteur*, bien que ce dernier ait, *dans sa musette*, constamment tenu compagnie à une foule d'objets hétéroclites (on ne saura jamais ce que peut contenir une musette de soldat). Pour n'avoir été que toute circonstancielle, cette épreuve n'en fournit pas moins une démonstration éloquente et tout à fait péremptoire de la stabilité présentée par l'instrument.

R. B



CET INSTRUMENT PROCURE UNE STABILISATION COMPLÈTE DU POINT DE CONTACT

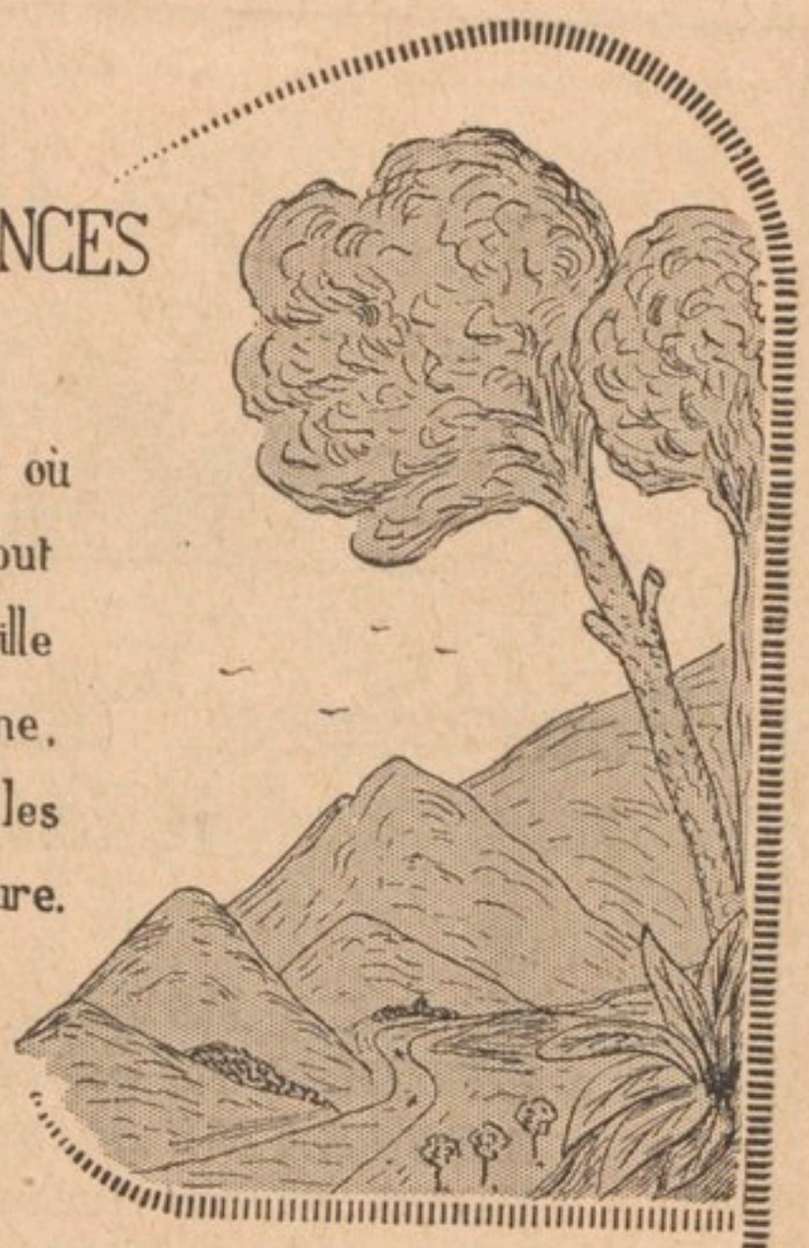


CHAQUE PLOT EST RELIÉ A LA GALÈNE PAR UN FIL D'ARGENT DONT LA POINTE, RECOURBÉE, PRESSE SUR LE CRISTAL SENSIBLE

Le Gérant : Lucien Josse. Paris. — Imp. Hémery, 18, rue d'Enghien.

VOICI LES VACANCES

l'époque tant attendue où l'esprit dégagé de tout souci chacun fuit la ville et va, qui à la montagne, qui à la mer, admirer les merveilles de la nature.



DE BONNES JUMELLES VOUS SONT DONC NÉCESSAIRES

pour donner complète satisfaction à votre goût du Beau

LES JUMELLES LEMAIRE

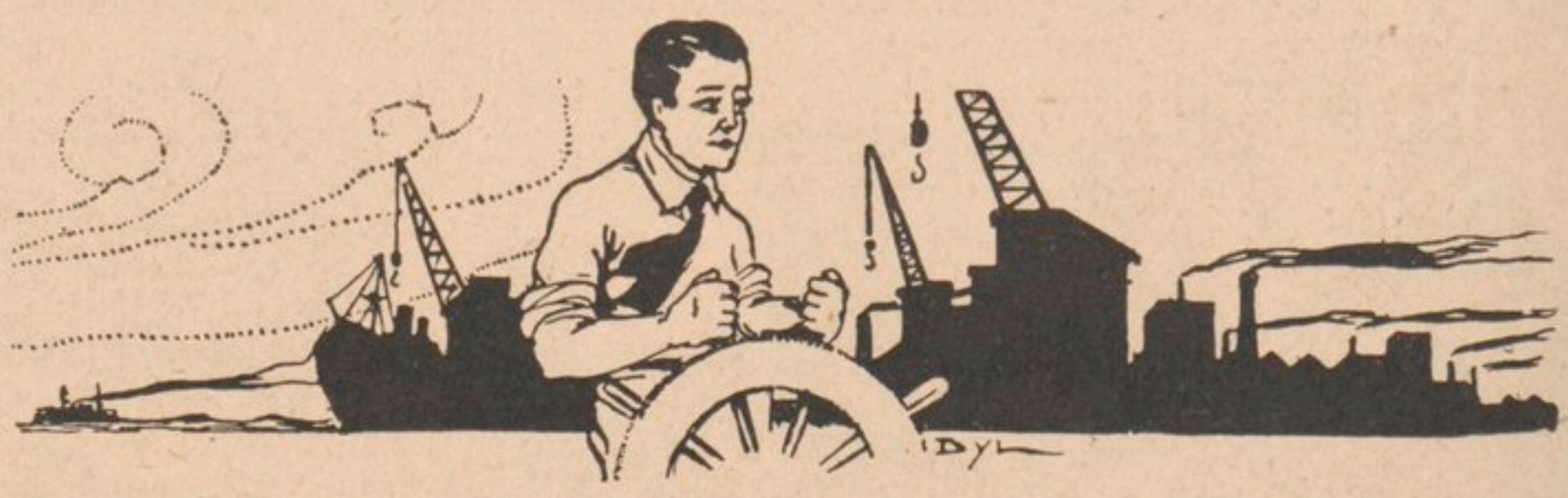
d'une construction parfaite et d'un prix raisonnable réunissent les 3 conditions optiques indispensables:

PUISSANCE - CLARTÉ - ÉLEGANCE

Demander sans tarder le catalogue T

BAILLE-LEMAIRE ET FILS
Ingénieurs-constructeurs

26 RUE OBERKAMPF. PARIS.
Tél. Roquette 30-21



Pour réussir dans la vie il faut savoir diriger sa barque

PARENTS qui recherchez une carrière pour vos enfants,
ÉTUDIANTS qui rêvez à l'École d'un avenir fécond,
ARTISANS qui désirez diriger une usine, un chantier,
VOUS TOUS qui voulez vous faire un sort meilleur,

écrivez immédiatement à

l'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

FONDÉE ET ADMINISTRÉE PAR DES INDUSTRIELS
DIRIGÉE PAR DES INGÉNIEURS

où plus de CENT SPÉCIALISTES sont à votre disposition pour vous éclairer de leur expérience

ÉCRIVEZ ou VENEZ et l'on répondra GRATUITEMENT à toutes vos questions. En outre, chaque personne se recommandant de La Science et la Vie *recevra gratuitement une jolie brochure sur toutes les carrières*

RÉFÉRENCES DEPUIS 15 ANNÉES

L'École a fait imprimer 300 ouvrages différents ; 150.000 élèves ont suivi des COURS SUR PLACE ou PAR CORRESPONDANCE ; 75 % des élèves présentés aux examens ont été reçus ; plus de 10.000 ont été placés.
Personnel enseignant, 125 professeurs spécialistes.

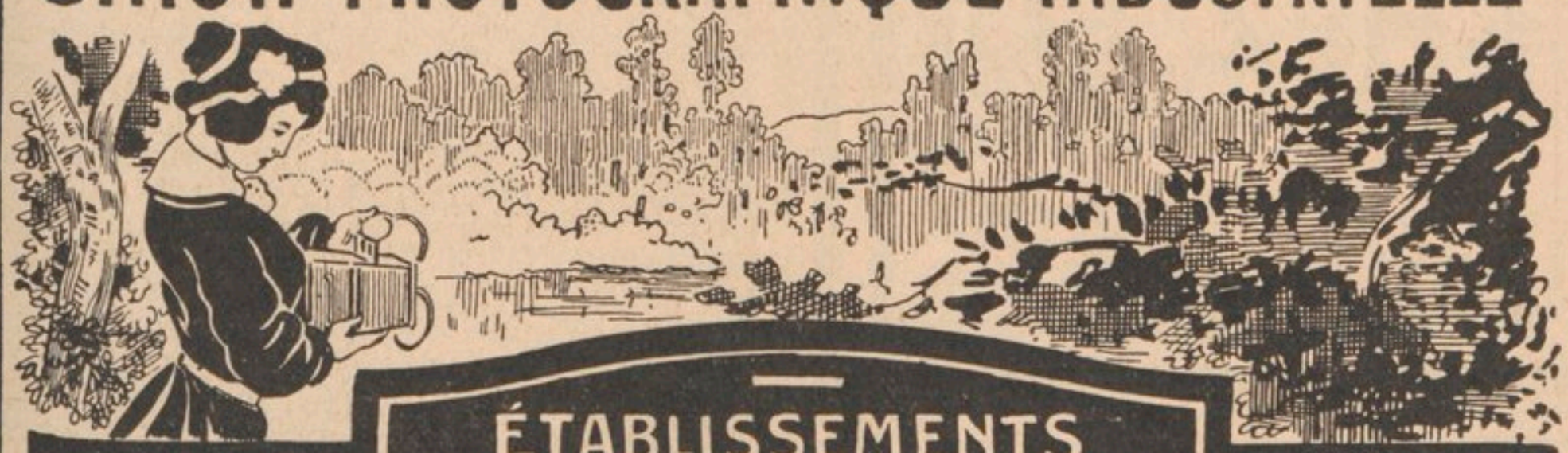
ÊTRE TITULAIRE D'UN DIPLOME de L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

Contremaître, Conducteur, Sous-Ingénieur ou Ingénieur dans une branche quelconque de l'Industrie, de la Marine, des Chemins de fer, de l'Agriculture, etc.,
c'est posséder un talisman qui vous ouvrira toutes les portes.

DIFFÉRENTES SECTIONS DE L'ÉCOLE :
Industrie - Marine - Chemins de fer - Administration - Armée - Grandes Écoles
PROGRAMME N° 10 GRATUIT SUR DEMANDE

Directeur : M. J. V. GALOPIN, 152, Avenue de Wagram - PARIS

UNION PHOTOGRAPHIQUE INDUSTRIELLE



ÉTABLISSEMENTS

LUMIÈRE ET JOUGLA

RÉUNIS

PLAQUES. PAPIERS. PELLICULES. PRODUITS

C.d.c

Evitez les Epidémies

PAR L'EMPLOI DU

Filtre "SILICA"

SYSTÈME HOWATSON

Pasteurisation absolue

Le seul filtre domestique

à Grand Débit

3, Rue Solférino. - PARIS (7e)

LE BRULE-POUSSIER

G. MARICHAL, Bté S. G. D. G. France et Etranger, Déposé

UTILISE TOUS LES DÉCHETS DE CHARBON ET POUSSIERS

L'ARRÊT DE PORTE

"THE WONDER" Bté S. G. D. G. France et Étranger

L'INSTALLATION COMPLÈTE, transportable

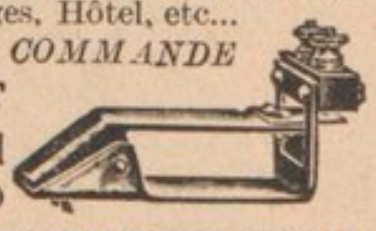
Indispensable pour Voyages, Hôtel, etc...

SONT LIVRABLES A LA COMMANDE

EN VENTE PARTOUT

L. DÉCOTÉ, Agent général

6, rue Chambertin, Paris (XIIe)



MACHINES A ÉCRIRE

NEUVES ET D'OCCASION

Toutes Marques, Réparations garanties.
Reconstructions et Transformations

A. JAMET, Mécanicien - Spécialiste

7, Rue Meslay - PARIS-3e (République)

Téléphone : Archives 16-08

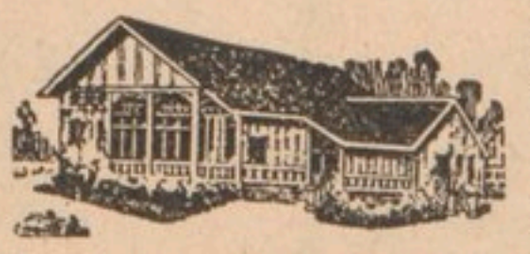
Toutes fournitures et agencements de Bureaux

AVERTISSEUR NAVARRE

Mon LECŒUR ÉTABLISSEMENTS H. MORIQUAND

141, rue Broca, Paris (13e arr.) - Tél. Gob. 04-49

MAISONS DÉMONTABLES



bois ignifugé, transport et démontage faciles, montage en 2 jours avec 5 hommes.

TYPE LECŒUR,

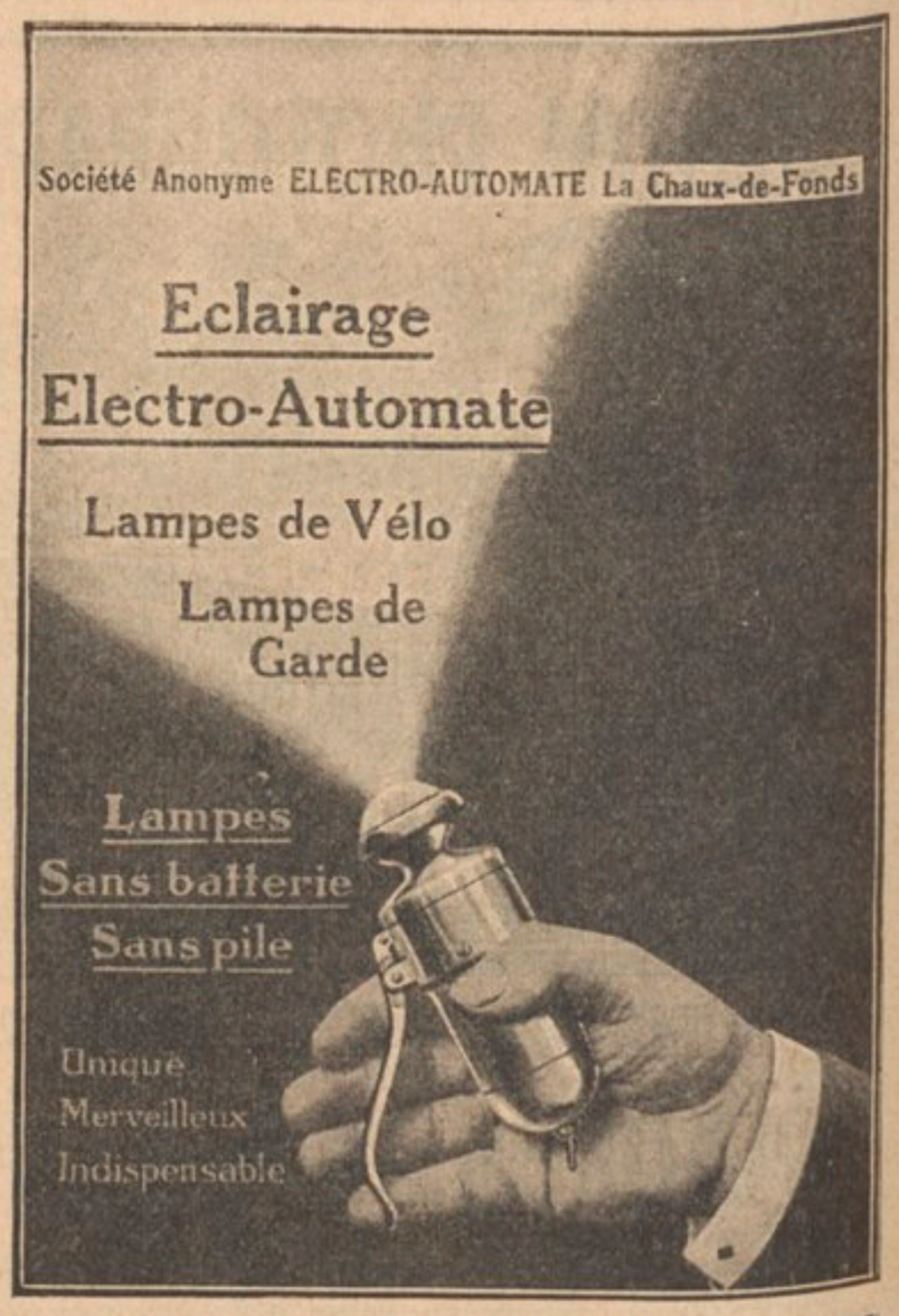
Toutes autres constructions : *usines, hangars, pavillons, bureaux, écoles, hôpitaux, installations de boutiques, magasins, décorations d'intérieurs, etc.*

ÉTUDES ET PROJETS SUR DEMANDE

ALBUM FRANCO

POUR CRÉER
CHEZ SOI
AFFAIRES PAR CORRESPONDANCE
Écrire PUBLICITÉ V. GABRIEL
Service V., à Évreux (Eure)

Nettoyez vos Chaudières
AVEC LE MARTEAU
PIQUEUR MÉCANIQUE
"REX"
à vapeur ou air comprimé
3, RUE SOLFÉRINO - PARIS VIIe



Pour tout ce qui concerne la Photographie

MAGASIN
MODERNE DE
PHOTOGRAPHIE
21, Rue des Pyramides, 21
PARIS-OPÉRA

APPAREILS DE TOUTES MARQUES
vendus avec *bulletin de garantie* à partir de 500 francs

PRODUITS & ACCESSOIRES
DÉVELOPPEMENTS -:- TIRAGES DE LUXE -:- AGRANDISSEMENTS

Demandez notre Album adressé contre 1.50

NOUVEAU MANUEL RATIONNEL DE
L'AMATEUR PHOTOGRAPHE
Par L.-P. CLERC (3 planches hors texte)
Prix : 3 fr. 50 - franco 3 fr. 95

PHOTOS DE GUERRE
TOUS les FRONTS - DESTRUCTIONS
Monuments Publics - Églises, etc.
Champs de Bataille - Aviation - Tanks

Vues de projection..... 8 1/2×10
Stéréoscopie..... 45×107 — 6×13
Tirages papier..... 9×12 — 13×18
Catalogue spécial "AS" franco

Automobilistes!

Si vos ressorts sont **durs**

Employez les

AMORTISSEURS "J.M."

Si vos ressorts sont trop **souples**

Demandez les

COMPENSATEURS "J.M."

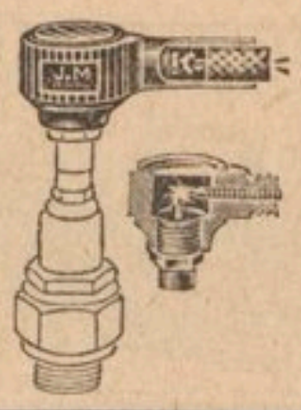
Si vos bougies **s'encrassent**

Utilisez les

DISRUPTEURS "J.M."

Vérificateurs d'étincelles "J. M."

Prises de Courant



Cyclistes et Motocyclistes !!

Si vous désirez

éviter les secousses

dues aux mauvaises routes

aux pavés

Adoptez sans retard les

AMORTISSEURS "J. M."

se plaçant INSTANTANÉMENT sur n'importe quelle BICYCLETTE ou MOTOCYCLETTE.

LES SPÉCIALITÉS **"J. M."** SONT EN VENTE PARTOUT

et 3, boulevard de la Seine, Neuilly-s.-Seine - Tél. Wagram 01-80 et Neuilly 90

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

"VIROTYP"

MACHINE A ÉCRIRE FRANÇAISE

30, rue RICHELIEU
PARIS
Téléph. Gut. 10.76

Monsieur,

Nous sommes à votre disposition pour vous faire parvenir notre notice franco qui vous donnera tous les détails sur l'utilisation de nos machines.

PRIX depuis 75 FRANCS.

Reproduction garantie exacte de l'écriture à la Machine "VIROTYP"

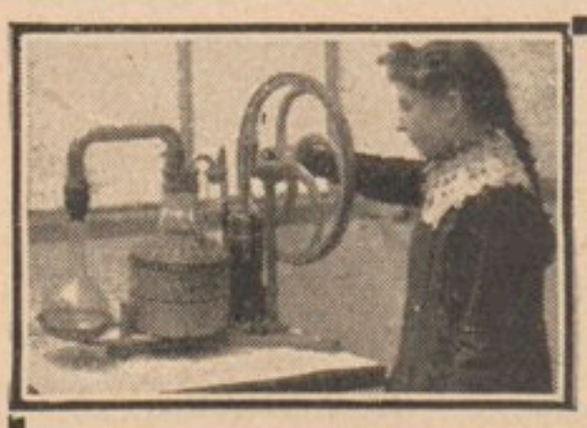
ENCRES
GOMMES
PORTE-PLUME-RÉSERVOIR

MALLAT

53, Bd de Strasbourg - PARIS

USINE : 60, rue Claude-Vellefaux

POUR OBTENIR UN
BREVET SÉRIEUX
Adressez vous a :
C. C. WINTHER-HANSEN
35, RUE DE LA LUNE, PARIS
INGÉNIEUR CONSEIL EN MATIÈRE DE PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE DEPUIS 1888
ADR. TÉLÉGR. BREVETHANS-PARIS
Brochures gratis



Machine à Glace "RAPIDE"
Glace en 1 minute
Indispensable à la campagne aux colonies, etc.
INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES
GLACIÈRES POUR LABORATOIRES :: :: ET POUR TOUS USAGES :: ::
OMNIUM FRIGORIFIQUE
23, Boulevard de Sébastopol, Paris-Ier
Téléphone : Central 28-50 — *Notices franco.*

"L'HORTICOLE"

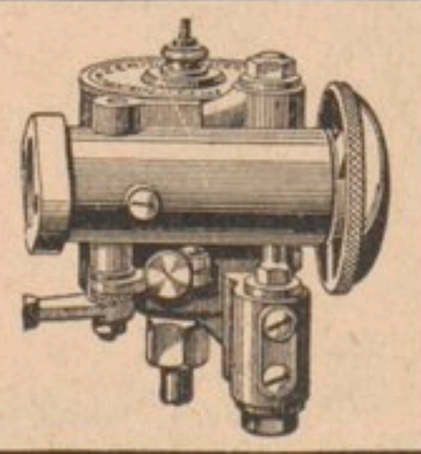
Petite charrue perfectionnée, à traction humaine et à traction animale, retourne jardins et petites cultures aussi bien que la bêche, beaucoup plus rapidement et avec moins de fatigue.

OUTILLAGES MÉCANIQUES POUR L'HORTICULTURE
LIVRABLES DE SUITE

Se trouve dans toutes les bonnes maisons de produits et de matériels horticoles et agricoles.

Demandez la notice B

GUENNETEAU, 40, Fg Saint-Martin, Paris
Téléphone : Nord 77-03



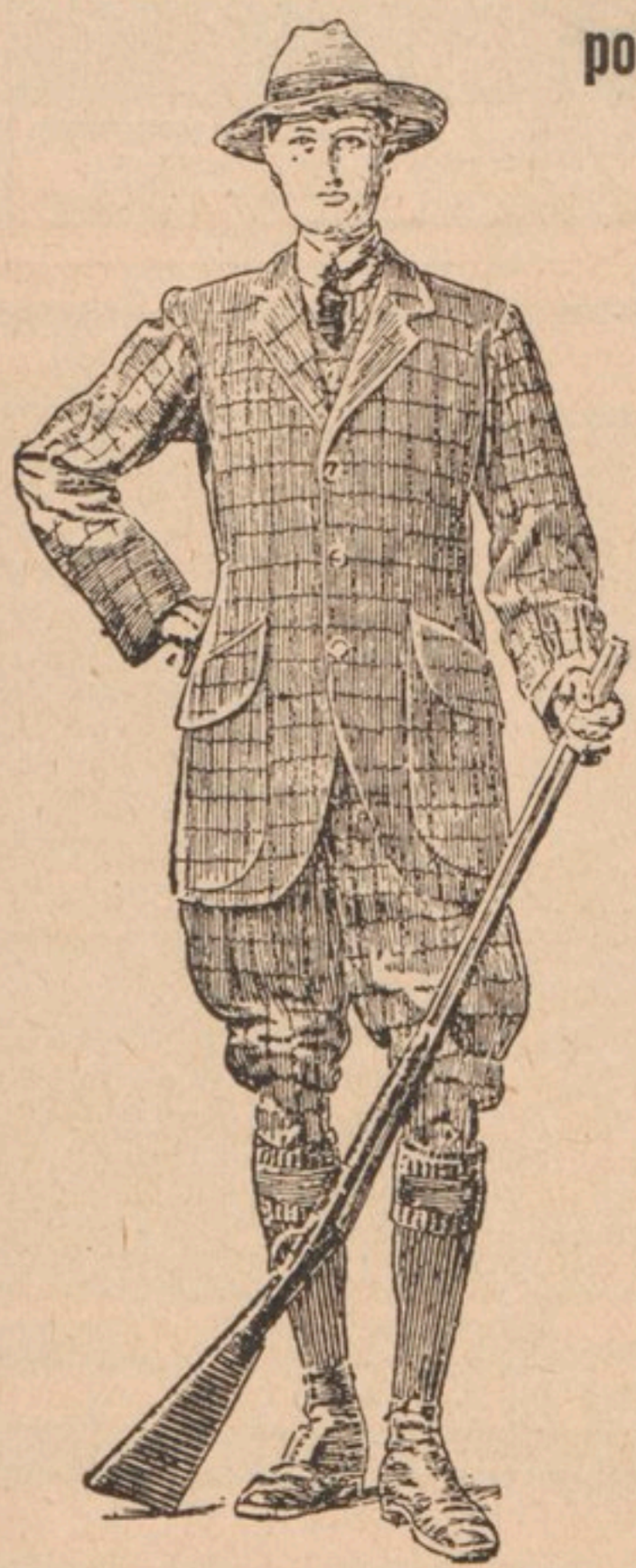
LYON - 51, Chemin-Feuillat
Paris, Londres, Milan, Turin, New-York, Détroit Chicago, Bruxelles, Genève.

Le Carburateur ZÉNITH
double la valeur d'une voiture

En augmentant sa puissance
En augmentant sa facilité de conduite
En diminuant sa consommation d'essence

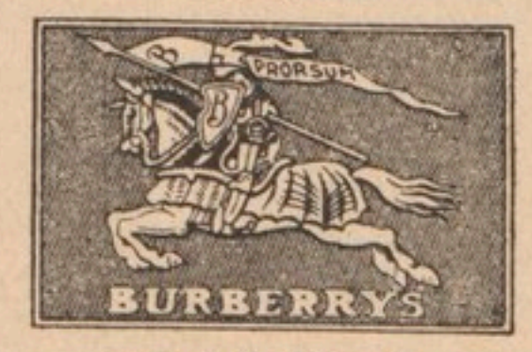
BURBERRYS

SPÉCIALISTES EN ÉQUIPEMENT IMPERMÉABILISÉ pour SPORT et CAMPAGNE



Pour la Chasse, par les journées fraîches et humides, le BURBERRY est sans rival. Il est même le seul manteau n'entravant pas le tir, car tout mouvement peut être exécuté sans la moindre gêne. Des coloris spécialement adaptés pour s'harmoniser avec le paysage rendent le chasseur presque invisible.

Tout véritable vêtement BURBERRY



porte cette étiquette

CATALOGUE ET ÉCHANTILLONS FRANCO SUR DEMANDE

Dans l'exercice de tous sports il est incontestable que le costume approprié contribue au succès autant que les autres accessoires. Les modèles BURBERRY, qui sont le résultat de recherches et d'expériences de longues années, ne laissent rien à désirer en ce qui concerne la LIBERTÉ PARFAITE de MOUVEMENTS, le CONFORT et la PROTECTION. Ils ont le cachet spécial du vêtement créé pour la circonstance.

8 & 10, BOULEVARD MALESHERBES - PARIS

CONSTRUCTIONS RAPIDES EN CIMENT-ARMÉ

POUR RETENIR L'OUVRIER A L'USINE LA CITÉ OUVRIÈRE DE L'HABITATION

POUR CONSTRUIRE SA MAISON

L'OUVRAGE DE L'HABITATION : 25 Bd BONNE NOUVELLE A PARIS

CONTIENT 200 ÉTUDES DE PLANS, COUPES, ÉLÉVATIONS AVEC DESCRIPTION DES MATÉRIAUX ET TOUS DEVIS UTILES - PERMET DE CONSTRUIRE SOI-MÊME SA MAISON - EXPÉDIÉ CONTRE MANDAT-POSTE DE 20 FRANCS

Le Progrès National par le Progrès Individuel

ÉCOLES CHARRON

A l'homme d'affaires

Vous diminuerez votre fatigue et vous augmenterez votre production en assurant dans vos bureaux par *La Noiseless* machine à écrire *Silencieuse* le silence complet essentiel au travail réfléchi. La machine Noiseless n'a pas la prétention d'être silencieuse - elle l'est.

Demandez aujourd'hui un prospectus à la Section des machines à écrire : *Noiseless Silencieuse.*

ÉCOLES CHARRON

34, Avenue des Champs Elysées
10, Rue du Colisée PARIS

ÉCOLES CHARRON

A La Dactylographe

Vous présenterez à votre chef sans hésitation une transcription précise de sa dictée parce qu'avec *La Sténographie Internationale* vous saurez vous relire mot pour mot. Son étude directe ou par correspondance est facile, rapide, interessante. Elle s'applique immédiatement aux autres langues.

Demandez aujourd'hui un prospectus à la section *Edition, Sténographie Internationale.*

Publicité CHARRON

LE FRIGORIGÈNE A-S

MACHINE ROTATIVE À GLACE & À FROID

BREVETS AUDIFFREN & SINGRÜN

TOUTES APPLICATIONS INDUSTRIELLES & DOMESTIQUES

SÉCURITÉ ABSOLUE — Les plus hautes Récompenses — Nombreuses Références — GRANDE ÉCONOMIE

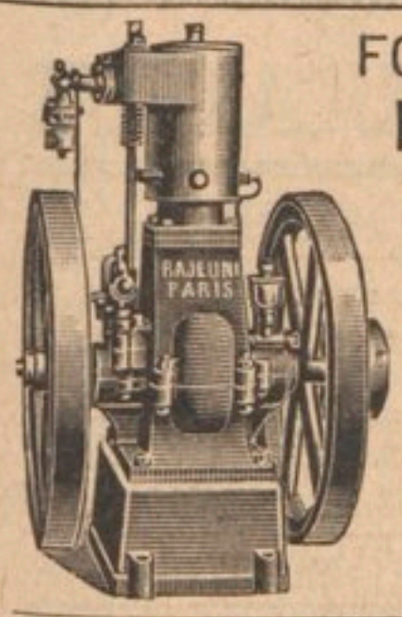
SOCIÉTÉ D'APPLICATIONS FRIGORIFIQUES - 92, Rue de la Victoire, PARIS - Catalogue & Devis gratis s. demande

Faites Reproduire et Agrandir les Portraits de vos Disparus
en imitation Pointes Sèches.

N.-B. — Il suffit d'envoyer une photographie qui est rendue intacte.

Prix : **90** fr. en 30/40
Travail de luxe. Payable moitié à la commande, le solde à la livraison.

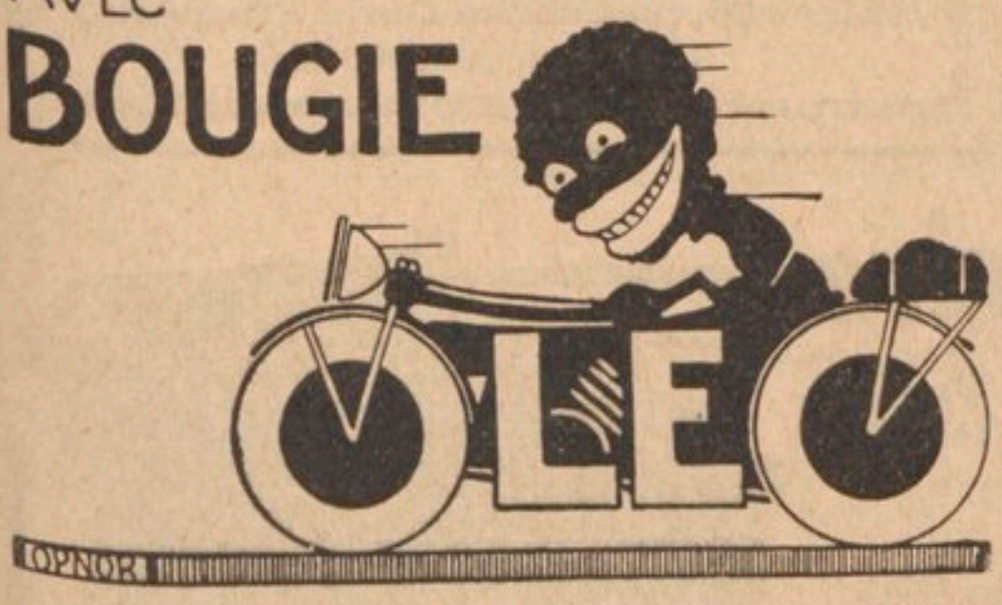
aux " PORTRAITS LAFAYETTE "
(Marque déposée) 103, Rue Caulaincourt, PARIS



FORCE MOTRICE
PARTOUT
Simplement
Instantanément
TOUJOURS
PAR LES
MOTEURS
RAJEUNI
119, r. St-Maur, Paris
Catalogue N° 182
(Renseignements sur demande

Téléph.: 923-82 — *Télég.*: RAJEUNI-PARIS

TOUS LES : RECORDS DU MONDE DE VITESSE
BATTUS A BROOKLAND
AVEC
BOUGIE



ÉCONOMISEZ
un tiers de combustible
EN AGLOMÉRANT VOUS-MÊME
tous poussiers de houille, anthracite, coke, sciure, etc., avec la
PRESSE MÉNAGÈRE UNIVERSELLE
Breveté S. G. D. G.
De E. ORÉ, E. C. P. - **CAEN**
Prospectus franco

Omnia
EST LA SEULE REVUE DE
L'AUTOMOBILE FRANÇAISE
comparable par sa documentation et sa présentation aux plus grands périodiques étrangers.
EN VENTE PARTOUT

AMERICAN - TRACTOR

40 HP - Modèle 1920 - 2.700 kilogs

Demandez brochure illustrée détaillée à :

est, de loin, le *Tracteur* qui a donné les *Résultats* les plus probants aux DÉMONSTRATIONS de

SAINT-GERMAIN-EN-LAYE
STRASBOURG-MONS-SENLIS

de par son aisance dans tous Ouvrages :

LABOURS à 2 socs de 35 à 40 c/m de profondeur ;
TRACTION d'une charrue, 8 socs, de 2 m. 20 de large ;
ÉCONOMIE par son rendement de 450 hectares par 120 jours de travail par an.

AMERICAN-TRACTOR, 33, Rue du Louvre - PARIS

En vente dès maintenant

LAMPE PERPÉTUELLE

SYSTÈME " LUZY " BREVETÉ S. G. D. G.

Lampe de poche sans pile ni accumulateur.

Fonctionnant au moyen d'une magnéto.

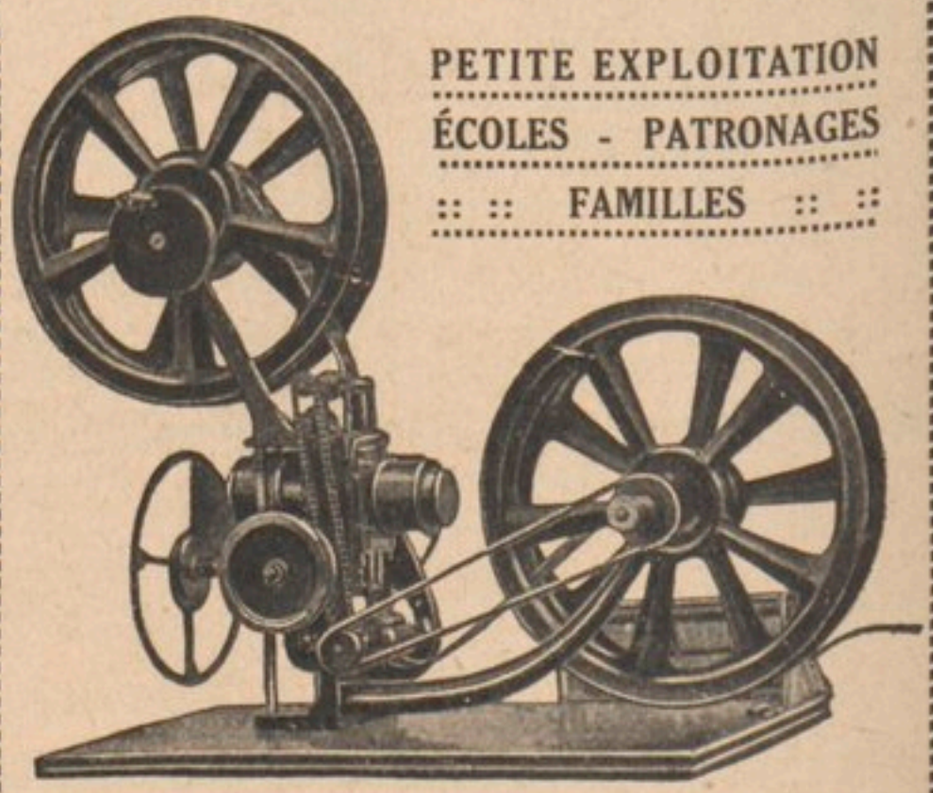
INUSABLE - INDISPENSABLE A TOUS

Cie Gle DES LAMPES ÉLECTRO-MÉCANIQUES
86, Rue de Miromesnil, 86 - PARIS
Téléphone : Wagram 88-57

CINÉMA-ÉDUCATEUR

NOUVEAUTÉ SENSATIONNELLE

3×3 mètres d'écran avec 2 ampères
Auto-Dévolteur Breveté S. G. D. G.



PETITE EXPLOITATION
ÉCOLES - PATRONAGES
:: :: FAMILLES :: ::

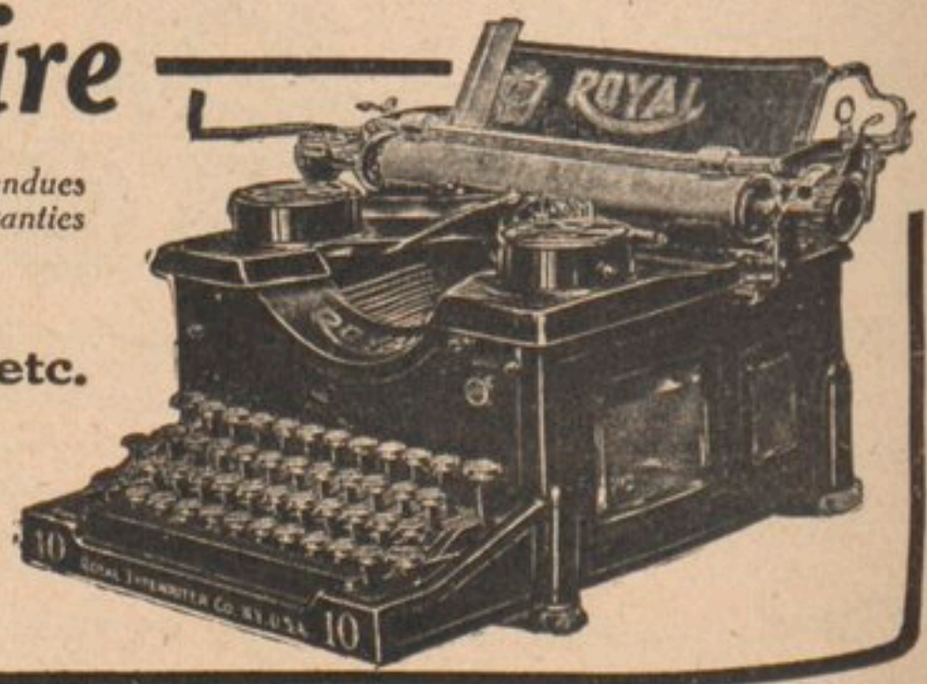
Établissements E. MOLLIER
Constructeur
26, avenue de la Grande-Armée - PARIS
Usine : 20, rue Félicien-David, 20 - PARIS
Téléphone : *Auteuil 01-04*

Machines à Écrire

Remington
Underwood
Royal
Smith et Bros
Corona, etc., etc.

Vendues avec garanties

Réparations par Spécialistes



LOCATION MENSUELLE et ANNUELLE

Centralisations des Grandes Marques de Machines à Ecrire
94, r. Lafayette, Paris - *Tél.:* Berg. 50-68 - *Catal. franco*

Pour ne jamais oublier
la joie de vos vacances...
faites des photographies
Kodak
Les Vacances
passent vite !
Le souvenir de ces bonnes heures s'effacera rapidement si vous n'avez emporté un Kodak avec vous.
En feuilletant l'album des photos prises avec votre Kodak vous faites durer les plus courtes vacances.
En quelques minutes le plus maladroit apprend à photographier avec un Kodak.
Vous trouverez partout les articles Kodak
Tous les marchands d'appareils photographiques tenant les articles Kodak se feront un plaisir de vous fournir tous les renseignements utiles.
Kodak, S.A.F. 39, avenue Montaigne, PARIS
Des Vacances sans un Kodak sont des Vacances manquées

INDUSTRIELS, COMMERÇANTS !!

Je prends l'engagement de livrer à
PRIX FERMÉ ET DÉLAI RÉDUIT
LES **ENVELOPPES VITRIFIÉES**
acceptées en France et à l'Etranger
Je garantis la même transparence que la vitre

Monsieur PAUL DUBUIS
Fabricant-Spécialiste
ROANNE (Loire)

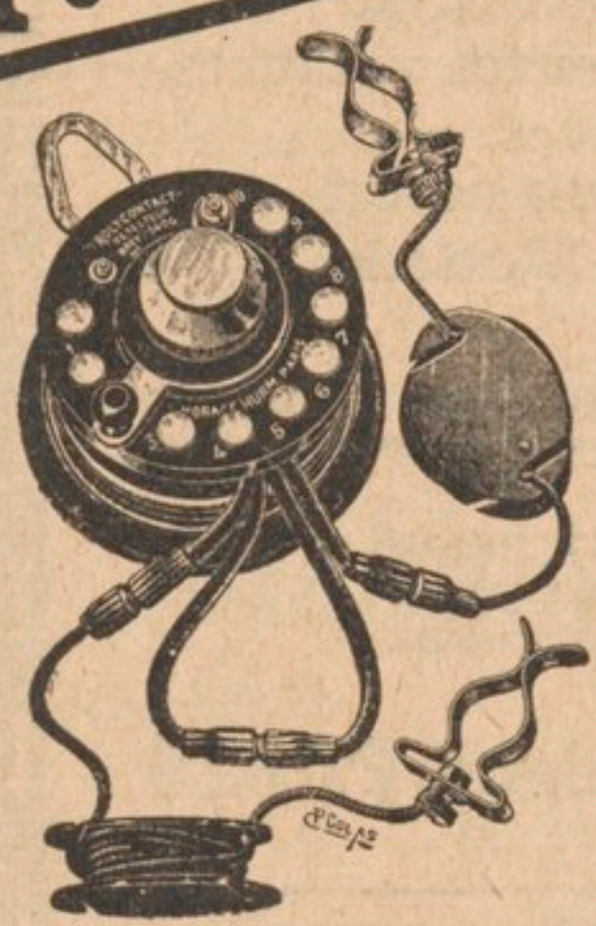
Je tiens mon carnet échantillons à votre disposition

T.S.F.

PAR LES APPAREILS RÉCEPTEURS

LES PLUS **PETITS**
LES PLUS **PRATIQUES**
LES PLUS **SENSIBLES**

percevant la "TOUR EIFFEL" même à JÉRUSALEM !.....



ONDOPHONE-POLYCONTACT

A détecteur INDÉRÉGLABLE - Breveté S.G.D.G.
APPAREIL DE HAUTE PRÉCISION .. .. **95 frs**

NOUVEAU TARIF :

ONDOPHONE	à détecteur ordinaire.	50 frs
—	détecteur de précision à galène interchangeable ..	60 frs
MICROPOST.	Tous les appareils d'accord en un seul	100 frs
CASQUET : 7.50	ADAPT : 16 frs	Condensateur fixe. 6 frs
REG : 20 frs	PHONO-STUDIOMORSE : 40 frs	Lecture au son. 0.75

Expédition France : 1 fr. — Etranger : Port dû.

NOTICE "V 2", contre 0 fr. 60 en timbres français.
Adresser demande et mandat à :

Horace HURM, 14, Rue J.-J.-Rousseau - PARIS

Les "*PIANO-PLAYERS*" forment une famille fort variée, dont chaque espèce possède certaines qualités ; le

"PIANOLA"-PIANO

Seul et unique dans son genre, les possède toutes, grâce aux perfectionnements qui y ont été apportés et qui constituent une hérédité de haute race. Il est la combinaison idéale d'un excellent piano avec le

"PIANOLA"

Souvent imité - Jamais égalé

LE CONCERT IMPROVISÉ

AUDITIONS PERMANENTES - CATALOGUES SUR DEMANDE

THE ÆOLIAN COMPANY

MAGASINS : 32, Avenue de l'Opéra, Paris - Tél. : Central 70-03
BIBLIOTHÈQUE : 64, Rue La Boëtie, Paris - Tél. Élysées 02-48
Agents Régionaux du Nord : COUPLEUX Frères, 24, Rue Esquermoise, Lille
Seule Agence pour la Belgique : 134, Rue Royale, 134, Bruxelles.

POUR BIEN SE PORTER...

il faut bien manger !

POUR BIEN MANGER...

il faut avoir de bonnes dents !

POUR AVOIR DE BONNES DENTS...

il faut se servir

du

Dentol

La Science nous enseigne que les belles dents ne sont pas seulement une beauté, elles sont l'appareil indispensable à la santé parfaite. Car tout s'enchaîne; le travail que n'ont pas fait les dents absentes ou mauvaises, il faut que l'estomac l'accomplisse; donc, mauvaise disgestion, nutrition imparfaite, ruine lente de l'organisme.

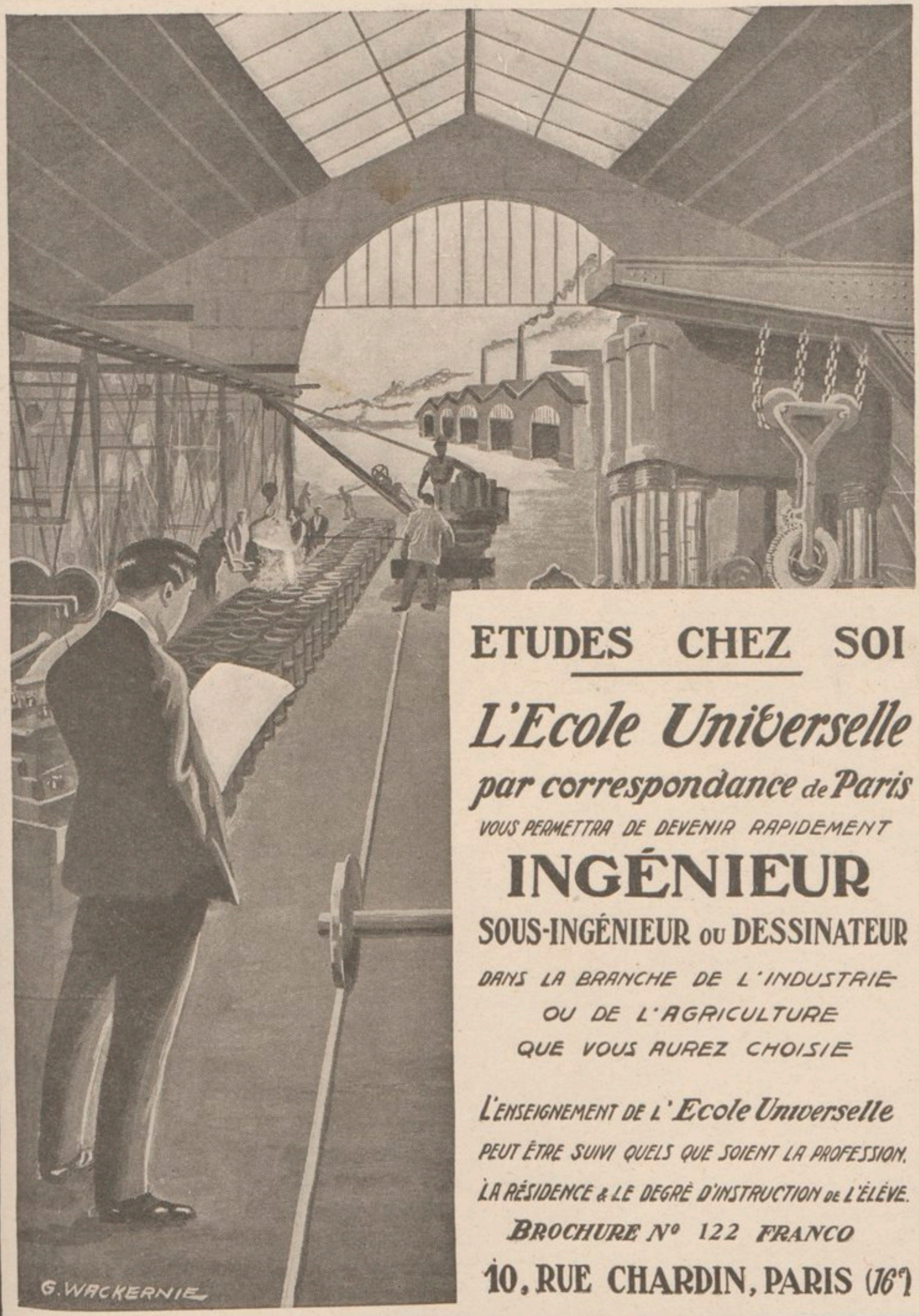
La Vie. Une bonne santé donne une longue vie. Soignons donc nos dents au moyen d'une méthode scientifique.

C'est à cette nécessité que répond le **Dentol,** produit véritablement pastorien, dont les bienfaits principaux sont le raffermissement des gencives, l'éclat et la solidité des dents, la pureté de l'haleine, enfin la sensation d'une fraîcheur délicieuse et persistante dans la bouche.

Le **Dentol** se trouve dans toutes les bonnes maisons vendant de la parfumerie et dans les pharmacies.

DÉPOT GÉNÉRAL : **Maison FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris**

CADEAU Il suffit d'envoyer à la MAISON FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris, un franc en timbres-poste en se recommandant de *La Science et la Vie* pour recevoir, franco par la poste, un délicieux coffret contenant un petit flacon de **Dentol,** une boîte de **Pâte Dentol,** une boîte de **Poudre Dentol** et un échantillon de **Savon dentifrice Dentol.**



ETUDES CHEZ SOI

L'Ecole Universelle

par correspondance de Paris

VOUS PERMETTRA DE DEVENIR RAPIDEMENT

INGÉNIEUR

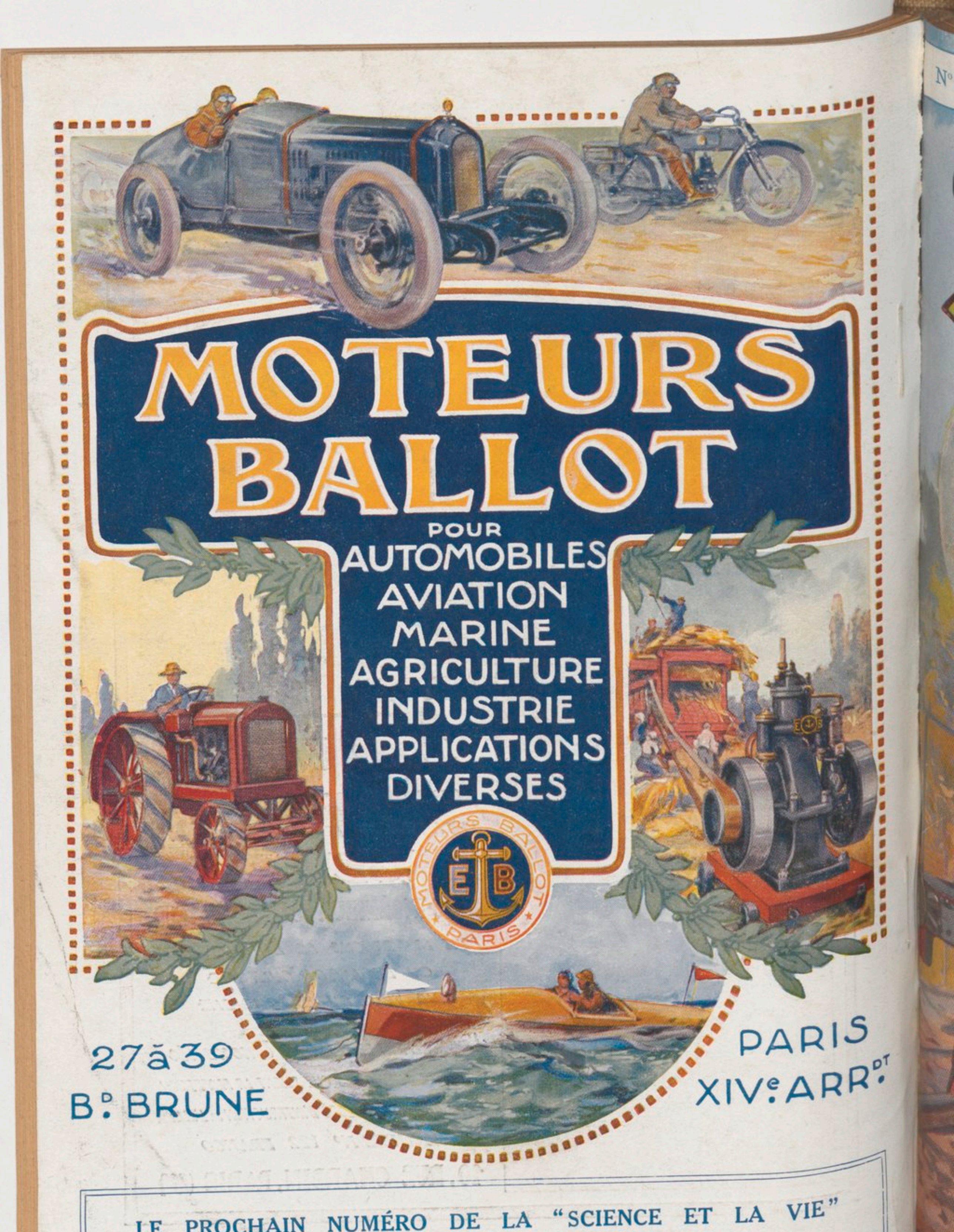
SOUS-INGÉNIEUR OU DESSINATEUR

DANS LA BRANCHE DE L'INDUSTRIE
OU DE L'AGRICULTURE
QUE VOUS AUREZ CHOISIE

L'ENSEIGNEMENT DE L'*Ecole Universelle*
PEUT ÊTRE SUIVI QUELS QUE SOIENT LA PROFESSION,
LA RÉSIDENCE & LE DEGRÉ D'INSTRUCTION DE L'ÉLÈVE.

BROCHURE N° 122 FRANCO

10, RUE CHARDIN, PARIS (16e)



LE PROCHAIN NUMÉRO DE LA "SCIENCE ET LA VIE"
PARAITRA EN NOVEMBRE 1920