

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

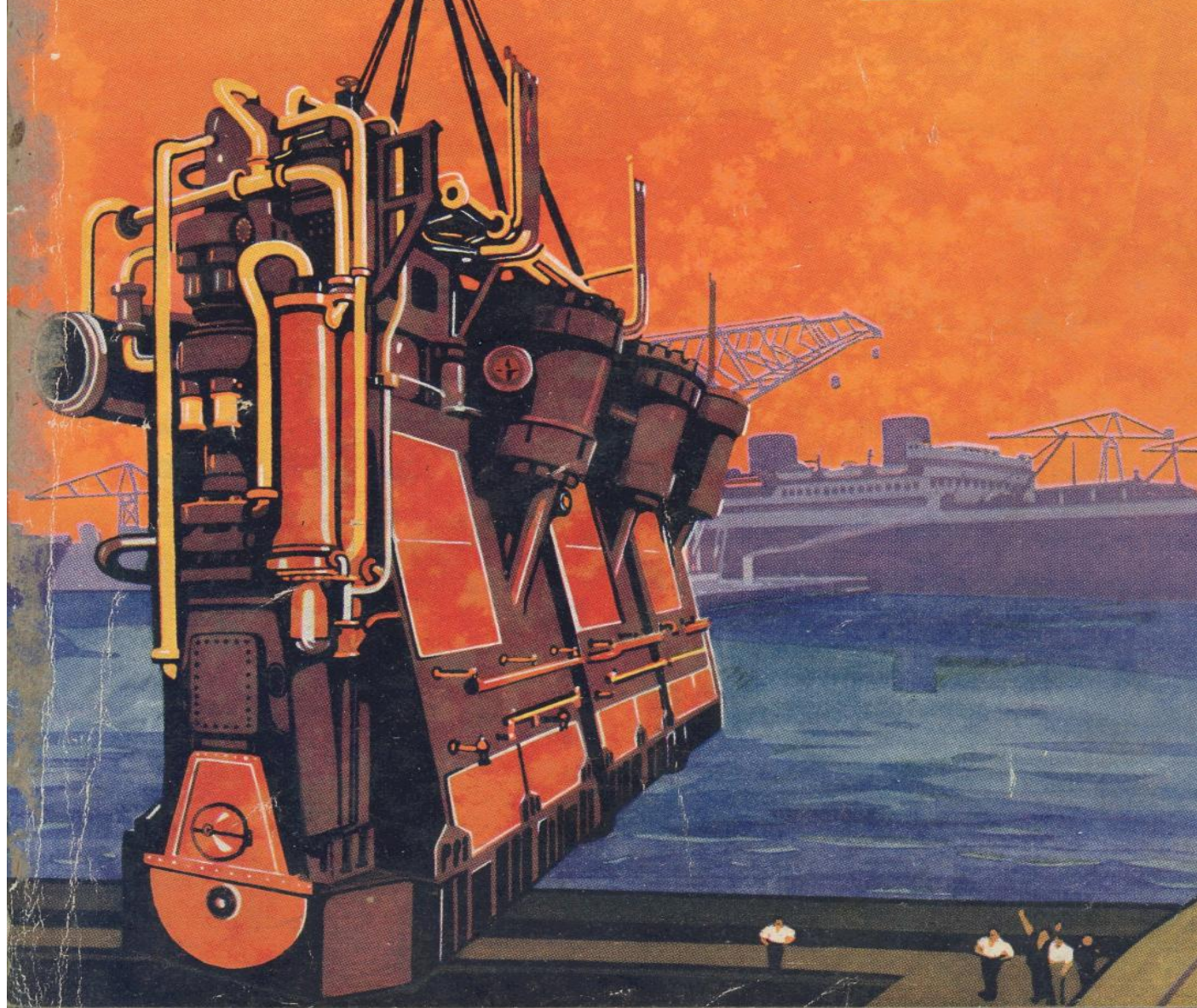
Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 31. n. 120. Juin 1927
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1927
Collation	1 vol. (p.[487]-574) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 120
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Note	Le volume a été relié, par conséquent il manque la 3ème et 4ème de couverture.
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.120

France et Colonies : 4 fr.

N° 120. - Juin 1927

LA SCIENCE ET LA VIE



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

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL

PLACÉE SOUS LE HAUT PATRONAGE DE L'ÉTAT

152, avenue de Wagram, 152 — Paris-17^e

J. GALOPIN, *,  I. Ingénieur-Directeur — 22^e Année

Cours sur place { Théorie (Rentrée le 5 octobre et le 5 novembre)
Jour et soir { Ateliers et Laboratoires (Admission à toute époque)
Enseignement par correspondance (Admission à toute époque)

Section Industrielle

Diplômes d'Apprentis, Ouvriers, Contremaîtres, Dessinateurs, Conducteurs, Sous-Ingénieurs, Ingénieurs.

ÉLECTRICITÉ

Electricité générale, construction, production, installation, hydro-électricité, métropolitain, chemins de fer, tramways, entretien d'usines.

T. S. F.

P.T.T. - Marine de guerre - Marine marchande - Armée - Industrie - Amateurs.

MÉCANIQUE

Atelier, machines à vapeur, moteurs à pétrole, à gaz, Diesel, automobile, aviation, machines frigorifiques, entretien d'usines, machines marines, locomotives. Filature et Tissage.

BATIMENT

Construction métallique, en béton armé, en bois, en maçonnerie - Architecture - Chauffage central - Métré.

TRAVAUX PUBLICS

Entreprises privées - Grandes sociétés - Géodésie, topographie, levés divers, métré.

COMMERCE

Employés, comptables, sténos-dactylos, experts comptables, ingénieurs et directeurs commerciaux - Banque - Bourse.

AGRICULTURE

Chefs de culture, mécaniciens agricoles, directeurs de domaine, ingénieurs d'agriculture.

MÉTALLURGIE - MINES

Installation, production, conduite.

CHIMIE

Toutes les spécialités de la chimie.

Section Administrative

PONTS-ET-CHAUSSÉES

Elèves ingénieurs de travaux publics de l'Etat, adjoints techniques, divers emplois de la Ville de Paris, agents voyers, génie rural, mines.

MARINE DE GUERRE

Sous-officiers mécaniciens et de pont, élèves officiers mécaniciens et de pont, ingénieurs mécaniciens, apprentis mécaniciens, T.S.F., etc. Ecole du génie maritime.

MARINE MARCHANDE

Officiers mécaniciens, capitaines, élèves officiers, commissaires, officiers radios - Admission sur le navire-école *J.-Cartier* - Ingénieurs mécaniciens de réserve - Constructions navales.

CHEMINS DE FER

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

P. T. T.

Employés, surnuméraires, dames, mécaniciens, monteurs, dessinateurs, école supérieure, etc.

AVIATION

Militaire: Admission comme mécanicien, examen de bourse de pilotage, élèves officiers. Civile: Emplois de mécanicien-pilote, chef de station, agent technique, ingénieur adjoint et élève ingénieur.

ADMINISTRATIONS DIVERSES

Manufactures (mécaniciens, vérificateurs), ministère des finances (douanes, poids et mesures, contributions, trésoreries, banques, etc.).

ARMÉE

Admission au 8^e génie, au 5^e génie dans l'aviation, etc. Cours d'élèves officiers et d'E.O.R. - Tous les emplois militaires des réformés et retraités.

UNIVERSITÉ

Brevets, baccalauréats, licences, grandes écoles.

COLONIES

Emplois administratifs des colonies et emplois commerciaux et industriels dans le Génie colonial.

PROGRAMME N° 807 GRATIS. - ANNUAIRE DES ANCIENS ÉLÈVES : 10 FR.

Le vent, source inépuisable d'énergie. (Du moulin antique à l'usine aéromotrice future)	Jean Labadié.. .. .	489
Le nettoyage moderne des trains	J. M.	498
Les progrès de la physique allemande dans les dix dernières années.	Max Born.. .. . Directeur de l'Institut mathématique de Göttingen. Marcel Boll Professeur agrégé de l'Université, docteur ès sciences. Paris.	499
A 327 kilomètres à l'heure en automobile. (Les multiples problèmes posés par la recherche de la plus grande vitesse)	Charles Faroux	507
Le coffre-fort moderne est-il inviolable ?	Jean Marchand	511
Qu'est-ce qu'un « motorship » ?	Henri Le Masson.. .. .	519
Une pendule qui varie de 1/1.000 ^e de seconde par jour..	Lucien Fournier	528
Le dirigeable métallique dans la navigation aérienne..	Le Tesson.. .. . Lieutenant de vaisseau.	533
La France peut-elle fabriquer tout le papier dont elle a besoin ?	Pierre Arvers	538
Les gaz naturels constituent une formidable source d'énergie insuffisamment utilisée	René Doncières	545
L'automobile et la vie moderne.. .. .	A. Caputo.	553
La T. S. F. et la vie	Joseph Roussel	559
La T. S. F. et les constructeurs.. .. .	J. M.	563
Les A côté de la science (Inventions, découvertes et curiosités)	V. Rubor.. .. .	565
Nouvelles résistances électriques	V. R.	565
L'électrification de la Palestine.. .. .	S. et V.	569
Organes moteurs d'une puissante turbine Pelton	S. et V.	570
Le tunnel du Rove vient d'être inauguré	S. et V.	571
Chez les éditeurs	S. et V.	572
A travers les revues.	S. et V.	573

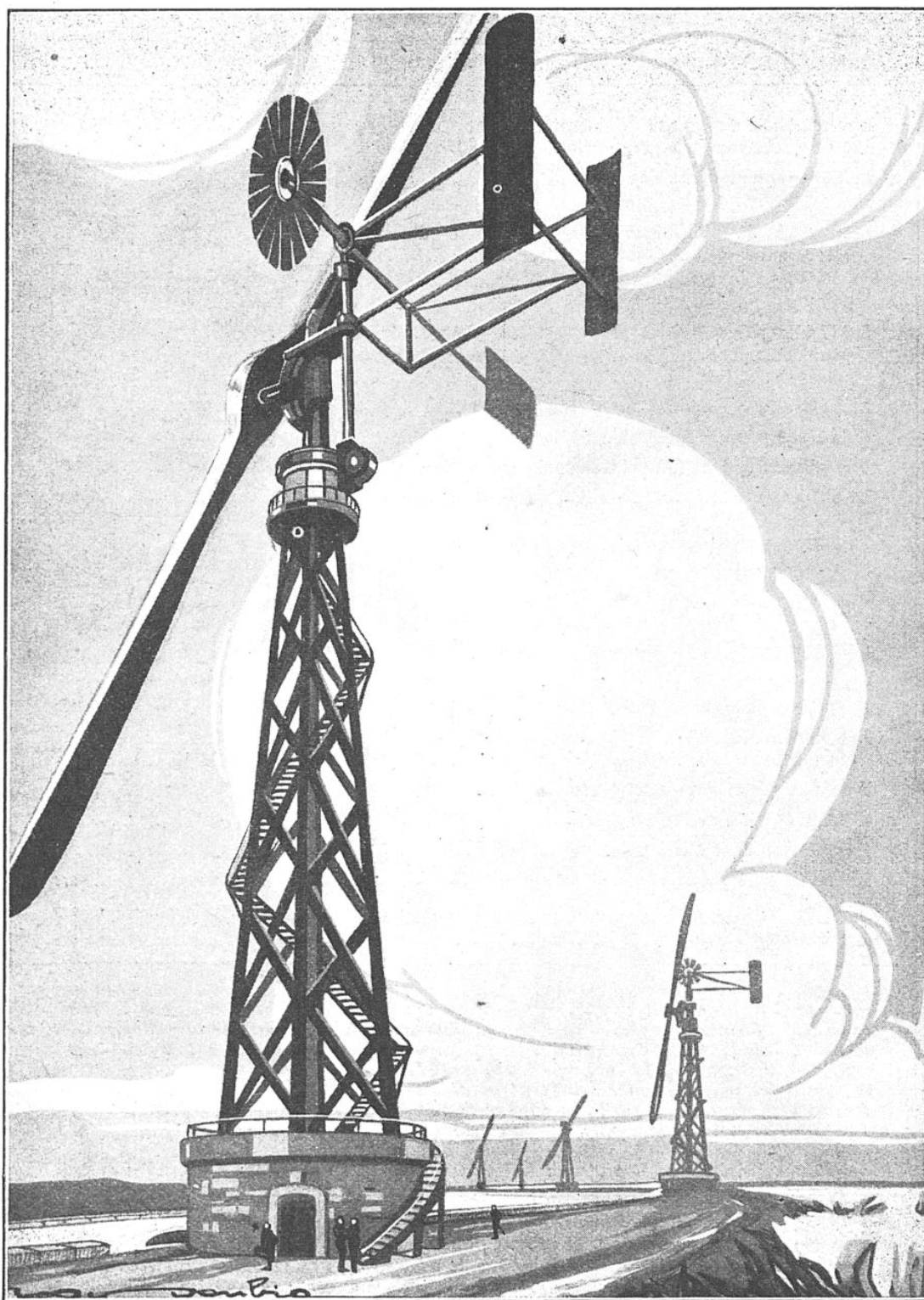
Pour répondre par avance aux nombreuses demandes de renseignements qui nous sont faites et éviter ainsi des frais de correspondance inutiles à nos lecteurs, nous les informons que nous ne sommes plus en mesure de fournir actuellement les livraisons de LA SCIENCE ET LA VIE qui portent les numéros suivants :

1 à 7 inclus, 11 à 14 inclus, 18, 19, 21, 27, 28 et 40.

Tous les autres numéros sont disponibles en magasin et peuvent être adressés franco au prix de 5 fr. 50 l'un, sauf, toutefois, le n° 114, qui vaut 8 francs franco. Les n°s 115 et suivants, parus depuis le 1^{er} janvier 1927, ne coûtent que 4 fr. 50, franco.

Pour expédition à l'étranger, il y a lieu d'ajouter 1 fr. 50 aux prix indiqués ci-dessus.

La couverture du présent Numéro représente le montage d'un moteur Diesel à bord d'un navire dit « motorship ». Il suffit de dire qu'en 1926 le tonnage des « motorships » en construction dépassait celui des bâtiments mus par des machines alternatives ou par des turbines à vapeur, pour montrer l'importance du rôle pris par les paquebots à moteur Diesel. On trouvera, page 519, un article remarquablement documenté sur ce sujet.



COMMENT ON PEUT SE REPRÉSENTER LE « POLDER » FRANÇAIS DE LA CAMARGUE APRÈS SON AMÉNAGEMENT PAR L'ÉNERGIE ÉOLIENNE

LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

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

(Chèques postaux : N° 91-07 - Paris)

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

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

Copyright by La Science et la Vie, Juin 1927. - R. C. Seine 116.544

Tome XXXI

Juin 1927

Numéro 120

LE VENT SOURCE INÉPUISABLE D'ÉNERGIE Du moulin antique à l'usine aéromotrice future

Par Jean LABADIÉ

L'électrification générale d'un pays ne peut être économiquement réalisée que si toutes ses ressources naturelles d'énergie sont utilisées au maximum de rendement. La France poursuit avec méthode la mise en valeur de ses richesses en houille blanche dont l'énergie recueillie lui permettra de diminuer sensiblement ses importations en charbon. Il est, par contre, une autre source d'énergie naturelle très économique, mal employée jusqu'ici, c'est celle du vent. Les Hollandais ont su, cependant, depuis déjà longtemps, la mettre à leur service pour conquérir sur la mer des étendues considérables de terre, par voie de dessèchement, et cela au moyen d'appareils archaïques à faible rendement. Récemment, les ingénieurs ont commencé à diriger leurs recherches de ce côté. L'établissement de l'hélice d'aéroplane, basée sur les lois de l'aérodynamique, et qui fonctionne à l'inverse des ailes d'un moulin, puisqu'elle reçoit l'énergie du moteur de l'avion, a permis aux constructeurs d'améliorer sensiblement le rendement des moteurs éoliens et d'envisager, par la suite, la création de puissantes centrales aéroélectriques. Malheureusement, l'irrégularité du vent rend le problème difficile. Notre collaborateur nous montre ici les progrès accomplis depuis l'antique moulin à vent jusqu'à la turbine hélicoïdale moderne et nous fait entrevoir comment, grâce à l'interconnexion des centrales thermo, hydro et aéroélectriques le vent peut concourir à produire l'énergie nécessaire à l'électrification de la France, problème dont se préoccupent actuellement les pouvoirs publics et les techniciens de la production et de la distribution de l'électricité.

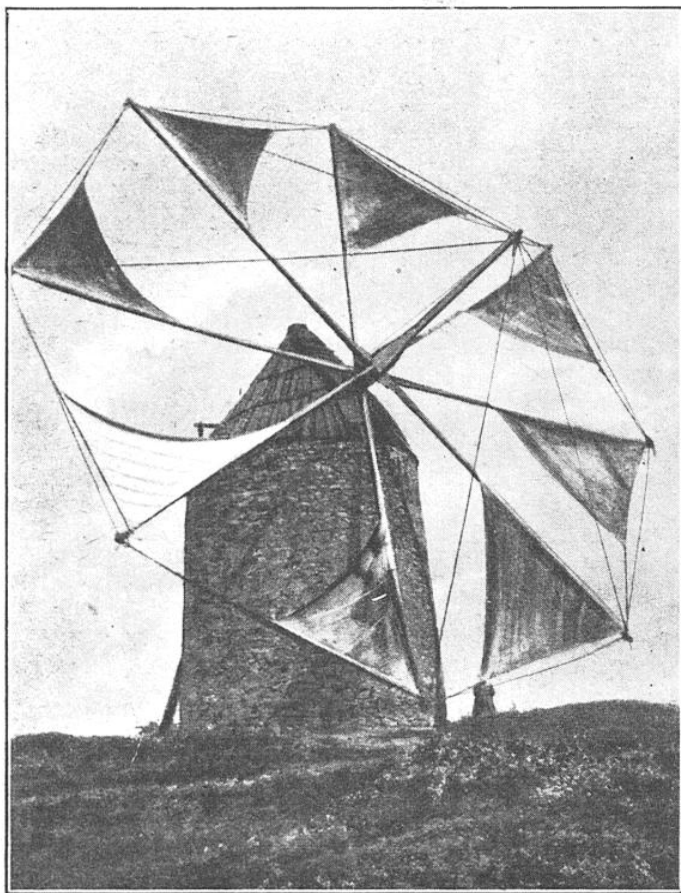
Le meilleur moulin classique est le moulin hollandais

« Dieu créa le monde, à l'exception de la Hollande qui fut créée par les Hollandais. » Il faut compléter cette phrase célèbre en ajoutant : « avec l'aide du vent », ce qui, tout en restituant à Dieu la juste propriété d'une force motrice inépuisable, ne diminue pas d'une once le mérite des Hollandais.

Huit mille moteurs à vent, érigés suivant le principe archaïque qui déjà irritait don Quichotte, leurs quatre bras souvent plantés au sommet d'édifices tellement invraisemblables (le moulin de Harlem surmonte le pignon d'une maison de trois étages), qu'on se demande s'il s'agit d'éviter la lance du

fameux caballero, d'imiter un music-hall de Montmartre, ou de capter simplement le maximum d'énergie éolienne ; des digues sans fin, bâties, contre la mer, en pieux de béton, profilées en escaliers brise-lames, et d'une ordonnance si étudiée qu'une école spéciale d'ingénieurs est nécessaire pour en conserver la technique ; des levées de terre en bordure de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin ; des canaux, enfin, pour évacuer vers la mer l'eau que les moulins retirent de ce vaste camp retranché : telle est l'œuvre par laquelle vingt générations ont agrandi les Pays-Bas au détriment des eaux.

S'il n'était déjà réalisé après quatre longs siècles d'efforts, le projet d'une semblable entreprise, fondé sur un moteur aussi rudi-



UN MOULIN ORIGINAL ET TRÈS ANCIEN DONT LES TOILES, SITUÉES À LA PÉRIPHÉRIE, POSSÈDENT UNE GRANDE VITESSE, SEULE CONDITION D'UN BON RENDEMENT

mentaire (dont le plus puissant ne fournit jamais plus de 25 C. V.), apparaîtrait comme une fantaisie romanesque. Cette fantaisie, les ingénieurs modernes prétendent la continuer et même la développer ; ils ont conçu (et les Chambres néerlandaises ont voté) le projet de dessèchement du Zuiderzée, ce qui donnera une « douzième province » (200.000 hectares) à la Hollande. D'ici trente ans, cela sera. Mais, par un singulier retour, les ingénieurs voudraient secouer la tutelle du vent.

Au cours du XIX^e siècle, des pompes à vapeur de secours à

grand débit sont venues s'installer à côté des moulins. L'irrégularité du vent causa parfois des désastres. Quand le vent tombe pendant plusieurs semaines, les polders redeviennent des marécages, où les animaux « paissent avec cinq gueules » — le piétinement de leurs quatre fers causant quatre fois plus de dégâts que leurs seules mâchoires. Les usines de pompage à vapeur entrent alors en action.

La sécurité de leur fonctionnement permet, en outre, d'étendre hardiment les surfaces desséchées ; les polders nouvellement créés sont de plus en plus profonds. Des pompes à vapeur isolées aux pompes électriques alimentées par des centrales thermiques, il n'y a qu'un pas. Les ingénieurs ont fait mine, ces derniers temps, de le franchir. Mais les « paysagistes », les artistes, les syndicats de tourisme se sont élevés contre les ingénieurs, au secours des moulins menacés. Ils apportent cet argument : « Le charbon vient et ne peut venir que d'Allemagne. Le maître du charbon sera le maître du pays. »

En vain, les ingénieurs éta-



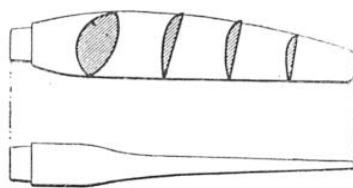
LE MARÉCAGE DE LA CAMARGUE ET LE DÉSERT CAILLOUTEUX DE LA CRAU POURRAIENT ÊTRE ÉGALEMENT FÉCONDÉS, L'UN PAR ASSÈCHEMENT, L'AUTRE PAR IRRIGATION, AU MOYEN DE TURBINES ÉOLIENNES DE POMPAGE

blissent la comparaison de l'énorme prix d'entretien des moulins, qui exigent, chacun, la présence continue d'un « meunier », dont l'unique fonction est de fumer sa pipe en surveillant l'orientation du vent, et dont le traitement est, naturellement, celui d'un honnête homme. L'équipement électrique, au contraire, peut, aujourd'hui, couvrir le pays tout entier, sans nécessiter aucun surveillant local. La télémechanique supplée à tout. Un seul inspecteur-mécanicien remplace cent meuniers à eau.

La solution française du problème de l'utilisation du vent

Les choses en sont là. Le débat est aigu. Les journaux hollandais en retentissent. Mais voici que de France s'élève la voix d'un aérotechnicien notoire, M. Constantin, qui dit aux Hollandais : « Vous voulez supprimer les meuniers tout en conservant les moulins ? Voici un dispositif automatique capable de réaliser ce paradoxe.

« Je regrette, d'ailleurs, que votre sens esthétique (qu'il m'est impossible de blâmer) vous oblige à conserver le moteur à quatre voiles de toile. J'ai cal-



PALE DE TURBINE AÉRIENNE
CONSTANTIN EXPÉRIMENTÉE
AU LABORATOIRE EIFFEL

*Les différentes sections du profil
sont rabattues.*

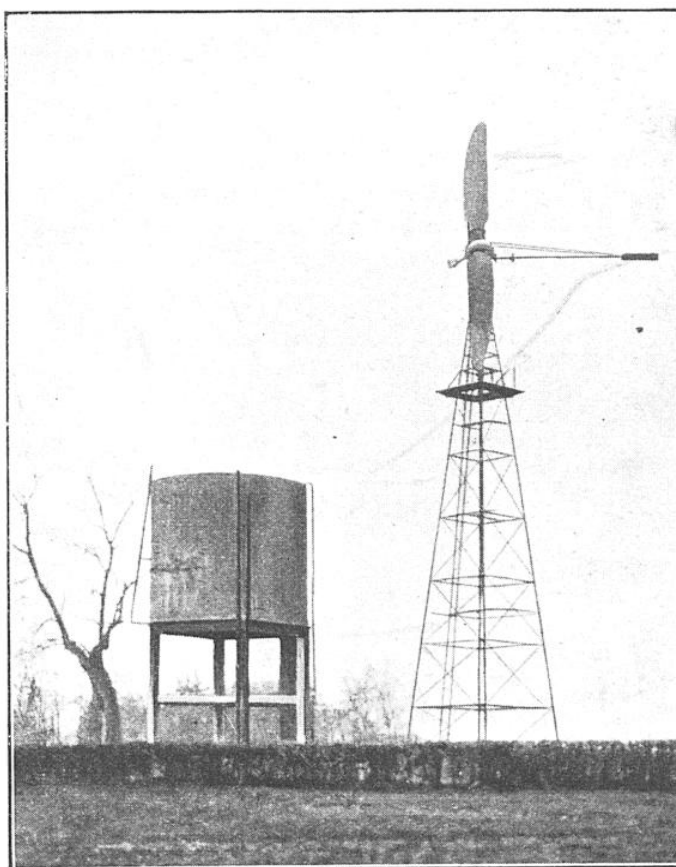
culé une turbine éolienne sur le modèle des hélices d'avion à deux pales, dont la solidité à toute épreuve, le rendement élevé et les commodités d'installation relèguent à l'arrière-plan vos archaïques moulins.»

Et, se tournant vers une région française analogue aux deltas du Rhin, de l'Escaut et de la Meuse, la Camargue des Bouches-du-Rhône, M. Constantin estime qu'il faut, sans retard, atteler ses

turbines éoliennes à son dessèchement. L'immense polder français est déjà préparé : l'étang de Vaccarès (23.000 hectares) peut

être desséché sur les trois quarts de sa superficie, le dernier quart servant de réceptacle aux canaux drainant les eaux salées et les eaux douces de lavage, dont il faudra arroser la plaine pour la desaler. Ces canaux seront, du reste, alimentés eux-mêmes par des éoliennes locales, relevant leur niveau chaque fois que la pente naturelle du sol sera trop faible pour assurer l'écoulement direct.

La digue de protection contre la douce Méditerranée existe déjà : une simple levée de terre, n'exigeant aucun des travaux gigantesques en béton armé que l'assèchement du Zuyderzée va



TURBINE ÉOLIENNE CONSTANTIN ACTUELLEMENT EN
EXPÉRIENCES A ROANNE

Le grand réservoir d'eau qu'elle alimente mesure exactement le travail fourni par l'appareil. L'accumulation d'eau dans des bassins analogues très élevés, peut être envisagée, dans la Crau, non seulement pour l'irrigation méthodique des terres, mais encore comme une réserve d'énergie capable d'alimenter des turbines hydrauliques génératrices de courant, aux heures d'accalmie du vent.

nécessiter contre les marées et les tempêtes de la mer du Nord.

Et, à côté de la Camargue marécageuse et salée, il y a la Crau, désert de galets, qui représente l'ancien lit de la Durance, quand celle-ci aboutissait directement à la mer, aux époques géologiques. La Crau est stérile par manque d'eau. Mais une nappe sous-jacente (une véritable rivière souterraine, vestige de l'ancienne Durance), la sous-tend à 2 mètres de profondeur. Il n'y a donc qu'à pomper. Ce sera encore la fonction des éoliennes. Le mistral est là pour les faire tourner.

Et puis, les services d'eau étant assurés, les turbines éoliennes doivent pouvoir transformer en électricité autant d'énergie qu'elles pourront en emprunter à ce même mistral, fleuve aérien inatrrissable.

Ce second chapitre de l'utilisation du vent soulève une discussion qui, pour le premier, serait oiseuse. L'utilité pratique du vent pour les travaux d'assèchement n'est plus à démontrer, même avec des appareils rudimentaires. Il n'en est pas de même pour sa transformation industrielle en électricité sur une grande échelle.

Nous allons donc borner notre examen technique à ce dernier point, qui domine tous les autres par ses immenses perspectives économiques.

L'aéromoteur rationnel est un fils de l'aéroplane

Le fait nouveau, depuis mille ans qu'il existe des moulins, c'est que l'hélice aérienne est inventée. L'hélice d'avion est l'inverse d'un moulin. Et son profil est étudié mathématiquement d'après les lois de l'aérodynamique — science toute jeune, pas encore très sûre d'elle-même, où l'expérience précède encore la formule.

Ne croyons pas, toutefois, qu'il suffirait de monter une hélice aérienne sur un axe horizontal et de l'offrir au vent pour avoir le

moulin idéal. Ce serait beaucoup trop simple.

L'étude rationnelle de l'hélice considérée comme turbine exigeait des essais spéciaux. C'est le mérite de M. Constantin de les avoir effectués et d'être parvenu au profil que nous reproduisons ici (page 491).

Expérimentée au laboratoire Eiffel par M. Lapresle, cette turbine révéla un rendement qui dépasse celui de tous les aéromoteurs existant à l'heure actuelle.

La puissance d'un moulin dépend du rapport de la vitesse périphérique de ses pales à la vitesse du vent. Son rendement (taux de l'énergie mécanique fournie comparée à

l'énergie cinétique de la masse d'air utilisée) passe, pour une forme de moulin donnée, par un maximum quand la vitesse périphérique des pales est égale à un certain nombre de fois la vitesse linéaire du vent.

De cette loi générale on tire des conséquences presque évidentes : ainsi, pour les installations de faible puissance, le moulin américain (éolienne com-

mune de nos campagnes, circulaire, à palettes nombreuses) est préférable à tout, parce qu'il démarre facilement. Mais, que le vent vienne à dépasser une certaine vitesse, le moulin américain a beau tourner vite (il est, d'ailleurs, limité dans cette faculté), il n'absorbe bientôt plus qu'une faible partie de l'énergie reçue. L'effort qu'il supporte tend alors simplement à le démantibuler. Il faut le faire « éviter » ou même le stopper. L'excès d'énergie lui est nuisible.

Le moulin hollandais à quatre grandes voiles est plus inerte, mais ses dimensions lui assurent une grande vitesse périphérique ; il atteint un rendement d'autant meilleur que ses ailes ont plus d'envergure. Mais ces dimensions excluent naturellement la précision mécanique. En tout cas, il est loin de réaliser les meilleures conditions d'utilisation de l'énergie éolienne.

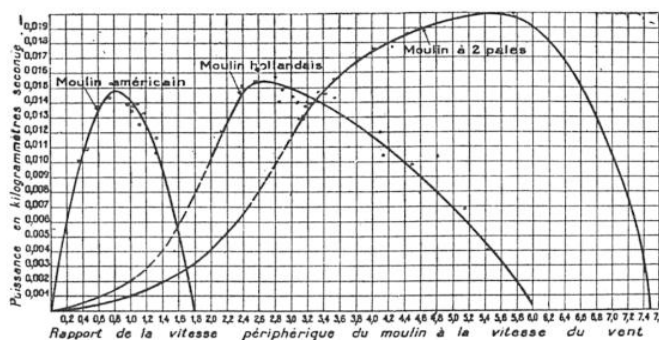


DIAGRAMME OBTENU EXPÉRIMENTALEMENT, AU LABORATOIRE EIFFEL, SUR DIFFÉRENTES FORMES DE MOULINS A VENT

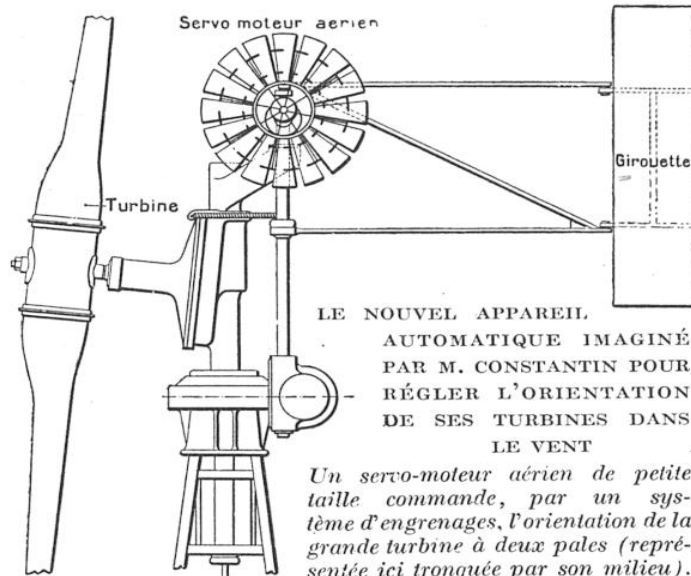
La puissance réalisée est marquée en ordonnées. En abscisses, est noté le rapport correspondant « de la vitesse périphérique du moulin à la vitesse du vent ». On voit que le moulin hollandais est supérieur au moulin américain aux points de vue puissance et vitesse de rotation. La turbine à deux pales est elle-même supérieure au moulin hollandais.

L'hélice est une turbine à air d'un excellent rendement

La turbine hélicoïdale, au contraire, peut être montée avec toutes les ressources de la machinerie moderne, sur paliers ajustés comme ceux d'un moteur, ses engrenages baignant dans l'huile. Les vitesses de rotation qu'on peut lui demander ne sont limitées que par sa rup-

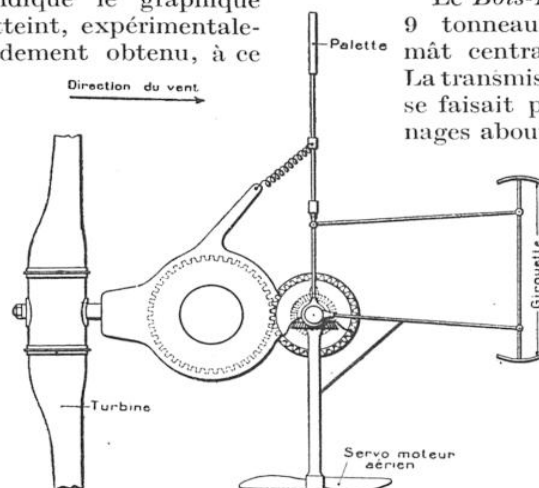
ture à la force centrifuge. Elle peut donc utiliser des vents sous lesquels le moulin hollandais doit, en toute prudence, « éviter ». Comme l'indique le graphique page 492, la turbine atteint, expérimentalement, le meilleur rendement obtenu, à ce jour, par un appareil de ce genre. Ce point optimum est atteint quand sa vitesse périphérique est six fois la vitesse du vent.

Le seul inconvénient de la turbine hélicoïdale réside dans son faible couple de démarrage. Elle est rétive à se mettre en marche. Sous vent faible, une telle turbine de grandes dimensions



LE NOUVEL APPAREIL AUTOMATIQUE IMAGINÉ PAR M. CONSTANTIN POUR RÉGLER L'ORIENTATION DE SES TURBINES DANS LE VENT

Un servo-moteur arien de petite taille commande, par un système d'engrenages, l'orientation de la grande turbine à deux pales (représentée ici tronquée par son milieu). Mais c'est une « girouette » spéciale qui commande à son tour le servo-moteur, par un mécanisme des plus ingénieux, décrit dans la figure suivante.



UNE GIROUETTE INGÉNIEUSE

Le vent (direction indiquée) frappe sur une palette qui, dans la position de repos, prolonge l'axe du servo-moteur. Si le vent vient à dépasser une certaine force, fixée d'avance comme limite de ce que peut supporter le moulin, la palette cède sous le vent et tend, par sa déviation, un ressort à boudin visible au centre de la figure, jusqu'à ce que l'équilibre soit établi entre la force de ce ressort et celle du vent. Mais, par sa déviation vers la droite, la palette oblige la girouette à deux pales (montée sur trapèze articulé) à tourner elle-même en sens inverse, c'est-à-dire vers la gauche. Dans cette position, la girouette prend le vent et revient vers sa position première. Mais, en le faisant, elle entraîne, cette fois, avec elle, le servo-moteur dont elle est solidaire et oblige ce servo-moteur à présenter ses ailes au vent. Le servo-moteur entre alors en action et oriente à son tour la grande turbine. Si le vent tombe, l'opération inverse s'accomplit et le servo-moteur reprend sa position de profil dans la direction du vent.

serait battue par la simple éolienne de fer-blanc. Mais nous allons voir tout à l'heure comment on vainc facilement cette difficulté du démarrage, par l'accouplement avec une dynamo réversible.

A-t-on essayé, jusqu'ici, des turbines à hélice de grande taille ?

Les seuls essais intéressants, quoique de faible importance, effectués par M. Constantin,

furent : ses expériences de 1923, avec le *Bois-Rosé* (1), et ses expériences en cours, dans une propriété privée de Roanne.

Le *Bois-Rosé* était un bateau de 9 tonneaux, supportant sur un mât central une turbine aérienne. La transmission de l'énergie aérienne se faisait par des renvois d'engrenages aboutissant à l'hélice marine.

Le *Bois-Rosé* évolua tant qu'on voulut contre le vent. Un accident déplorable en priva l'inventeur : le bateau fut perdu en mer pendant son remorquage à Cherbourg, où le ministère de la Marine désirait

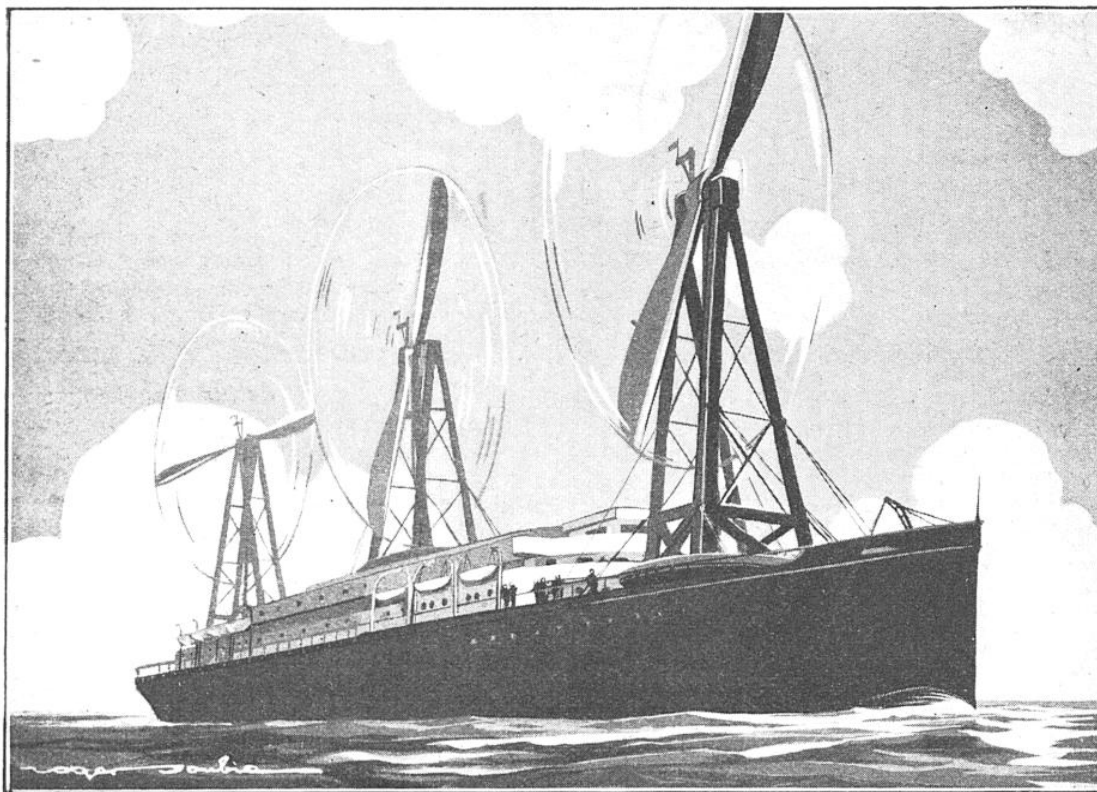
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 67.

l'étudier de près. Aujourd'hui, M. Constantin, qui a, naturellement, examiné, avec calculs à l'appui, le système des bateaux à rotors (1) de l'ingénieur allemand Flettner, est d'avis qu'un bateau de même tonnage que le *Barbara* de M. Flettner, et muni de trois turbines aériennes de 40 mètres, battrait facilement son paradoxal concurrent. Or, le *Barbara* vient de traverser l'Atlantique.

Verrons-nous bientôt à flot son concurren-

La première est celle-ci : le vent est l'irrégularité même. Le courant électrique exige, au contraire, une certaine constance, soit dans la tension, soit dans l'intensité. L'irrégularité des cours d'eau est déjà si difficile à accorder avec une fourniture régulière d'énergie ! Comment ferez-vous quand les dynamos seront soumises aux caprices, non de l'eau, mais du vent ?

A cela, M. Constantin répond : On peut



UN NAVIRE A TURBINES ÉOLIENNES QUI, DEMAIN, POURRAIT FORT BIEN CONCURRENCER LE « BUCKAU » ET LE « BARBARA » A ROTORS, DE L'INGÉNIEUR ALLEMAND FLETTNER

rent français à moteur éolien ? C'est là, nous croyons, le meilleur laboratoire que puisse souhaiter le constructeur de turbines aériennes.

Comment on peut concevoir l'usine aéroélectrique de demain

Supposons la turbine géante bien au point avec ses systèmes d'évitement automatique. Nous indiquons sur le schéma page 495 comment on peut concevoir son accouplement avec une génératrice électrique. Quelles objections techniques peut-on faire à son utilisation pour fabriquer du courant ?

(1) Cf *La Science et la Vie*, n° 92.

classer en trois sortes les *variations* du vent. Chacune a son remède.

Il y a, d'abord, les variations *instantanées*, analogues à des secousses portant sur une minute ou deux. Mais les grandes dimensions de la turbine et sa grande vitesse lui donnent une inertie suffisante pour aplanir ces variations instantanées, à la manière d'un volant de machine à vapeur.

Viennent ensuite les variations simplement *rapides*, portant sur un quart d'heure de temps, une demi-heure, une heure même... Ici, le remède consiste à imaginer une usine-tampon capable de suppléer à cette défaillance momentanée. Le système le plus souple

sera l'accumulateur d'énergie. La puissance moyenne de l'usine aéromotrice étant évaluée à un taux très prudent, assez bas, on accumulera l'énergie produite en excédent, aux heures d'abondance, pour la restituer au réseau aux heures de disette. Cette accumulation ne saurait être faite par l'accumulateur électrique, trop coûteux. L'accumulateur de vapeur est bien préférable.

Dans une étude difficilement contestable, l'éminent professeur à l'Institut électrotechnique de Grenoble, M. P. Bergeon, démontre qu'il est, dès maintenant, économique, pour certaines industries, d'utiliser des chaudières à vapeur *électriques*, c'est-à-dire dans lesquelles l'eau est vaporisée par des électrodes de charbon (en courant alternatif, bien entendu, sinon il y aurait électrolyse). On peut, par ce moyen, absorber, par exemple, le courant de nuit et les « creux » des usines hydroélectriques. L'eau peut être soit simplement chauffée, soit vaporisée, et la vapeur, enfin, accumulée dans des récipients auxiliaires calorifugés (accumulateurs de vapeur), d'où elle sera libérée, au moment voulu, pour alimenter des machines. Ces trois degrés d'accumulation thermique de l'énergie électrique montrent quelle souplesse d'utilisation l'on peut envisager.

Dans le Rhône, l'Isère, la Loire, il existe 3.700 chaudières représentant 280.000 mètres carrés de surface de chauffe, dont 60 % sont utilisés à la production de vapeur industrielle de chauffage. Est-ce que les industriels, à qui l'on offrirait de la vapeur électrique à très bon marché, n'auraient pas intérêt à la recueillir, à n'importe quel moment, dans des accumulateurs, quitte à baisser ou à éteindre leurs foyers à charbon ? Voilà donc une première issue pour le courant irrégulier de l'usine aéromotrice.

Cette usine peut, d'ailleurs, se servir, elle aussi, de chaudières et d'accumulateurs de vapeur pour actionner des turbo-générateurs de secours, qui entreraient en action

quand le vent faiblirait et, en tout cas, *amortiraient la chute de la fourniture d'électricité.*

L'interconnexion des usines thermoélectriques, hydroélectriques et aéroélectriques peuvent combler les défaillances du vent

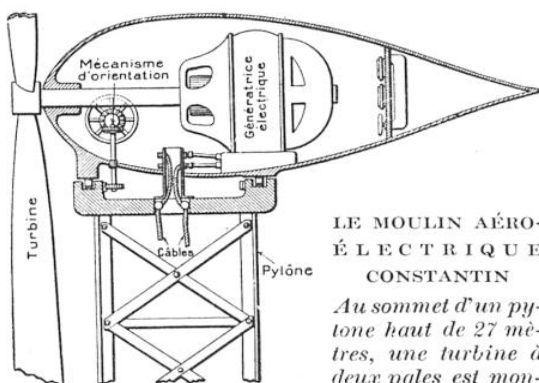
Voici donc l'usine complètement stoppée. Le vent est tombé depuis vingt-quatre heures. Les accumulateurs de vapeur sont épuisés. C'est la panne pour x jours, ou, si vous voulez, la troisième espèce de « variation du vent ».

Ici, le remède n'est plus à la portée de l'usine aéroélectrique considérée comme unité isolée. Il faut de toute évidence que son réseau particulier de distribution soit inséré dans un réseau plus vaste, où des centrales thermiques à charbon et des usines hydrauliques à grands réservoirs, puissent combler instantanément le déficit d'énergie éolienne — jusqu'à la reprise du vent.

Mais est-ce là un problème au-dessus des facultés d'organisation des grands réseaux électriques ?

Étant donné le peu de main-d'œuvre qu'exige actuellement une centrale thermique bien organisée, n'y aurait-il pas, dans tous les cas, un bénéfice immense à consacrer deux ou trois chaudières puissantes à la *doublure* éventuelle de l'usine éolienne ? Le charbon économisé par le vent ne paierait-il pas le capital engagé dans ce supplément d'installation ?

En résumé, si toutes les industries intéressées, dans une région, à la consommation de l'électricité ou de la vapeur, si tous les producteurs de courant (hydraulique ou thermique) de la même région s'accordaient ensemble pour dresser un plan coordonné de consommation du courant, il est mathématiquement certain qu'une usine aéroélectrique très puissante, installée dans une région de grands vents, fournirait de l'énergie à des prix défiant la concurrence de la houille.



LE MOULIN AÉRO-ÉLECTRIQUE CONSTANTIN
Au sommet d'un pylône haut de 27 mètres, une turbine à deux pales est montée sur l'axe horizontal d'une dynamo génératrice de courant continu. L'ensemble de ce groupe « aérogénérateur » tourne sur une plate-forme fixe par des galets insérés sur un chemin de roulement circulaire. Cette rotation est commandée à distance par le poste de surveillance de l'usine, afin d'obtenir constamment la meilleure orientation par rapport au vent. On peut également envisager un système automatique fonctionnant sous l'action du vent lui-même.

La technique des avant-projets conçus par M. Constantin envisage, d'ailleurs, des détails ingénieux : ainsi, le transport de force se ferait à tension et à intensité variables, des turbines aériennes aux accumulateurs thermiques.

Le schéma reproduit ici résume le dispositif : les aéromoteurs engendrent un courant continu, dont la tension et l'intensité sont réglées du mieux possible par le couplage et le découplage rapide des diverses unités ; suivant la vitesse du vent, on met en « série » ou « en parallèle » un plus ou moins grand nombre d'aérogénératrices. Cette opération doit même pouvoir être confiée à l'action automatique du vent.

Remarquons, en passant, que la génératrice à courant continu peut devenir *motrice* pendant quelques instants sous l'impulsion d'un renvoi de courant par le poste central. Et c'est par ce moyen très simple que s'effectuera le démarrage de l'aéromoteur.

Ce courant continu des éoliennes alimente des grou-

pes convertisseurs, qui le restituent en courant triphasé. Ces convertisseurs, conjugués avec les groupes des chaudières élec-

triques, peuvent finalement être maintenus à une vitesse de rotation constante. Le courant triphasé conserve donc la « périodicité » exacte (mettons cinquante périodes par seconde) qui est nécessaire à son déversement dans le réseau industriel normal.

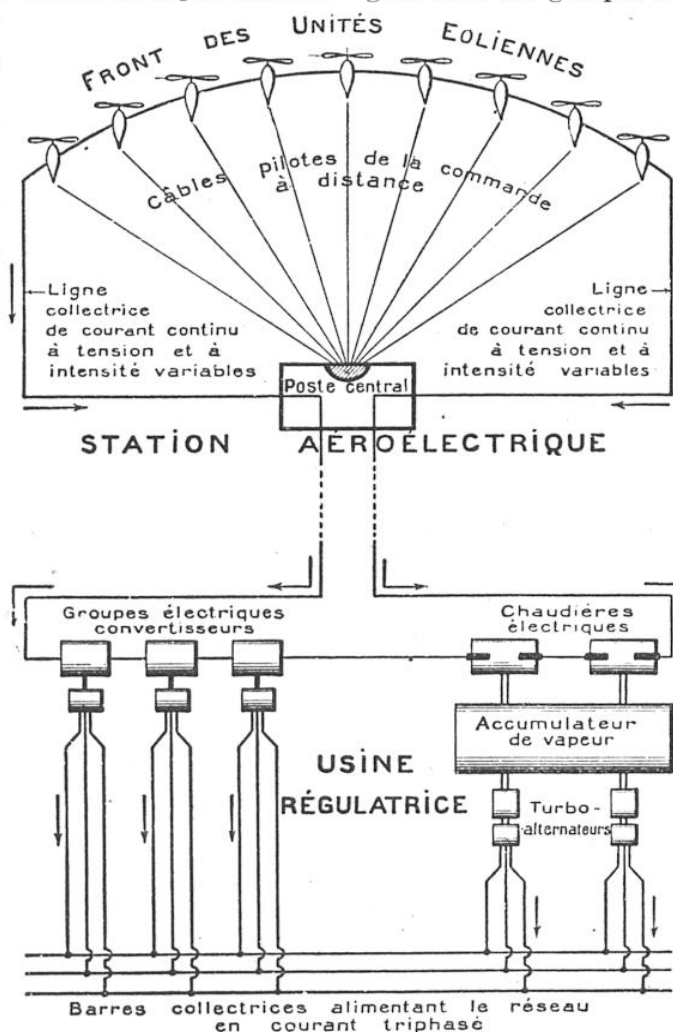
Où situer les usines aéro-électriques en France ?

La vallée du Rhône, parallèle aux Alpes et relativement proche des centrales de montagne, est tout indiquée pour exploiter le mistral en conjugaison avec la houille blanche des glaciers.

Au sommet du mont Ventoux, pendant l'année 1913, pour laquelle on possède une statistique exacte, les vitesses du vent furent :

10 mètres-seconde pendant 106 jours ; 14 mètres-seconde pendant 63 jours ; 21 mètres-seconde pendant 50 jours.

Durant ces 219 jours, les calculs de M. Constantin montrent



SCHEMA DE L'USINE AÉROÉLECTRIQUE TELLE QUE LA CONÇOIT M. CONSTANTIN

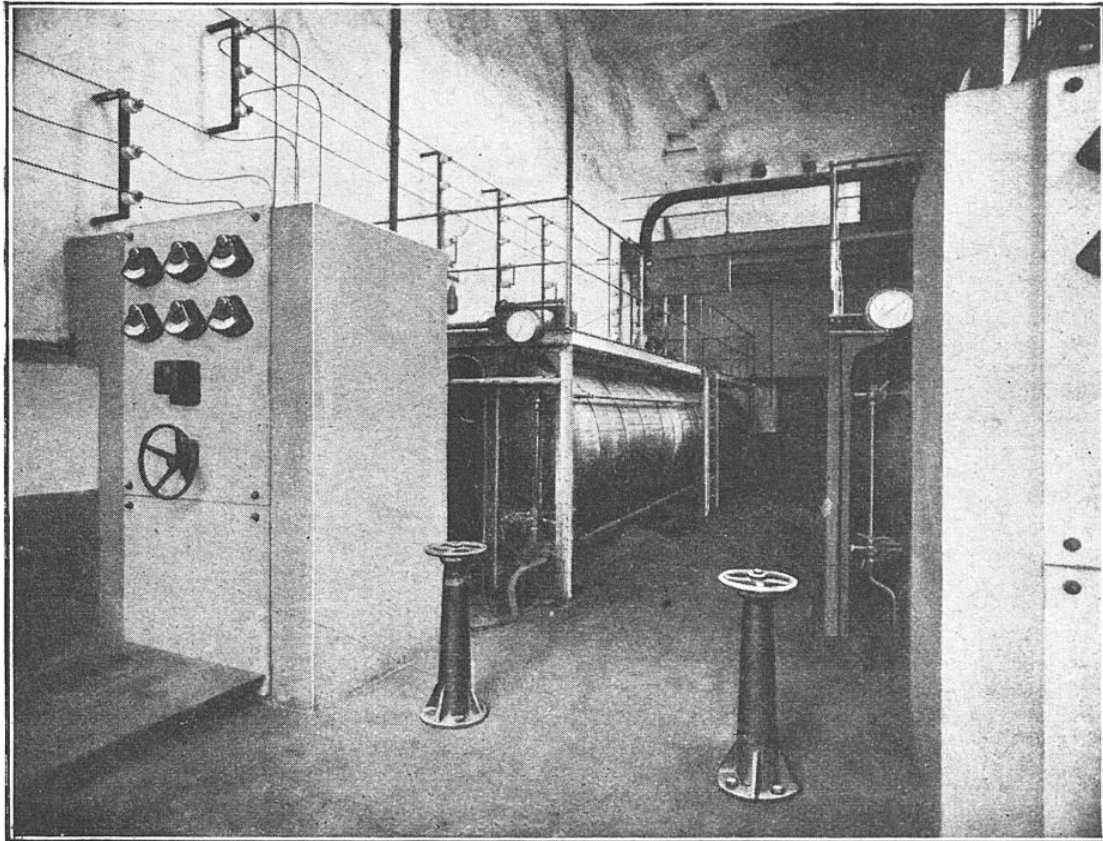
Les unités génératrices éoliennes sont disposées aux meilleurs emplacements topographiques. Chacune d'elles est reliée au poste central de surveillance par un câble pilote servant à commander son orientation dans le vent, et à coupler sa dynamo génératrice soit en « parallèle », soit « en série », avec quelques-unes (ou la totalité) des autres génératrices ; cette manœuvre dépend de la force du vent et de l'état de la « réserve d'énergie » accumulée à l'usine régulatrice. Cette réserve est réalisée par l'intermédiaire de chaudières électriques, sous forme de vapeur accumulée dans des récipients ad hoc, d'où la vapeur est distribuée à des turbo-alternateurs fournissant du courant triphasé. Le gros du courant continu fourni par les groupes éoliens arrive, d'autre part, dans des groupes électriques convertisseurs qui transforment le courant continu en triphasé. Le courant triphasé des convertisseurs électriques et celui des turbo-alternateurs à vapeur se rejoignent dans les barres collectrices du réseau qu'il s'agit d'alimenter.

que le travail effectué réellement par une turbine de 30 mètres de diamètre, aurait équivalu à celui de 400 C. V. travaillant nuit et jour pendant toute l'année. Une turbine de 40 mètres eût équivalu à 710 C. V. Une de 50 mètres à 1.110 C. V. !

Et le nombre des turbines, dont on peut couronner le Ventoux est considérable.

pense, en certains points, notamment sur les côtes. Une usine électrochimique qui se fonderait à Jersey pour utiliser la houille éolienne n'aurait guère de chômage absolu — surtout avec une accumulation judicieuse de vapeur.

Les plus grandes turbines aériennes de M. Constantin auraient 50 mètres de dia-



VUE D'UNE CHAUDIÈRE ÉLECTRIQUE POUVANT ÊTRE UTILISÉE, AINSI QUE L'INDIQUE LE SCHEMA DE LA PAGE 496.

Sur la Manche, dans les îles de Jersey, je relève une statistique des observations effectuées par les pères jésuites en 1913. Le vent était mesuré à 55 mètres au-dessus de la colline portant l'observatoire. Les moyennes mensuelles des vitesses observées oscillent entre 19 et 29 kilomètres à l'heure.

Au cours d'un même mois (janvier, par exemple), les moyennes horaires des vitesses observées, chaque jour, toutes les heures, oscillent de 28 à 34 kilomètres. En été (juin), les mêmes moyennes oscillent de 19 km. 5 à 22 kilomètres.

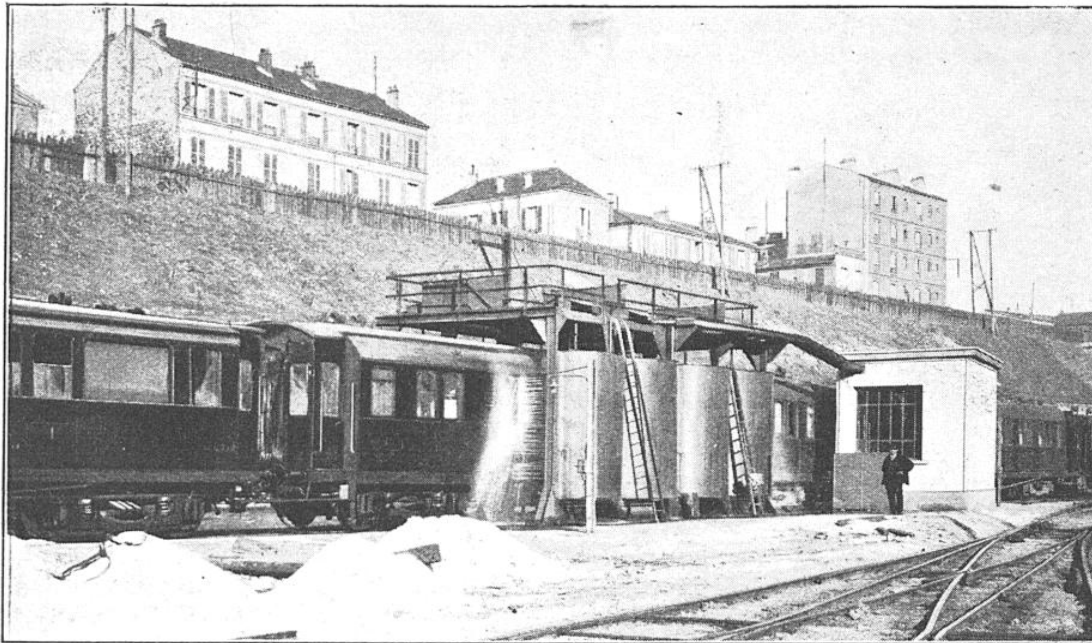
Ces chiffres montrent combien l'écoulement du vent est plus régulier qu'on ne

mètre. Elles pourraient absorber l'énergie de vents atteignant 25 mètres par seconde et tourneraient alors à quatre-vingt-quinze tours par minute. Dans la vallée du Rhône, une telle turbine fournirait, bon an mal an, une quantité d'énergie équivalant à 1.000 tonnes de charbon.

Avant d'envisager l'installation de véritables centrales aéroélectriques, il serait intéressant cependant d'effectuer une réelle expérience industrielle. Sommes-nous vraiment pauvres au point de ne pouvoir mettre debout, ne serait-ce que par curiosité, une demi-douzaine de ces moulins à « houille éolienne » ?

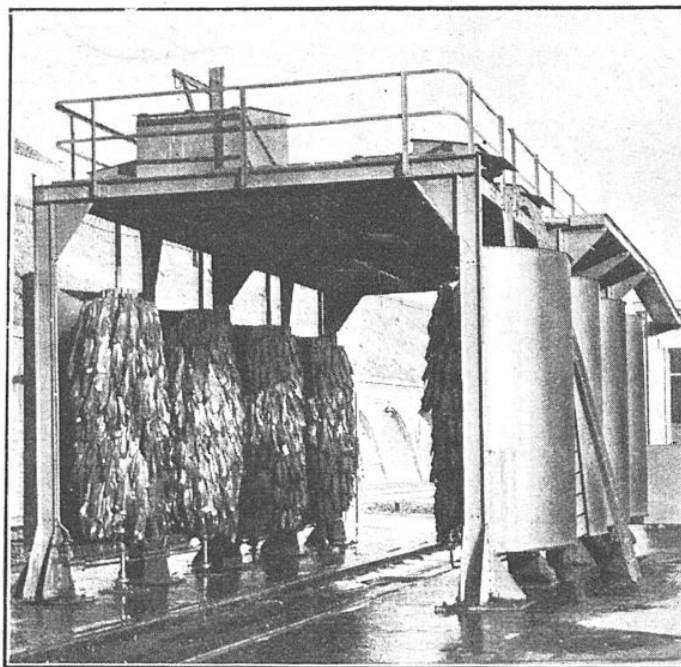
JEAN LABADIÉ.

LE NETTOYAGE MODERNE DES TRAINS



GRACE A CETTE INSTALLATION, LE LAVAGE D'UN TRAIN NE DURE QUE QUELQUES MINUTES

QUI n'a pas constaté avec surprise le peu de progrès accompli dans cette opération journalière du lavage des trains ? Voici, cependant, qu'au chantier de lavage de Bercy-Conflans (P.-L.-M.) une machine automatique vient remplacer, et combien avantageusement, l'ouvrier laveur, muni de son torchon fixé au bout d'une perche. La machine étant en mouvement, des lanières de drap viennent frot-



LA MACHINE A LAYER AU REPOS

ter, sous l'effort de la force centrifuge, contre les caisses des voitures, en même temps qu'un grand nombre de jets d'eau arrosent le train. Celui-ci avance lentement, d'une manière continue, entre ces rouleaux et, en quelques minutes, se trouve complètement lavé. Ce lavage est, d'ailleurs, infiniment supérieur à l'antique lavage à la main, car cette machine projette sur les voitures assez d'eau pour assurer un rinçage parfait,

LA SCIENCE UNIVERSELLE AU XX^e SIÈCLE

LES PROGRÈS DE LA PHYSIQUE ALLEMANDE DANS LES DIX DERNIÈRES ANNÉES

Par MM.

Max BORN

DIRECTEUR
DE L'INSTITUT DE PHYSIQUE MATHÉMATIQUE
DE GÖTTINGEN

Marcel BOLL

PROFESSEUR AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ
DOCTEUR ÈS SCIENCES
PARIS

LA SCIENCE ET LA VIE estime qu'avec sa diffusion dans tous les milieux du monde entier, elle ne doit pas laisser insoupçonnées les préoccupations des plus illustres représentants de la science, dans tous les pays, qui, au laboratoire, s'efforcent d'arracher chaque jour un secret de plus au monde réel. LA SCIENCE ET LA VIE est soucieuse, avant tout, de respecter toutes les opinions et toutes les doctrines, sans se faire la propagandiste d'aucune. Sa mission consiste à renseigner les esprits cultivés sur toutes les découvertes susceptibles d'accroître le savoir humain, et cela sans se préoccuper ni de l'opinion ni de la nationalité de ces pionniers de la science universelle. Non seulement elle a publié ici les pages les plus « vulgarisées » des grands savants français qui ont bien voulu se mettre à la portée du grand public, mais elle a tenu à demander aux savants étrangers les plus illustres de bien vouloir faire entendre leur voix si autorisée. Ainsi, les lecteurs de LA SCIENCE ET LA VIE, qui s'intéressent au progrès de la science, pourront s'initier à la recherche de la vérité scientifique dans tous les domaines.

Parmi les savants contemporains qui ont le plus contribué à l'évolution des théories de la physique moderne, il faut citer, au premier rang, le professeur Max Born, de l'Université de Göttingen. Ses récents travaux ont éclairé tout particulièrement la structure des corps solides et la nature de la lumière. A l'heure actuelle, l'ouvrage publié par lui sur la théorie des quanta (qui a bouleversé, pour ainsi dire, les conceptions des sciences physiques) constitue le meilleur traité que nous possédons sur ce sujet. Il s'est occupé également du problème de la relativité, qui a attiré l'attention des profanes au cours de ces dernières années. Deux de ses ouvrages ont été traduits en français et ont obtenu l'approbation unanime de l'élite intellectuelle.

Nous avons, du reste, prié notre savant collaborateur, M. Marcel Boll, de mettre au point l'article du professeur Born, en parfait accord avec lui, et c'est, pour nos lecteurs, la plus sûre garantie d'exactitude et d'adaptation.

Caractère propre de la science allemande

LA physique, comme toute véritable science, est internationale par nature. Ses résultats et ses méthodes appartiennent, en commun, à l'humanité entière, indépendamment du pays et du peuple où ils ont été, de prime abord, découverts. Aussi un article sur les progrès de la physique allemande est-il, au fond, un exposé du développement de la physique en général, avec mise en relief des travaux effectués par les physiciens allemands.

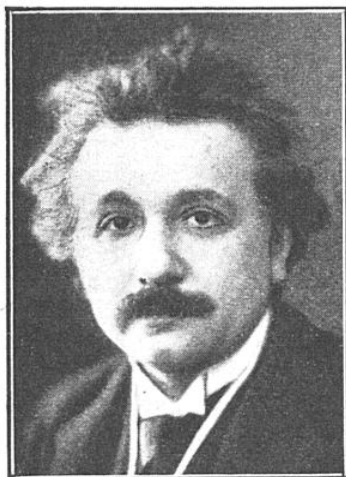
Toutefois, malgré cette internationalité, il existe un certain nombre de traits qui caractérisent les chercheurs des différents pays,

et correspondent, dans une certaine mesure, à l'état de formation intellectuelle du peuple en question.

Ainsi la physique américaine, récemment épanouie avec une telle vigueur, est surtout pratique et dirigée vers un résultat expérimental visible. La pensée des vieux peuples civilisés européens est un héritage du génie grec, que la Renaissance nous a transmis, et ce génie se reflète aussi dans les recherches physiques qui poursuivent les ultimes problèmes du savoir. Mais, ici pareillement, les différences nationales se font jour.

Le physicien français est le représentant de la clarté logique la plus élevée.

Le physicien anglais préfère une sorte de théorie spéculative intuitive.



ALBERT EINSTEIN

Né en 1879. Prix Nobel 1921.

physique allemande pendant cette dernière décennie. Elle est dominée par deux directives nouvelles, qui se sont concrétisées dans deux théories physiques : la relativité et les quanta.

La relativité

En 1915, la relativité restreinte, due à Lorentz et à Einstein, était solidement fondée : elle transformait la physique en une sorte de géométrie à quatre dimensions, dans laquelle le temps entraînait au même titre que les trois dimensions d'espace. C'est en 1915, qu'Einstein (alors à Zurich), publia son premier mémoire sur la relativité généralisée : le point de départ physique était le classement, dans un système logique et cohérent, des phénomènes d'inertie et de gravitation (1), qui se trouvaient juxtaposés et indépendants dans la mécanique de Newton (2).

Trois ordres de vérifications expérimentales vinrent justifier, après coup, la relativité

(1) Voir, à ce sujet, *La Science et la Vie*, juin 1926, pages 479 à 488 : « Qu'est-ce que l'inertie ? Qu'est-ce que la gravitation ? », notamment les deux dernières pages, où se trouve résumé l'essentiel des idées d'Einstein.

(2) Voir *La Science et la Vie*, mars 1927, pages 207 et 208 : « Le centenaire de Newton. »

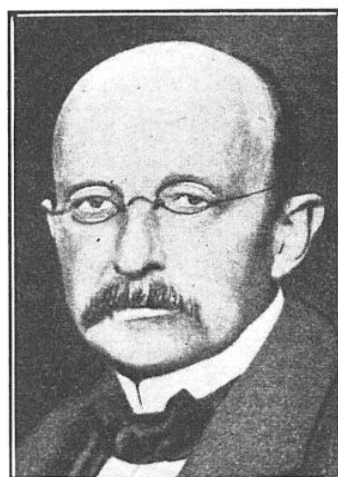
La caractéristique de la physique allemande, à laquelle on peut rattacher, à ce point de vue, les physiques scandinave et hollandaise, est une forte tendance aux concepts abstraits, à la critique et au délaissement des idées reçues. C'est encore dans cette note que se maintint la

généralisée ; ce furent : l'incurvation de la lumière au voisinage du Soleil (fig. 1), le mouvement de la planète Mercure, la comparaison de la couleur des lumières émises par le Soleil et sur la Terre.

Le retentissement de ces travaux fut énorme, même en dehors du cercle des physiciens ; on peut ajouter : inconcevable, lorsqu'on sait que leur compréhension véritable exige des connaissances mathématiques approfondies. Mais les hommes de cette époque, bouleversés par les événements tragiques de l'histoire vécue, cherchaient simultanément : le merveilleux qui devait les affranchir et la base solide sur laquelle ils pouvaient construire ; ils s'imaginèrent trouver l'un et l'autre dans les résultats merveilleux de la science exacte.

Les années suivantes, la théorie de la relativité a été développée en Allemagne, en dehors d'Einstein lui-même, par les mathématiciens remarquables Félix Klein (+ à Göttingen 1925), David Hilbert (Göttingen) et, le plus jeune, Hermann Weyl (actuellement à Zurich).

La science a appris d'Einstein, avant tout, à ne pas s'effrayer de la suspicion qu'on peut jeter sur les notions apparemment les plus certaines, sur les vérités les plus évidentes, quand l'expérience l'exige.



MAX PLANCK

Né en 1858. Prix Nobel 1918.

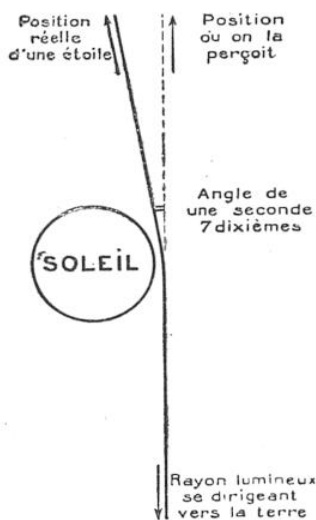


FIG. 1. — L'INCURVATION DE LA LUMIÈRE PAR LE SOLEIL.

Cette incurvation, prophétisée par Einstein dès 1915, a été vérifiée en 1921, puis confirmée — quoi qu'on en ait pré-tendu — en 1926.

Les quanta

La théorie des quanta fut proposée, en 1900, par Max Planck (Berlin), mais ce n'est que dans ces dix dernières années qu'il apparut qu'il s'agissait là d'une réforme fonda-

mentale de la physique, comme celle de la théorie de la relativité (1). Cela, grâce au Danois Niels Bohr, qui appliqua, avec un prodigieux succès, les idées de Planck à la structure des atomes. Ces théories aboutissent à une atomistique dans le sens le plus large : nous sommes contraints d'admettre des *granulations* dans les propriétés, dont la continuité ne semblait devoir être jamais mise en question.

Que la matière ait une constitution corpusculaire, la démonstration en avait été faite dans les décades précédentes ; on savait également déjà que chaque atome chimique avait une structure compliquée, composée de parcelles plus infimes, et l'on avait reconnu, comme éléments de l'édifice, les atomes d'électricité (le proton, positif, et l'électron, négatif).

Avec la théorie des quanta, il s'agissait de trouver, dans les lois naturelles, l'origine de ces particules distinctes. Planck avait attribué à l'énergie une structure atomique ; Bohr fonda une théorie plus générale, d'après laquelle, non seulement l'énergie, mais encore d'autres grandeurs mécaniques ne peuvent être que des multiples entiers d'une quantité élémentaire, d'une partie commune, d'un « quantum » : on dit, pour abréger, que cette grandeur doit être *quantifiée*, d'après l'expression universellement consacrée. La quantification s'impose notamment pour l'impulsion rotatoire d'un électron qui décrit une orbite, c'est-à-dire pour le triple produit de sa masse, de sa vitesse et de sa distance au centre d'attraction.

L'une des démonstrations les plus directes des changements d'état par sauts brusques, que doivent éprouver les atomes d'après Bohr, fut fournie, en 1913, par Franck (Göttingen) et par G. Hertz (Halle), qui reçurent de ce fait le prix Nobel (1925). Le dispositif imaginé par Franck et Hertz

(1) Se reporter à *La Science et la Vie*, décembre 1926, pages 449 à 458 : « Les préoccupations scientifiques de l'heure présente. » La page 454 schématise en quoi consiste le mystère des quanta.

(fig. 2) a pour but de bombarder des atomes avec des électrons et de préciser ce qui s'ensuit ; ils se servent pour cela de tubes, qui comportent un filament incandescent émettant des électrons, tout comme l'appareil qui devait, plus tard, être popularisé sous le nom de *lampe à trois électrodes*. On constate alors que les électrons lents sont réfléchis élastiquement par les atomes du gaz. Pour une vitesse déterminée (dans la vapeur de mercure, la tension appliquée est à peu près 6 volts), il se produit brusquement quelque chose de nouveau : les électrons perdent leur vitesse et cèdent à l'atome leur énergie, laquelle est émise sous forme d'une lumière monochromatique.

Ramsauer (Dantzig) a découvert une particularité remarquable du choc des électrons sur les atomes. Il travaillait avec des électrons beaucoup plus lents (moins d'un volt de tension) que ceux de Franck et Hertz, et il trouva que ceux-ci traversent certains gaz sans aucune résistance apparente. Fait qui possède une importance

capitale pour le développement de la nouvelle mécanique ondulatoire, à laquelle nous faisons allusion plus loin.

Dans un domaine fort différent, mais qui s'est montré extrêmement voisin du précédent, la quantification de l'impulsion rotatoire conduit à une conséquence remarquable : l'angle suivant lequel certains atomes s'orientent, par rapport à un champ magnétique extérieur, ne doit pouvoir prendre qu'un petit nombre de valeurs discontinues. Il en est réellement ainsi, comme l'ont montré Stern (Hambourg) et Gerlach (Tübingen) dans des expériences admirables, qui appartiennent aux découvertes les plus importantes de l'époque contemporaine. Stern et Gerlach ont prouvé (fig. 3 et 4), *sans objection possible*, la discontinuité du magnétisme (1) que peuvent prendre les atomes d'argent et qui consiste dans la modifica-

(1) Voir *La Science et la Vie*, avril 1927, pages 288 à 299 : « Qu'est-ce que l'électricité ? Qu'est-ce que le magnétisme ? » notamment la page 295.

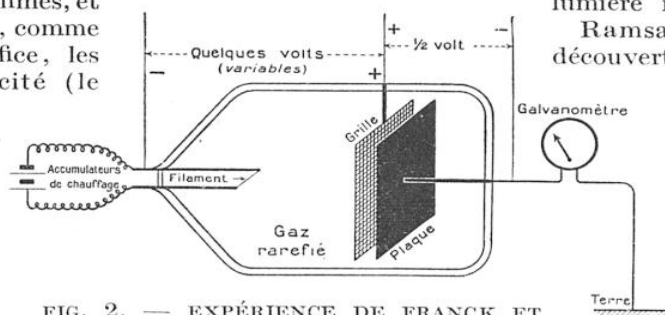


FIG. 2. — EXPÉRIENCE DE FRANCK ET HERTZ (1914)

Les électrons émis par le filament incandescent sont précipités contre la grille, grâce à la tension électrique appliquée. Si, en arrivant à la grille, ils ont acquis une énergie suffisante, ils peuvent en céder aux atomes du gaz. Entre la grille et la plaque, on fait agir une tension en sens inverse (qui freine les électrons), et seuls parviennent à la plaque ceux d'entre eux qui n'ont cédé aucune énergie aux atomes.

tion des orientations des orbites électroniques à l'intérieur des atomes : il s'ensuit que ces orientations, elles aussi, doivent être quantifiées.

Les spectres et la classification périodique

Ces phénomènes sont étroitement liés au comportement optique des atomes dans les champs magnétiques. Dès 1896, le physicien hollandais Zeeman avait découvert que les lignes spectrales se scindent, dans un champ magnétique, en un groupe de lignes ténues ; le théoricien hollandais H. A. Lorentz put expliquer, à l'aide de la théorie classique, le cas le plus simple où il y a formation d'un triplet (fig. 5). Mais les décompositions plus compliquées (qui sont la règle) restèrent incompréhensibles pendant plusieurs années ; ce n'est qu'en 1919 que Landé (Tübingen) réussit à les interpréter à l'aide des principes de quanta. Une

autre explication est intimement liée à la précédente : celle des multiplets naturels, c'est-à-dire des groupes de lignes qui s'observent dans les spectres des atomes en l'absence de champ magnétique appliqué, et qu'étudièrent Landé, Sommerfeld (Munich), Schrödinger (Zurich), Pauli (Hambourg), Heisenberg (Göttingen) et Hund (Göttingen). Les confirmations expérimentales importantes des formules théoriques de l'effet Zeeman ont été fournies par Back (Tübingen). Il faut encore citer, comme spectroscopistes remarquables : Paschen (Berlin) et Meissner (Francfort) qui, notamment, ont débrouillé les spectres extraordinairement compliqués des gaz rares : le néon et l'argon.

Tandis que les divers spectres optiques nous font connaître la structure superficielle de l'atome, les spectres de rayons X (rayons Röntgen) nous instruisent sur sa structure interne. La spectroscopie des rayons X s'est rapidement développée après la découverte de von Laue (Berlin) en 1912 ; elle a été

étudiée, expérimentalement, surtout par le Suédois Siegbahn (1), théoriquement et expérimentalement, par le Hollandais Coster, pendant qu'en Allemagne, Sommerfeld, Wentzel (Leipzig) et Kossel (Kiel) en ont édifié la théorie.

Dans les spectres de lignes, les atomes sont les centres d'émission, mais les molécules des composés chimiques, également, émettent ou absorbent, dans certaines conditions, de la lumière sous la forme de spectres de bandes, qui correspondent à une structure encore bien plus compliquée que les spectres de lignes des atomes. Ici, aussi, la théorie de Bohr est intervenue d'une façon

lumineuse. A la suite d'un chercheur suédois, Heurlinger, qui fraya le chemin, ces spectres furent étudiés à fond, en Allemagne, par Sommerfeld et ses disciples Lenz (Hambourg), Kratzer (Munster), puis par Mecke (Bonn) et d'autres. Récemment, Franck, en découvrant des relations entre ces phé-

nomènes optiques et les propriétés chimiques des molécules, réussit à établir une nouvelle liaison avec la photochimie, dont l'importance théorique et pratique est extrême, et sur laquelle nous reviendrons plus loin. Nous rappellerons toutefois ici que Haber (Berlin) et ses collaborateurs ont rapproché les phénomènes de chimiluminescence (c'est-à-dire l'excitation directe de la lumière par les réactions chimiques) et les chaleurs de réaction, d'une manière analogue à celle de Franck. Les recherches de Franck et de Pringsheim (Berlin) sur la fluorescence et la phosphorescence sont en étroite liaison avec ces travaux.

L'initiateur génial de ce développement, Niels Bohr, a continué à progresser et à diriger, à enseigner des méthodes, à découvrir des conséquences. Le point culminant de ses succès fut l'explication, par la théorie

(1) *La Science et la Vie*, novembre 1926, page 359 : « Le prix Nobel de physique, 1924, est décerné à Manne Siegbahn. »

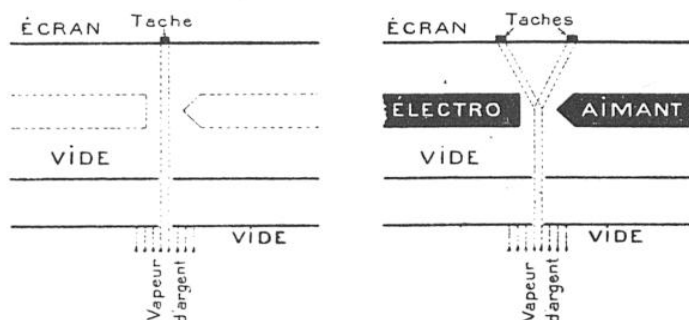


FIG. 3 ET 4. — EXPÉRIENCE DE STERN ET GERLACH (1922)

De la vapeur d'argent est envoyée à travers deux petits trous. Lorsque l'électroaimant n'est pas excité, il se forme une petite tache sur l'écran (fig. 3) ; dans le cas contraire, on obtient deux taches (symétriques) distinctes et non un étalement de la tache primitive : ce qui prouve que les atomes d'argent ne peuvent s'aimanter que d'une manière discontinue.

des quanta, du système périodique des éléments (1) ; l'importance de ce travail réside dans la condensation de ce sujet considérable sous une forme particulièrement simple et adéquate : l'existence d'électrons qui se déplacent sur des orbites déterminées autour du noyau atomique.

Les conceptions de Bohr ont trouvé une confirmation éclatante dans une découverte expérimentale de Coster (actuellement à Groningue, en Hollande) et Hevesy (actuellement à Fribourg-en-Brisgau) ; c'est en s'appuyant sur les propriétés prévues par le grand physicien danois qu'ils établirent l'analogie d'un nouvel élément (l'élément n° 72) avec le zirconium et qu'ils décelèrent sa présence dans certains minerais appelés zircons.

Dans cette grande synthèse, Bohr trouva un appui dans les idées de quelques chercheurs allemands, parmi lesquels il faut surtout citer Kossel et Ladenburg (Berlin). Nous reviendrons plus loin sur les travaux du premier. Les résultats obtenus par Ladenburg résident surtout dans la découverte de ce fait que les analogies dans certains groupes d'éléments, dans les terres rares par exemple, proviennent d'une même disposition extérieure des électrons, tandis que les électrons internes, seuls, diffèrent. C'est également à Ladenburg, avec qui collabora Reiche (Breslau), que l'on doit les premières tentatives fructueuses pour mettre d'accord la théorie des quanta avec certains résultats de l'optique ondulatoire, la dispersion par exemple, c'est-à-dire la décomposition de la lumière par le prisme.

Les quanta de lumière

Nous nous trouvons là en présence de l'une des difficultés fondamentales : la vieille théorie ondulatoire, solidement fondée sur un grand nombre de faits, était en contradiction complète avec la théorie des quanta, qui peut être regardée comme une sorte de théorie corpusculaire. Cette opposition a été particulièrement mise en évidence par Einstein, qui introduisit la notion de *quanta de lumière*, sorte d'atomes de lumière, et montra la possibilité d'expliquer ainsi cer-

tains phénomènes où le rayonnement a une action mécanique. Telles sont les réactions photochimiques, comme la décomposition, par la lumière, des sels d'argent de la plaque photographique. Tel est aussi l'effet photoélectrique (fig. 6 et 7), c'est-à-dire l'émission d'électrons, lorsqu'un métal est frappé par des radiations, effet photoélectrique qui sert de base — on le sait — aux tentatives de télévision.

La loi fondamentale de ces phénomènes découverte par Einstein, a été vérifiée par de nombreux chercheurs ; les mesures photochimiques effectuées par Warburg (Berlin), le doyen des physiciens allemands, sont d'une particulière importance. Les nombreuses recherches qui s'efforcent de rattacher ce groupe de phénomènes à la théorie

ondulatoire, comptent parmi les plus profondes et les plus ardues de la physique moderne.

Tandis que la plupart des travaux étaient plutôt de nature critique, Einstein donna à cette question une direction positive en publiant la déduction purement quantique de la fameuse loi du

rayonnement thermique due à Planck. Le résultat principal d'Einstein était qu'à l'émission de la lumière, un atome devait subir un choc de recul, comme il s'en produit au départ d'un coup de fusil. Le physicien américain A. H. Compton a montré qu'il en est réellement ainsi, mettant expérimentalement en évidence les changements de longueur d'onde dues à ce recul dans la diffusion des rayons X. Ici interviennent encore les recherches importantes de Geiger (Kiel) et de Bothe (Berlin), par lesquels la réalité des quanta de lumière (photons) devint de plus en plus certaine. Mais, dès qu'on souscrivait à cette réalité, il devenait d'autant plus difficile d'expliquer les phénomènes d'interférence, ces alternances de lumière et d'obscurité, qui se produisent dans les espaces éclairés par deux sources et qui trouvent une interprétation immédiate dans la superposition de deux ondes (1).

La plupart des phénomènes physiques peuvent être groupés en deux classes : ceux

Sans champ magnétique	
Dans un champ magnétique	

FIG. 5. — L'EFFET ZEEMAN

A l'état normal, la flamme jaune d'un bec Bunsen, chargée de sel marin, émet notamment une raie jaune. Mais, si on porte cette flamme entre les pôles d'un électroaimant, elle est remplacée par un ensemble de trois raies ou triplet.

(1) Cette classification a été publiée dans *La Science et la Vie*, avril 1927, page 288.

(1) On pourra se reporter à l'article : « Qu'est-ce que la lumière ? » *La Science et la Vie*, février 1926 pages 117 et 118.

qui permettent une explication facile à l'aide des quanta de lumière et ceux qui, sans plus, sont compréhensibles en tant que phénomènes ondulatoires. Il existe toutefois des processus qui peuvent être envisagés aux deux points de vue. Ainsi Wien (Munich), dans de belles et difficiles expériences, a mesuré l'extinction de l'émission lumineuse d'atomes excités, qui, sous forme de rayons positifs (fig. 8), se précipitent dans un espace où ils peuvent rayonner librement. Mais, dans ce cas, on n'a pu élucider si un seul atome scintille d'une façon continue ou si les atomes brillent d'une façon constante et s'éteignent brusquement, auquel cas l'extinction apparaîtrait comme la conséquence d'une inégalité dans la durée d'émission. Une nouvelle contribution d'Einstein à ces questions de principe a été fournie par son étude du comportement des gaz aux basses températures (« dégénérescence » des gaz).

Mécanique quantique et mécanique ondulatoire

Malgré la grande multiplicité des résultats, les fondements de la science physique paraissent incertains, les notions obscures et embrouillées, et cela jusqu'à l'année dernière. Il se produisit alors une brusque clarté grâce à un court mémoire de Heisenberg, qui a permis le développement rapide d'une nouvelle « mécanique quantique ». Celle-ci réunit d'une façon remarquable la conception corpusculaire et la conception ondulatoire ; elle promet, en outre, d'être une science aussi rigoureuse et aussi suggestive que la mécanique d'un Lagrange.

Cette théorie est déjà parvenue à des résultats surprenants : on put déterminer à l'avance les structures possibles et le comportement des atomes, de même qu'on calcule, en astronomie, les orbites des planètes. Il est, toutefois, impossible de développer davantage ici cette question, car les quanta s'éloignent, encore plus que la relativité, des notions habituelles. De plus, le promoteur de cet article est trop intimement lié aux

nouvelles conceptions pour donner sur elles un avis objectif. Nous citerons seulement les savants qui, avec ceux que nous venons de nommer, ont surtout pris part à ces recherches en Allemagne, ce sont Jordan (Göttingen) et Pauli.

Dans une direction tout à fait indépendante, et s'appuyant sur un travail intéressant du physicien français Louis de Broglie, Schrödinger est arrivé à établir une théorie mathématique équivalente à celle de Heisenberg, qu'on désigne sous le nom de « mécanique ondulatoire » et qui présente l'avantage de se relier formellement à la physique classique du continu, pour permettre ainsi des calculs plus faciles.

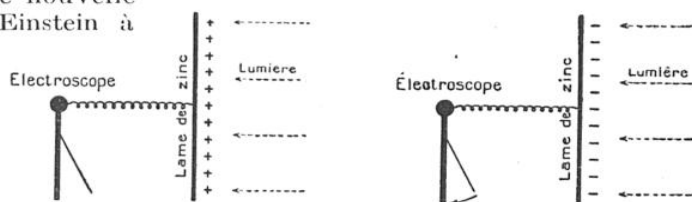


FIG. 6 ET 7. — EN QUOI CONSISTE L'EFFET PHOTOÉLECTRIQUE

Lorsque la lumière (ou mieux les radiations ultraviolettes) frappent une lame de zinc, il y a libération d'électrons. Ces électrons sont retenus par la lame (fig. 6), si celle-ci est chargée positivement, et l'électroscope reste chargé. Ces électrons sont repoussés dans l'air ambiant (fig. 7), lorsque la lame est chargée négativement, et l'électroscope se décharge. L'effet photoélectrique a été découvert par H. Hertz en 1887 ; il a démontré pour la première fois la dissemblance qui existe entre les deux sortes d'électricité et il a servi à Einstein de point de départ pour sa théorie des quanta de lumière (1905).

Valence chimique et structure cristalline

Pendant que toutes ces recherches, de grand style, accusent un bouleversement des fondements de la science physique, des travaux innombrables se développent parallèlement et n'ont, avec les précédents, que peu ou

point de rapport. Les sciences voisines, d'orientation pratique, telles que la chimie, la cristallographie, la métallurgie, n'ont certes pas le temps d'attendre que la physique ait construit son édifice en entier, depuis la base jusqu'aux étages élevés où elles logent. D'où la floraison de disciplines, qui se forment sur la matière des conceptions moins précises que celles de la physique atomique, mais qui sont en liaison étroite avec elle. Par exemple, Kossel a resserré plus étroitement le lien entre la physique et la chimie en ressuscitant, sous une forme nouvelle, la vieille idée de la nature électrique des forces de liaison chimique et en les appliquant, avec un grand succès, au système des composés complexes de Werner. Les idées de Kossel sur le système périodique des éléments se sont incorporées dans les explications quantiques de Bohr.

De plus, ces conceptions se sont montrées particulièrement brillantes pour l'ex-

plication des cristaux. La détermination expérimentale de la structure des cristaux et la mise au point des méthodes théoriques correspondantes ont été surtout élaborées, en Allemagne, par Ewald (Stuttgart), Mark et Weissenberg (Berlin), Schiebold (Leipzig). C'est sur ces fondements géométriques que s'édifia une théorie dynamique des cristaux, qui devait expliquer pourquoi se produisent certains réseaux cristallins et pourquoi ils ont telles ou telles propriétés physiques. On put ainsi prouver que les cristaux de nombreux composés minéraux, des sels en particulier, sont maintenus par l'attraction des charges électriques des atomes ; les forces électriques représentent ici, simultanément, la valence chimique et la cohésion mécanique. Les bases mathématiques de la dynamique cristalline sont étudiées par Madelung (Francfort), Landé, par l'auteur allemand de cet exposé et par Ewald, qui a aussi beaucoup aidé à la création d'une optique cristalline atomique. Pohl (Göttingen) et Gudden (Erlangen), en poursuivant les recherches classiques de Röntgen (mort à Munich en 1923) et de Lenard (Heidelberg) sur la phosphorescence, ont étudié les phénomènes fort intéressants présentés par les cristaux, en particulier la conductivité électrique qu'ils acquièrent par l'éclairement d'une lumière à courte longueur d'onde ; ces chercheurs retrouvèrent les mêmes lois quantiques que celles qui furent d'abord formulées par Einstein pour l'effet photoélectrique qui se produit à la surface des métaux.

Pour l'autre partie du spectre, pour l'infrarouge, les cristaux présentent également de remarquables propriétés, notamment des résonances qui sont caractéristiques de leur structure : ce domaine fut surtout exploré par Rubens (mort à Berlin en 1922), puis par Schäfer (Marbourg).

Grâce à ces travaux, nous possédons une théorie du « cristal parfait », qui est de tous points analogue à la théorie classique des « gaz parfaits ». Les cristaux réels présentent certaines propriétés, comme la plasticité, le durcissement à la déformation, qui échappent encore à la théorie rigoureuse. Cependant, de nombreux progrès ont aussi été réalisés, dans ce sens, par Polanyi (Berlin) et d'autres savants.

Autres recherches

Un autre domaine limitrophe de la chimie est la théorie de l'électrolyse, qui a été rajeunie en ces dernières années. Il est apparu que les vieilles conceptions du Hollandais van't Hoff, du Suédois Arrhénius, de l'Allemand Ostwald (Leipzig), relatives aux électrolytes forts, sont insuffisantes et doivent être affinées en tenant compte des charges électriques des ions. Dans les pays de langue allemande, cette théorie fut développée par Debye et Hückel (Zurich).

La thermodynamique, autre domaine classique de la physique, a été particulièrement explorée par Nernst (Berlin), qui énonça le troisième principe de cette science, puis par les savants du Bureau des Poids et Mesures (Berlin) : les travaux de Henning, Scheel, Holborn, etc., ont trait au comportement thermique des gaz, dans le but d'améliorer les échelles de températures. Grüneisen et Goens ont effectué des recherches fort intéressantes sur les curieuses propriétés des gros cristaux métalliques, qui peuvent être déduites en partie de la théorie des cristaux que nous avons mentionnée plus haut. A ce propos, il convient de citer un progrès technique, qui repose sur une vue théorique

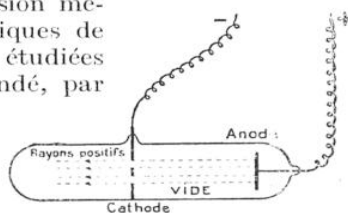


FIG. 8. — LES RAYONS POSITIFS

Ces rayons (appelés encore rayons-canaux) se produisent dans un vide élevé ; ils se composent de particules électrisées très lourdes, qui s'échappent de l'anode à grande vitesse et passent à travers les trous ménagés dans la cathode : c'est derrière cette cathode qu'on les étudie.

profonde : Simon (Berlin), en utilisant la chaleur d'absorption par le charbon, est arrivé à liquéfier le gaz rare hélium dans un appareil simple, de faibles dimensions, et à atteindre les températures les plus basses (quelques degrés au-dessus du zéro absolu) ; cela sans grande installation de machines et autres appareillages, tels qu'ils sont employés surtout à Leyde, en Hollande.

La place nous manque pour parler du grand nombre d'autres travaux orientés vers la technique. Nous rappellerons, toutefois, brièvement l'existence d'un immense domaine qui peut être considéré comme celui de la physique de l'avenir : c'est celui de la structure des noyaux atomiques, de ces centres positifs minuscules autour desquels gravitent les électrons. Ils décèlent surtout leur constitution au moment où ils se désagrègent en donnant lieu aux phénomènes radioactifs. Cette physique nucléaire se développe partout où l'on étudie la radioactivité. A côté des centres anciens que sont

les instituts Curie, à Paris, et Rutherford, à Cambridge, il s'en est créé deux nouveaux dans les pays de langue allemande : le laboratoire dirigé par Hahn et Lise Meitner à Berlin et celui dirigé par Stephan Meyer, à Vienne. Lise Meitner a obtenu des résultats particulièrement importants sur la structure nucléaire, parallèlement avec le physicien anglais Ellis. D'après eux, les lois de la théorie des quanta paraissent se vérifier même à l'intérieur du noyau.

La destruction artificielle du noyau, découverte par Rutherford, fut étudiée avec succès par les expérimentateurs Kirsch et Pettersson (Vienne). Ce phénomène, par suite de la formidable quantité de chaleur qu'il dégage, a vivement excité la fantaisie du grand public ; on espérait avoir trouvé la source d'énergie concentrée de l'avenir. Toutefois, un tel rêve est encore en dehors du domaine de la science objective, de même que la réalisation de celui des alchimistes sur la transmutation des éléments en quantités

pondérables : on se souvient que la transmutation du mercure en or vient de faire inutilement couler beaucoup d'encre (1).

Parmi les innombrables travaux scientifiques, nous avons été obligés de faire une sélection qui a peut-être été moins guidée par le retentissement sur le progrès humain que par les préoccupations qui nous inspirent. Le but de cet article sera atteint si nous avons réussi à montrer qu'il règne, dans la physique allemande, une vie intense et une ferme volonté de se maintenir au niveau de la grande génération de l'époque classique, celle de Kirchhoff, Clausius, Helm-

holtz, H. Hertz, Boltzmann, dignes représentants de la science universelle.

MAX BORN et MARCEL BOLL.

(1) Ce scepticisme coïncide avec les idées exposées dans le numéro de *La Science et la Vie*, octobre 1925, pages 261 à 268 : « La synthèse de l'or est-elle possible ? Est-elle réalisée ? »



CARTE PARTIELLE DE L'ALLEMAGNE

Dressée sans la responsabilité de l'auteur allemand de l'article et indiquant les centres principaux où s'est développée la physique dans ces dernières années. Les noms des savants sont rangés suivant l'ordre où ils sont cités dans le texte.



A 327 KILOMÈTRES À L'HEURE EN AUTOMOBILE

Les multiples problèmes posés par la recherche de la plus grande vitesse

Par Charles FAROUX

A la suite des premiers essais du major Segrave pilotant son automobile Sunbeam de 1.000 C. V. sur la plage de Dayton Beach, en Floride, nous avons demandé à notre éminent collaborateur Ch. Faroux, dont le nom fait autorité dans la technique automobile, de bien vouloir exposer pour nos lecteurs le problème de la vitesse limite de l'automobile de course. Il nous avait adressé, le 24 février dernier, le remarquable article que l'on va lire et dans lequel il avait précisément prévu le nombre record de kilomètres qui ne pourrait être dépassé. L'actualité et le grand nombre d'articles reçus auparavant nous ont seuls empêchés de publier cette belle étude avant que le record de vitesse du monde — 327 kilomètres à l'heure — ne fût réalisé par Segrave, le 29 mars 1927. A la suite de cet exploit, le célèbre recordman a déclaré : « J'ai vécu dans le vertige, j'avais l'impression que ma voiture m'échappait... Je fis les plus grands efforts pour la maintenir en ligne droite... J'ajouterai que 350 kilomètres à l'heure est la limite au delà de laquelle une automobile ne peut marcher sans quitter le sol. » Les prévisions de Charles Faroux ont été justifiées par les faits.

IL y a quatre-vingts ans, une locomotive à vapeur, lors du célèbre « match des voies » engagé en Angleterre par deux compagnies rivales, atteignit 153 kilomètres à l'heure ; plus près de nous, voici environ un quart de siècle, une locomotive électrique, sur une voie d'essais construite entre Zossen et Marienfeld, réalisait, sur une courte distance, 217 kilomètres à l'heure ; le canot automobile a dépassé 120 kilomètres-heure et le record de la plus grande vitesse en avion est d'environ 450 kilomètres-heure.

Où en sommes-nous en automobile

Et, d'abord, quelques mots d'histoire.

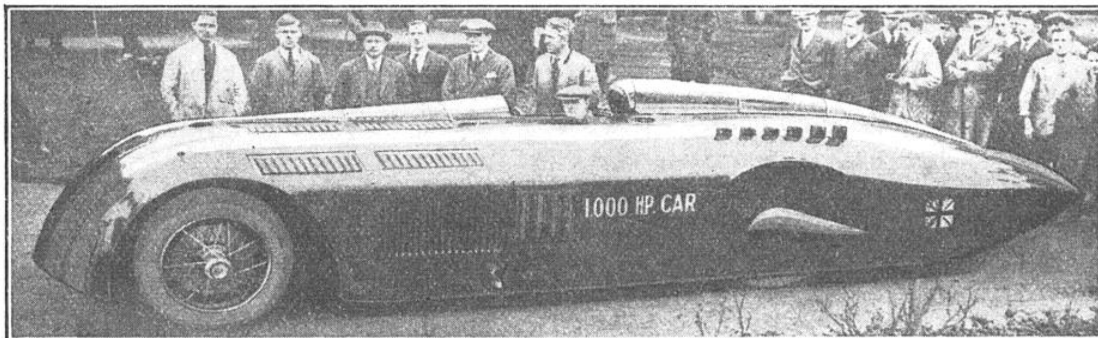
Les 100 kilomètres à l'heure furent atteints pour la première fois, avec un véhicule automobile, par le regretté coureur Camille

Jenatzy, mort tragiquement peu avant la guerre, au cours d'une partie de chasse dans les Ardennes belges.

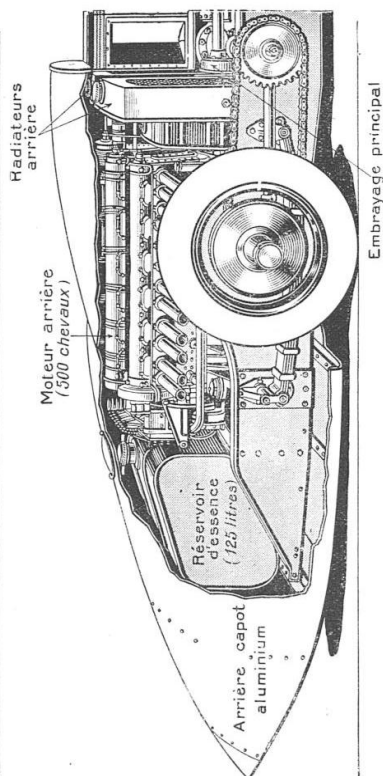
Un Français, Serpollet, ravi trop tôt à notre admiration comme à notre amitié, construisit une voiture à vapeur sur laquelle il réalisa, à Nice, sur la promenade des Anglais, la vitesse de 120 kilomètres à l'heure.

Le moteur à explosions entre en scène. Deux ans à peine s'écoulaient et le conducteur Rigoly, sur une Gobron-Brillie, atteignit, à Ostende, une vitesse de 167 kilomètres à l'heure. C'est encore à un constructeur français, Darraeq, et à un conducteur français, Demogeot, que revient l'honneur de franchir, les premiers, le cap difficile des 200 kilomètres à l'heure, sur une plage de Floride.

Près de vingt années s'écoulaient sans que



VUE GÉNÉRALE DU BOLIDE DE 1.000 C. V. AVEC LEQUEL SEGRAVE A ROULÉ À PLUS DE 327 KILOMÈTRES À L'HEURE SUR LA PLAGE DE DAYTON BEACH (FLORIDE)



DESSIN PERSPECTIVE MONTRANT LES DIFFÉRENTS ORGANES DE LA VOITURE

le record de la vitesse en automobile fasse de progrès sensibles. Ce ne sont pas les moteurs ou les hommes qui font défaut, mais les terrains. Jusque vers 1918, les constructeurs américains, qui disposent de plages admirables, au sol uni et résistant, n'ont pas de voitures capables de battre le record. En Europe, il faut un concours de circonstances favorables exceptionnellement réalisé : sur la route d'Arpajon, dite route des Records, une voiture Delage 12 cylindres, pilotée tour à tour par trois conducteurs de grande classe : Benoist, Divo et Thomas, dépasse 230 à l'heure. Déjà, à la vérité, les Américains ont atteint, en 1924, 257 kilomètres à l'heure, mais la performance n'est point officialisée en Europe, non qu'elle soit douteuse, mais uniquement parce que la direction du sport automobile aux États-Unis est assurée par l'« American Automobile Association », qui n'est point reconnue par les clubs nationaux européens. Cette situation ridicule a, aujourd'hui, heureusement pris fin.

Depuis quelques mois, on annonçait la construction de deux « rieurs » de grande puissance, qui ambitionnaient d'élever le record de la plus grande vitesse. L'un, construit par le constructeur anglais Malcolm Campbell, mettait en œuvre un moteur d'aviation de 450 C. V. ; après diverses tentatives, Campbell a atteint, il y a quelques semaines, la vitesse de 281 kilomètres à l'heure. C'est le record actuel. Entre temps, un Anglais, Parry Thomas, constructeur connu, se tuait sur la plage de Pendine, alors qu'il cherchait, lui aussi, à battre le record. Mais voici qu'entrera prochainement en

lice la prestigieuse voiture construite par l'ingénieur français Louis Coatalen, dont la réputation est justement considérable et qui précède depuis longtemps aux destinées techniques de la grande maison anglaise Sunbeam. Coatalen a muni sa voiture de deux moteurs d'aviation de 500 C. V. chacun ; la puissance motrice est donc de 1.000 C. V. Quelle vitesse peut-on espérer d'attendre avec ce monstre ? C'est l'objet du présent article.

Comment est utilisé l'effort moteur sur une voiture automobile

Pour faire avancer une voiture, il faut développer son effort moteur à la périphérie des roues, et la grandeur de cet effort est limitée par la résistance du point d'appui, qui est égale à l'adhérence des roues au sol.

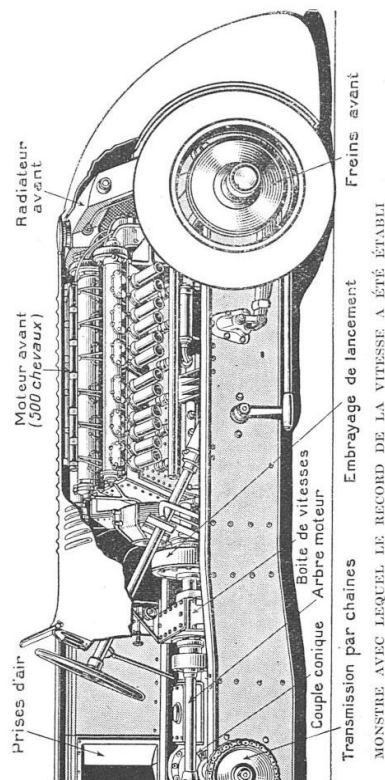
Tant que l'effort développé à la périphérie des roues par le moteur sera inférieur à cette adhérence, qui est de 870 kilogrammes pour la voiture Sunbeam (1), les roues rouleront.

(1) Voici comment on peut calculer cette adhérence en suivant la méthode d'exposition indiquée naguère par M. Arnoux : L'adhérence A est déterminée en valeur par le produit des quantités qui sont : 1° La coefficient de frottement entre le caoutchouc des bandages et le sol ; 2° La force P avec laquelle les deux surfaces sont pressées normalement l'une contre l'autre (P est la partie du poids de la voiture supportée par les roues motrices).

On a donc : $A = P \cdot f$. Pour la voiture Sunbeam, le poids supporté par les roues motrices est de 1.450 kilogrammes environ ; on a donc $P = 1.450$.

Quant à f , sa valeur sur bon sol est communément prise égale à 0,60. Il en résulte que, pour la voiture considérée, l'adhérence A a pour valeur :

$$A = 0,60 \times 1.450 = 870 \text{ kilogrammes.}$$



MONSTRÉ AVEC LE RECORD DE LA VITESSE A ÉTÉ ÉTABLI

leront sans patiner, mais, au-dessus, il y aura patinage ou glissement, et l'excès de puissance motrice sera, immédiatement et en pure perte, transformé en chaleur, exactement comme dans un frein de Prony. La vitesse périphérique des roues s'accroîtra, mais non celle de translation de la voiture.

Nous verrons ultérieurement que la chose n'est pas à craindre en ce qui concerne la Sunbeam de 1.000 C. V.

Quelles sont les résistances qui s'opposent à la progression de la voiture ?

Nous sommes sur une route horizontale, parfaitement unie, la Sunbeam devant faire ses essais sur une des plus belles plages de Floride. Deux facteurs interviennent : la résistance au roulement, sensiblement indépendante de la vitesse, et la résistance de l'air, qui, au contraire, croît très rapidement avec la vitesse.

La résistance au roulement est d'environ 12 kilogrammes par tonne, soit, pour la Sunbeam, qui pèse, en ordre de marche, 2.300 kilogrammes : $2,3 \times 12 = 27,6$ kilogr.

La résistance de l'air a pour valeur le produit KV^2 dans lequel V désigne la vitesse d'avancement exprimée en mètres par seconde et K un coefficient caractéristique de la forme extérieure de la voiture.

En procédant à des recoupements, grâce aux performances réalisées par des voitures dont nous connaissons tous les éléments, grâce aussi à ce que nous savons de la Sunbeam elle-même, il paraît légitime de prendre $K = 0,077$, en sorte que la résistance totale (due au roulement et à l'air), à la vitesse V , a pour expression : $27,6 + 0,077 V^2$.

Mais nous avons vu plus haut que l'adhérence avait pour valeur 870 kilogrammes : 870 est donc la limite supérieure que peut atteindre la résistance. En égalant les deux valeurs, nous déterminons la vitesse maximum de la vitesse : $870 = 27,6 + 0,077 V^2$, ce qui donne pour V la valeur de 104 mètres par seconde, soit 375 kilomètres à l'heure. Pour dépasser cette vitesse, il faudrait augmenter l'adhérence des roues motrices.

Quelle puissance de moteur nécessite une pareille vitesse ?

Calculons, d'abord, la puissance qu'il faudrait développer aux jantes des roues motrices. Cette puissance, étant égale au produit de la résistance égale à l'adhérence par sa vitesse de déplacement, serait égale à $870 \times 104 = 90.480$ kilogrammètres-seconde, soit sensiblement 1.200 C. V. ; mais il faut tenir compte du rendement de transmission et la puissance nécessaire au moteur serait de 1.400 C. V. environ.

C'est dire qu'avec les hypothèses faites, spécialement en ce qui concerne la forme, la Sunbeam ne pourrait atteindre 375 kilomètres-heure, mais ses 1.000 C. V. lui permettent, dans les mêmes hypothèses, 340 kilomètres-heure environ.

Le rôle prépondérant de la résistance de l'air

Lors d'essais qui font autorité, le professeur allemand Rudler avait déterminé le diagramme d'énergie d'une voiture Benz 100 C. V., à la vitesse de 134 kilomètres-heure, en partant de la puissance effective du moteur (100 %), au régime de 2.120 tours-minute.

Nous reproduisons ce diagramme en ajoutant que les pertes partielles se chiffrent ainsi :

Pertes par frottements du moteur.	18 C. V.
Pertes par transmission.....	17 —
Pertes par roulement, au total....	27 —

Pertes à savoir pour ces dernières :

Essieux avant.....	4 —
Essieux arrière.....	23 —
Frottement des roues avant et ventilation.....	4 —
Puissance absorbée par la résistance de l'air	52 —

Ce que nous devons surtout retenir, c'est qu'à la vitesse de 134 kilomètres-heure, la résistance de l'air absorbe 52 % environ de la puissance motrice.

Or, quand la vitesse croît, la résistance de l'air augmente comme son carré, nous l'avons vu, et la puissance nécessaire à la vaincre augmente donc comme le cube.

Abstraction faite des meilleures formes réalisées pour la Sunbeam, on voit que, pour passer de 134 à une vitesse double, soit 268 à l'heure, la puissance motrice passant de 100 à 500 C. V., la résistance de l'air absorberait alors $52 \times 2^3 = 416$ C. V., soit environ 83 % de la puissance motrice.

Pour la Sunbeam, aux formes améliorées, il demeure qu'à 340 kilomètres-heure, la seule résistance de l'air absorbe près de 90 % de la puissance motrice.

Ce qu'est la voiture de 1.000 C. V.

Les deux moteurs de 500 C. V. chacun, type aviation, à 12 cylindres, montés l'un à l'avant, l'autre à l'arrière, ont rendu à peu près nécessaire la transmission par chaînes, comme on le voit clairement sur le cliché page 508, donnant une coupe générale du véhicule, que nous empruntons à notre confrère anglais *The Autocar*. Chaque cylindre a 122 millimètres d'alésage, la course du piston étant de 160 millimètres, en sorte que la cylindrée totale est voisine de 45 litres, la puissance à 2.000 tours dépassant largement 1.000 C. V.

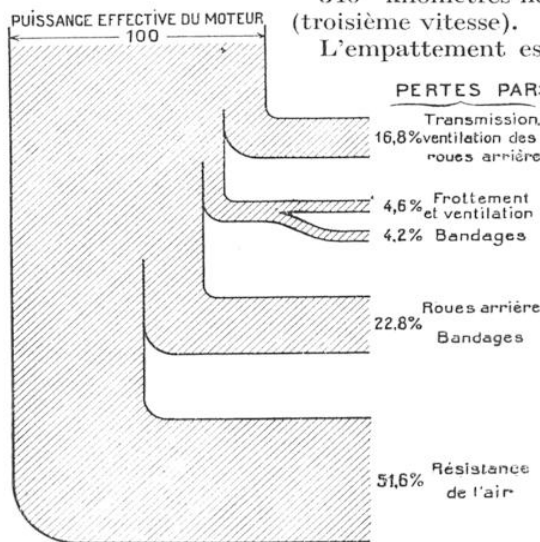
Chaque moteur est suspendu par trois

ponts, ce qui permet certaines déformations relatives entre le berceau qui le supporte et le châssis ; ainsi diminue-t-on les pertes de transmission. Entre les deux moteurs est prévue la place du conducteur, qui a, à portée immédiate, tous les organes de conduite et de contrôle.

Les rapports de vitesse sont ainsi étudiés : A 2.000 tours-minute du moteur, la voiture réalise :

120 kilomètres-heure en première vitesse ;
225 kilomètres-heure en seconde vitesse ;
340 kilomètres-heure en prise directe (troisième vitesse).

L'empattement est de 3 m 50 avec une



COMMENT EST UTILISÉE L'ÉNERGIE D'UNE VOITURE BENZ DE 100 C. V. ROULANT À 134 KILOMÈTRES À L'HEURE (D'APRÈS LE DIAGRAMME DE RUDLER)

de 3 m 50 avec une voie de 1 m 56. Coatalen a eu recours aux amortisseurs Hartford pour assurer ensemble une bonne suspension et une parfaite tenue de route. Il a prévu le maximum de chances favorables, en cas d'accident, entourant le conducteur d'une véritable cabine blindée d'acier, aux parois épaisses. Les pneus sont des Dunlop sur roues Rudje Whitworth à triple rayonnage, les roues étant entoilées de façon à supprimer la perte qu'entraîne généralement la ventilation des rayons. D'une façon générale, une attention infinie a été

apportée par le constructeur à tout ce qui concerne la sécurité.

On peut admettre comme une certitude que la Sunbeam 1.000 C. V. atteindra la plus grande vitesse jamais réalisée en automobile ; mais atteindra-t-elle d'emblée les 340 à l'heure qui lui sont permis ?

Ce qui paraît hors de doute, c'est qu'elle doit très vite dépasser le 300 à l'heure, après adaptation du conducteur.

Une telle vitesse pose, d'ailleurs, de redoutables problèmes accessoires : elle correspond à 84 mètres-seconde environ, donc à plus de 30 tours par seconde des roues motrices. La force centrifuge développée devient considérable et nous aurons, là, une nouvelle occasion d'admirer la merveilleuse résistance des bandages pneumatiques.

C. FAROUX.

LE COFFRE-FORT MODERNE EST-IL INVOLABLE ?

Par Jean MARCHAND

Au fur et à mesure que le progrès scientifique transforme la vie moderne, des esprits malfaisants le détournent de son véritable but et s'emploient à l'utiliser pour des fins inavouables. C'est ainsi que l'invention du chalumeau oxyacétylénique, si utilisé aujourd'hui pour le travail des métaux, a favorisé les vols par effraction. En effet, le découpage des tôles les plus épaisses n'est plus qu'un jeu pour les cambrioleurs spécialisés dans l'« attaque » des coffres-forts. Immédiatement, la lutte s'est donc trouvée engagée entre le blindage et le chalumeau, comme entre la cuirasse et le projectile. Qui l'emporte actuellement ? Le constructeur de coffres-forts ou le cambrioleur ultra-moderne ? Après avoir examiné les divers modes d'attaque des coffres-forts et les moyens appliqués pour y parer, nous montrons comment la technique actuelle a permis d'organiser scientifiquement la résistance aux offensives de plus en plus fréquentes des « fervents » du chalumeau.

Il y a coffre-fort et coffre-fort, et il faut savoir choisir

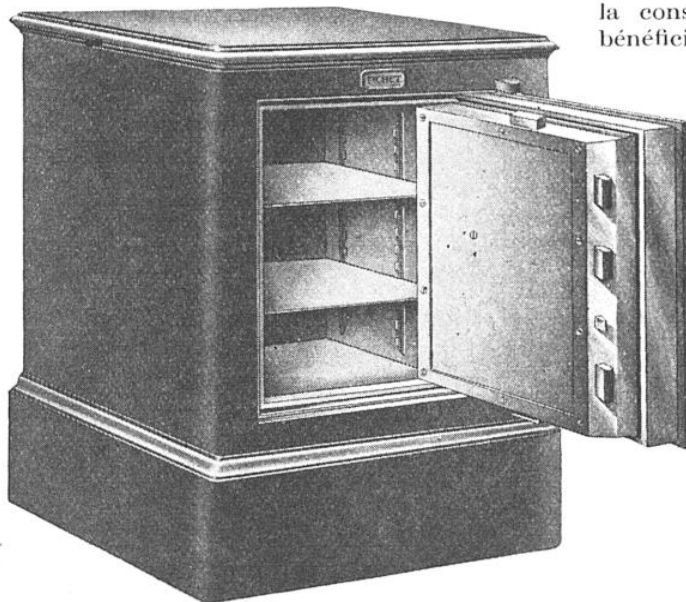
Les tentatives de cambriolages de coffres-forts relatées par les journaux se multiplient dans de telles proportions que l'on est, tout naturellement, amené à se demander si l'invulnérabilité d'un coffre-fort est aussi réelle que le prétendent les constructeurs.

Avant d'essayer de se rendre compte à quelles conditions doit répondre le coffre-fort moderne pour résister victorieusement aux attaques des cambrioleurs, il est cependant indispensable de faire une petite remarque. En effet, tandis que le public est frappé par les comptes rendus, avec photographies à l'appui, des effractions victorieuses et facilement réussies par les chevaliers de la pince monseigneur, soit

qu'ils défoncent, sans souci du bruit, des coffres monumentaux construits, semblait-il, pour résister à d'autres assauts que les leurs, soit qu'ils les découpent au moyen de scies circulaires ou qu'ils les attaquent au chalumeau oxyacétylénique, il l'est beaucoup moins par le récit des tentatives infructueuses, qui, en réalité, sont beaucoup plus nombreuses que les premières.

Ajoutons que les effractions victorieuses ont eu lieu, presque toujours, sur des coffres-forts déjà anciens et dont la construction n'a pas bénéficié des progrès de la science moderne, de sorte que le cambrioleur se trouve posséder des moyens d'attaque supérieurs aux moyens de défense. C'est un peu comme si l'on tirait à obus d'acier sur des vieilles coques de navires.

En outre, il est indispensable de faire une distinction catégorique entre les différents genres de coffres-forts. Certains d'en-



VOICI UN COFFRE-FORT QUI, MALGRÉ SON ASPECT RÉSISTANT, PEUT ÊTRE FACILEMENT PERCÉ PAR LE CHALUMEAU. IL EST INVOLABLE AUX OUTILS MÉCANIQUES

tre eux ne sont, en effet, que des armoires réfractaires, destinées à recevoir et à mettre à l'abri du feu certains papiers ou des livres, mais non à contenir des valeurs ou des bijoux.

C'est donc en considérant uniquement le coffre-fort véritable, destiné à protéger les objets précieux, que nous allons nous demander si, dans la lutte éternelle de l'obus et de la cuirasse, les constructeurs ont su garder l'avance sur les progrès de l'outillage des cambrioleurs.

Quels sont les moyens modernes d'attaque des coffres-forts ?

L'attaque d'un coffre-fort peut être effectuée au moyen d'outils agissant : soit par chocs (burins, ciseaux à froid, bédanes, pics, pioches) ; soit par coupe du métal (perceuses à main ou électriques, cisailles, scies à main, scies circulaires) ; soit par pression (pincées monseigneur, leviers, vérins) ; soit sur les éléments de la serrure (rossignols, fausses clés, cartouches de dynamite) ; soit, enfin, par fusion. Dans cette dernière catégorie, on peut envisager l'emploi de la thermité (mélange de poudre d'aluminium et d'oxyde de fer dégageant, par sa combustion, une température d'environ 3.000 degrés), ou encore l'emploi du chalumeau oxyacétylénique.

Pour être absolument inviolable, un coffre-fort doit pouvoir résister à toutes ces attaques. Il est évident qu'un coffre-fort construit avant l'invention du chalumeau, et parfaitement capable de résister aux assauts par outils mécaniques (figure page 511), n'est plus inviolable aujourd'hui.

Comment un coffre-fort peut résister aux attaques par scies perceuses, etc.

Les outils utilisés dans l'attaque mécanique d'un coffre-fort peuvent être rangés en deux catégories, suivant qu'ils agissent par coupe (scies, perceuses, fraises, cisailles) ou par chocs (burins, bédanes, pics).

Pour résister efficacement à l'assaut des

premiers, il est clair que le coffre-fort doit posséder un blindage, contre lequel viendront s'user les dents de la scie, les mèches de la perceuse ou les lames des cisailles. Et ce blindage devra exister sur les six faces du coffre-fort, sans discontinuité. Sinon, le cambrioleur opérera à coup sûr, car ces divers outils sont silencieux.

La métallurgie moderne nous offre heureusement d'excellentes solutions à ce problème. Les premiers blindages imperforables ont été obtenus en cimentant et en trempant des tôles d'acier doux, c'est-à-dire en carburant les surfaces extérieures des tôles, de façon à leur permettre de prendre la trempe et de devenir alors inattaquables à l'outil.

On a ensuite longtemps employé des tôles dites « compound », composées de couches alternatives d'acier et d'acier trempé. Enfin, les constructeurs de coffres ont à leur disposition toute la série des aciers spéciaux, au carbone, au nickel ou au chrome, dits « trempants ».

Malheureusement, si ces aciers sont absolument inattaquables à froid, ils présentent le grave inconvénient de se « détremper » lorsqu'on les chauffe à la flamme d'une simple lampe à souder

et qu'on les laisse refroidir lentement.

L'obus doit-il donc vaincre la cuirasse ? Pas encore, car les Forges Françaises ont, heureusement, trouvé des aciers spéciaux qui ne perdent pas leur trempe pendant le recuit, tout en présentant des résistances à la rupture par traction de 95 à 100 kilogrammes par millimètre carré et un allongement de 35 à 40 %. Un coffre-fort comportant un tel revêtement doit donc résister victorieusement aux outils.

Les blindages modernes ne sont pas entamés par les outils de choc, tels que le burin

On pourrait croire que les outils nécessitant l'emploi d'un marteau, comme le burin, les bédanes, les pics ou les pioches, sont, de ce fait même, peu employés par les cambrioleurs, toujours ennemis du bruit. Des exemples récents ont prouvé que, dans



CETTE COMMODE LOUIS XV, TRÈS ÉLÉGANTE, CONSTITUE CEPENDANT UN EXCELLENT COFFRE-FORT

certains cas d'attaque « à l'esbrouffe », où le voleur cherche à faire le maximum de travail dans le minimum de temps, il ne craint pas, pour aller vite, d'avoir recours aux outils de choes. C'est ainsi qu'en octobre 1924, des cambrioleurs ont pu attaquer, en plein jour, un coffre-fort dans un théâtre parisien en se servant de la hache du service d'incendie. Par ailleurs, lorsqu'ils opèrent dans des maisons isolées, les voleurs ne se laissent pas arrêter par une attaque bruyante.

Ici encore, un revêtement en acier trempé ordinaire ne suffit pas, car des choes violents peuvent le rompre. On sait, en effet, que plus un acier est trempé « dur », plus il est fragile au choc. On s'adressera donc encore aux aciers spéciaux, dont le grand allongement permet de revêtir les coffres-forts de blindages inattaquables aux outils agissant par choes comme aux outils tranchants ou perforants dont nous avons parlé plus haut.



LA COMMODE LOUIS XV OUVERTE, MONTRANT L'ÉPAISSEUR DE LA PORTE ET DES PAROIS

Pour résister à la flamme du chalumeau, le coffre-fort doit être revêtu de plusieurs couches protectrices successives

L'outil qui a permis au cambrioleur de se jouer le plus facilement des barrières accumulées contre lui pour la défense des valeurs contenues dans les coffres-forts est, sans conteste, le chalumeau, bien que, depuis quelque temps, les journaux n'aient guère relaté que des événements de coffres-forts au moyen d'outils mécaniques. C'est que le chalumeau oxyacétylénique, dont le fonctionnement est, on le sait, basé sur la combustion de l'acétylène dans l'oxygène, permet d'obtenir une température très élevée variant entre 2.500 et 3.000 degrés. Aucun métal ne résiste à cette température et l'on doit faire intervenir alors soit des composés spéciaux de minerais inoxydables et infusibles agglomérés par des produits fondant à des températures voisines de celle

de la flamme du chalumeau, soit des composés métalliques comportant des métaux inoxydables et fondant à très haute température.

Grâce à ces protections, on peut, sinon annuler l'action du chalumeau, tout au moins la retarder suffisamment pour rendre l'attaque pratiquement impossible. En effet, si le chalumeau est, entre les mains d'un cambrioleur, un instrument redoutable, il perd une grande partie de ses avantages si l'on fait intervenir le *facteur temps*. Un chalumeau normal dépense environ 2.000 litres d'oxygène par heure. Plus l'attaque

par le chalumeau se trouvera retardée par des protections efficaces, plus le matériel nécessaire au cambrioleur sera encombrant, et on estime que, lorsqu'un coffre-fort peut résister pendant une heure à une heure et demie au chalumeau, il est pratiquement inviolable, car, pour de telles durées de travail, le matériel nécessaire (bouteilles d'oxygène et d'acétylène) est tellement encombrant et lourd qu'il dépasse les moyens dont disposent des voleurs.

Cependant, dans certaines circonstances spéciales, où les objets conservés dans le coffre-fort représentent des valeurs formidables (bijoutiers, joailliers), la défense contre le chalumeau doit être poussée encore plus loin. La Société Fichet a créé, dans ce but, des coffres-forts comportant un revêtement métallique spécial jouissant de la propriété remarquable de disperser la chaleur de la flamme du chalumeau, tout en étant rigoureusement inoxydable, incassable au choc et inattaquable par les outils mécaniques. (Voir la photographie page 514.)

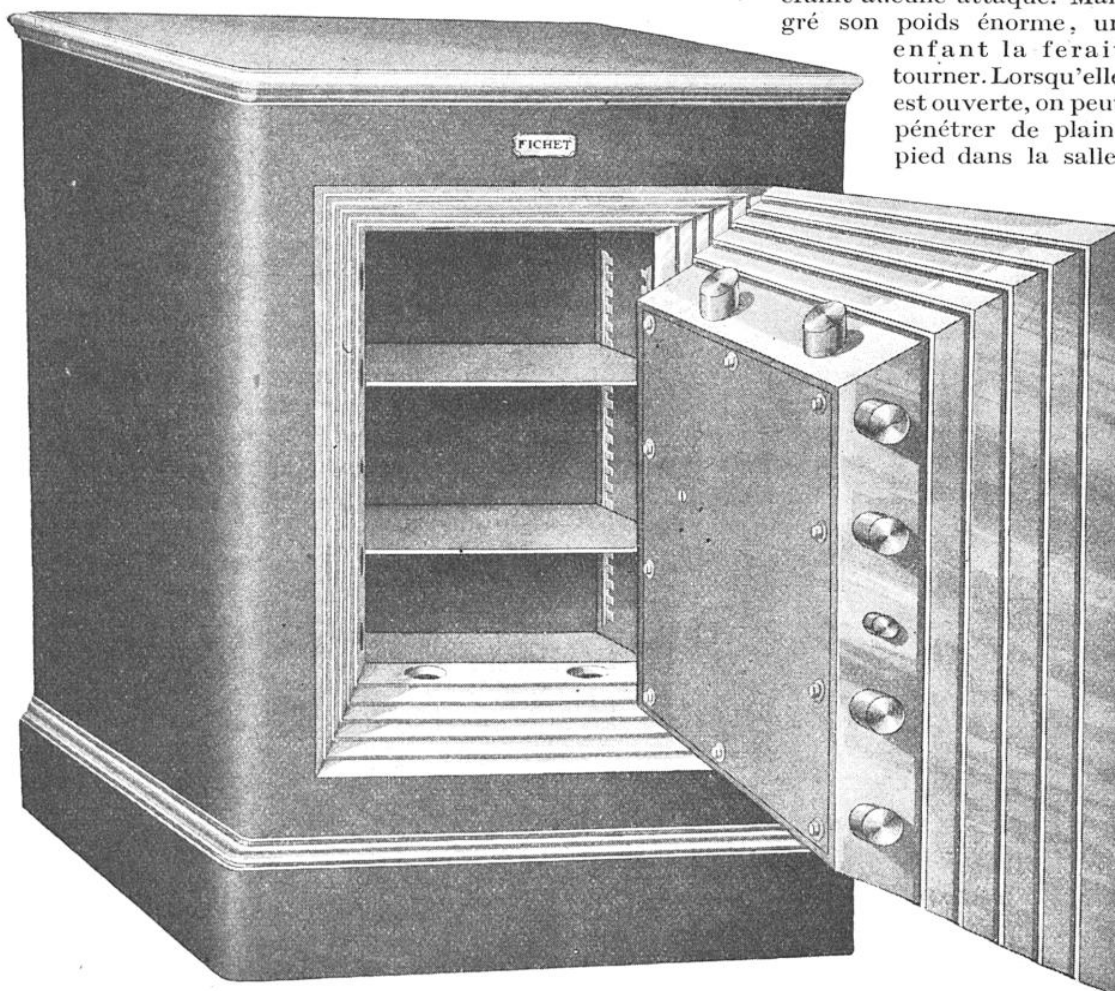
Dans des essais faits au Conservatoire des Arts et Métiers, on a effectué une expérience intéressante sur un tel coffre-fort. Cette expérience, poussée à outrance dans la quiétude du laboratoire, sans égard pour l'encombrement du matériel, au moyen d'un chalumeau des plus modernes, avait pour but de chercher à percer de part en part la

paroi du coffre-fort. Le résultat obtenu a démontré l'inviolabilité pratique du coffre.

Les coffres-forts et les banques

S'il est des coffres-forts qui doivent être mis à l'abri de toute attaque, c'est bien ceux

exemple remarquable de protection, représenté page 516, nous est fourni par une banque parisienne. Pour accéder à la salle des coffres, on doit pénétrer par une porte formidable de 50 centimètres d'épaisseur, fermée par de nombreux pènes, et qui ne craint aucune attaque. Malgré son poids énorme, un enfant la ferait tourner. Lorsqu'elle est ouverte, on peut pénétrer de plain-pied dans la salle.

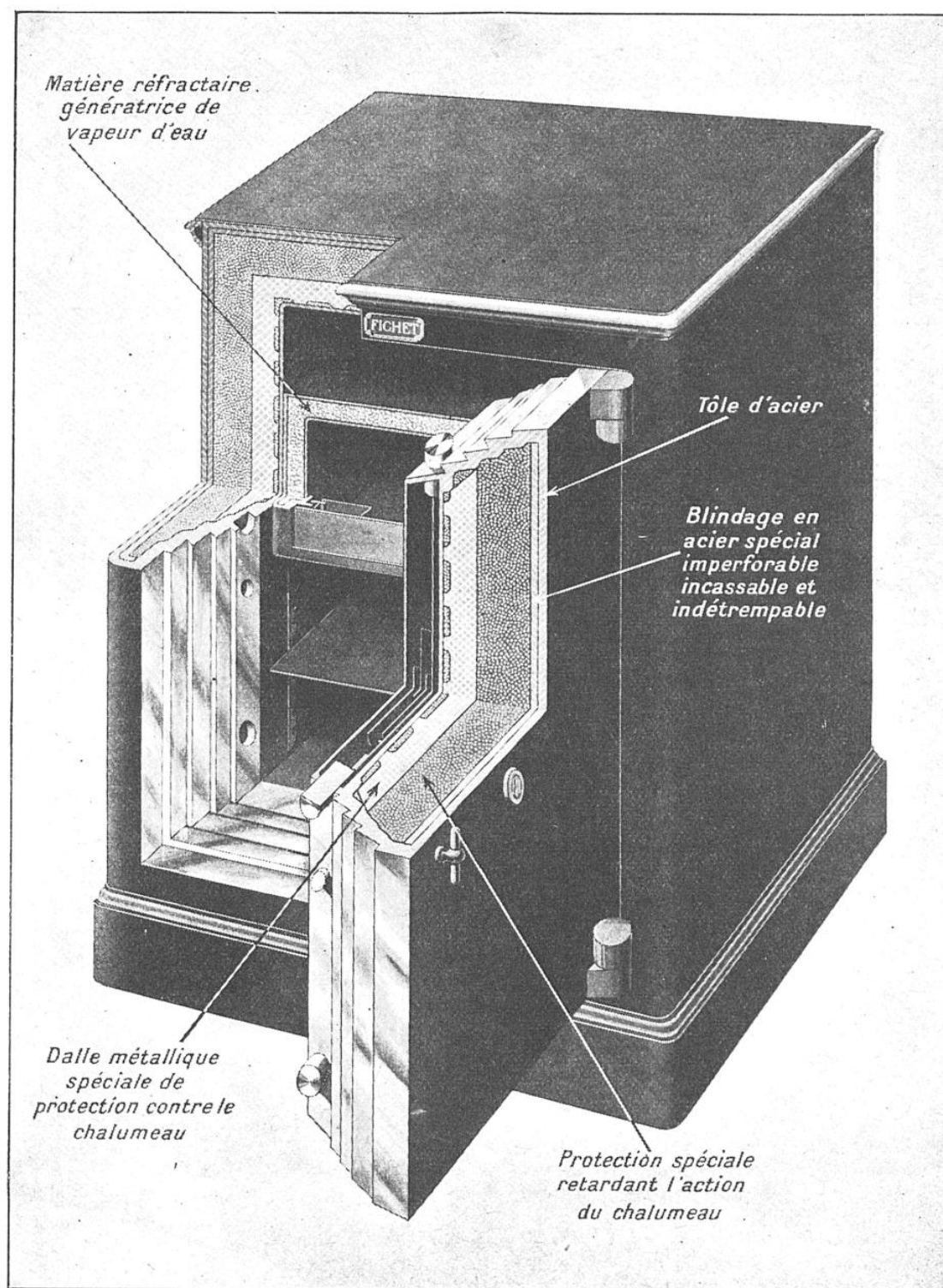


UN COFFRE-FORT VRAIMENT INVOLABLE, QUEL QUE SOIT LE MODE D'ATTAQUE EMPLOYÉ
PAR LES CAMBRIOLEURS

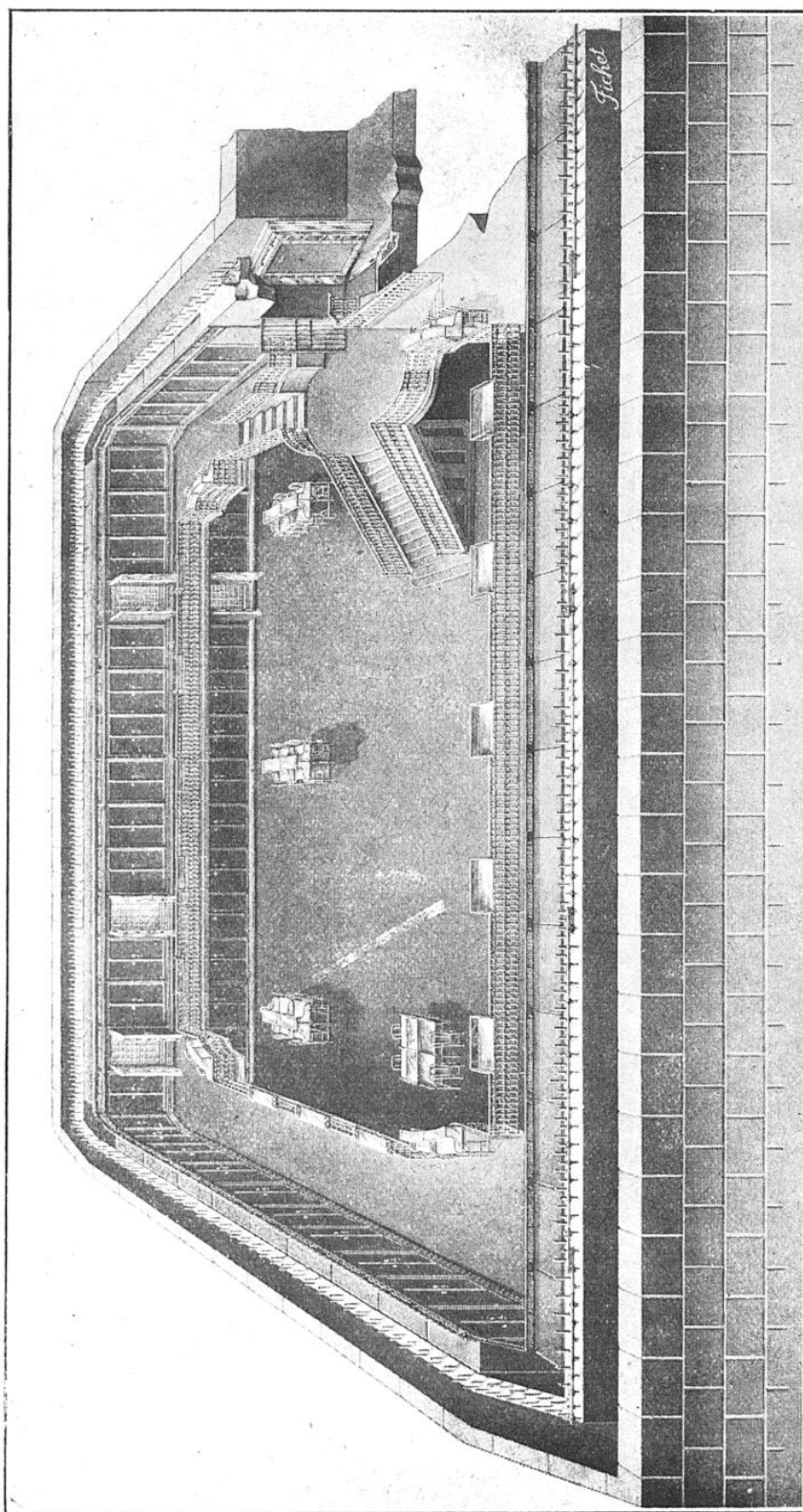
Cette photographie représente l'aspect extérieur du coffre-fort, dont la figure de la page ci-contre montre les éléments constitutifs.

que les banques louent à leur nombreuse clientèle. Aussi toutes sortes de précautions sont-elles prises pour éviter tout cambriolage. Comme on le sait, les banques utilisent de grands coffres, dans lesquels sont contenus des casiers bien protégés et dont chacun possède une clef propre, ainsi qu'une combinaison secrète choisie par le client. L'ensemble de ces coffres est généralement placé dans le sous-sol de la banque. Un

Au contraire, quand elle est fermée, on retire un pont-levis jeté entre les deux murs, distants de 2 mètres, qui entourent la salle des coffres. Or, entre ces deux murs se trouve de l'eau. C'est donc un fossé plein d'eau, de 2 mètres de large, que les cambrioleurs devraient franchir pour attaquer cette porte. On ne saurait guère pousser plus loin le souci de la défense des valeurs enfermées dans les coffres ! Il est non moins



DÉTAILS DES ÉLÉMENTS CONSTITUANT UN COFFRE-FORT INVIOLEABLE AUSSI BIEN AUX ATTAQUES MÉCANIQUES QU'À LA FLAMME DU CHALUMEAU



COUPE D'UN CAVEAU DE COFFRES-FORTS INSTALLÉ DANS UNE GRANDE BANQUE PARISIENNE.

On imagine difficilement une installation plus complètement à l'abri de toute tentative de cambriolage, quels que soient les moyens employés par les malfaiteurs. Non seulement, en effet, les compartiments réservés aux clients sont capables de résister à une attaque ordinaire, mais encore les portes, qui en commandent un certain nombre, sont inviolables. Ce n'est pas tout. Cette salle, qui se trouve dans un sous-sol, est fermée par une porte, visible à droite, de 500 millimètres d'épaisseur, dont la serrure comporte quatorze pènes. De plus, on ne peut accéder à cette porte que par un couloir grillé et, lorsqu'elle est fermée, on retire un pont levis jeté entre les deux murs, distants de deux mètres, qui entourent la salle. Une barrière de 2 mètres de large, formée par un fossé plein d'eau situé entre ces deux murs d'enceinte, s'oppose donc à tout passage. Il faut remarquer, en outre, que le mur d'enceinte intérieur est armé de barreaux d'acier, inattaquables à la scie.

évident que tout danger d'incendie est complètement écarté dans cette installation remarquable, qui fait honneur à la construction française.

Il y a aussi les coffres-forts en béton armé

Si le coffre-fort métallique a ses défenseurs, le coffre-fort en béton armé a aussi ses partisans. On a pu reprocher au béton armé de ne pas résister aux chocs, puisque le transport d'un coffre en béton exige des précautions spéciales si on ne veut pas le détériorer. Cependant, certains coffres comportent une armature de treillis d'acier à barres torsadées, enrobées dans un ciment spécial formant un véritable monolithe.

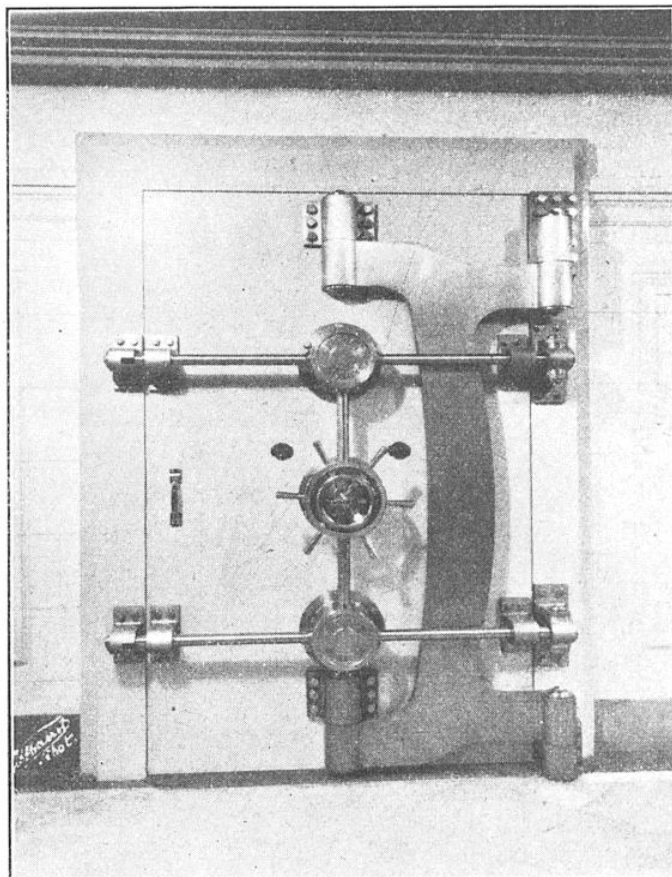
Mais on sait que le ciment fond vers 1.600 degrés, et des expériences récentes, faites au Conservatoire national des Arts et Métiers, ont montré que le béton armé n'offre qu'une résistance limitée à la flamme du chalumeau. L'emploi du burin, dans tous les cas où le cambrioleur ne craint pas le bruit, permet de désagréger le ciment. Il faut cependant remarquer que, dans ce genre de coffres-forts, il faut couper une à une les barres d'acier, et il ne suffit pas de percer un trou et d'arracher, au moyen de cisailles, comme on l'a vu dernièrement, tout un blindage, ce qui n'est d'ailleurs possible que dans le

cas de coffres-forts métalliques relativement légers.

Un bon coffre-fort doit et peut donc résister aux tentatives d'effraction les plus scientifiques

Le cambrioleur est-il en avance sur le constructeur ? Non, si l'on envisage que les

coffres-forts modernes sont construits spécialement en vue de résister aux diverses attaques. Mais, dans cette industrie, comme partout ailleurs, il faut savoir ce que l'on désire, et l'acheteur doit proportionner le risque couru à la valeur des objets enfermés dans un coffre. Le coffre-fort inviolable est cher, car il exige une construction irréprochable et des matériaux spéciaux ; son achat ne sera donc envisagé que dans le cas où l'attaque au chalumeau est possible. Il est évident que, dans un appartement, celle-ci est très peu probable et qu'il suffira d'acquiescer un bon coffre muni



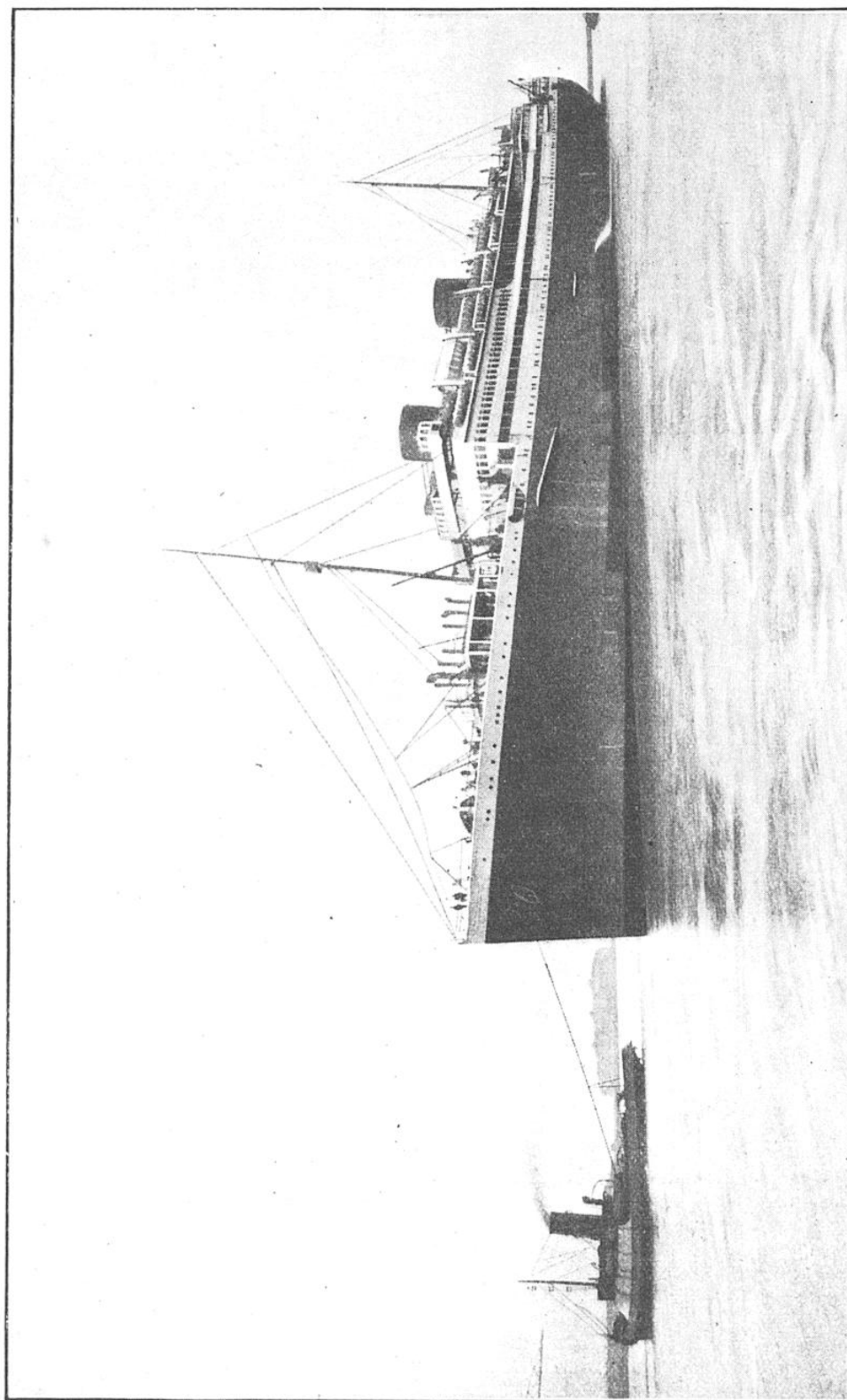
VUE D'UNE PORTE FORTE DE CAVEAU DE BANQUE

Cette porte a une épaisseur de 500 millimètres. Elle comporte 14 pènes manœuvrés par le volant placé au centre, et 2 barres horizontales formant excentrique et comprimant la porte dans son châssis.

d'excellents blindages, tandis que le coffre placé dans une cave, où le cambrioleur peut travailler plus à son aise et disposer assez facilement le matériel lourd et encombrant nécessité par l'emploi du chalumeau, devra, au contraire, présenter le maximum de garanties.

J. MARCHAND.

Nous devons à l'obligeance des Établissements Fichet les photographies qui illustrent cet article.



LE « MOTORSHIP » ANGLAIS « ASTURIAS » DE 22.500 TONNEAUX, APPARTENANT À LA C^{ie} ROYAL MAIL.

Ce paquebot est le plus important des « motorships » actuellement terminés et est en service depuis un an sur la ligne Angleterre-Brésil-Argentine. Ses deux cheminées, courtes, trapues, dont l'une sert de panneau d'accès à la chambre des moteurs et dont l'autre abrite des pièces de rechange, lui donnent une silhouette très particulière. La possibilité d'équiper de tels paquebots avec des moteurs à combustion interne permet d'entrevoir une ère nouvelle dans les constructions maritimes.

LA PROPULSION DES NAVIRES MODERNES

QU'EST-CE QU'UN « MOTORSHIP » ?

Par Henri LE MASSON

Dans un précédent article, La Science et la Vie, étudiant l'utilisation de la vapeur dans les marines de guerre et de commerce, a montré les progrès réalisés dans ce mode de propulsion, notamment par l'emploi des turbines. Mais un concurrent sérieux lui est maintenant opposé sous la forme du moteur Diesel, à combustion interne. Les navires de commerce ainsi équipés sont désignés sous le nom de motorships. Après avoir rappelé leur histoire et montré l'importance de la flotte mondiale des « motorships » en 1926-1927, notre collaborateur indique quels types de navires peuvent être actuellement dotés de ce mode de propulsion et comment la France s'est laissée distancer par les autres nations. Le moteur à combustion interne a été introduit dans la marine marchande vers 1910. Ses progrès, très marqués depuis trois ans surtout, se poursuivent avec une activité qui va croissant de jour en jour.

QUATRE chiffres caractérisent, au point de vue marine marchande, l'année 1926 : au 31 décembre il y avait en construction, dans le monde entier :

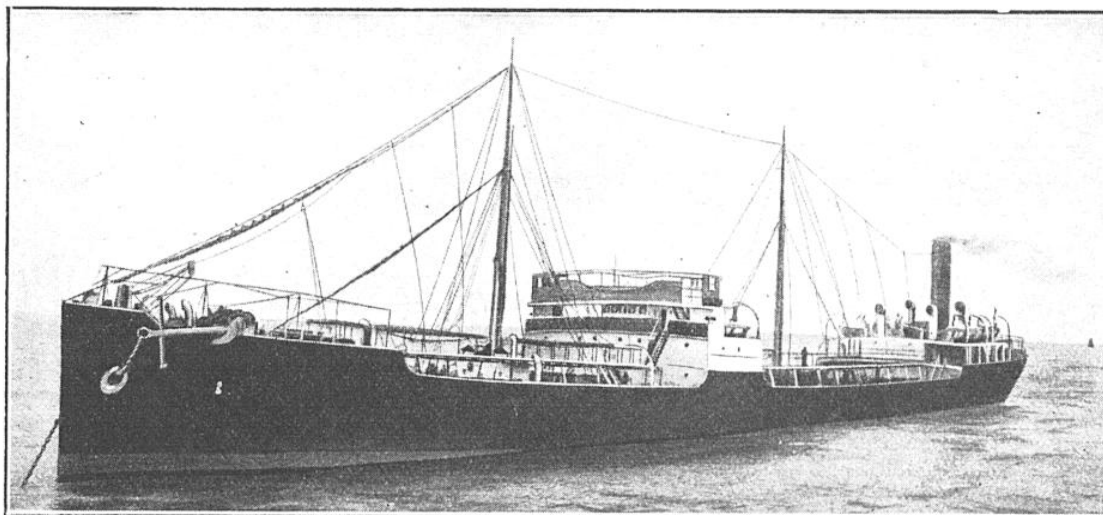
257 bâtiments mus par la vapeur, jaugeant 1.005.000 tonneaux ;

182 « motorships » mus par « Diesel », jaugeant 905.000 tonneaux.

Le tonnage des « motorships » en construction égalait presque, par conséquent, celui des bâtiments mus par les machines alternatives ou par les turbines. Il faudrait même écrire « dépassait », car, pour des raisons d'ordre économique ou financier, la construc-

tion d'environ 100.000 tonneaux, mus par la vapeur, était arrêtée et le tonnage des « motorships », dont on pressait l'achèvement, était légèrement supérieur au tonnage des bâtiments à vapeur dont la construction était poursuivie.

Nous rappelons le principe du moteur à combustion interne, dit « Diesel », et ses caractères principaux : dans un cylindre, le piston aspire et comprime un certain volume d'air pur. L'air, comprimé énergiquement, s'échauffe et atteint une température élevée (700° environ). On injecte alors, graduellement, dans le cylindre, le combustible



LA « MOTRICINE », LE PREMIER « MOTORSHIP » CONSTRUIT EN FRANCE

Ce cargo, commandé en 1913 par la Compagnie Naphtes-Transports, aux chantiers de Saint-Nazaire-Penhoët, a été torpillé pendant la guerre.

(mazout), qui s'enflamme aussitôt. L'injection dure pendant toute la course du piston, et la température s'élève de 700° à plus de 1.300°. La pression reste sensiblement la même et l'action exercée sur le piston est progressive.

Les moteurs Diesel sont à « quatre » temps ou à « deux » temps. Ils sont également à simple ou à double effet, selon que la combus-

Les « motorships » en 1914

Au 30 juin 1914, on comptait, dans la marine marchande mondiale, 297 bâtiments propulsés par des diesels, jaugeant 285.000 tonneaux. Du 1^{er} juillet 1914 au 30 juin 1919, 418.000 tonneaux seulement furent mis en service, presque uniquement par les États-Unis (bâtiments nombreux mais de faible

MODE DE PROPULSION	1914	1923	1924	1925
Voiles.....	8,06 %	4,34 %	3,92 %	3,50 %
Combustion interne	0,45 %	2,56 %	3,09 %	4,20 %
Propulsion par machines à vapeur (turbines ou mach. alternatives).	91,49 %	93,10 %	92,99 %	92,30 %

TABEAU MONTRANT LE POURCENTAGE DES MOTORSHIPS AVEC LA FLOTTE MONDIALE

tion se produit sur un des côtés du piston seulement ou alternativement sur l'une ou l'autre face.

Quels qu'ils soient, ils exigent l'installation, à bord, de certains appareils auxiliaires

tonnage) et par les États scandinaves et danois. L'Angleterre, la France, l'Italie et l'Allemagne, engagées à fond dans le conflit mondial, avaient, en effet, abandonné leurs projets et ne recommencèrent à s'occuper

PAYS	VAPEURS Nombre et tonnage			« MOTORSHIPS » Nombre et tonnage		
	1924	1925	1926	1924	1925	1926
Angleterre et Irlande.	230 976.134 tx	156 580.697 tx	116 494.491 tx	50 320.137 tx	48 299.481 tx	46 263.900 tx
Autres pays.	222 554.750 tx	156 460.422 tx	141 510.733 tx	120 603.601 tx	139 707.900 tx	136 641.775 tx
Totaux	452 1.530.884 tx	312 1.041.119 tx	257 1.005.224 tx	170 923.738 tx	187 1.007.381 t.	182 905.675 tx

TABEAU INDIQUANT LE TONNAGE DE CONSTRUCTION DES VAPEURS ET DES MOTORSHIPS PENDANT LES ANNÉES 1924, 1925 ET 1926

ou moteurs annexes, indispensables à leur fonctionnement : 1° des compresseurs, utilisés pour la production de l'air comprimé nécessaire à chaque démarrage ou, dans certains cas, lorsqu'il n'y a pas « injection solide » du mazout dans le cylindre, pour la pulvérisation de celui-ci ; 2° des pompes pour régler l'arrivée du mazout dans des soupapes d'injection ; 3° pour les moteurs à deux temps, des pompes de balayage utilisées pour chasser les gaz vers l'échappement après leur combustion et remplir les cylindres de l'air frais nécessaire à la combustion du mélange introduit pendant l'admission.

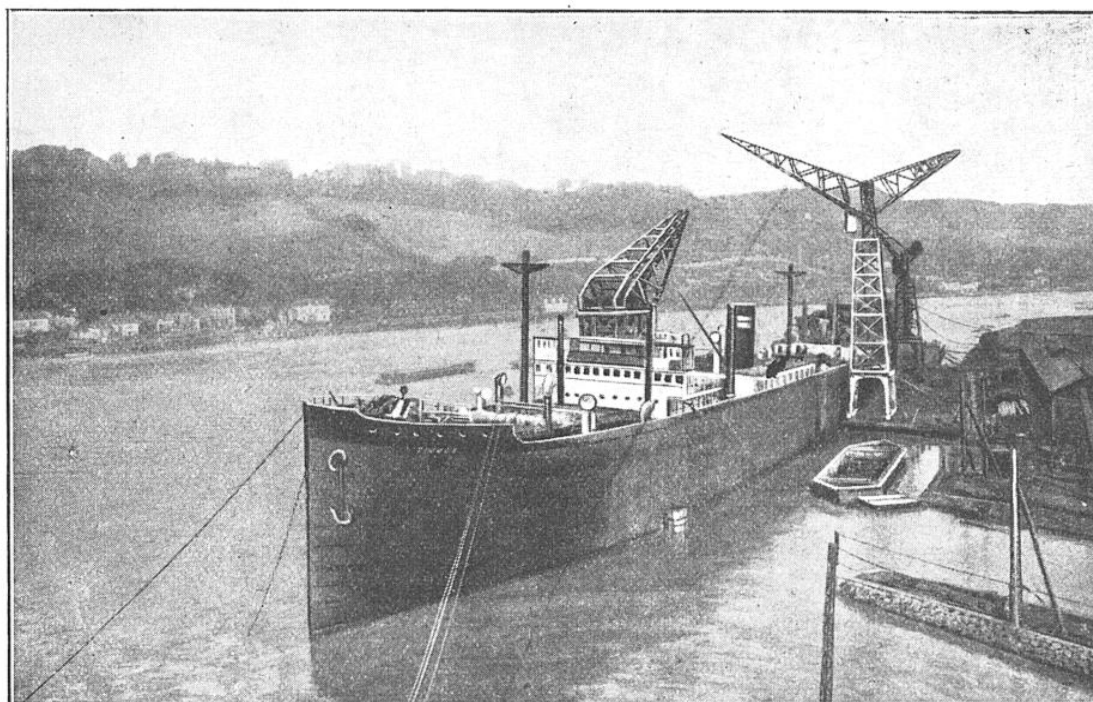
des « motorships » que quelques années après la guerre.

Il importe de signaler, dès maintenant, le rôle remarquable joué par la Suède, la Norvège et le Danemark dans le développement du « motorship » : la plupart de ceux commandés au début de l'ère des diesels l'ont été pour le compte de ces trois pays. D'ailleurs, les chantiers Burmeister et Wain, qui ont acquis une véritable prépondérance au point de vue du moteur à quatre-temps, sont installés à Copenhague. N'est-il pas remarquable de constater que, sur 3.800.000 tonneaux de « motorships », environ, existant

dans le monde au 1^{er} décembre dernier, 1.800.000 tonneaux étaient actionnés par des moteurs de cette marque et que, sur 900.000 tonneaux en construction à la même date, 500.000 environ fussent équipés avec des moteurs Burmeister et Wain.

Au 30 juin 1919, la flotte mondiale des « motorships » totalisait donc 752.000 tonneaux. En 1926, elle en comptait 3.500.000. La progression est sensible et s'est surtout

En dix ans, le tonnage des « motorships » a presque décuplé et, de 1924 à 1925, s'est accru de 35 %. Il peut sembler que ce pourcentage de 4,20 % ne soit pas très considérable ; aussi, pour l'apprécier à sa juste valeur, faut-il compléter ce tableau par le suivant (deuxième tableau, même page), qui indique le tonnage en construction aux 31 décembre 1924, 1925 et 1926, en distinguant vapeurs et « motorships ».



LE « TIJUCA », UN DES MOTORSHIPS NORVÉGIENS CONSTRUITS DANS LES CHANTIERS DE SAINT-NAZAIRE-PENHOET

La marine marchande norvégienne comprend déjà en service (31 décembre 1926) 262 « motorships » de 516.000 tonneaux contre 1.531 vapeurs de 2.230.000 tonneaux.

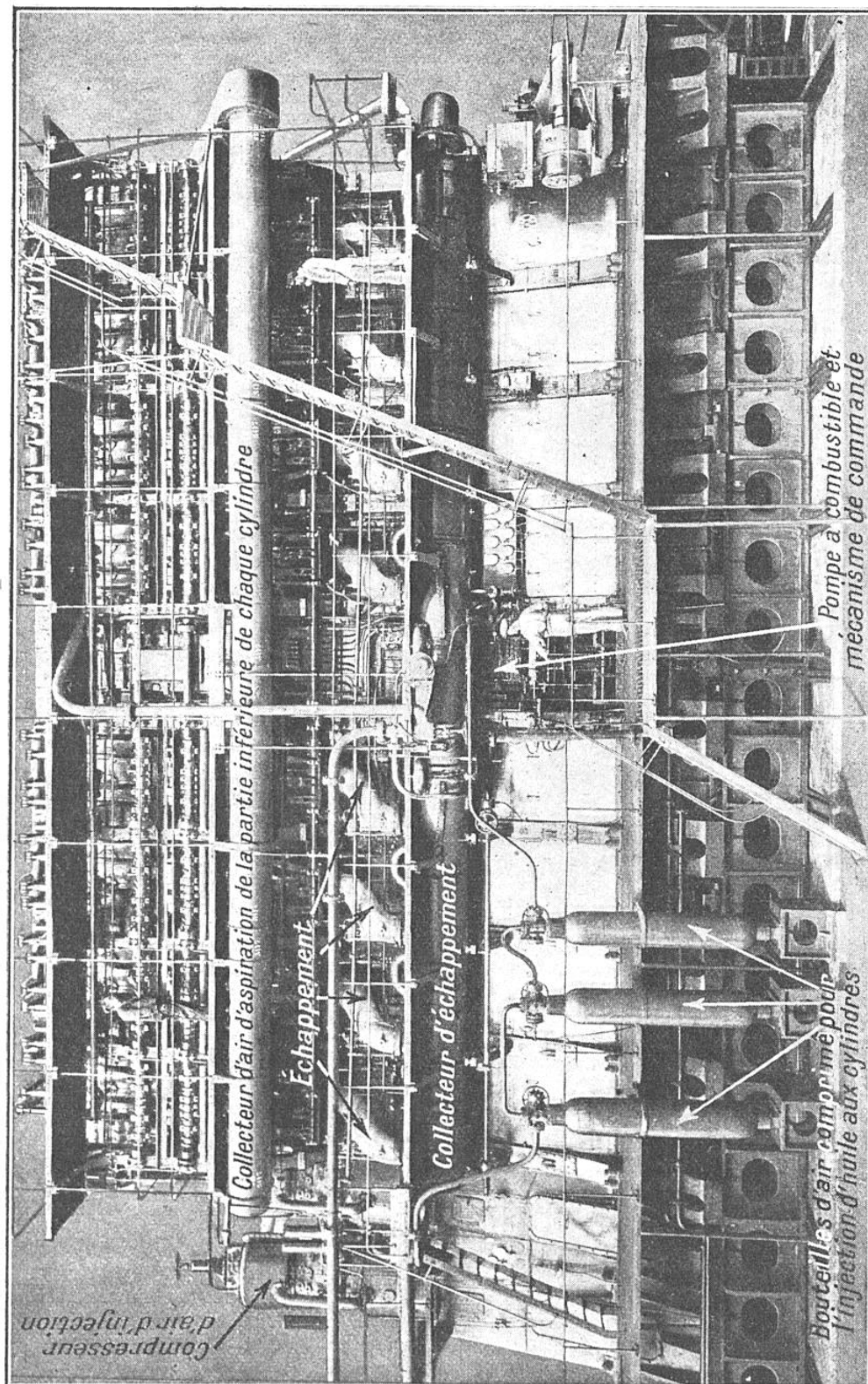
accentuée depuis deux ans. Cette « marche en avant » du « motorship » ne paraît pas devoir s'arrêter, puisqu'il y avait, au 1^{er} janvier 1926, plus de « motorships » en construction qu'il n'en a été mis en service pendant l'année 1925 (187 au lieu de 127) et que, toutes les semaines, de nouveaux contrats de construction sont signés.

La flotte mondiale des « motorships »

Le premier tableau (page 520) montre, à différentes époques, le pourcentage des « motorships » par comparaison avec le tonnage total de la flotte mondiale et avec les autres modes de propulsion utilisés dans la marine marchande.

Plusieurs conclusions fort intéressantes peuvent être tirées de ces chiffres. En premier lieu, on remarque que l'industrie des constructions navales subit une crise sérieuse : d'une année sur l'autre, le tonnage des vapeurs en construction a diminué brusquement de 30 %. Malgré cette crise, cependant, le nombre et le tonnage des « motorships » se maintiennent plutôt mieux que ceux des vapeurs.

La Grande-Bretagne est particulièrement atteinte, mais, bien qu'il y ait eu, en 1925, moins de « motorships » sur cale dans ses chantiers qu'en 1924, leur tonnage représente 52 % de celui des vapeurs, contre 33 % en 1924. Les nations autres que la Grande-Bretagne



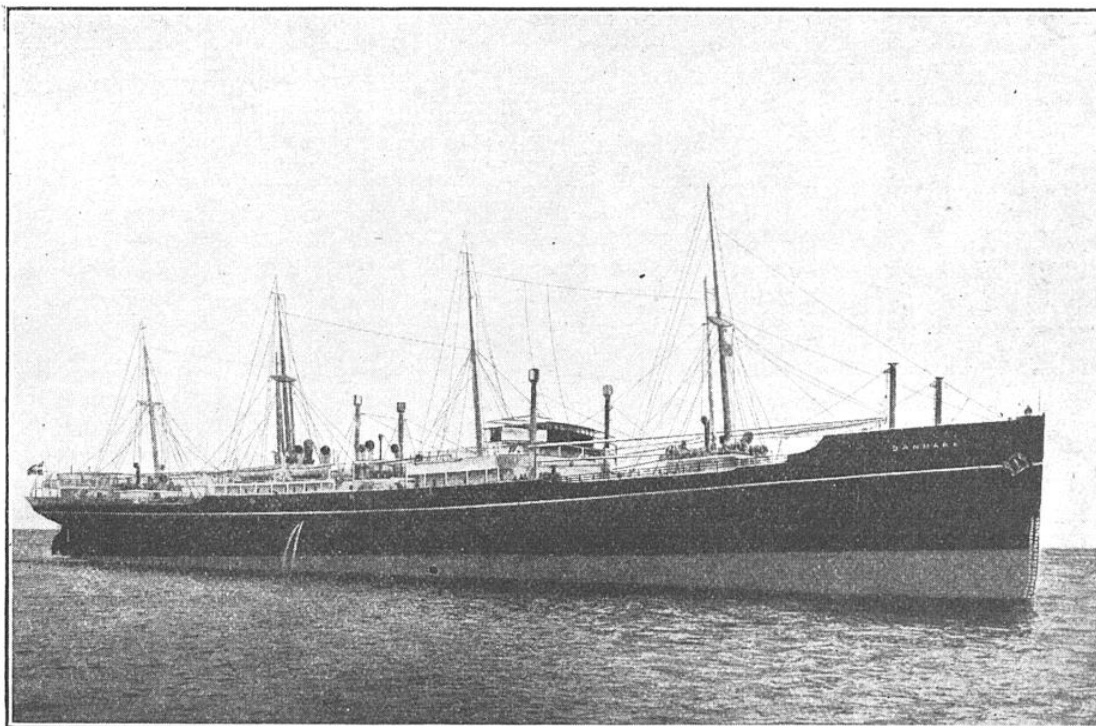
MOTEUR TRIBORD DU PAQUEBOT « ASTURIAS », DE LA « ROYAL MAIL PACKET CO. »

Un autre moteur semblable est à bâbord. Chaque moteur, type Burnmeister et Wain, est à huit cylindres à double effet. La puissance totale des deux moteurs est de 20.000 chevaux. Aux essais, elle a même atteint 23.500 chevaux.

et l'Irlande totalisaient, au même moment, 707.900 tonnes de « motorships », soit un accroissement de 16,5 % d'une année sur l'autre, en même temps qu'un tonnage double du tonnage de « motorships » en construction en Angleterre.

Signalons enfin que le tonnage moyen de chacun des 257 navires à vapeur sur cale au 31 décembre dernier ressort à 3.900 tonnes, alors que celui de chacun des

toujours témoigné envers les « motorships » une confiance aussi grande que maintenant ; les ordres de construction sont venus au moment où l'Angleterre commençait à souffrir de la grave crise économique mondiale que nous traversons : ils ont été d'autant moins importants qu'il y a, dans le monde, trop de navires ; que les frets ne sont pas favorables ; qu'en temps de crise, les capitaux sont rares ; qu'il faut des sommes impor-



LE NAVIRE A MOTEUR « DANMARK », DE LA COMPAGNIE DANOISE « EST ASIATIQUE »

. L'absence de cheminées caractérise la plupart des « motorships » scandinaves.

182 « motorships » est de 5.000 tonnes.

L'avance des pays autres que la Grande-Bretagne peut étonner, mais s'explique parfaitement : le moteur à combustion interne n'est pas né en Angleterre. Les premiers diesels construits pour la marine marchande ont été mis au point par des chantiers danois, allemands ou scandinaves. Puis, il ne faut pas oublier que, suivant une vieille formule, l'Angleterre est un « bloc de houille », et qu'avant la guerre, surtout, ce combustible pouvait être obtenu dans ses ports, dans certains ports étrangers même, à des prix tels qu'il pouvait aisément concurrencer le mazout, que les Anglais doivent importer.

Enfin, les armateurs anglais n'ont pas

tantes pour commander un bâtiment neuf, beaucoup plus même, à tonnage égal, quand il s'agit d'un « motorship » (1).

Dans cinq pays autres que la Grande-Bretagne, le nombre et le tonnage des « motorships » en construction dépassent sensiblement ceux des vapeurs.

L'Allemagne est le pays d'origine du moteur Diesel. Elle poursuit la reconstruction de sa marine marchande. Les chantiers allemands ont bénéficié, depuis la guerre, de certaines circonstances favorables, dues aux

(1) Il convient de faire remarquer que, depuis plusieurs mois, plusieurs armateurs anglais ont passé d'importantes commandes de « motorships », et que, malgré tout, la flotte marchande anglaise comprend environ 1.100.000 tonnes de « motorships ».

fluctuations du change : payant leurs ouvriers et bien d'autres dépenses en marks, ils ont pu obtenir, en 1923-1924 surtout, d'importants contrats pour le compte de sociétés américaines (plusieurs pétroliers), scandinaves et même d'un des plus grands armements anglais. Certains de ces chantiers traversent, maintenant, une période de dépression.

La situation de l'Italie est très spéciale : ce pays ne produit ni charbon ni pétrole et doit, par conséquent, importer tout le combustible dont il a besoin. Depuis l'ère fasciste, l'Italie s'est lancée dans une politique de constructions maritimes très active. Grâce aux encouragements qui leur sont donnés, ses armateurs n'ont pas hésité à passer des commandes importantes. Sachant

machine à vapeur, les principaux avantages suivants : 1° meilleure utilisation de l'énergie produite ; 2° simplicité de fonctionnement ; 3° à puissance égale, moindre encombrement, auxiliaires compris, ce qui permet, à dimensions identiques du bâtiment, une augmentation sensible du tonnage et du port en lourd utiles ; 4° moindre consommation de combustible, donc économie et, à tonnage égal de mazout embarqué dans les soutes, un rayon d'action qui peut être extrêmement élevé et permettre le réapprovisionnement dans les ports où les prix du combustible sont les plus intéressants ; 5° possibilité de réduire le personnel des machines, donc de diminuer l'importance du chapitre « salaires » (suppression des soutiers et chauffeurs).

PAYS	VAPEURS		« MOTORSHIPS »	
	1 ^{er} JANVIER 1925	1 ^{er} JANVIER 1926	1 ^{er} JANVIER 1925	1 ^{er} JANVIER 1926
	Tonneaux	Tonneaux	Tonneaux	Tonneaux
Allemagne.....	40=78.539	29=76.525	47=274.071	23=157.040
Danemark.....	9= 9.428	4= 3.900	19= 75.400	13= 56.793
Hollande	26=47.681	20=26.469	14= 76.885	16= 82.425
Italie.....	15=90.290	10=74.400	9= 60.080	26=232.528
Suède	8= 7.180	5= 4.430	11= 50.400	11= 50.400

CE TABLEAU MONTRE QUE, DANS PLUSIEURS PAYS, LE NOMBRE DES VAPEURS EN CONSTRUCTION EST EN DIMINUTION, TANDIS QUE CELUI DES « MOTORSHIPS » AUGMENTE

leur pays tributaire de l'étranger, quel que soit le combustible, ils ont eu confiance dans l'avenir du moteur à combustion interne, qui, à puissance égale, consomme un poids de combustible sensiblement moindre que le moteur à vapeur. Ils ont donc passé commande de très nombreux « motorships » et même de paquebots « motorships » de fort tonnage, dont les moteurs développent une puissance considérable. Avec 306.928 tonneaux sur cale au 1^{er} janvier 1926, l'Italie se classait et continue, d'ailleurs, toujours à se classer au deuxième rang dans le monde pour les constructions navales, immédiatement après l'Angleterre.

La production des États scandinaves, indiquée sur le tableau, doit être notée, parce que la Suède, le Danemark et la Norvège comprennent un pourcentage important de « motorships » dans leurs marines marchandes (31, 26 et 24 %, respectivement).

Les avantages du moteur Diesel

Les armateurs se sont intéressés au moteur Diesel, parce qu'ils lui ont reconnu, sur la

Quelques personnes persistent, cependant, à objecter son prix d'établissement, sensiblement plus élevé que celui de la machine alternative (30 à 40 %), ce qui entraîne une mise de fonds plus considérable dans la construction du navire et nécessite un amortissement plus lourd. En outre, la consommation d'huile de graissage et les frais d'entretien peuvent être légèrement plus grands.

Il ne suffit pas que les armateurs aient reconnu au moteur à combustion interne certains avantages pour qu'ils aient décidé de l'utiliser. Ils n'ont pu l'adopter, même à titre d'essai, sur un bâtiment de mer de plusieurs milliers de tonneaux, que le jour où un moteur d'une certaine puissance a été réalisé pratiquement.

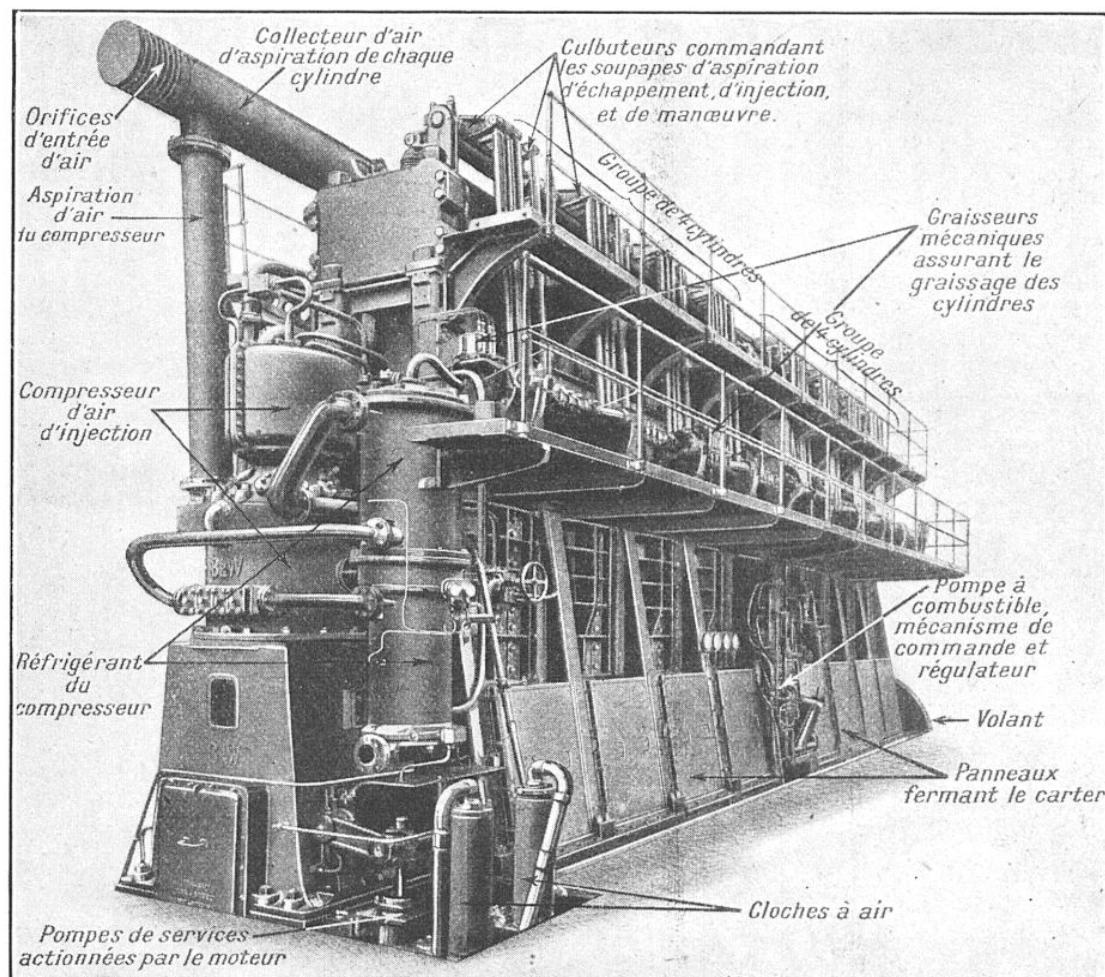
La jauge brute d'un cargo « moyen », pour employer un qualificatif très répandu aujourd'hui, varie entre 4.000 et 8.000 tonneaux. Pour faire route à une vitesse de 10 ou 11 nœuds, il lui faut une puissance de machines de 2.000 à 4.000 C. V.

Un bâtiment de ce tonnage pouvant avoir deux hélices, il fallait donc réaliser un diesel

d'au moins 1.200 C. V., c'est-à-dire, pour un moteur à simple effet (1) de huit cylindres, une puissance de 150 C. V. par cylindre. C'est ce que les chantiers Burmeister et Wain réalisèrent en 1912. En 1921-1922, on

Or, bien des bâtiments de mer nécessitent une puissance de plus de 10.000 C. V.

Mais la mise au point des moteurs à double effet (1924) pouvant avoir, par cylindre, une puissance de 1.000 à 1.500 C. V., permet



UN MOTEUR DIESEL DE 2.850 C. V.

Un des six moteurs construits par Burmeister et Wain pour équiper les trois motorships norvégiens de 9.600 tonnes, Tourcoing, Touraine et Trianon, de l'armateur Wilhelmsen. Ce sont des moteurs à quatre temps et à huit cylindres. Le compresseur nécessaire pour injecter l'air sous pression dans les cylindres est mû par le moteur lui-même.

arriva à 250-300 C. V. par cylindre ; aujourd'hui, on atteint 400 à 500 C. V. (par cylindre et toujours pour un moteur à simple effet). Comme il a été difficile, jusqu'à ce jour, de réaliser pratiquement des moteurs de plus de dix cylindres, aucun moteur à simple effet en service ne développe actuellement une puissance supérieure à 5.000 C. V.

(1) Les premiers diesels marins ont été des moteurs à simple effet.

de réaliser des ensembles moteurs de 20.000 à 50.000 C. V. (avec deux, trois ou quatre moteurs) et a déjà déterminé plusieurs armateurs à entreprendre la construction de bâtiments de fort tonnage et, notamment, de paquebots mus par des moteurs à combustion interne.

L'avènement du moteur à double effet marque un progrès très important, car, jusqu'en 1924, les « motorships » construits

avaient toujours été de simples navires de charge ou des paquebots lents d'un tonnage relativement peu élevé, ne nécessitant qu'une faible puissance de moteur.

Il est fort possible que, dans quelques années, la réalisation de moteurs marins à double effet de 12.000 à 15.000 C. V. permette d'équiper, avec des diesels, les grands paquebots rapides du Nord-Atlantique (30.000 à 60.000 tonneaux et 50.000 à 60.000 C. V.). Mais il est déjà très intéressant de pouvoir doter de ce mode de propulsion les paquebots — beaucoup plus nombreux dans la flotte mondiale que les bâtiments « monstres » — qui ne jaugent que de 15.000 à 30.000 tonneaux et n'ont, le plus souvent, en service qu'une vitesse modérée : 15 à 18 nœuds. La puissance dont ils ont besoin : 12.000 à 30.000 C. V., et cette vitesse relativement peu élevée sont parfaitement compatibles avec les moteurs à combustion interne réalisés depuis deux ans. Depuis cette époque, plusieurs grands paquebots « motorships » sont déjà entrés en service. Le paquebot *Augustus*, sur cale en Italie, sera le plus grand « motorship » du monde : 215 mètres de long et 33.000 tonneaux. Quatre moteurs de 7.000 C. V. chacun l'entraîneront à 18 nœuds jusqu'au Brésil et en Argentine.

Le plus grand nombre des « motorships », en service ou en construction, sont des navires de charge de 4.000 à 8.000 tonneaux. Les moteurs Diesel ont, en effet, un rendement particulièrement avantageux sur les grands parcours, et, dans cet ordre d'idées, des conclusions fort intéressantes ont été publiées sur l'exploitation, pendant une année, entre la Suède et Batavia, de deux navires suédois de caractéristiques identiques : l'*Eknaren*, propulsé par un moteur à combustion interne, et l'*Anten*, mû par une machine alternative. La compagnie suédoise a déclaré que le « motorship » s'était montré d'un meilleur rapport, bien qu'elle ait dû prévoir, pour lui, un amortissement plus élevé et que le capital engagé dans sa construction, qu'il fallait rémunérer, ait été plus important.

La propulsion électrique avec moteurs Diesel

Il nous faut indiquer, enfin, plusieurs essais que l'on a tentés de moteurs à combustion interne commandant, non pas l'hélice, mais un générateur d'électricité — le propulseur étant lui-même actionné par un moteur alimenté par ce générateur. Ce montage permet l'utilisation de moteurs à

combustion interne de régimes rapides (400 tours), puisqu'il n'est pas besoin de se préoccuper de celui de l'hélice. Il est semblable, comme conception, au montage que nous avons indiqué dans un précédent article à propos de la « propulsion électrique » réalisée pour certaines grandes unités au moyen de turbo-générateurs et de moteurs électriques (1). Il permet de bénéficier des avantages du moteur à combustion interne : faible consommation, faible encombrement, et de celui de la propulsion électrique : grande souplesse de manœuvre.

La propulsion électrique avec moteur Diesel est surtout utilisée par les Américains, qui ne l'emploient guère, d'ailleurs, que pour des bâtiments d'un caractère particulier, tels que les remorqueurs de port et, aussi, certains « ferries » (bacs automoteurs pour la traversée des rivières ou des bras de mer), qui ont besoin précisément d'une très grande aisance de manœuvre. Nous citerons, comme exemple, un remorqueur qui vient d'être construit pour le port de Houston (Texas) et qui est mû par deux groupes Diesel électriques de 700 kilowatts, fournissant l'énergie nécessaire à deux moteurs électriques de 410 C. V. Ce remorqueur, le *Port of Houston*, est équipé, en même temps, pour combattre les incendies, dont les conséquences pourraient être si graves dans ce port, qui est un des gros exportateurs de coton des États du sud des États-Unis. Une autre application intéressante à signaler est celle de trois cargos, construits, il y a trois ans, en Angleterre, pour un armement américain, destinés au transport rapide des fruits et dont chacun a une puissance de moteurs de 2.500 C. V. Mais, encore une fois, il ne s'agit que de quelques bâtiments, et, tout en reconnaissant les applications assez nombreuses réalisées aux États-Unis pour des remorqueurs, il faut constater que ce mode de propulsion n'a pas encore été envisagé en grand pour l'équipement des bâtiments munis de moteurs à combustion interne.

Où en est le « motorship » en France ?

Aucun moteur marin à combustion interne de marque française et convenant à un navire de commerce de plusieurs milliers de tonneaux n'a été encore installé sur un bâtiment de mer. Quatre « motorships », de construction française et de tonnage important, étaient en service dans notre marine marchande, au 31 décembre 1926. A la même époque, il n'y avait sur cale, en France, que 7 « motorships » de plus de

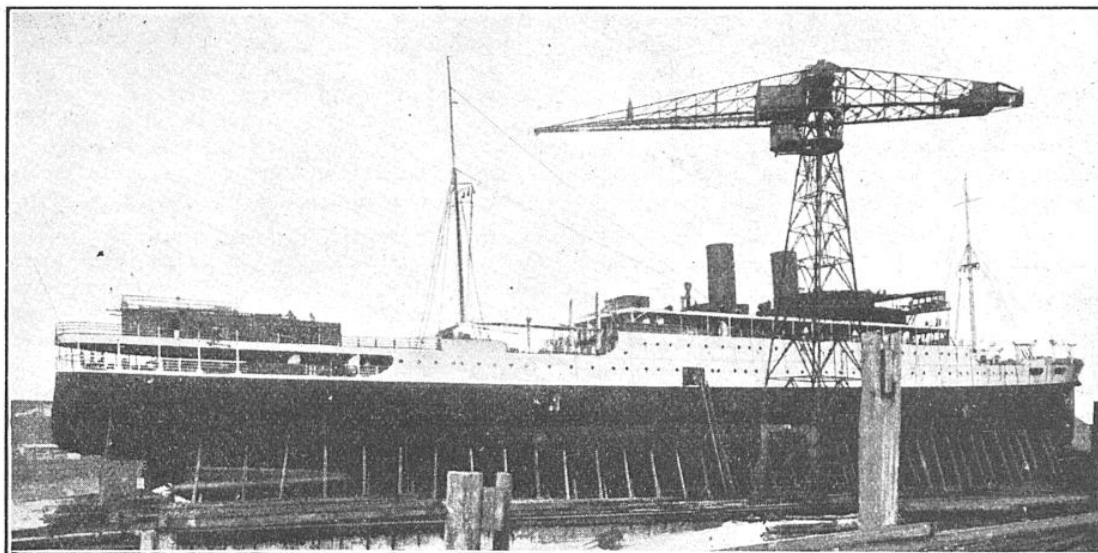
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 59, octobre 1921,

2.000 tonnes, qui, une fois terminés, navigueront sous pavillon français.

Les statistiques indiquent, cependant, que le nombre des « motorships » en construction en France a triplé d'une année à l'autre. Cette différence s'explique par la commande, confiée par plusieurs armateurs étrangers à certains chantiers français, de quelques « motorships » de gros tonnage (un paquebot hollandais, un paquebot brésilien, plusieurs cargos norvégiens, deux pétroliers

part sont des « porteurs » côtiers pour la distribution du pétrole dans les centres de consommation et n'ont qu'un faible tonnage. Quatre unités importantes et de construction française sont en service et quatre armements seulement se sont prêtés à un essai.

Les armateurs français savent évidemment quels types de bâtiments leur sont nécessaires et quel mode de propulsion leur convient. Mais les circonstances, surtout, ne semblent pas les favoriser ; la plupart ont



LE « THÉOPHILE-GAUTIER », LE PREMIER PAQUEBOT A MOTEUR DIESEL CONSTRUIT EN FRANCE ET QUI EST RÉCEMMENT ENTRÉ EN SERVICE

russes, un pétrolier belge, etc...).

Quatre sont ou ont été construits par les Chantiers et Ateliers de Saint-Nazaire-Penhoët, qui ont encore obtenu, depuis le 1^{er} janvier 1926, commande de deux nouveaux cargos norvégiens. Les Chantiers de Saint-Nazaire-Penhoët ont été les premiers, en France, à entreprendre la construction d'un « motorship » (*Motricine* 1913) et sont les chantiers français que les armateurs étrangers ont relativement le plus favorisés de leurs ordres depuis la fin de la guerre.

Si notre pays n'est pas très en arrière des autres au point de vue construction des « motorships », le mérite doit en être attribué à trois ou quatre constructeurs français, qui, en ces temps d'âpre concurrence, ont su obtenir de plusieurs armateurs étrangers des ordres importants dans des conditions souvent difficiles. Il n'existe, en effet, dans la marine française, qu'une dizaine de véritables « motorships ». La plu-

des flottes plus importantes qu'avant guerre et qui se sont accrues entre 1918 et 1922, à une époque où le tonnage revenait extrêmement cher. Ces flottes, généralement surcapitalisées, doivent être l'objet d'amortissements considérables, qui grèvent lourdement l'exploitation de beaucoup d'armements français. Pour passer commande de nouvelles unités, il faudrait d'importants capitaux ; or, ceux-ci ne sont pas faciles à trouver — quand on en trouve, ils sont chers, alors que les taux de fret sont peu élevés — et il n'y a pas, dans notre pays, de Crédit Maritime qui puisse venir en aide à l'industrie maritime.

Malgré cela, on ne peut s'empêcher de songer que dans le même temps, et alors que les circonstances ne leur sont pas souvent plus favorables, de nombreux armements étrangers ne passent plus d'ordres que pour des « motorships ».

HENRI LE MASSON.

UNE PENDULE QUI VARIE DE 1/1.000^e DE SECONDE PAR JOUR

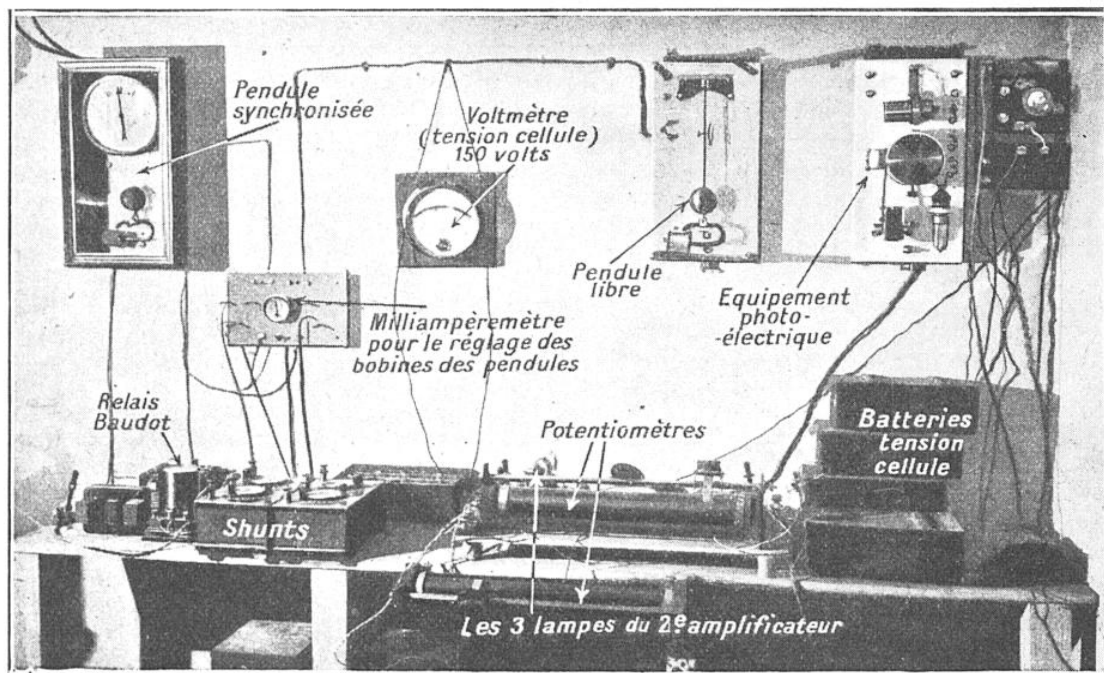
Par Lucien FOURNIER

Si l'on se contente, dans la vie courante, d'avoir l'heure à quelques secondes près, il n'en est plus de même pour les observatoires qui, aujourd'hui, par la T. S. F., distribuent l'heure au monde entier. C'est, en effet, grâce à une précision toujours accrue des « garde-temps » ou horloges astronomiques que les navires peuvent déterminer minutieusement leur longitude et, par conséquent, leur point avec une certitude absolue, que les astronomes peuvent effectuer des observations fécondes et des calculs rigoureux. Le problème de l'heure est l'un des plus captivants qui ait retenu l'attention des hommes de science et, notamment, celui de la constance de la marche de ces pendules astronomiques. Le général Ferrié et M. Jouaust viennent de trouver une solution fort élégante de ce problème délicat et difficile à exposer pour le grand public. M. Fournier, notre distingué collaborateur technique, a su cependant présenter la question avec précision et clarté.

La grande précision des pendules astronomiques est encore insuffisante

LES pendules qui meublent les observatoires sont des appareils de très grande précision parce qu'ils sont destinés à donner l'heure au monde entier. Ce besoin d'avoir l'heure exacte, qui nous anime tous, n'a cependant pas une importance

exceptionnelle dans la vie courante. Si notre pendule ou notre montre avance ou retarde de deux secondes par jour, par exemple, nous considérons que l'horloger à qui nous nous sommes adressés, nous a bien servis. Mais, en astronomie, il n'en est plus de même et toute pendule, tout *garde-temps*, comme on dit dans les observatoires, qui prendrait une avance ou qui accuserait un retard de une



VUE GÉNÉRALE DE L'INSTALLATION D'EXPÉRIENCES, A L'OBSERVATOIRE DE PARIS, DES PENDULES FERRIÉ ET JOAUST

seconde par jour, ne serait jamais admise à figurer dans l'un quelconque de ces établissements scientifiques. De même tout garde-temps qui avancerait, puis retarderait d'une infime quantité, serait également considéré comme indésirable, car, et nos lecteurs le savent, toute bonne montre, comme toute bonne pendule, doit toujours varier dans le même sens, le moins possible, bien entendu, et jamais prendre de l'avance un jour ou du retard le lendemain.

accorderions fort peu de confiance à l'astronomie et aux nombres qu'elle emploie.

Voici comment procèdent les astronomes pour corriger leurs pendules

Comme la mécanique horlogère ne peut atteindre à la perfection, les savants doivent corriger leurs pendules. Comment opèrent-ils? Nous pouvons le dire en quelques mots.

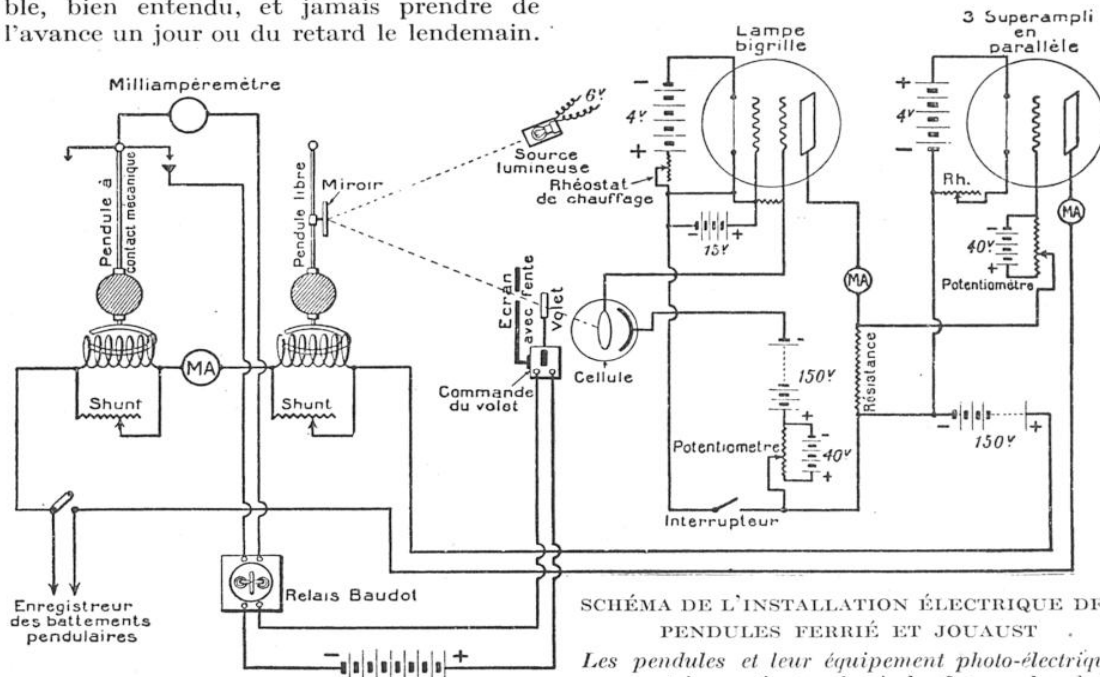


SCHÉMA DE L'INSTALLATION ÉLECTRIQUE DES PENDULES FERRIÉ ET JOUAUST.

Les pendules et leur équipement photo-électrique occupent la partie gauche de la figure : les deux lampes à droite, sont des lampes amplificatrices ; la lampe bigrille constitue un premier étage, et la seconde lampe fait partie d'un groupe amplificateur qui comporte trois lampes. On remarque, notamment, que l'enregistreur des battements pendulaires est mis en série sur le circuit des électros des pendules. Quant au volet interrompant le rayon réfléchi pendant le retour du pendule libre, on voit qu'il est commandé par le pendule entretenu et par l'intermédiaire d'un relais Baudot, qui lui envoie le courant d'une pile locale assez puissante.

Les pendules astronomiques sont donc des chronomètres dans lesquels la précision a été portée à son maximum. En général, leur avance ou leur retard ne dépasse pas un centième de seconde par jour.

Il semblerait que les savants puissent se montrer satisfaits d'un tel résultat. Malheureusement, les calculs sur lesquels sont basées leurs observations exigent la précision absolue. On comprend, en effet, que si une étoile passe au méridien à la vitesse de 600 kilomètres à la seconde et que la pendule qui sert de base à la détermination de cette vitesse soit en retard de un centième de seconde, l'erreur commise dans la position de l'étoile sera de 6 kilomètres. Si toutes les observations étaient aussi peu précises, nous

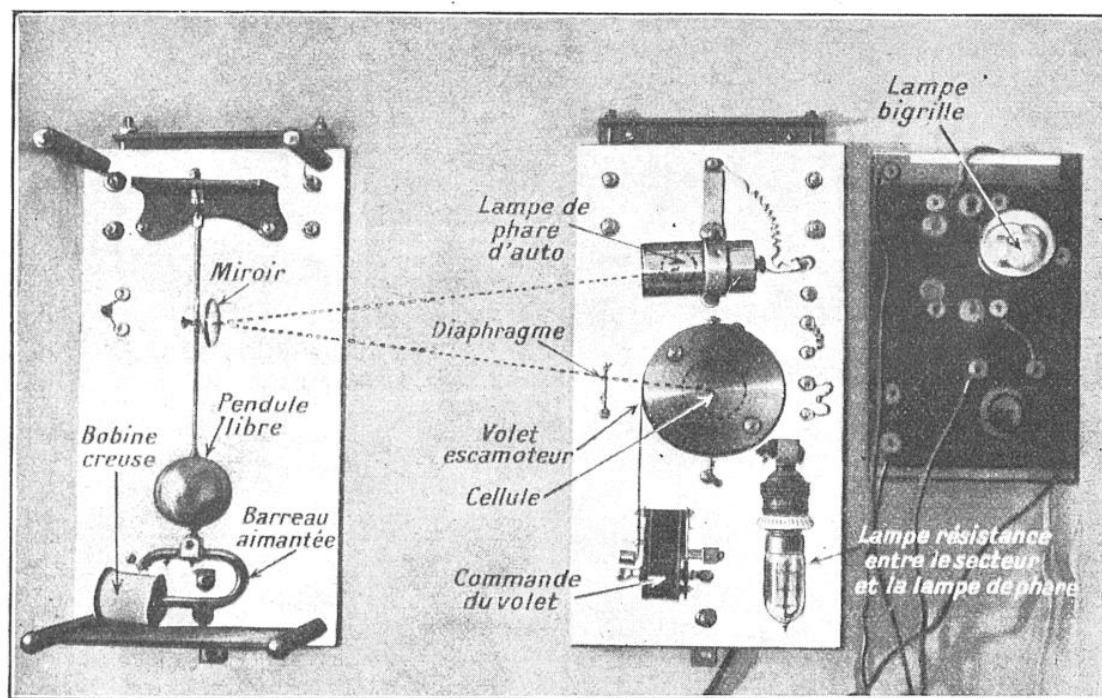
Une quinzaine d'étoiles, comme Véga, Gamma de la Lyre, dont on connaît l'heure exacte du passage au méridien, sont mises à contribution. A l'aide d'une lunette appelée, pour cette raison, *méridienne* et qui comporte un réticule vertical en soie d'araignée (1) figurant le méridien, l'astronome attend que l'étoile désignée franchisse cette ligne. Au moment où elle s'y inscrit, il appuie sur un contact et envoie un courant électrique qui provoque l'enregistrement d'un trait sur une bande de papier où s'inscrit en même temps la marche de la pendule à vérifier. La comparaison des deux enregistrements permet de voir aussitôt de quelle fraction de temps la

(1) C'est le seul usage de la soie d'araignée. Un réticule coûte 200 francs.

pendule avance ou retarde. Comme l'opération se répète successivement sur une quinzaine d'étoiles, on prend la moyenne de tous les tracés et on obtient ainsi l'heure sidérale.

Cette pendule est dite *sidérale* parce qu'elle marque l'heure sidérale. Chaque observatoire en possède plusieurs qui se contrôlent mutuellement et, si un accident arrive à celle qui est en service, une autre la remplace aussitôt.

pendule directrice placée dans la cave comporte un mécanisme qui, par ses frottements, introduit des résistances dans sa marche. Enfin, le courant correcteur est envoyé aux autres pendules par l'intermédiaire d'un contact fixé au balancier, au moment précis où ce balancier passe par la verticale ; or, ce contact, quelque léger qu'il soit, introduit encore une action mécanique qui modifie, très légèrement il est vrai, la



VUE DU PENDULE LIBRE ET DE SON ÉQUIPEMENT PHOTO-ÉLECTRIQUE

La lampe de phare d'auto enfermée dans un cylindre métallique, envoie un faisceau lumineux sur le miroir, lequel le réfléchit sur l'ampoule photo-électrique. Ce faisceau est tamisé par son passage à travers la fente du diaphragme. Le volet escamoteur vient se placer devant l'ampoule au moment où le pendule reprend la position verticale pendant son mouvement de retour (de gauche à droite).

Ce sont ces pendules qui donnent l'heure aux astronomes. Connaissant l'heure sidérale, on calcule l'heure solaire moyenne qui permet de remettre à l'heure tous les jours, à 10 h. 40, une deuxième série de pendules qui donnent le temps moyen. L'une de ces dernières sert à l'émission des signaux horaires par T. S. F.

Telle est encore l'organisation qui préside actuellement à la remise à l'heure des pendules. Les savants n'étaient pas sans lui trouver des défauts. D'abord, l'astronome peut fermer le contact, dont il a la garde, une fraction de seconde avant ou après le passage de l'étoile au méridien. C'est là une erreur d'une grande importance. Ensuite, la

marche du balancier, en raccourcissant l'amplitude de ses mouvements, c'est-à-dire sa période d'oscillation. Tout cela détermine des erreurs dans l'heure exacte, erreurs qu'il importait d'éviter.

Les variations des pendules astronomiques peuvent être réduites à un millième de seconde par jour

Dans ce but, MM. le général Ferrié et Jouaust ont imaginé de supprimer d'abord le mécanisme de l'horloge directrice et de toutes celles qui peuvent être appelées à la remplacer en cas de défaillance, en lui substituant un pendule libre ; ensuite, d'entrete-

nir ce pendule libre par ses propres moyens; enfin, d'envoyer les courants correcteurs dans les autres pendules sans intervention d'un mécanisme quelconque. Dans ces conditions, toutes les pendules seront synchronisées par un appareil ne comportant aucun frottement mécanique et dont, par conséquent, les oscillations seront rigoureusement isochrones.

Nous pouvons aisément, sans entrer dans les détails techniques, expliquer la construction des appareils et le fonctionnement de ce système de réglage automatique.

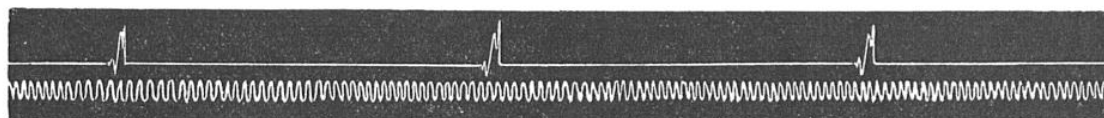
Sur un pendule qui oscille librement est fixé un petit miroir, recevant un faisceau de lumière provenant d'une lampe à incandescence ordinaire. Quand le pendule passe par la verticale, le faisceau est réfléchi directement sur une ampoule photo-élec-

du premier pendule, intervient pour en entretenir les oscillations, en même temps qu'il synchronise celles de la deuxième pendule. Cela, bien entendu, et c'est le fait essentiel, sans qu'intervienne aucun organe mécanique,

Observons que la deuxième pendule est également soustraite à l'influence de son propre mécanisme, puisqu'elle est synchronisée par un pendule libre.

On peut donc ainsi obtenir l'heure avec une approximation beaucoup plus grande qu'avec l'ancien procédé, c'est-à-dire qu'en une journée, l'avance ou le retard ne dépassent pas un millième de seconde. On juge par là de l'importance des recherches effectuées par MM. le général Ferrié et Jouaust.

En étudiant de plus près le dessin schématique que nous publions, nos lecteurs pourront constater que le miroir envoie deux



FRAGMENT D'UNE BANDE DE PAPIER DE L'ENREGISTREUR DE LA PAGE SUIVANTE

Au-dessus : enregistrement des battements pendulaires : chaque trait vertical représente l'inscription d'un battement du pendule au bout d'une seconde. Au-dessous : enregistrement des vibrations d'un diapason.

trique semblable à celle que nous avons décrite ici même (1). Je rappelle simplement que le faisceau atteignant l'ampoule y provoque le passage d'un courant électrique, comme si l'appareil remplissait le rôle d'interrupteur. Le courant cesse de passer, c'est-à-dire que le circuit est rompu, aussitôt que le faisceau quitte l'ampoule.

Le temps d'éclairement de la cellule est régularisé par un diaphragme à ouverture réglable, placé sur le parcours du rayon réfléchi. Ce diaphragme limite le temps d'insolation de la cellule généralement à 5 millièmes de seconde seulement.

Le courant photo-électrique, de faible intensité, est amplifié convenablement par deux étages de lampes, dont une bigrille, semblable à celles utilisées en T. S. F., et passe à travers deux enroulements en série.

L'un de ces enroulements appartient à la pendule que nous désignerons sous le nom de pendule synchronisée, dont le balancier, pourvu d'un barreau aimanté, pénètre dans l'enroulement. Le second appartient au premier pendule, lui-même constitué comme le précédent.

De sorte que le courant, né des oscillations

courants par seconde dans l'ampoule photo-électrique.

Ce serait là plus qu'un défaut, puisque l'un des courants, émis au moment où le pendule passe exactement dans la verticale, exercerait son action quand ce pendule se dirige de droite à gauche, tandis que l'autre courant agirait sur le pendule quand il revient de gauche à droite. Les courants neutraliseraient les oscillations et le pendule serait alors immobilisé.

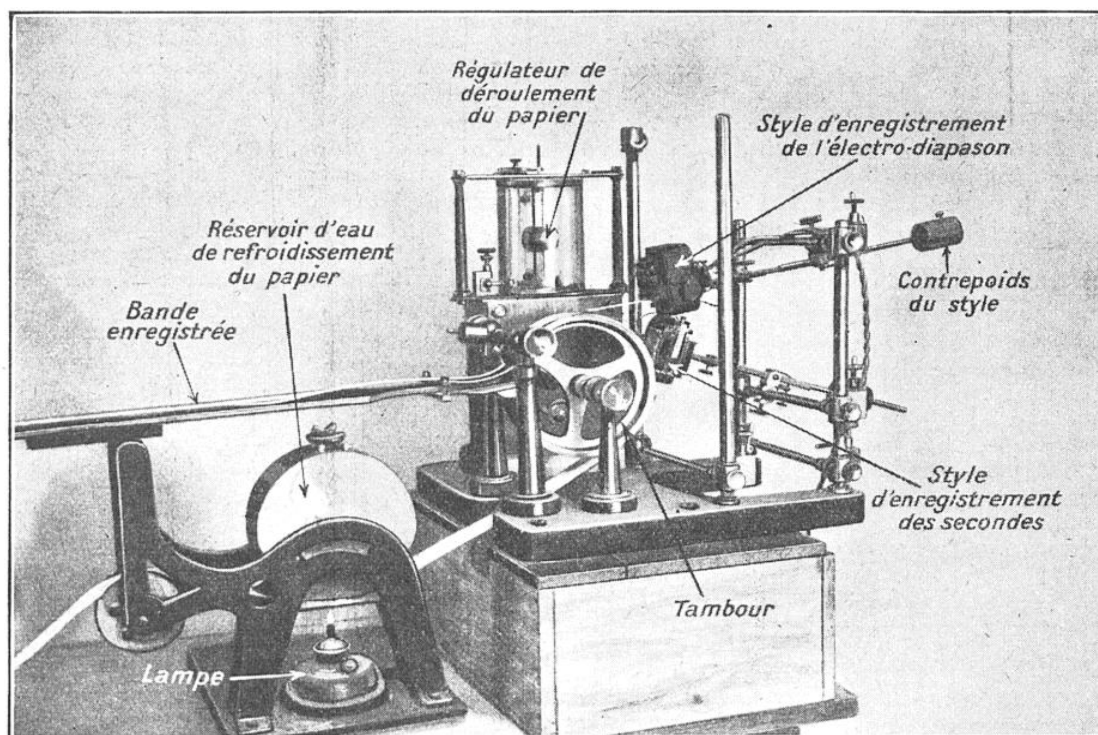
Pour éviter cet inconvénient, les inventeurs ont imaginé de faire intervenir un volet très léger, commandé électriquement par la deuxième pendule et qui vient se placer sur le parcours du faisceau réfléchi lorsque le pendule revient sur lui-même. L'ampoule photo-électrique étant ainsi soustraite à l'action de la lumière, aucun courant ne peut plus circuler dans le circuit.

La régularité de la marche d'un pendule est rendue apparente par l'enregistrement des battements sur une bande de papier

Pour se rendre compte de la régularité de la marche du pendule auto-entretenu, on emploie le procédé suivant.

Une bande de papier, noirci au noir de

(1) Voir « l'état actuel de la télévision », *La Science et la Vie*, n° 114, décembre 1926.



L'APPAREIL UTILISÉ POUR ENREGISTRER LES BATTEMENTS PENDULAIRES SUR LE PAPIER
La petite lampe que l'on remarque au premier plan recouvre la bande de papier de noir de fumée ; comme elle pourrait également la carboniser, on refroidit le papier en le faisant passer sous un réservoir rempli d'eau froide.

fumée par une lampe placée sous son passage, se déroule à la vitesse de 5 centimètres à la seconde, sous deux styles. L'un de ces styles est actionné par un électro-diapason Lepaute entretenu électriquement et donnant 50 périodes à la seconde ; ce style inscrit donc sur le papier une ligne sinuée, très régulière, sur laquelle il suffit de compter 50 oscillations pour définir, en quelque sorte, la longueur d'une seconde sur la bande de papier. Le deuxième style est actionné, chaque seconde, par le même courant photo-électrique qui entretient le pendule libre. Ce courant, de très courte durée, chasse rapidement le style sur le papier et lui fait inscrire un trait. En comptant le nombre des vibrations du diapason entre deux traits successifs, on voit immédiatement si les battements ont lieu exactement à la fin de chaque groupe de 50 périodes de l'électro-diapason. Ainsi, on peut apprécier la régularité des battements du pendule.

Nous avons montré, au début de cet article, quelle était l'importance astronomique d'une correction exacte des garde-temps,

Le système Ferrié-Jouaust réduit au minimum les erreurs de longitude

C'est également par l'heure, ou plutôt par les battements horaires, qu'il est devenu possible de déterminer exactement la longitude d'un lieu quelconque pris sur la surface du globe. Avec des pendules donnant des heures approximatives, on n'obtient que des données d'autant plus erronées que les pendules sont entachées d'inexactitudes plus grandes. Avec le système Ferrié-Jouaust, ces erreurs seront réduites au minimum et nous ne verrons plus, ainsi que cela s'est maintes fois produit, attribuer à une nation le cours partiel d'un fleuve important ou un riche gisement métallifère, lesquels en réalité, étaient situés sur le territoire voisin. Par lui aussi, on peut obtenir confirmation de certaines théories, comme celle de Wegener par exemple, en mettant en évidence (s'il existe) ce curieux phénomène que serait la dérive des continents et sur lequel nous ne possédons encore que des données incertaines

LUCIEN FOURNIER.

LE DIRIGEABLE MÉTALLIQUE DANS LA NAVIGATION AÉRIENNE

Sa construction - Son avenir

Par le Lieutenant de vaisseau LE TESSON

L'industrie aéronautique actuelle s'oriente vers le dirigeable rigide à armature métallique. C'est grâce aux progrès de la métallurgie des alliages légers et résistants que la construction de ces « plus léger que l'air » est entrée dans la voie des réalisations pratiques pour l'exécution des grands raids. L'auteur, officier technicien des plus qualifiés, expose ici comment est constitué le dirigeable rigide depuis les derniers types établis dans les différents pays. Le problème de la navigation aérienne par dirigeables a évolué depuis la guerre et s'achemine vers leur utilisation pour l'exploitation commerciale des grandes lignes internationales et intercontinentales. Les chantiers Zeppelin achèvent actuellement un grand dirigeable métallique destiné à survoler l'Océan en 1928, pour relier l'Espagne à l'Argentine et, en général, l'Europe et les deux Amériques.

C'est surtout à l'étranger que se développe la construction des dirigeables

VERS la fin de la guerre, la construction d'une escadre de six grands dirigeables avait été décidée en France, mais la découverte des plans des zeppelins de l'époque avait retardé la réalisation de ces projets et, l'armistice étant survenu, ils furent abandonnés.

Cependant, si, pour des raisons d'ordre

budgétaire, et peut-être aussi par manque de foi dans l'aérostation, la France a renoncé momentanément à construire des dirigeables rigides, d'autres nations, peut-être plus fortunées, ont saisi tout le parti que l'on pouvait tirer des dirigeables, au point de vue commercial et militaire.

L'Angleterre, malgré l'expérience malheureuse du *R.-34*, a conservé son similaire le *R.-33*. Ce dirigeable a effectué, dernièrement, de nombreuses sorties d'essais, dont

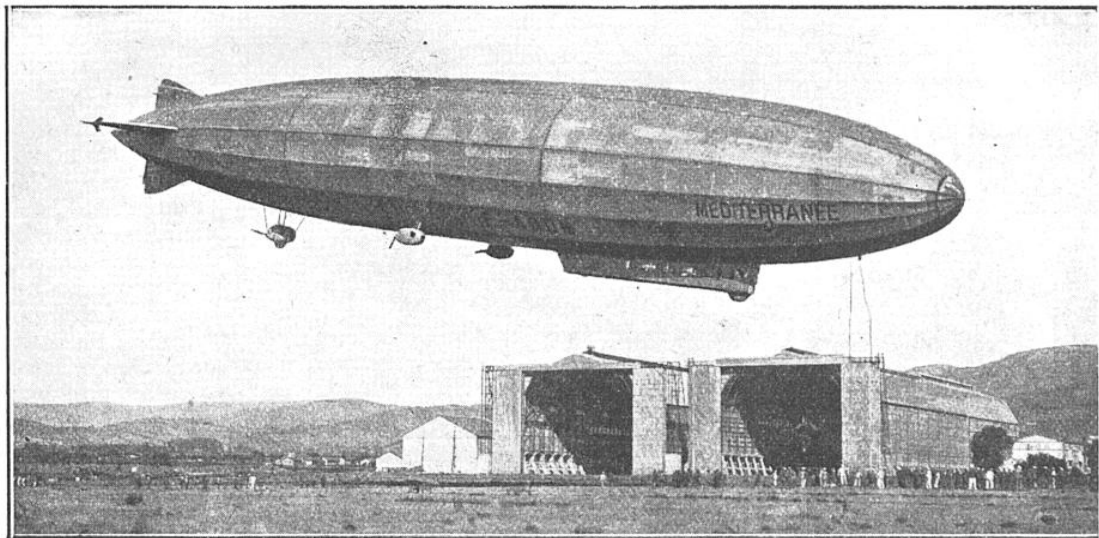


FIG. 1. — LE DIRIGEABLE « MÉDITERRANÉE » ATTERRISSANT A CUERS

Remarquer la longueur de la nacelle avant, qui sert à la fois de poste de navigation et de cabine pour les passagers. Dans le hangar de droite, on aperçoit l'arrière du « Dixmude ».

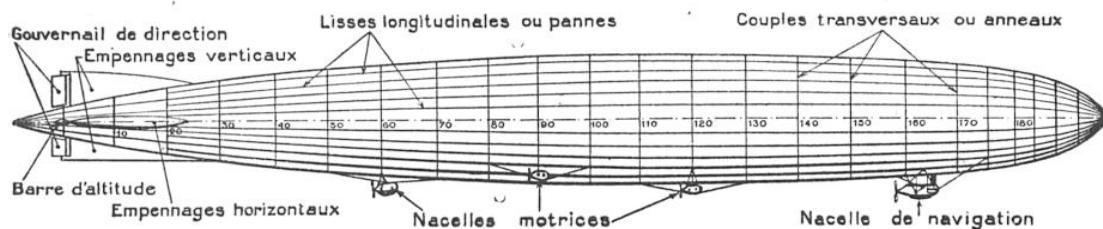


FIG. 2. — COUPE LONGITUDINALE VERTICALE DU « LOS-ANGELES »

la conclusion a été l'élaboration d'un programme de construction de deux rigides de 140.000 mètres cubes : le *R.-100* et le *R.-101* ; leur mise en chantier est décidée. Ces dirigeables sont destinés à l'exploitation de la ligne des Indes. A cet effet, un hangar de 260 mètres de long sur 60 mètres de haut a été mis en construction à Karachi, point terminus actuel. La ligne sera, par la suite, prolongée jusqu'à l'Australie, par Calcutta et Singapour. L'Angleterre songe également à l'organisation d'une ligne vers l'Afrique du Sud par l'Égypte.

L'Espagne annonce la formation d'un syndicat hispano-allemand, qui se propose d'utiliser des zeppelins construits en Espagne pour effectuer le trajet Séville-Buenos-Ayres sans escale.

Enfin, les États-Unis ont prévu la construction de deux rigides de 160.000 mètres cubes, formidablement armés et porteurs d'avions, destinés à opérer en liaison avec la flotte de haute mer.

Il est à remarquer que les États-Unis songent à la construction d'appareils purement militaires, alors que les autres pays s'en tiennent à la construction de rigides commerciaux. Il va sans dire que ces derniers se

transformeraient facilement, le cas échéant, en engins de guerre capables de rendre les plus grands services.

La France se trouve donc si largement distancée dans le domaine de l'aérostation qu'elle donne l'impression de vouloir l'abandonner pour se consacrer exclusivement à l'aviation. Cependant, tôt ou tard, nous devrons certainement mettre en chantier des dirigeables rigides de gros volume.

C'est une nécessité, je dirais presque nationale, de suivre soigneusement les travaux entrepris à l'étranger, afin de réduire au strict minimum la période de nos essais.

Comment sont construits les dirigeables modernes

Tous dérivent du type Zeppelin et ils ne présentent entre eux que des différences de détails d'aménagement.

Une des qualités primordiales d'un appareil aérien est la vitesse, car il doit se déplacer

dans un milieu essentiellement mobile.

Avec un dirigeable souple, il est actuellement impossible de dépasser pratiquement une vitesse de route de 80 kilomètres, car la résistance à l'avancement devient telle qu'il est impossible de conserver les formes de l'avant sans maintenir dans l'enveloppe une

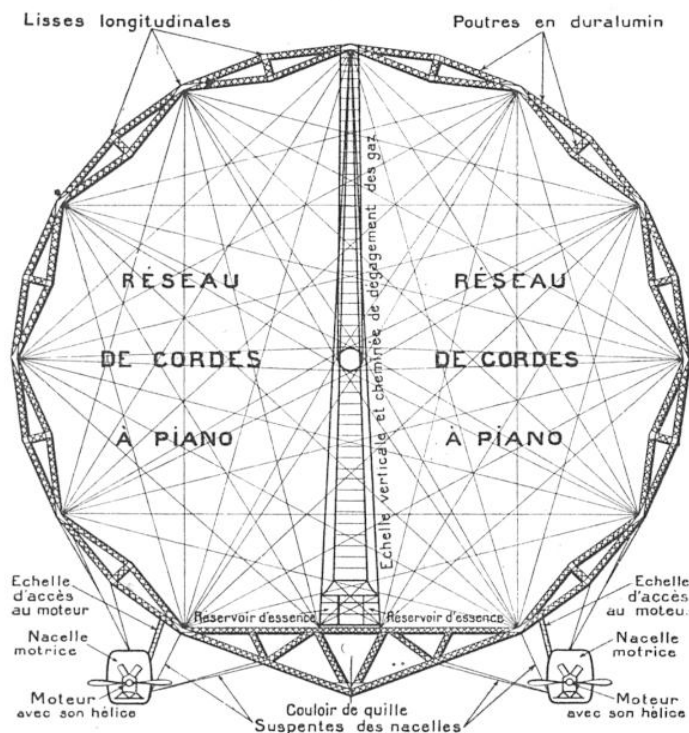


FIG. 3. — COUPE TRANSVERSALE VERTICALE DU « LOS-ANGELES » SUIVANT UN ANNEAU PRINCIPAL

pression intérieure hors de proportion avec la résistance des tissus.

Les Italiens tournent cette difficulté en construisant des dirigeables semi-rigides. Mais ce n'est, en quelque sorte, qu'un subterfuge, et la vraie solution consiste dans l'adoption du type rigide.

Cependant, pour un même volume, la carcasse d'un rigide est sensiblement plus lourde que l'enveloppe d'un dirigeable souple. Pour emporter un poids utile suffisant, on est donc conduit à augmenter le volume du ballon. La force ascensionnelle totale varie, en effet, comme le cube des dimensions, alors que le poids total de la carcasse et les poids morts varient sensiblement moins.

D'un autre côté, la puissance nécessaire pour donner à l'appareil une vitesse donnée varie seulement comme le carré des dimensions, d'où économie d'essence et augmentation, soit de la vitesse, soit du rayon d'action.

On est donc conduit à la construction de grands dirigeables afin de consacrer une partie du gain de force ascensionnelle à l'augmentation de la solidité de la carcasse.

La forme du dirigeable est conditionnée par la résistance de l'air sur sa carène

Le volume du dirigeable étant fixé par l'utilisation prévue, les possibilités de construction et les dimensions des hangars, on

fixe la forme de la carène. Elle est déterminée par la résistance de l'air sur le dirigeable.

Cette résistance peut être considérée comme la résultante de trois forces :

1° Résultante des pressions normales, proportionnelle à la surface du maître couple

2° Résultante de frottement, proportionnelle à la surface totale ;

3° Résultante de la résistance des appendices (empennages, nacelles, etc...)

On a calculé que la somme de ces trois forces passe par un minimum pour un allongement voisin de 6,5 fois le diamètre au maître couple.

D'autre part, l'allongement influe sur le rayon d'action — un grand allongement nécessitant une puissance moindre pour obtenir une vitesse déterminée — et sur la capacité de transport — un faible allongement donnant un plus grand pourcentage de poids utile. Il faut aussi évi-

ter la présence de tronçons de droites dans le tracé de la carène afin d'obtenir un bon rendement au point de vue de la résistance à l'avancement.

La forme définitive à adopter sera donc un compromis tenant compte de toutes les considérations précédentes sur l'allongement pour faciliter la vitesse, et sur le maximum de volume pour un poids donné, et, sans pouvoir obtenir la perfection, les ingénieurs s'attachent à se rapprocher le plus possible des conditions optima.

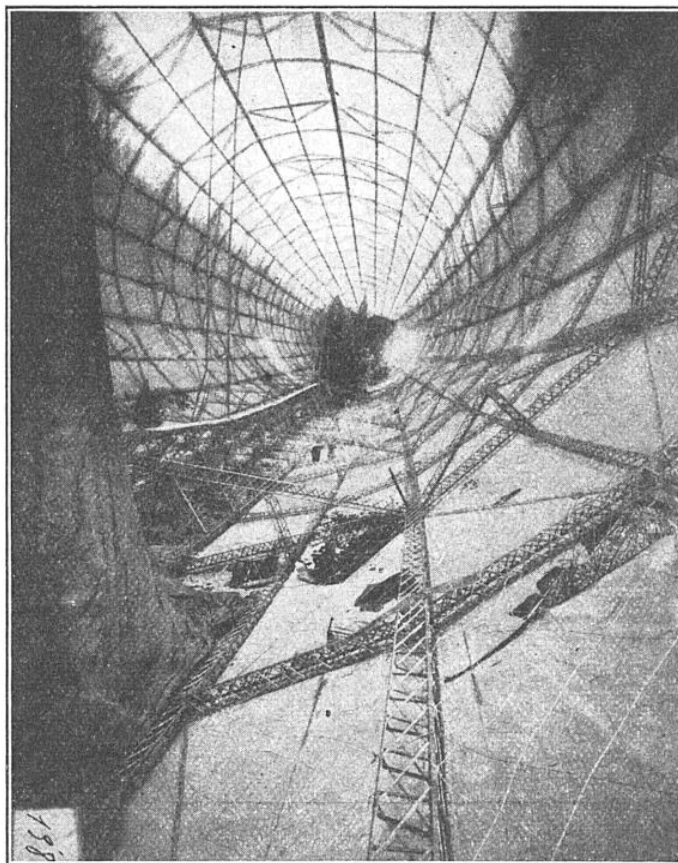


FIG. 4. — VUE INTÉRIEURE D'UN DIRIGEABLE RIGIDE
A gauche, un ballonnet dégonflé. On remarque la forme des poutrelles au premier plan et le matelassage en fibres sur lequel venait s'appuyer le ballonnet gonflé. On voit, au centre et à gauche, le couloir de quille d'où partent des échelles permettant d'accéder à la partie supérieure du dirigeable.

	Dirigeable allemand <i>L.-3</i>	<i>Dixmude</i>	<i>Méditerranée</i>	<i>Shenandoah</i>	<i>Z.-R.-3</i> ou <i>L.-Z.-12-6</i> <i>Los - Angeles</i>
Volume	22.000	68.500	20.000	60.000	70.000
Puissance des moteurs	630 C. V.	1.560 C. V.	1.040 C. V.	1.800 C. V.	2.000 C. V.
Vitesse maximum....	76 km.	120 km.	130 km.	120 km.	122 km.
Poids utile.....	8 t.	51 t.	10 t.	38 t.	40 t.
	32 %	65 %	43 %	47 %	48 %
Rayon d'action au 4/5 de la puissance....		20.000 km.	1.800 km.		8.400 km.
Plafond.	2.000 m.	6.600 m.		Carcasse renforcée	

TABLEAU DES CARACTÉRISTIQUES DE QUELQUES GRANDS DIRIGEABLES RIGIDES

Les alliages légers et l'acier sont à la base de la construction d'un dirigeable rigide

Les rigides actuels sont tous construits en duralumin. C'est un alliage à base d'aluminium protégé par un vernis ou par le procédé électrolytique du Dr Bengough. L'utilisation de l'acier inoxydable à haute résistance n'est pas encore à recommander, car certaines pièces, à poids égal, auraient une résistance inférieure aux pièces en duralumin.

La carcasse est constituée par un assemblage de poutrelles métalliques entretoisées par des cordes à piano en acier. Ces poutrelles sont formées par trois gouttières réunies par des croisillons rivés.

Les poutres ainsi constituées sont assemblées en lisses longitudinales ou *pannes*, qui vont de l'avant à l'arrière, et en couples transversaux ou *anneaux* distants de 5 mètres les uns des autres, qui découpent le dirigeable en un certain nombre de tranches. Un anneau sur deux ou sur trois, suivant le type, est renforcé (anneau principal).

Comment sont constitués les ballonnets intérieurs d'un dirigeable, destinés à contenir l'hydrogène à l'hélium

La carcasse est recouverte complètement d'une enveloppe en étoffe peinte ou dopée, ne jouant aucun rôle dans la solidité de l'en-

semble, mais protégeant l'intérieur du ballon des intempéries et ayant un faible coefficient de frottement dans l'air.

Chaque tranche comprise entre deux anneaux principaux contient un ballonnet qui la remplit exactement. Les ballonnets sont donc de formes et de volumes très différents, suivant leur position dans la carcasse.

Ils sont absolument indépendants les uns des autres et possèdent tous une soupape

automatique et une soupape commandée. Ils peuvent se gonfler et se contracter librement, et sont simplement maintenus en place par un système de câbles qui les traversent et empêchent le flottement. Pour éviter qu'ils n'appuient sur des parties métalliques ou ne forment des poches à travers les poutrelles, ils sont entourés d'un réseau de fibre végétale formant un véritable matelassage.

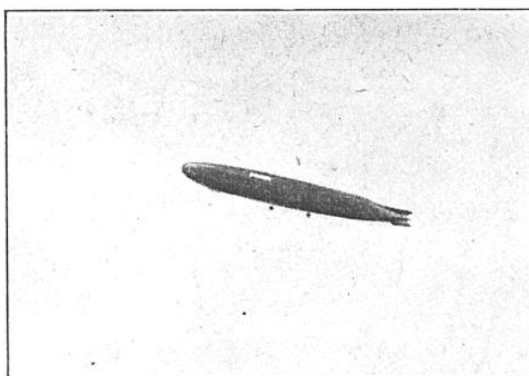


FIG. 5. — SOUVENIR DU « DIXMUDE » LORS DE SON DERNIER VOL

Entre deux ballonnets voisins, on ménage une cheminée d'aération permettant l'évacuation du gaz pendant les montées et contenant une échelle verticale aboutissant à la partie supérieure du ballon, grâce à laquelle l'équipage peut effectuer diverses opérations de surveillance ou même de réparation, aussi bien en cours d'ascension qu'au hangar.

Les ballonnets sont fabriqués en baudruche. C'est l'enveloppe interne du cœcum du bœuf, râclée et nettoyée, et collée avec du caoutchouc sur un tissu de coton. On constitue ainsi une étoffe imperméable à l'hydro-

gène, légère et résistante. Mais les coëfficients de bœufs sont de petites dimensions. Il en a fallu 600.000 pour la construction du *R.-33*, de 55.000 mètres cubes ; de plus, la main-d'œuvre est considérable et d'un prix élevé. Aussi cherche-t-on à employer d'autres peaux et surtout à fabriquer un dope souple, facile à passer sur les tissus et rendant les réparations commodes.

Tout le long du dirigeable, dans sa partie inférieure, existe le couloir de quille, dans lequel sont logés les réservoirs d'eau et d'essence et les approvisionnements divers. Il permet d'accéder aux moteurs, de visiter tout le ballon depuis la pointe avant jusqu'à

du lest et du guide-rope, ainsi que les appareils de transmission d'ordres aux moteurs. Dans une cabine étanche se trouve le poste de T. S. F. C'est dans la nacelle de commandement que se tiennent le commandant du dirigeable, l'officier de quart et les pilotes.

Dans les dirigeables commerciaux, cette nacelle est prolongée par la partie réservée aux passagers. Elle comprend divers compartiments et ressemble assez à un wagon de chemin de fer confortable. En général, elle contient une cuisine électrique, un bar et diverses installations de toilette, des couchettes permettant aux passagers de passer plusieurs journées en l'air sans fatigue.

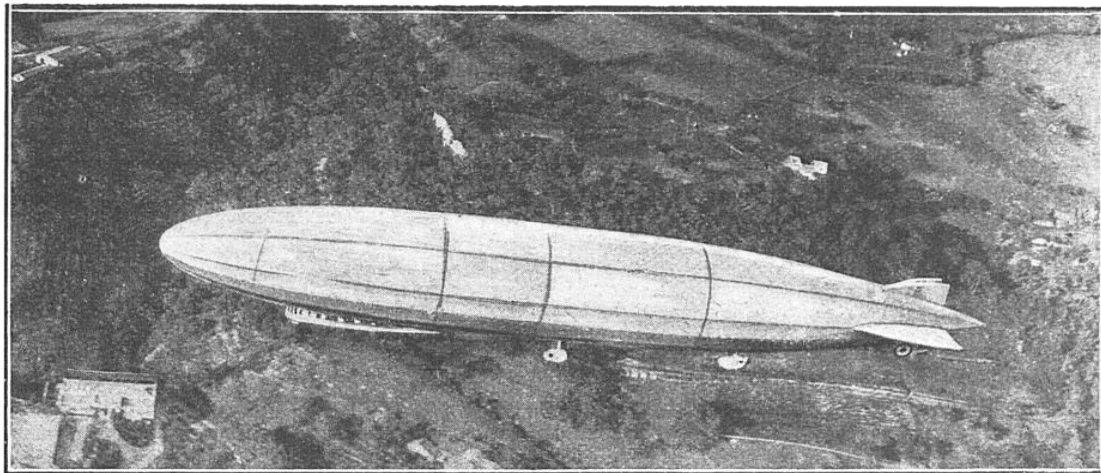


FIG. 6. — DIRIGEABLE RIGIDE EN COURS D'ASCENSION AU-DESSUS DES CHAMPS

l'intérieur des empennages et contient dans sa partie la plus large les couchettes utilisées par les membres de l'équipage au repos.

Les moteurs sont renfermés dans des nacelles suspendues par des pylônes en acier et des cordes à piano et réparties le long de la quille du dirigeable. Ces nacelles, en aluminium, sont juste de dimensions suffisantes pour contenir le moteur et un homme chargé d'en surveiller la marche et d'exécuter les ordres du commandant. On y accède par une échelle verticale et repliable, manœuvrable de l'intérieur du ballon ou de la nacelle motrice.

La cabine de navigation

Enfin, tous les instruments de bord de navigation et de manœuvre sont groupés dans la nacelle du commandant. Cette nacelle est toujours placée à l'avant du ballon. Elle contient les commandes des soupapes et des gouvernails, les manœuvres

D'après cette description, on voit combien le dirigeable rigide est un appareil aérien admirable. On se tromperait beaucoup en s'imaginant que sa construction exige un temps considérable. Il suffit d'être outillé et de posséder des ingénieurs et des ouvriers spécialistes. Les Allemands étaient arrivés à construire en un mois un rigide de 70.000 mètres cubes.

Dès maintenant, les performances des dirigeables sont suffisantes pour faire entrevoir le magnifique avenir qui leur est réservé dans la navigation aérienne. Les voyages du *Z.-R.-3* traversant l'Atlantique, du *Norge* survolant le pôle Nord, sont présents à toutes les mémoires. Surveillons donc les autres pays qui travaillent à améliorer un appareil que nos finances d'après-guerre ne nous permettent pas de posséder, et nous serons prêts, le jour venu, à conquérir la maîtrise complète de l'air en ajoutant une flotte de rigides à notre flotte d'avions encore inégalee.

LE TESSON.

LA FRANCE PEUT-ELLE FABRIQUER TOUT LE PAPIER DONT ELLE A BESOIN ?

Par Pierre ARVERS

Cette matière première est indispensable à l'essor économique et intellectuel d'une nation, pour favoriser l'éclosion de la production littéraire et scientifique sous toutes ses formes, dont dépend le rayonnement d'un pays dans le monde. Un maréchal allemand n'a-t-il pas dit, au cours de la guerre, que celui qui avait su assurer le ravitaillement de l'Angleterre en papier par sa propagande avait été aussi précieux pour la victoire qu'un général sur le champ de bataille? Nous examinerons ici en toute objectivité le problème de notre approvisionnement en papier, son état actuel et ses solutions pour l'avenir de notre industrie papetière.

Le papier est de plus en plus cher. Constatation douloureuse et qui devient alarmante lorsqu'on pense que c'est par lui que se transmet la pensée. Pourquoi cet accroissement dans les prix? Les intéressés répondent : parce que les bois ou les pâtes à papier utilisés proviennent de pays à change élevé et que, dans l'état actuel des choses, il est naturel qu'on paie davantage les uns et les autres.

Soit ! Mais, alors, pourquoi va-t-on chercher dans les pays à change élevé (Suède, Norvège, Canada) cette matière première, alors qu'il semble possible d'utiliser mieux les ressources de notre sol national?

Nous allons essayer d'exposer cette question en toute objectivité, en nous aidant du remarquable rapport présenté l'année dernière, au Congrès de Grenoble, par M. Bergès, vice-président du Syndicat des Pâtes à papier.

On sait que le papier n'est autre chose que de la pâte de cellulose séchée. On l'obtient le plus généralement en partant du bois que l'on râpe. La production de la pâte issue des chiffons est actuellement infime.

Or, la cellulose du bois est composée de fibres, lesquelles sont enrobées par une matière ligneuse rigide. Imaginez un noyau de cellulose recouvert d'un protoplasme rigide. Les fibres, au séchage de la pâte à papier, vont s'enchevêtrer. Et c'est à cet enchevêtrement que sont dues la consistance du papier et sa souplesse.

Rappelons ce que c'est qu'une pâte à papier

La *pâte mécanique* est obtenue en défilant le bois à l'aide de meules en grès. C'est, au point de vue chimique, une ligno-cellu-

lose. On l'utilise dans la fabrication des papiers communs comme le papier de journal. Cette pâte, qui est la moins chère, est peu consistante, car les fibres qui restent enrobées dans le protoplasme ligneux, rigide, ont, à la torsion, une tendance à se séparer les unes des autres. La pâte mécanique se déchire avec facilité.

Dans la *pâte chimique* ou cellulose au bisulfite, le traitement (cuisson au bisulfite de chaux) libère les fibres de leurs matières ligneuses rigides. Ces fibres peuvent donc s'enchevêtrer plus complètement pour donner au papier une grande souplesse et une grande résistance. Cette pâte est dure à déchirer et le papier d'une qualité supérieure, mais sensiblement plus cher que le premier. L'outillage, en effet, est plus important et le traitement transforme plus de la moitié du bois employé en produits solubles qu'on est obligé de jeter à la rivière.

On peut également procéder en remplaçant le bisulfite de chaux par un mélange complexe de produits alcalins (sulfure de sodium, sulfate de soude, soude, etc.). La pâte ainsi obtenue est colorée et plus solide que la précédente. Elle sert surtout à la fabrication du papier de pliage, dit papier « Kraft », dont la résistance est considérable.

Enfin, la pâte à la soude diffère de celle au sulfite par la composition de la lessive et par le mode de cuisson. C'est une cellulose blanchissable, très appréciée, qui se rapproche un peu de la cellulose des chiffons et peut donner, elle aussi, des papiers « Kraft » appréciés. Ces quatre types de pâtes sont classiques. Mais, bien entendu, les fabricants de papier les mélangent, comme on peut mélanger des crus différents de bons vins. Au papier obtenu avec la pâte au bisulfite,

on ajoute souvent un peu de pâte mécanique. D'autre part, on mélange toujours à la pâte mécanique un peu de cellulose au bisulfite pour rendre le papier moins friable.

La consommation mondiale du papier atteint 11 millions de tonnes par an

La consommation mondiale du papier a doublé depuis 1913, en raison de l'augmentation croissante du nombre et du volume des journaux, qui en absorbent 5.500.000 tonnes sur les 11 millions de tonnes représentant la consommation mondiale annuelle. Les Etats-Unis seuls s'inscrivent pour 3 millions de tonnes.

La majorité des pays consomme plus de bois qu'elle n'en produit pour son approvisionnement en papier

L'Angleterre, la Belgique, les Pays-Bas, la Suisse, l'Allemagne, le Danemark, la France, l'Espagne, le Portugal, l'Italie, la Grèce, la Bulgarie, la Serbie, les Etats-Unis, la République Argentine, l'Égypte, l'Australie consomment plus de bois qu'ils n'en produisent. Ils font alors appel, pour couvrir leurs besoins, à la Norvège, à la Suède, à l'Autriche, à la Finlande, à la Russie, à la Tchécoslovaquie et au Canada.

Mais ces derniers pays sont contraints à réduire de plus en plus leurs exportations, parce que leurs besoins propres s'accroissent et aussi parce que leurs forêts s'épuisent. On y a entamé déjà depuis longtemps le capital-forêts. Ils ont donc été obligés d'examiner les mesures qu'il leur faudrait prendre pour en éviter la dilapidation.

Les mesures prises à l'étranger pour remédier à la crise du papier

Pour l'Amérique, le grand pays producteur est le Canada. Or, dès 1910, la province de Québec prohibait la sortie des bois coupés sur les domaines de la couronne. En 1913, le Parlement fédéral votait une loi qui autorisait le président du Conseil à prohiber l'exportation du bois de papeterie, sans établir de distinction entre les bois de l'Etat et ceux des propriétés privées. Le président du Conseil n'a pas encore usé de cette faculté, mais une campagne très vive est engagée en faveur, soit de la prohibition, soit de l'établissement d'un droit à la sortie qui rendrait l'exportation impossible. Certains experts canadiens estiment que le rythme de la consommation, qui est passé de 600.000 cordes en 1910 (la corde vaut 3 stères et demi), à 4.647.201 cordes en 1924, est exagéré, au point que, s'il continuait avec une progression aussi

rapide, les forêts canadiennes seraient épuisées au cours de la présente génération.

La Tchécoslovaquie et la Pologne ont également pris des mesures pour restreindre l'exportation du bois à papier, en vue de protéger leurs industries propres. La Finlande s'engage dans la même voie. On sait que ce pays est un des plus boisés de l'Europe et même du monde, eu égard à sa faible étendue (25.263.000 hectares de forêts, dont 21.380.000 sont productifs). C'est qu'en effet, au cours des dix premiers mois de 1925, la Finlande avait exporté environ 1.400.000 mètres cubes de bois à papier, contre 442.000 seulement en 1924.

La Suède, qui renferme 24 millions d'hectares productifs, n'a pas augmenté beaucoup ses exportations de bois. La Norvège, qui était jadis couverte de forêts, se déboise de plus en plus ; son taux actuel de boisement n'est plus que de 21 %. L'Allemagne n'est pas, elle, un pays très boisé (30 % de sa superficie totale seulement). Elle est contrainte à importer. Avant la guerre, elle s'adressait surtout à la Russie, dont elle recevait 10 millions de quintaux environ. Elle tire, actuellement, de Tchécoslovaquie les quantités qui lui sont nécessaires.

En 1913, la production des papiers de toutes sortes aux Etats-Unis, non compris le carton, s'élevait à 3.389.000 tonnes. En 1920, elle atteignait 7.334.000 tonnes. En 1925, elle dépassait 8 millions de tonnes. En 1922, pour fabriquer le papier consommé aux Etats-Unis, 9.148.000 cordes de bois ont été transformées en pâte, soit aux Etats-Unis, soit au Canada, et cette énorme quantité s'accroît de 370.000 cordes environ par an. Les forêts de la Confédération, dans lesquelles puisent non seulement les fabriques de pâtes, mais encore beaucoup d'autres industries du bois, ne peuvent suffire à la demande. On est obligé d'importer de plus en plus de bois ou de pâte à papier. Nous avons vu que c'est surtout au Canada que les Américains vont chercher la matière première dont ils ont besoin. Notons, en passant, que les Etats-Unis possèdent les usines les plus modernes pour la fabrication du papier. Deux d'entre elles produisent 700 tonnes de papier par jour, avec des machines susceptibles d'en donner, chacune, 120.

D'autre part, les pays qui, jusqu'alors, étaient des pays exportateurs de bois, se sont mis à fabriquer de la pâte. Ils ont, en effet, un intérêt beaucoup plus grand à transformer eux-mêmes la matière première. En sorte qu'il ne restera bientôt plus, comme fournisseurs de bois à papier, que la Russie, dont les

exportations sont encore peu importantes et qui, d'ailleurs, sera inéluctablement amenée à transformer elle-même sa matière première.

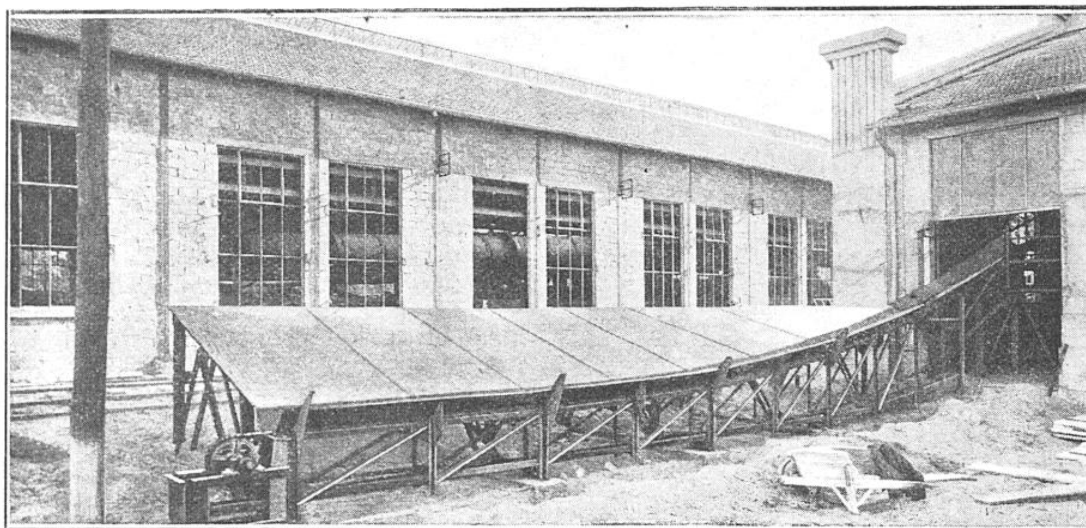
Quelle est la situation de la France au point de vue des pâtes à papier ?

Notre pays a une superficie forestière de 10.422.000 hectares, y compris l'Alsace et la Lorraine, ce qui représente un taux de boisement de 18,7 %.

La production annuelle de ces forêts a été évaluée à 25 millions de mètres cubes, dont

sion de montrer que notre pays pourrait non seulement se suffire à lui seul, mais encore, par une politique suivie rationnellement et avec ténacité, devenir un des principaux fournisseurs du monde. Signalons, dès maintenant, que M. Seurre, inspecteur des Eaux et Forêts en retraite, estime que nos fabriques de pâtes pourraient retirer de nos forêts près de 8 millions de mètres cubes de bois susceptibles de donner de la pâte à papier.

En revanche, si l'importation des bois à papier baisse, on doit constater que celle du



UNE CURIEUSE FAÇON DE MANUTENTIONNER LES RONDINS DESTINÉS A LA FABRICATION DU PAPIER DANS UNE USINE MODERNE

Déversés par des wagons situés sur les rails visibles à l'arrière-plan, les rondins roulent sur un plan incliné et sont, un à un, accrochés par une chaîne munie de pointes. Ces pointes entraînent les rondins d'un mouvement continu vers l'usine, où ils seront transformés en papier.

7.412.156 mètres cubes de bois d'œuvre seulement.

En ce qui concerne le bois à pâte, nous en trouvons avant la guerre, sur notre sol, 500.000 stères environ et nous en importons autant. Ce bois nous permettait de fabriquer 90.000 tonnes environ de cellulose et 90.000 tonnes de pâte mécanique.

Depuis la guerre, nos importations de bois à pâte ont sensiblement baissé, soit par suite d'un appel plus important aux forêts françaises, soit par suite de l'arrêt de quelques-unes de nos usines.

En 1923, nous n'avons importé que 40.727 tonnes, contre 201.000 en 1913. En 1924, les importations se sont relevées jusqu'à 69.000 tonnes. La production des forêts françaises en essences papetières est donc relativement faible. Nous aurons, toutefois, l'occa-

papier journal augmente considérablement.

En 1913, celle-ci répondait à la consommation, estimée à 180.000 tonnes par an. En 1925, nous avons demandé aux fabriques étrangères 116.966 tonnes de papier journal, réduisant à quelque 70.000 tonnes la part de nos propres usines.

Si donc le statu quo actuel se prolongeait et si l'on n'attendait pas des progrès de la science des améliorations sensibles, la situation apparaîtrait comme extrêmement grave.

« L'Allemagne et la Suisse, nous a dit un spécialiste éminent, achètent chez nous des bois, dont la sortie de France est insuffisamment protégée, et nous les revendent ensuite, après les avoir transformés en papier. Cette situation paradoxale semblerait pouvoir être améliorée par l'interdiction de la sortie des bois à papier et par l'érection de barrières

douanières assez élevées sur l'entrée du papier. Notre industrie papetière qui souffre d'une crise grave, à tel point que quelques usines ont dû fermer, à cause de la concurrence étrangère, pourrait se relever d'elle-même, et il n'y aurait ensuite aucun inconvénient à renverser les barrières établies. L'industrie se défendrait toute seule.»

Quelles sont les essences de bois utilisées dans la fabrication de la pâte à papier ?

Ce sont surtout l'épicéa, le sapin et le pin sylvestre. Les essences feuillues, telles que le tremble et le peuplier, qui donnent de l'excellente pâte, sont employées, ainsi que les résineux, à la fabrication de la cellulose de soude. On les utilise aussi à la préparation de la pâte mécanique, et de grandes usines italiennes de papier journal en consomment d'importantes quantités. En Amérique, on utilise aussi le tsuga et le peuplier.

Parmi les bois coloniaux, l'eucalyptus, qu'on trouve en Algérie, s'emploierait avec avantage.

En Afrique Occidentale française, le fromager et le parasolier peuvent donner de bonnes pâtes, ainsi que l'okoumé, bien qu'il soit coloré et ne puisse trouver d'emploi qu'en pâte blanchie. Les bois de Madagascar sont trop durs ou trop colorés pour donner de la pâte satisfaisante. La Guyane française, fortement boisée (79,5 %), ne peut procurer de ressources appréciables, parce qu'elle est trop éloignée et aussi parce que les essences qu'on y rencontre sont ou trop dures ou trop colorées. L'Indochine, à part le bambou dont nous parlerons plus loin, n'a pas de bois intéressants, à part quelques essences situées dans des forêts difficilement exploitables. En sorte que, si l'on considère, dans leur ensemble, nos colonies relativement à ce qu'elles peuvent donner en essences papetières, on ne trouve guère de quoi calmer les craintes que nous inspire la crise du papier. Le plus grand nombre des essences que n'élimine pas leur dureté ou leur couleur, ont une fibre très courte, sont peu homogènes et loin d'avoir les propriétés qu'on aime à rencontrer dans les bois du Nord. Le climat même de nos colonies et la grande rapidité de croissance qui en est la conséquence, sont, à ce sujet, des tares certaines.

Mais, si les bois coloniaux sont peu aptes à rentrer dans la fabrication du papier, ils pourraient, en remplaçant dans les autres usages les bois de la métropole, permettre de reboiser la France en essences favorables à l'industrie du papier et apporter ainsi une aide précieuse.

Comment remédier à notre pénurie des bois destinés à l'industrie papetière ?

Il existe trois remèdes principaux : procéder à de larges plantations ; utiliser des essences jusqu'à présent délaissées, et, enfin, employer les succédanés du bois.

Le premier de ces moyens est évidemment excellent, et l'Etat, par tous les moyens en son pouvoir, doit engager les particuliers à ne pas le perdre de vue. L'arbre dont la croissance est la plus rapide est incontestablement le peuplier ; il a, en outre, l'avantage de se contenter de terrains humides et de peu de valeur. Il peut s'employer, comme nous l'avons vu, dans la fabrication de la pâte mécanique et même de la cellulose. Malheureusement, quelque rapide que soit sa pousse, il faut attendre quinze ou vingt ans pour obtenir des rondins de bonnes dimensions pour la papeterie. De grandes fabriques françaises se sont d'ailleurs résolument lancées dans cette voie, et il conviendrait que les pouvoirs publics encourageassent les propriétaires de terrains qui ne sont pas susceptibles de bonnes cultures, à imiter cet exemple. Mais ces plantations de peupliers, si intensifiées qu'elles soient, ne seront jamais suffisantes pour assurer notre autonomie dans l'industrie de la fabrication du papier.

L'exploitation du pin des Landes est une initiative avantageuse tant au point de vue de la cellulose que des sous-produits

Le plus commun des bois, jusqu'ici délaissé, est le pin des Landes.

Il recouvre dans les Landes, la Gironde et le Lot-et-Garonne un million d'hectares, produisant annuellement plus de 3.500.000 mètres cubes de bois d'œuvre et environ 1.200.000 tonnes de poteaux de mine, qui viennent surtout de coupes d'éclaircissage, dont un nombre de tonnes voisin du million est annuellement exporté en Angleterre. Le pin maritime avait été laissé de côté à cause de la résine qui l'imprègne. Mais les fabricants de papier se sont émus en considérant cette richesse nationale en bois inutilisée en papeterie, d'autant plus que la fibre du pin maritime constitue une cellulose de qualité supérieure. A la suite de recherches tenaces, ils sont parvenus à le traiter par des alcalins — sur la base du procédé à la soude examiné sommairement plus haut — qui absorbent sa résine et donnent une pâte écrue, permettant, comme nous l'avons déjà vu, de fabriquer les papiers d'emballage, papiers Kraft. Il est ensuite facile de blanchir cette pâte pour fabriquer les papiers à écrire

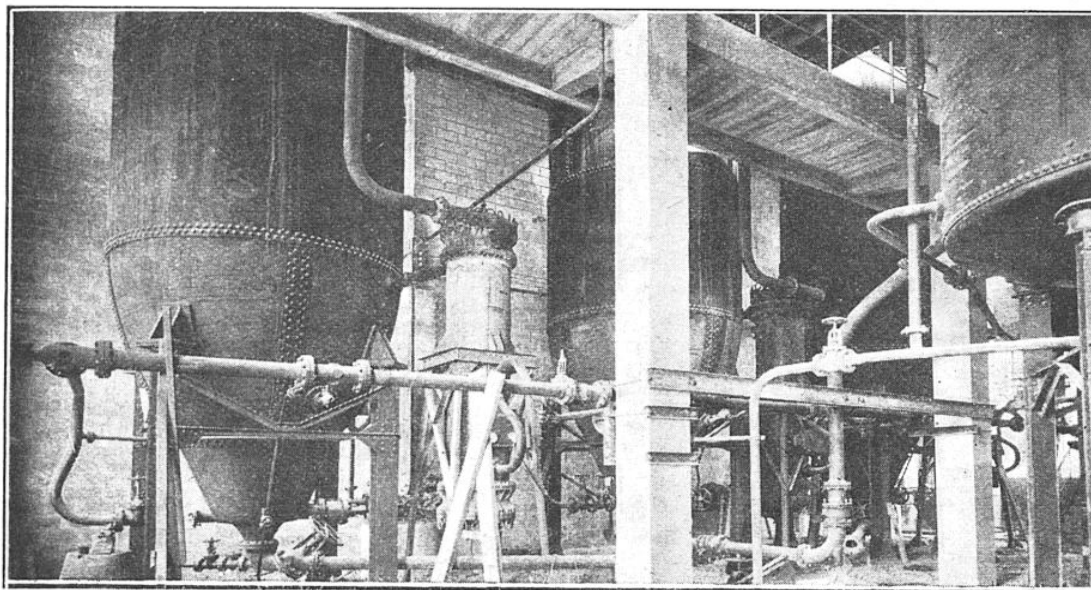
ou à imprimer. Ainsi l'usine de Montfourrat, des papeteries Navarre, transforme d'une manière régulière le pin maritime. Un autre procédé — celui de l'ingénieur suédois Rinman — exploité par les papeteries de Gascogne, dans leur usine de Mimizan, a perfectionné la technique du procédé à la soude et est appelé à un avenir remarquable.

On peut, dans ces conditions, affirmer que l'emploi généralisé du pin des Landes en papeterie peut résoudre le problème de l'approvisionnement des papeteries françaises en pâtes chimiques.

Ce n'est pas tout. La fabrication de la pâte

l'un ou l'autre des procédés de synthèse qui ont déjà fait leurs preuves et, par suite, en sulfate d'ammoniaque.

Si, comme il faut l'espérer, l'industrie de la fabrication de la pâte à papier à l'aide du pin des Landes se généralisait, elle permettrait d'éviter la dépense d'une somme annuelle de 500 millions en achat de devises étrangères (suédoises et norvégiennes notamment). En outre, la tonne de pins des Landes, actuellement employée comme poteaux de mines et qui vaut, à l'heure actuelle, 110 francs, donnerait 900 francs de papier, chiffre auquel il convient d'ajouter 200 francs



VUE PARTIELLE DES AUTOCLAVES SERVANT POUR LA CUISSON DES BOIS A PAPIER

à papier par le procédé Rinman donne des sous-produits, dont la vente, très rémunératrice, permet d'abaisser le prix du papier.

Lorsqu'on traite, par exemple, 3 tonnes de bois de pin des Landes sec et écorcé, on obtient, en dehors d'une tonne de pâte écrue : 36 kilogrammes d'alcool méthylique pur, 24 kilogrammes d'acétone, 24 kilogrammes d'éthylméthylcetone, 12 kilogrammes d'huile d'acétone, 50 kilogrammes d'huiles légères et d'huiles lourdes, ainsi qu'un dégagement de 400 mètres cubes environ d'hydrogène pur.

Inutile d'insister sur l'intérêt que présente la récupération de ces sous-produits. L'hydrogène, en particulier, se trouvant à l'état presque pur, sera éventuellement utilisé, à la suggestion de M. Léon Feval, pour la fabrication de l'ammoniaque synthétique, par

retirés des sous-produits de récupération par la méthode Rinman. Or, comme la France exporte annuellement 800.000 tonnes de poteaux de mines, on peut dire que transformer cette quantité de bois en papier, c'est conserver à notre pays, au lieu de l'exporter, une somme annuelle de plus de 500 millions de francs.

Certains autres végétaux peuvent être utilisés pour produire la pâte à papier

A cette catégorie de végétaux appartiennent : la paille, l'alfa, le bambou, les roseaux, les genêts, les palmiers, etc. (végétaux à fibre courte), les linters de coton, la paille de lin (végétaux à fibres longues). Mais, pour qu'une matière première cellulosique présente quelque intérêt industriel, il faut qu'elle croisse en abondance, qu'elle se

reproduise spontanément et annuellement, ne demande pas une main-d'œuvre onéreuse et soit facile à transporter. De plus, elle doit fournir un bon rendement en cellulose sans nécessiter un traitement coûteux.

La paille

Parmi les végétaux, la paille de froment et de seigle occupe le premier rang : 6 millions d'hectares sont, dans notre pays, utilisés à la culture de ces céréales. Ils rendent, chaque année, 200 millions de quintaux de paille. C'est donc une réserve immense de cellulose.

Avant la guerre, on avait appliqué, à la fabrication de la cellulose de paille, les procédés au sulfate. Mais la pâte qui en résultait avait peu de solidité, peu de transparence et de dureté. En sorte qu'en 1914 la production mondiale de cette pâte ne dépassait guère 80.000 tonnes par an, dont 40.000 étaient produites par l'Allemagne.

Elle n'a pas sensiblement augmenté, mais les progrès réalisés dans la technique permettent d'entrevoir qu'elle pourra prendre, dans une période prochaine, un développement intense. On est parvenu, en effet, grâce aux procédés au chlore, à obtenir une cellulose plus souple, plus résistante, plus pure qu'avec les anciens procédés.

Depuis qu'on a réussi à employer en fortes proportions cette pâte dans la composition des papiers tirés sur machines à grande vitesse, l'intérêt des fabricants américains s'est éveillé. Ils vont vraisemblablement chercher à utiliser largement la paille, afin de résoudre le problème de l'approvisionnement en pâtes, qui, comme nous l'avons vu, devient, pour eux, de plus en plus angoissant.

Ce végétal est, en effet, extrêmement abondant dans tous les pays du monde et, *si on était en état d'employer économiquement et techniquement sa cellulose, on pourrait considérer comme résolu le problème des matières premières en papeterie. Mais nous faisons toutes réserves à ce sujet.*

Sa production mondiale est, en effet, d'environ 2 milliards de tonnes de froment et de 1.120 millions de tonnes de seigle, qui permettraient d'obtenir 1.200 millions de tonnes de cellulose de paille, alors que la production mondiale actuelle de cellulose de bois est de 6 millions de tonnes environ.

Si l'on ne considère que la France, notre production de paille de seigle et de froment nous permettrait d'obtenir plus de 6 millions de tonnes de cellulose, c'est-à-dire de quoi alimenter, à nous seuls, toutes les usines de pâtes du monde.

Ce ne sont là, évidemment, que chiffres de statisticiens, mais on peut en retenir que les fabriques de pâte trouveraient dans la paille une matière première réellement inépuisable et dont le prix ne serait jamais conditionné que par les frais de pressage et de transport.

Il faut remarquer, en se bornant à considérer le point de vue économique, que, pour généraliser l'emploi de la cellulose de paille, il faudra abaisser son prix au-dessous de celui de la cellulose de bois. On n'en est pas loin, car les progrès techniques réalisés tendent à diminuer les consommations de matières premières, de produits chimiques et de main-d'œuvre. De plus, les cours de la cellulose s'accroîtront vraisemblablement pendant les années prochaines, en raison de la hausse constante des prix du bois.

L'alfa et le bambou

Il nous reste à parler de l'alfa et du bambou. L'alfa donne une cellulose dont les fibres possèdent une douceur et une souplesse extrêmes. Il est donc tout naturel qu'on s'en serve pour les papiers d'édition.

Les premiers essais de transformation de l'alfa en pâte à papier datent de 1860, époque où Routledge introduisait cette matière cellulosique en Angleterre. Les fabricants de papier de ce pays apprécièrent aussitôt les qualités de l'alfa et ils en importèrent vite des quantités considérables.

L'Angleterre s'est trouvée ainsi le plus gros producteur de pâte d'alfa (80.000 tonnes environ en 1924).

Pourquoi cet avantage au profit de notre voisine? D'abord parce que ses navires arrivent en Algérie et en Tunisie chargés de charbon et en repartent avec des phosphates et de l'alfa. Les uns et les autres ne supportent donc ainsi que de faibles dépenses de fret en retour. Et ensuite parce que le traitement de l'alfa comporte une dépense relativement importante de calories, que le charbon anglais produit à bon compte.

La production française de la pâte d'alfa a été, jusqu'ici, très limitée, et nous n'importons, en 1913, que 10.000 tonnes de ce végétal, dont la moitié seulement allait à la papeterie. Nous étions, en effet, très handicapés par le coût du fret, le prix du charbon et celui des produits chimiques. De plus, notre marché en beaux papiers d'écriture était bien inférieur au marché anglais.

Mais de nouvelles usines de pâtes d'alfa se sont créées en France, depuis la guerre, et il semble que cette cellulose soit de plus en plus appréciée des consommateurs de papier.

La baisse du franc a, d'ailleurs, favorisé

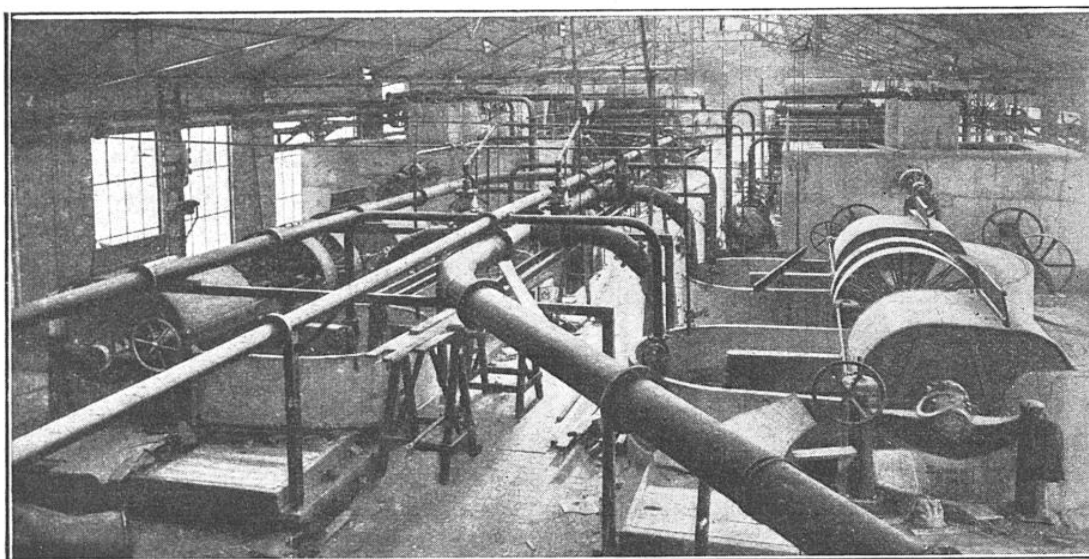
le développement des papiers d'alfa français en élevant une barrière provisoire à l'entrée du papier similaire importé d'Angleterre. Il faut mettre à profit cette période exceptionnelle afin de réaliser les progrès techniques qui nous permettront d'utiliser de plus en plus cette matière première.

On a estimé que les 4 millions d'hectares de nappes alfatières d'Algérie pouvaient produire annuellement de 6 à 7 millions de tonnes. La Tunisie, d'autre part, accuse 2 millions d'hectares, et l'apport possible d'alfa y est d'environ 110.000 tonnes. En

frets, dont la cherté a, jusqu'ici, pesé lourdement sur le prix de revient.

La situation de l'industrie de la papeterie, en France, peut se résumer par les constatations suivantes :

1^o Difficulté, de plus en plus grande, de s'approvisionner en bois ou en pâtes étrangères, d'abord parce que les pays producteurs en exportent de moins en moins, et ensuite parce que la valeur du franc rend très lourdes nos importations ;



CET ATELIER DE RAFFINAGE DE LA PÂTE À PAPIER MONTRE L'IMPORTANCE DE LA FABRICATION DE CETTE MATIÈRE PREMIÈRE

admettant que ce végétal rende 40 % de cellulose, on voit que le Nord de l'Afrique permettrait de produire de 1 à 3 millions de tonnes de cellulose.

Le bambou est l'une des graminées les plus répandues ; on en trouve d'innombrables espèces dans toutes les parties du monde, notamment en Birmanie, dans les Indes et en Indochine. La fabrication moderne de la cellulose du bambou ne donne que 3.000 tonnes par an, produites par l'usine de Vietri, au Tonkin.

La cellulose de bambou, formée de fibres fines et souples, permet de fabriquer de beaux papiers d'impression et d'écriture, et peut s'employer avantageusement si elle est mélangée avec de la cellulose d'alfa, de paille ou de chiffons.

En France, l'utilisation de la pâte de bambou est conditionnée par le coût des

2^o Insuffisance, sur notre sol, des essences jusqu'ici employées en papeterie ;

3^o Nécessité de se tourner vers celles qui demeurent délaissées (pin maritime) et vers les succédanés (paille), cette évolution dans nos habitudes devant non seulement nous permettre de nous suffire à nous-mêmes, mais même de nous rendre exportateurs ;

4^o Intérêt de pousser à l'utilisation de l'alfa et, dans tous les cas, à éviter que les papiers d'alfa, fabriqués à l'aide de la plante qui croît en Algérie, nous soient vendus à des prix exorbitants par l'Angleterre.

Ceux qui emploieront sans défaillance leur énergie à ce programme réaliseront vraisemblablement des affaires brillantes et pourront, à juste titre, considérer qu'ils ont rendu à l'économie française un très grand service.

PIERRE ARVERS.

LES GAZ NATURELS CONSTITUENT UNE FORMIDABLE SOURCE D'ÉNERGIE INSUFFISAMMENT UTILISÉE

Par René DONCIÈRES

Il y a cent ans, la petite ville de Fredonia, dans l'Etat de New-York, était partiellement alimentée en combustible par les gaz qui jaillissaient naturellement du sol. Depuis cette époque furent créées des exploitations rationnelles de cette source d'énergie, qui n'exige d'autres frais que ceux de sa captation. En Amérique : Etats-Unis, Canada, Mexique, et en Europe : Roumanie, Galicie, Transylvanie, se trouvent les plus importantes réserves de ces gaz naturels qui, en général, accompagnent les gisements de pétrole. Leur pouvoir calorifique, voisin de 10.000 calories par mètre cube, est bien supérieur à celui du gaz de houille, qui ne donne que 6.000 calories environ. En France même, on trouve, dans l'Ain, près de Belley, au petit village de Vaux, une source de gaz naturels, et la ville d'Ambérieu est chauffée et éclairée par les gaz provenant de cette source. Quelle est la composition de ces gaz ? Comment les capte-t-on ? Comment les transporte-t-on ? Comment les utilise-t-on ? Telles sont les questions auxquelles notre collaborateur donne ici des réponses précises et d'un grand intérêt pratique, au moment où l'on cherche à utiliser économiquement toutes les réserves d'énergie dans le monde.

Plusieurs centaines de milliards de calories sont perdues chaque année

DEPUIS la plus lointaine antiquité, les gaz naturels fournissent, soit aux adorateurs du feu, soit, plus prosaïquement, aux habitants des pays favorisés par la présence de sources, un combustible

de toute première qualité. Les Américains ont su capter, pour les industrialiser, les gaz qui s'échappent de leurs régions pétrolifères, et encore se sont-ils laissés aller à des gaspillages énormes de ce précieux combustible. Mais, en Europe, notamment en Roumanie, l'exploitation de ces sources est encore si peu développée qu'il s'échappe dans l'atmo-



CRATÈRE FORMÉ PAR UNE EXPLOSION DE GAZ NATUREL

Cette photo, prise en avion, montre la puissance de ces explosions provoquées par un incendie souterrain.

sphère, chaque année, plusieurs centaines de milliards de calories, par conséquent totalement perdues.

Cependant, à notre époque, où on commence à envisager les conséquences de l'épuisement plus ou moins proche des gisements de houille et de pétrole, il serait logique et urgent d'organiser l'exploitation rationnelle de ce précieux combustible, qui s'offre à nous sans autres frais que ceux de captation. Si la consommation de ces gaz devait avoir lieu obligatoirement sur place, on pourrait regretter que le transport n'en fût pas possible. Ce n'est pas le cas ; le gaz naturel peut voyager beaucoup plus facilement que le pétrole par les pipe-lines, et, si un puissant réservoir souterrain était découvert à 500 ou 1.000 kilomètres de Paris, rien ne s'opposerait à ce qu'il alimentât directement les gazomètres de la Ville-Lumière. Malheureusement, la France ne paraît pas être très riche en gaz naturel. Une seule ville, Ambérieu, est éclairée et chauffée par les sources de Vaux.

Ce que sont les gaz naturels

Nous ne voulons parler ici que des gaz contenant une quantité plus ou moins grande de méthane, à l'exclusion des gaz d'origine volcanique et de ceux qui se dégagent des sources thermales. Ce sont des carbures d'hydrogène, connus sous le nom de grisou, gaz des marais et *gaz naturels* proprement dits, cette dernière dénomination étant surtout réservée aux gaz très riches en méthane, qui se dégagent des exploitations pétrolifères. Le gaz naturel a un pouvoir calorifique de 8.000 à 10.000 calories ; celui du gaz de houille ne dépasse guère 6.000 calories : on juge de la valeur du premier, qui, de plus, ne coûte rien à produire.

Comment se forme le « gaz » naturel

On émet encore des hypothèses au sujet de sa formation. Il accompagne presque toujours le pétrole dans le sol, où il subit, comme lui, des migrations à travers les fissures et les couches poreuses à partir d'un gîte primaire, où il s'est formé aux temps géologiques. Dans beaucoup de cas, le pétrole finit par s'arrêter dans les couches poreuses, « couchés magasin », dans les parties hautes des plissements ou « anticlinaux », sous les formations imperméables supérieures qui constituent la « roche couverture ». C'est le gisement classique, au-dessus duquel s'accumulent les gaz sous pression et sous lequel on trouve souvent de l'eau ou de l'eau salée. D'ailleurs, le pétrole lui-même

contient ordinairement du gaz en émulsion.

La présence de ce gaz sur la nappe de pétrole permet d'expliquer le phénomène du jaillissement du pétrole. Lorsque sa pression est considérable, au moment où la sonde traverse la paroi supérieure de la poche, il se produit souvent un très violent jaillissement : le gaz entraîne de l'eau rencontrée sur son passage et fissure le sol qui s'effondre en donnant naissance à de véritables cratères, pouvant atteindre 30 mètres de diamètre et 20 mètres de profondeur, dans lesquels s'engouffrent le derrick, les treuils et les outils de forage.

Parfois, le gaz s'enflamme par imprudence ou quelquefois même à l'intérieur du sol, sans que l'on puisse en connaître la cause. Les incendies de puits de gaz peuvent prendre des proportions formidables. En février 1906, la foudre ayant incendié le puits de *Maggie Venderpoel*, la flamme s'éleva à plus de 70 mètres de hauteur. On pouvait lire un journal à 1.500 mètres du puits, qui brûla pendant trente-cinq jours ; la chaleur dégagée était telle que, non seulement la neige et la glace fondirent, mais la nature elle-même se laissa surprendre par cette chaleur artificielle, et l'on vit la prairie environnante se couvrir de fleurs ; les arbres prirent des feuilles et des fleurs.

Le pétrole et le gaz naturel ont la même origine

Les géologues l'attribuent, suivant leurs préférences personnelles, soit à la putréfaction d'animaux ou de plantes marines — c'est la théorie organique, — soit à la réaction de l'eau sur des métaux alcalins ou alcalino-terreux — c'est la théorie chimique. Mais on rencontre souvent des gisements de pétrole sans gaz et des gisements de gaz sans pétrole ; ces phénomènes sont dus, dans la plupart des cas, aux migrations auxquelles nous avons fait allusion plus haut. Aux États-Unis, où l'exploitation des gaz naturels est très active, les sondages entrepris pour leur recherche ont souvent abouti à la découverte de gisements pétrolifères. Enfin, on a également constaté, dans l'Amérique Centrale, que l'épuisement d'une source de pétrole était suivie immédiatement d'une émission de gaz.

Les prospecteurs américains ont posé, en principe, que plus une formation est ancienne, plus on a de chances d'y trouver du gaz, au lieu de pétrole, et de moins en moins d'eau à la base. Ceci tendrait à prouver que le gaz, se dégageant du pétrole, exerce une pression sur les deux liquides

superposés ; l'eau se trouve, en quelque sorte, refoulée dans les terrains avoisinants, tandis que le pétrole visqueux reste en place.

On a pu se demander également, en présence des pressions considérables constatées au moment de l'émission des gaz, si ces gaz n'existaient pas à l'état liquide dans le sol. Aucune réponse satisfaisante ne paraît avoir été donnée à cette question.

Pouvoir calorifique des gaz naturels

Le pouvoir calorifique des gaz naturels dépend de leur teneur en méthane. En Transylvanie, le gaz contient de 97 à 99,25 % de méthane. C'est le plus riche en méthane de tous les gaz naturels. En Amérique, la teneur varie de 54 à 97 %. Dans tous les autres pays, on trouve également des puits fournissant du gaz à 97 %.

Le gaz de Vaux contient de 79 à 80 % de méthane.

Si on compare le pouvoir calorifique des différents combustibles gazeux, la première place appartient au gaz naturel. Voici, d'ailleurs, un tableau donnant le nombre de calories par mètre cube :

Gaz naturel moyen (Pittsburg)....	9.350
Gaz d'huile.....	8.150
Gaz de houille	6.150
Gaz de gazogène.. ..	5.600
Gaz à l'eau carburé	5.550
Gaz à l'eau	2.880
Gaz pauvre à la vapeur	1.430
Gaz pauvre ordinaire	1.460

D'autre part, on pu établir un parallèle entre les différents combustibles utilisés dans le chauffage des chaudières à vapeur :

1 kilogramme de charbon évapore 10 kilogrammes d'eau à 100 degrés à la pression atmosphérique ;

1 kilogramme de pétrole évapore 16 kilogrammes d'eau à 100 degrés à la pression atmosphérique ;

1 kilogramme de gaz naturel évapore 20 kilogrammes d'eau à 100 degrés à la pression atmosphérique.

Le gaz naturel en Amérique

C'est la petite ville de Fredonia, dans l'État de New-York, qui, en 1826, eut, la première, l'idée d'exploiter le gaz naturel comme source de combustible. Un tuyau, premier pipe-line, alimentait une trentaine de brûleurs chez les habitants. Puis, les sources surgissant peu à peu des exploitations pétrolières, chacun les utilisait pour ses propres besoins.

En 1872 eut lieu la première exploitation rationnelle dans la même région. Les puits creusés furent réunis par des canalisations, et le gaz fut utilisé dans les stations de pompage du pétrole et dans les chaudières à vapeur. Déjà, en 1884, à Kittanning, trois sources alimentaient 36 fours à puddler et 18 chaudières à vapeur consommant un millier de pieds cubes à l'heure (0 m³ 028).

Pittsburg, en 1886, était alimenté par 107 sources et 800 kilomètres de canalisations. Un seul des puits fournissait un m³.



UN PUIT A GAZ DANS L'ELDORADO

Le gaz s'est enflammé à l'intérieur de la terre, une explosion s'est produite et un cratère s'est formé, engouffrant le derrick et le matériel de forage. La chaleur était si intense qu'il était impossible d'approcher à plus de 150 mètres du foyer. (Cl. Standard Oil.)

lion de mètres cubes par jour. Mais la production de ces sources a subi des variations dont on ne peut s'expliquer la cause : elle a atteint son maximum en 1886, puis elle a diminué jusqu'en 1896, pour croître de nouveau jusqu'en 1905, où elle était redevenue égale à ce qu'elle était en 1886. Actuellement, Pittsburg est alimenté par 7.000 forages.

Dans la Virginia occidentale, la pression des gaz atteint jusqu'à 80 kilogrammes, et les forages ont été descendus jusqu'à 800 mètres. C'est la région de la plus forte production du méthane ; elle atteignait 9 milliards de mètres cubes en 1916 et trente-cinq localités bénéficient de cette source de lumière et de chaleur. Dans l'Indiana, les quatre mille puits de gaz ont peu à peu cessé de donner ; en continuant les sondages, on a trouvé du pétrole. Les puits des régions de Kansas, Oklahoma, dont certains produisaient jusqu'à 935.000 mètres cubes de gaz par jour, à la pression de 20 kilogrammes, voient leur pression diminuer régulièrement ; en deux ou trois années, elle est tombée à 3 kilogrammes. Le champ de l'Eldorado, découvert en 1920, produit 100 millions de pieds cubes en vingt-quatre heures. A Cado dans la Louisiane, se trouve la source la plus abondante : 4 millions de mètres cubes par jour. C'est de là que les États-Unis extraient l'hélium, à raison de 1.000 mètres cubes par jour.

On exploite également les gaz naturels au Canada, où ils alimentent vingt-cinq villes importantes. Les usines de Calgary,

dans la province d'Albertos, extraient également de l'hélium des gaz naturels.

Au Mexique, la pression des gaz accompagnant les gisements pétrolifères a causé de véritables catastrophes, qui ont rendu impossible l'exploitation. Les tubes de sondage, les derricks et le sol lui-même étaient pulvérisés ; les travaux se terminaient par la formation d'une cuvette ayant jusqu'à

100 hectares de superficie, bientôt envahie, d'ailleurs, par l'eau salée. Certains gaz mexicains s'enflamment spontanément au contact de l'air. En Argentine, se produisent les mêmes phénomènes qu'au Mexique, mais les gaz sont recueillis, et les habitants de la région en tirent la lumière et la chaleur nécessaires à leurs besoins.

Le gaz naturel en Europe

C'est en Roumanie, en Galicie et en Transylvanie que se trouvent les plus importantes réserves de gaz naturels.

A Berca, dans le district de Buzen, se trou-

vent des volcans qui émettent une émulsion de boue fortement imprégnée de pétrole. Pendant les périodes d'activité, cette boue déborde et se répand dans le voisinage. On suppose que la formation de ces volcans est due à la présence, à une assez faible profondeur, d'hydrocarbures liquides, qui imprègnent les terrains constitués, en général, par de l'argile. Les gaz, momentanément emprisonnés, finissent par se livrer un passage à travers ces boues et rendent une activité passagère au volcan. On trouve de ces volcans dans toutes les régions pétrolières



LE GAZ NATUREL A VAUX-EN-BUGEY

Installation provisoire à l'extrémité du tube de sondage. Normalement, la vanne est fermée pour éviter la perte de gaz dans l'atmosphère.

tous émettent de l'hydrogène carburé à très haute dose. Ces volcans n'ont, par ailleurs, absolument de volcanique que l'apparence et le nom.

La captation des gaz en Roumanie a commencé en 1908. Déjà avant la guerre, deux cents moteurs à gaz, d'une puissance totale de 85.000 C. V., étaient alimentés par le gaz naturel. Puis l'industrie électrique s'en est emparée, et, en 1924, elle a consommé 146 millions de mètres cubes de gaz. On estime que le débit total quotidien des sources appartenant à l'État roumain atteint 5 millions de mètres cubes, soit près de 2 milliards de mètres cubes par an.

En Transylvanie, les sources sont bien plus importantes ; la réserve totale des gaz de ce bassin serait de 72 milliards de mètres cubes. Certains géologues portent même ce chiffre à 250 milliards de mètres cubes. Dans le canton de Samarshel, on pourrait recueillir, pendant vingt-deux ans, 400.000 mètres cubes de gaz par jour.

Avant 1923, cinquante-huit sondages donnaient plus de 6 millions de mètres cubes par jour, et, en 1924, le débit total de la Transylvanie a été de 2.616.546.300 mètres cubes. Si, à ce chiffre, on ajoute celui de la production de l'État roumain, on obtient un total de 4.616.546.300 mètres cubes, dont 361.572.000 seulement sont utilisés. La perte est donc de plus de 92 %. Un grand

nombre d'usines consomment ces gaz. La plus longue des canalisations est celle de Samarshel-Tourda-Uiova, qui s'étend sur 373 km 500 et transporte, par jour, 430.000 mètres cubes de méthane. Ce gaz de Transylvanie, le plus riche de tous en méthane, ne contient aucune trace d'hydrogène sulfuré, ce qui le rend utilisable dans l'industrie des produits chimiques.

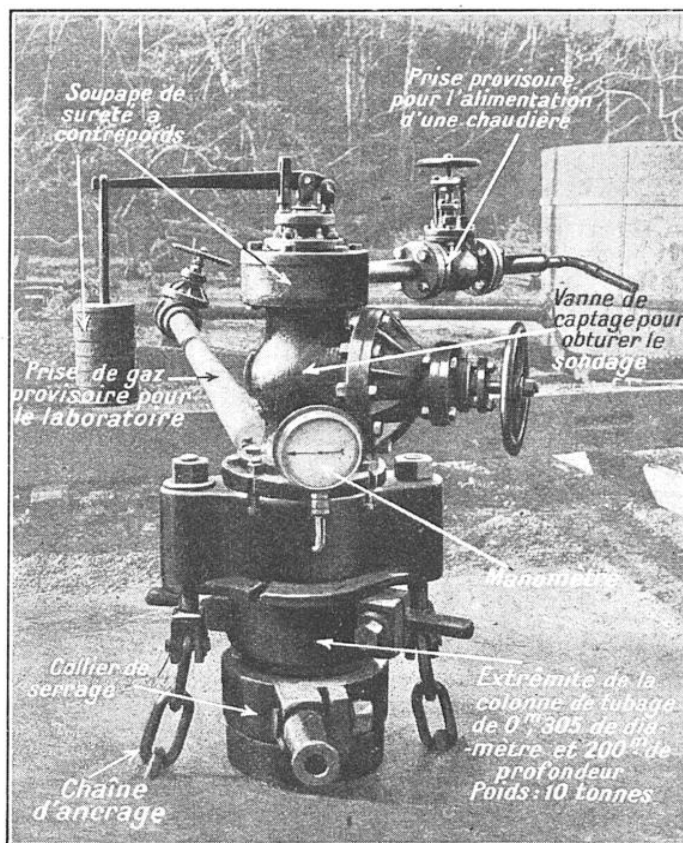
Plusieurs villes sont également éclairées au gaz. En 1923, Tourda a brûlé 9 millions de mètres cubes de gaz pour ses besoins domestiques, soit l'équivalent de deux mille wagons de bois.

Comme aux États-Unis, mais dans une proportion bien moindre, on tire également du méthane, de la gasoline, du noir de fumée, du graphite pour la fabrication des électrodes utilisées dans l'industrie chimique et en électrometallurgie, du carbone pour la réduction des minerais de fer, des dérivés chloriques employés dans

l'industrie de la laine, de l'alcool méthylique, etc...

On se rend compte ainsi de l'importance d'une exploitation rationnelle de ces gaz qui viennent eux-mêmes se présenter à l'usine, au foyer, sans qu'il soit nécessaire de recourir à l'intervention d'installations mécaniques aussi coûteuses que celles qu'exige le pétrole.

Les puits autrichiens commencent à fournir du combustible. En Italie existent éga-



LE GAZ NATUREL A VAUX-EN-BUGEY

Cette photographie montre une tête de sondage, fortement ancrée dans un massif de béton et pourvue des vannes qui conduisent le gaz dans le tuyau de distribution au laboratoire et à une chaudière à vapeur. Une soupape de sûreté et un manomètre complètent l'installation.

lement de nombreuses réserves, utilisées partiellement à l'éclairage, à l'alimentation des moteurs, à la cuisson des pierres à chaux. Les provinces de Parme, de Bologne, de Modène sont particulièrement favorisées à ce point de vue. En Allemagne, les seules sources importantes sont celles de Neuen-gamme, près de Hambourg, dont on tire de l'hélium. En Angleterre, une société exporte industriellement les sources du comté de Sussex.

Le gaz naturel en France

On trouve des gaz combustibles dans les environs de Riom, de Grenoble, où la *Fontaine ardente* fit l'objet d'une tentative d'exploitation, à Châtillon (Haute-Savoie), où un propriétaire obtient, depuis plus de soixante ans, le gaz nécessaire à sa consommation en enfonçant un simple tube dans le sous-sol de son habitation, près d'Arcachon, où il s'agit, sans doute, de simple gaz des marais.

Les seuls gaz exploitables — véritables gaz de pétrole — sont ceux de Vaux, dans le département de l'Ain, où ils font l'objet d'une exploitation industrielle. Ce gisement a été découvert par hasard, comme la plupart des sources nouvelles, par des prospecteurs désireux de trouver du sel, en 1906. C'est seulement depuis la guerre que de nombreux sondages, forcés dans la région, ont montré l'importance du gisement et justifié l'octroi d'une concession.

Dès 1923, la ville d'Ambérieu a remplacé, dans ses gazomètres, le gaz de houille par celui provenant des sondages de Vaux. La verrerie mécanique de Lagnieu, construite depuis, utilise également, pour le chauffage de ses fours, le gaz de Vaux, qui lui est amené par une canalisation de 15 centimètres de diamètre sur 7 kilomètres et de 6 centimètres sur 4 km 600. Arrivé à l'usine, le gaz passe dans des détendeurs spéciaux, qui règlent sa pression à des valeurs convenables.

Le même gaz, comprimé à 150 kilogrammes dans de petites bouteilles d'acier, a été utilisé dans la région pour l'alimentation des moteurs d'automobiles, en remplacement de l'essence. Un carburateur et un détendeur spéciaux ont été mis au point en vue de cette ingénieuse utilisation. On a pu voir, d'ailleurs, au dernier rallye des carburants nationaux, un camion marchant au gaz naturel. Certaines usines, situées en dehors du réseau de distribution, s'alimentent également avec du gaz comprimé. D'autre part, une petite usine a été créée à Vaux en vue de l'extraction de la gazoline

contenue dans le gaz naturel. Nous y reviendrons plus loin.

Le gaz naturel en Asie

Bakou, bien que relié politiquement à l'Europe, appartient géologiquement au bassin du Turkestan et de la Perse. C'est dans ces régions que les émanations de gaz naturel sont les plus abondantes ; elles existent, d'ailleurs, depuis un temps immémorial et ont donné naissance au culte du feu.

Jusqu'ici, aucun parti industriel n'a été tiré de ces immenses richesses naturelles. A Souracham, cependant, les paysans se servaient et se servent encore de ce gaz pour cuire les pierres à chaux. Ils creusent des puits à la main et amènent le gaz au four par des canaux recouverts d'une dalle, comme en Sicile.

L'utilisation industrielle des gaz naturels dans les différents pays

En dehors de leurs utilisations domestiques, les gaz naturels sont employés pour le chauffage des chaudières à vapeur et pour l'alimentation des moteurs à gaz. Mais ils ont donné naissance à diverses industries, qui en tirent de nombreux produits.

Le plus intéressant de tous est la gazoline, essence légère dont la valeur est considérable ; après cette extraction, le pouvoir calorifique du gaz n'est presque pas diminué. Aux États-Unis, on extrait de plus en plus la gazoline du gaz naturel avant de le livrer à la consommation ; la même opération se pratique également à Vaux-en-Bugey, depuis plusieurs années.

La teneur en gazoline n'est pas la même pour tous les gaz. Lorsqu'elle est inférieure à 100 grammes par mètre cube, le gaz est dit sec ; au delà, le gaz est humide. Certains gaz en contiennent 300 grammes et même davantage.

Les plus riches en gazoline sont ceux des États-Unis ; ceux de l'Europe Centrale appartiennent plutôt à la catégorie des gaz secs.

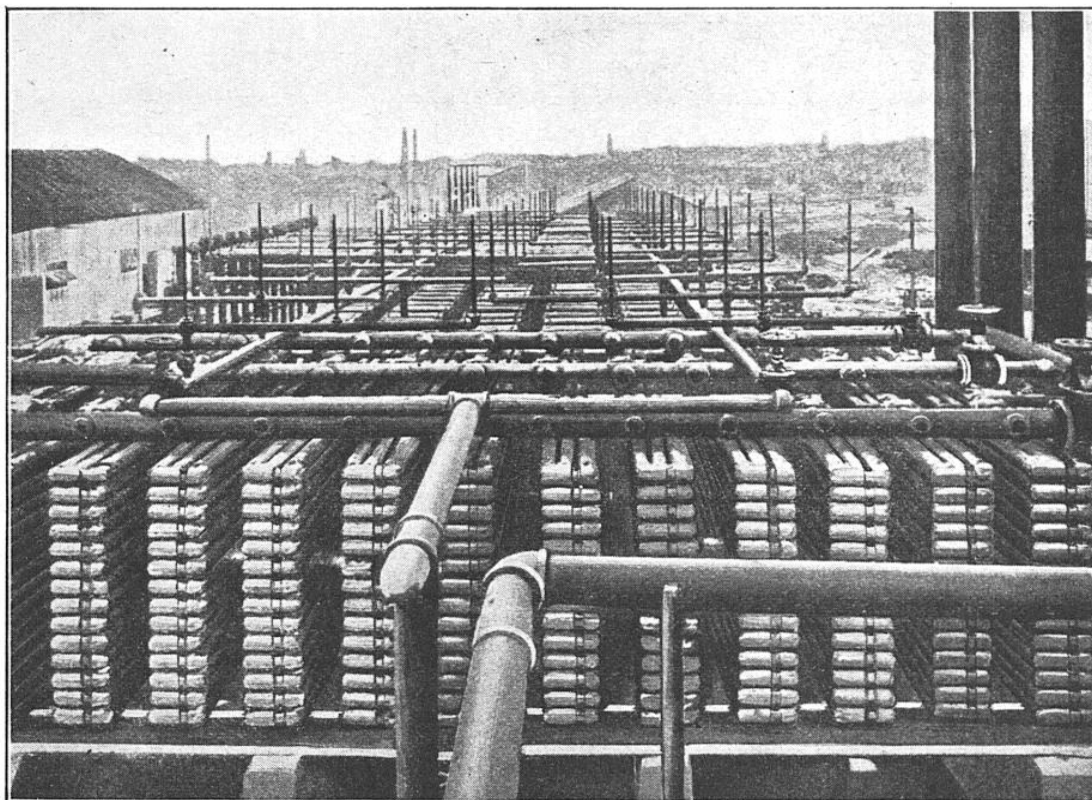
Notre intention n'étant pas d'étudier ici l'industrie des gaz naturels, nous ajouterons seulement que la gazoline est extraite généralement par condensation par réfrigération et par condensation par compression, procédés qui donnent lieu à l'installation d'usines extrêmement importantes ; un autre procédé, par absorption, utilise deux corps absorbants : le gazoil et la tétraline ; enfin, le procédé d'adsorption par le charbon actif (1) s'effectue en appareil discon-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 107, mai 1926, page 365 et suivantes.

tinu ou en appareil continu. Ces dernières installations donnent de meilleurs résultats que les premières, mais leur coût est fort élevé. Une installation en discontinu, comportant six adsorbeurs contenant 2.000 kilogrammes de charbon chacun et capable de traiter 35 mètres cubes de gaz par minute, revient à 50.000 dollars et à 150.000 dollars en continu ; mais, avec ces appareils, on

du noir de fumée. On brûle ces gaz dans une atmosphère dont on a raréfié l'oxygène. En 1922, la production du noir de fumée aux États-Unis a atteint 67.780.000 livres. L'État de Louisiane oblige les fabricants à extraire la gazoline avant la production du noir de fumée.

En 1915, sir William Ramsay analysa de nombreux gaz au Canada, dans le but



L'EXTRACTION DE LA GAZOLINE DES GAZ NATURELS AUX ÉTATS-UNIS

Cette photographie montre une batterie de condensateurs de gazoline.

recupère presque la totalité de la gazoline contenue dans les gaz.

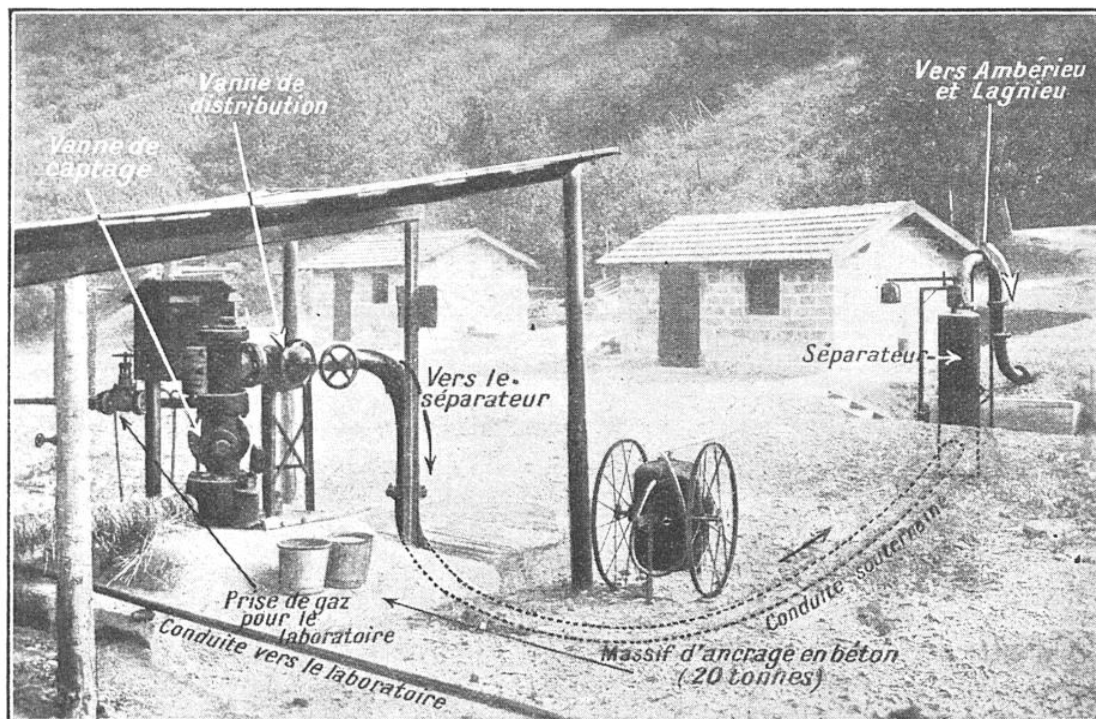
Les installations de dégazolinage de Vaux-en-Bugey ont permis de réaliser un progrès considérable par rapport aux installations établies à l'étranger, ceci grâce à l'emploi d'un charbon superactif, « charbon S. R. E. P. », fabriqué à Vaux même, et à l'adoption de procédés nouveaux de récupération, qui font l'objet de brevets très intéressants.

Lorsque la consommation de gaz est insuffisante, par suite de la trop grande production, comme cela se produit dans la Louisiane et surtout en Roumanie, où plus de 90 % de gaz sont perdus, on peut en tirer

d'y trouver de l'hélium ; des recherches eurent lieu aussitôt aux États-Unis, et l'on découvrit à Pétrolia, dans le Texas, une source débitant 700.000 mètres cubes par jour d'un gaz contenant 0,9 % d'hélium. Une canalisation de 150 kilomètres conduit le gaz à Fort-Worth et à Dallas, où deux installations furent montées, l'une d'après le procédé Linde, l'autre d'après le procédé Georges Claude. Actuellement, il existe aux États-Unis de nombreuses usines capables de donner une production annuelle de 500.000 mètres cubes. Cette industrie se développe également au Canada, et nous avons vu qu'il en existe une, également près de Hambourg.

Le gaz naturel a également trouvé un emploi dans les industries chimiques, pharmaceutiques, dans celles des textiles et des couleurs. Notre éminent collaborateur M. Matignon, qui a visité la région hongroise productive de gaz naturel, a donné des renseignements fort intéressants. D'après ce savant, une usine de cyanamide (1) a produit, en 1917, 45 tonnes de ce produit

avec une très grande vigueur. En raison des difficultés du dégazolinage, l'opération ne peut être conduite avantageusement que si la société possède un assez grand nombre de puits. Il semble donc que, seuls, les concessionnaires importants puissent avantageusement procéder à cette distillation. Ce serait perdre toute la production d'un nombre considérable de puits. Le



LE GAZ NATUREL A VAUX-EN-BUGEY

Origine du pipe-line alimentant Ambérieu et la verrerie de Lagnieu.

par jour, en consommant 80.000 mètres cubes de gaz à l'heure, l'azote nécessaire provenant de la combustion du gaz naturel.

Enfin, il reste à envisager une exploitation que nous avons signalée à propos du gaz de Vaux-en-Bugey : c'est le transport en bouteilles sous une pression suffisante pour permettre l'alimentation de moteurs de camions et d'automobiles. Peut-être les sources françaises, mieux connues et industriellement exploitées, seraient-elles capables de nous fournir à bon compte le carburant national, qui, actuellement, fait l'objet de nos rêves.

A défaut d'utilisation directe du gaz, l'industrie de la gasoline doit être poussée

(1) Engrais azoté obtenu par fixation de l'azote sur du carbure de calcium porté à 1.200 degrés.

remède employé en Galicie consiste à constituer des sociétés spéciales de dégazolinage, qui peuvent ainsi traiter le gaz provenant de plusieurs exploitations.

Quoi qu'il en soit, on peut considérer qu'il se perd, bon an mal an, des milliers de milliards de calories.

Il est bien certain que, le jour où toutes les sources européennes seront exploitées industriellement, l'importation du pétrole américain se trouvera réduite dans une grande proportion. Et si, dans un laps de temps indéterminé, ces sources s'épuisent, il n'en est pas moins vrai qu'elles auront permis une considérable économie d'essence, qui retardera d'autant l'échéance inéluctable de la fermeture des dernières exploitations du pétrole.

RENÉ DONCIÈRES.

L'AUTOMOBILE ET LA VIE MODERNE

Par A. CAPUTO

La voiture populaire. — La voiture rurale. — Une nouvelle voiture sans essieux. — Un moteur à compression constante. — Le pneu Bibendum à tringles. — Accessoires utiles.

La voiture populaire

Nous remercions les nombreux correspondants qui, à la suite de l'article sur la voiture populaire, paru dans le numéro de mars de *La Science et la Vie*, ont bien voulu nous donner leur avis et nous communiquer leurs idées concernant

le véhicule de prix modeste, simple et économique, qui assurera la grande vulgarisation de l'automobile en France.

Le prochain Salon d'octobre marquera certainement une étape décisive dans cette voie, et beaucoup de désirs pourront être comblés.

Plusieurs constructeurs étudient actuelle-

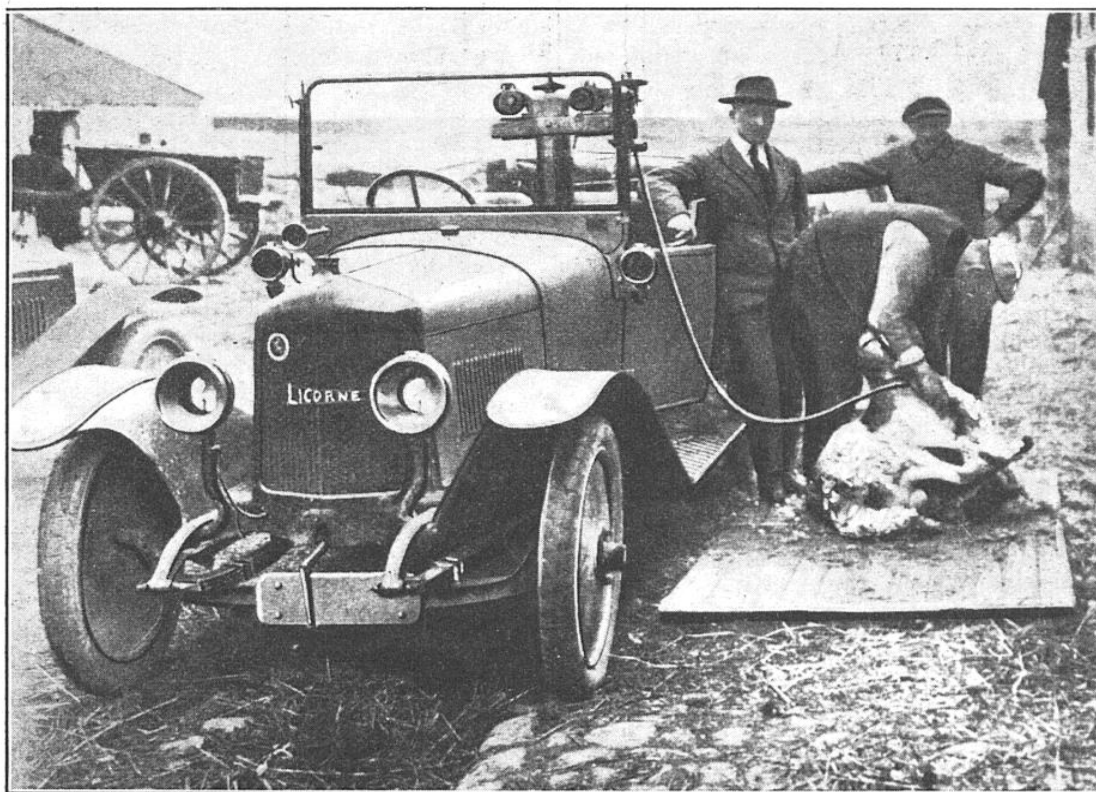


FIG. 1. — LA CAMIONNETTE NORMANDE EST APPELÉE A RENDRE LES SERVICES LES PLUS ÉTENDUS DANS TOUTES LES UTILISATIONS RURALES

Voici, installé sur une camionnette Corre la Licorne — firme qui créa d'ailleurs le premier modèle du genre en 1920 — un entraînement spécial prenant son mouvement sur le volant et qui permet d'actionner une tondeuse à moutons. La camionnette rurale de l'avenir doit être apte à assurer les transports sur route, éventuellement les transports aux champs et même, occasionnellement, à fournir la force motrice pour les machines de la ferme ou celles d'usages domestiques : pompe à eau, scie circulaire, etc...

ment des voitures 5 C. V., suffisantes pour les personnes qui peuvent se contenter de deux ou trois places, ou celles qui préfèrent une voiture à quatre places moins rapide, mais de dépenses très réduites. C'est l'acheminement naturel vers la voiture à deux places vraiment populaire, qui pourra être livrée à 9.000 fr., sérieusement construite et agréablement carrossée, lorsqu'elle sera prévue en très grosses séries.

Certains correspondants nous interrogent sur l'avenir de la voiturette électrique, vers laquelle iraient volontiers leurs suffrages.

On doit penser qu'un jour viendra où l'automobile électrique se développera comme le fait la traction sur rails. Aucune impossibilité pratique ne s'oppose à cette application, puisque la conduite est très simple et le fonctionnement silencieux.

L'écueil est, à l'heure actuelle, dans la complication qu'entraîne la recharge de la batterie d'accumulateurs.

Il faut attendre encore que les réseaux de distribution se soient étendus et que les postes de recharge se soient multipliés.

Si l'on envisage l'interchangeabilité des batteries, le rayon d'action de la voiture électrique sera beaucoup plus étendu qu'il l'est maintenant. Avec une batterie relativement lourde — qui est un des reproches sérieux faits aux véhicules en circulation — les parcours moyens n'excèdent guère actuellement 60 kilomètres. Avec la batterie interchangeable, le véhicule pourra être équipé pendant le repos de midi avec une nouvelle batterie, qui permettra un nouveau parcours pendant que la batterie précédente sera remise en charge. On trou-

vera cet autre avantage, dans un semblable équipement, que, moins étroitement limité dans la dépense de courant, on aura la faculté d'accélérer sensiblement la vitesse et d'obtenir de meilleures moyennes.

A l'époque de ces réalisations, le prix du kilowatt sera rendu beaucoup plus favorable à un emploi économique de la batterie.

Le développement de la voiture électrique n'est donc pas entravé par des difficultés particulières de construction, mais il est intimement lié à l'organisation des secteurs de distribution. On ne saurait envisager un usage régulier et satisfaisant avant plusieurs années dans les emplois privés. La voiture à moteur à explosion conservera sans doute la faveur de la majorité des usagers, en raison de sa vitesse, de son rayon d'action étendu et de la facilité du ravitaillement. Néanmoins, la voiture électrique conviendra aux services urbains et aux courts déplacements.

Nous voyons déjà à Paris, s'étendre l'utilisation des voiturettes électriques pour le transport des marchandises; il est certaines destinations pour lesquelles ces véhicules rustiques et de conduite facile sont tout à fait indiqués : dans les gares, les industries, les entrepôts; leur plateforme très basse facilite également les manœuvres de chargement et de déchargement.

La voiture rurale

CETTE question de la voiture rurale n'est pas moins intéressante que celle de la voiture populaire.

Nous avons constaté, dans les lettres qui

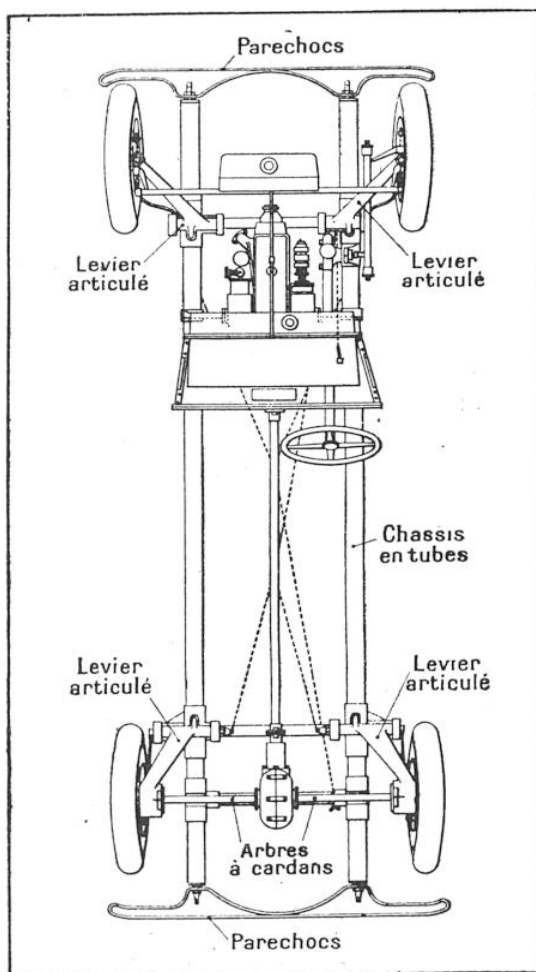


FIG. 2. — PLAN DU CHÂSSIS HARRIS-LÉON LAISNE A ROUES INDÉPENDANTES

Les essieux classiques sont supprimés. Les fusées des roues sont montées sur des axes solidaires de leviers articulés au châssis. Le châssis est en tubes de gros diamètre et c'est à l'intérieur de ces tubes que sont logés les ressorts de suspension du type en spirale. L'entraînement des roues motrices s'opère par des arbres latéraux à cardans. Les parechocs sont montés directement aux extrémités du cadre, sans ferrures annexes.

nous ont été envoyées à son sujet, combien elle préoccupe ceux qui habitent la campagne en raison des services multiples qu'elle peut leur rendre.

La camionnette normande est bien adaptée aux transports sur routes et sur chemins régulièrement entretenus, mais elle n'est pas prévue pour se déplacer par les chemins de plaine et de forêt. Aussi son propriétaire est-il souvent privé de la ressource d'assurer un transport de bois, un ravitaillement occasionnel pour les travaux des champs, une rentrée hâtive de foin ou de récolte par temps menaçant.

Si l'on envisage ces conditions nouvelles, on est amené à prévoir : un blocage de différentiel, des organes amovibles d'adhérence, une démultiplication différente pour la plaine et pour la route ; une suspension étudiée à la fois pour le transport rapide de faibles charges ou le transport plus lent de charges importantes.

Ces transformations entraînent nécessairement des complications d'organes, donc un prix de revient correspondant, mais l'intéressé n'hésitera pas à le consentir, en vue des avantages qu'il en retirera.

Le constructeur peut craindre qu'on surcharge le châssis, qu'on impose au moteur une fatigue contre laquelle il ne manifestera pas sa lassitude comme le fait immédiatement l'animal. Ce sont là des considérations qui seront appréciées par l'usager, quand il se sera rendu compte qu'il ne peut méconnaître les conseils de prudence que lui fera entendre le constructeur, sans que ses intérêts en souffrent.

De craindre ces aléas ne doit pas arrêter le constructeur dans l'étude de ces véhicules, pour lesquels une sérieuse expérience reste à faire, expérience qui ne sera ni très longue ni très coûteuse, si les mécanismes sont conçus très robustes, comme ils doivent l'être. Avec le cheval, on avait créé le manège pour l'entraînement de machines de ferme, d'exploitation ou d'usages domes-

tiques. Dans ces cas, le moteur séparé est, certes, le plus pratique. Cependant, éventuellement, celui de la voiture doit pouvoir y suppléer, lorsque ces usages sont momentanés, par exemple pour élever l'eau ou couper le bois. Pour cette raison, on aura intérêt à installer sur la camionnette rurale une poulie motrice à la suite de l'embrayage et de la boîte des vitesses, afin d'assurer cette distribution de force du moteur, utilisé en poste fixe.

Le refroidissement demandera une efficacité particulière, mais on peut prévoir le refroidissement de route moins actif sans ventilateur et le refroidissement en groupe fixe avec le ventilateur, dont il suffira en temps ordinaire d'enlever la courroie.

Aucune difficulté vraiment sérieuse ne s'oppose à ces installations, et, le jour où elles seront prévues, il ne fait pas de doute que de nombreux agriculteurs et ruraux ne profitent de cette facilité nouvelle mise à leur disposition. On ne réclamera à ces véhicules ni silence très complet ni qualités brillantes sur routes, car ils seront, avant tout, instruments de transports nettement utilitaires ; on leur imposera, par contre, d'être parfaitement adaptés aux emplois pour lesquels on les destine.

Une nouvelle voiture sans essieux

L'ÉCOLE des roues indépendantes vient de se grossir d'un nouveau partisan : la maison nantaise Harris Léon Laisne.

Ce châssis est original et fort heureusement exécuté.

Le cadre est en gros tubes d'acier de 80 millimètres de diamètre ; il porte à chacune de ses extrémités les pare-chocs montés directement sans ferrures annexes, toujours lourdes et disgracieuses.

L'ensemble des mécanismes est classique, sauf pour la disposition du carter de différentiel, qui est fixé au châssis, et l'entraînement des roues arrière par des arbres laté-

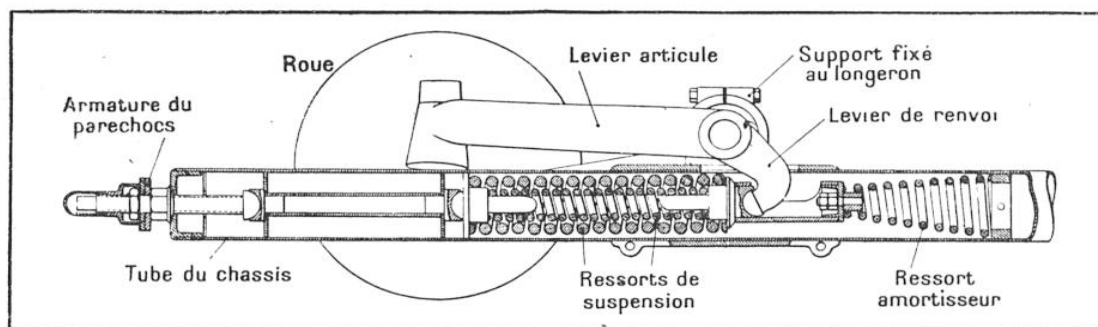


FIG. 3. — DÉTAILS DU LOGEMENT DES RESSORTS DE SUSPENSION À L'INTÉRIEUR DES LONGERONS EN TUBES DU CHÂSSIS HARRIS-LÉON LAISNE

Le levier articulé qui porte la roue est solidaire d'un levier de renvoi qui s'appuie sur le groupe de ressorts en spirale de suspension ; un ressort est utilisé comme amortisseur.

raux à doubles joints articulés à cardan.

La solution adoptée pour réaliser l'indépendance des roues est tout à fait personnelle.

Chaque roue est montée à l'extrémité d'un bras oscillant oblique, articulé au châssis par un manchon guidé sur des roulements à rouleaux coniques.

Les leviers se prolongent par un bras en équerre, qui s'appuie sur des ressorts en spirale logés à l'intérieur des tubes.

Ainsi tous les organes comportent le minimum d'articulations, ils sont bien protégés et faciles à entretenir.

En raison du rapport du levier oscillant au levier de renvoi, les ressorts travaillent pour une très faible course — environ cinq centimètres — et leurs retours au repos sont extrêmement rapides, ce qui est une autre qualité pour garantir une excellente suspension.

Un moteur à compression constante

C'EST un problème qui a préoccupé bien des chercheurs et auquel on n'avait pas encore proposé de solution assez simple et pratique pour qu'elle puisse être industrialisée.

On sait que l'élévation du taux de compression donne une amélioration du rendement et une réduction de consommation. Cette élévation a une limite pour le moteur à explosion selon le carburant employé. Si on dépasse le taux de compression optimum, on enregistre de l'allumage spontané, phénomène qui est, d'ailleurs, utilisé dans les moteurs à combustion du type Diesel.

Avec le moteur à essence de modèle

courant, on adopte des rapports volumétriques ne dépassant pas 4,5 à 5. Le rapport volumétrique est le rapport entre le volume du cylindre, y compris la chambre à explosion, et le volume de cette chambre. Mais ce rapport n'est réellement obtenu que dans le cas de l'admission complète. Quand on étrangle les gaz pour réduire la vitesse de

rotation du moteur, il pénètre dans le cylindre un poids de gaz de plus en plus réduit, et la compression diminue puisque le volume de la chambre de compression reste constant.

Il en résulte une plus grande dépense relative de combustible par unité de puissance développée. Comme le moteur fonctionne rarement à pleine admission, sur la voiture notamment, la consommation est nettement plus élevée que si on pouvait, à tous les régimes, réaliser la compression optimum constante.

M. Marcel Violet, dont nous avons déjà eu l'occasion de présenter l'intéressant cyclecar, a fait breveter un dispositif ingénieux, dont de premières expérimentations sérieuses

contrôlées ont montré le bien-fondé.

A fond de course du piston, on pratique, dans la paroi du cylindre, des orifices communiquant avec une canalisation comportant un boisseau, puis avec un pot d'échappement auxiliaire relié à l'échappement normal du moteur.

Quand le piston, chassé par l'explosion, parvient à fond de course, les orifices sont démasqués et une part des gaz brûlés, à haute pression, s'évacuent dans le pot d'échappement auxiliaire si le boisseau est

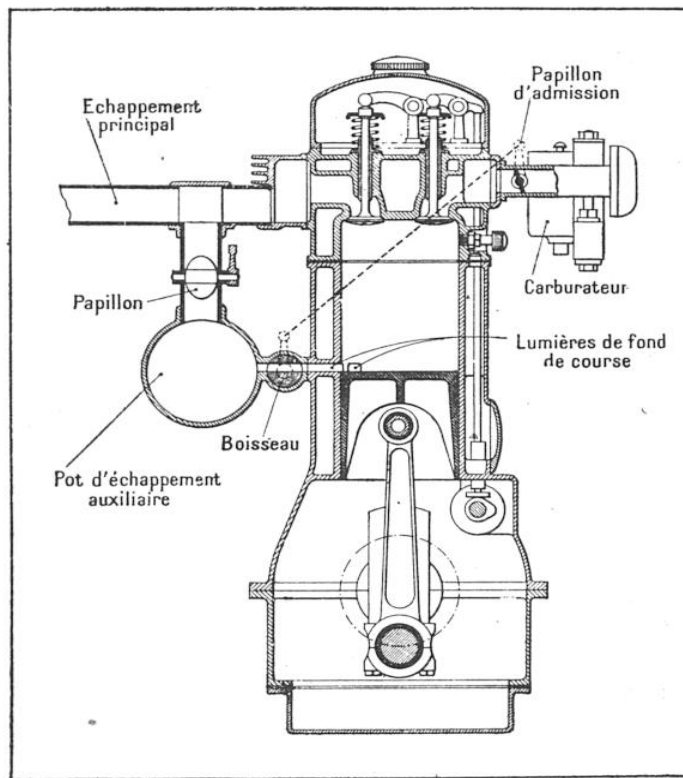


FIG. 4. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN MOTEUR TRANSFORMÉ, SELON LA DISPOSITION CRÉÉE PAR L'INGÉNIEUR MARCEL VIOLET, POUR OBTENIR LA COMPRESSION OPTIMUM CONSTANTE

Comme modifications à l'ordonnance classique on notera : les lumières de fond de course ; un pot d'échappement auxiliaire ; un boisseau disposé entre les lumières et le pot d'échappement auxiliaire ; éventuellement, un papillon dans la tuyauterie de liaison entre l'échappement auxiliaire et l'échappement principal.

ouvert ; lorsque celui-ci est fermé, le fonctionnement du moteur n'est pas modifié.

Supposons que le papillon des gaz du carburateur soit partiellement fermé et qu'il ne s'introduise dans le cylindre qu'une demi-charge de gaz frais. Quand le piston est à fond de course, la pression régnant dans le pot d'échappement auxiliaire est égale ou un peu supérieure à la pression atmosphérique. Dans le cylindre il règne une pression inférieure. Il va donc automatiquement s'établir un équilibre ; une certaine quantité de gaz morts vont être réintroduits dans le cylindre et formeront, sous les gaz frais, une sorte de matelas inerte.

Quand le piston remontera, il poussera devant lui la demi-charge de gaz frais, plus environ une demi-charge de gaz morts. La compression correspondra donc à celle de l'admission complète. Si nous supposons l'admission d'un quart de la charge de gaz frais, nous réintroduirons trois quarts de charge de gaz morts et, toujours, la compression optimum sera constante.

Si l'on envisageait d'augmenter l'activité du remisage des gaz brûlés, on pourrait dis-

poser un papillon entre le pot d'échappement auxiliaire et l'échappement principal. La pression, dans le pot d'échappement auxiliaire, pourrait être maintenue supérieure à la pression atmosphérique et la réintroduction correspondrait à une élévation du taux de compression dans le cylindre moteur, ce qui peut être des plus avantageux pour corriger les effets de la dépression aux hautes altitudes pour le moteur d'avions ou pour faciliter, dans un moteur partant à l'essence et se réchauffant avec ce combustible, la marche aux huiles lourdes. De premières expérimentations ont montré une économie de 40 % sur la consommation de route d'un moteur de 3 litres de cylindrée universellement connu et réputé pour son gros appétit.

Le pneu Bibendum à tringles

Le pneu à talons disparaît. Il cède le pas au pneu à tringles. L'enveloppe, au lieu d'être maintenue par des sortes de crochets circulaires — les talons — repoussés par la pression de la chambre à air dans des encastrements de la jante, est solidement

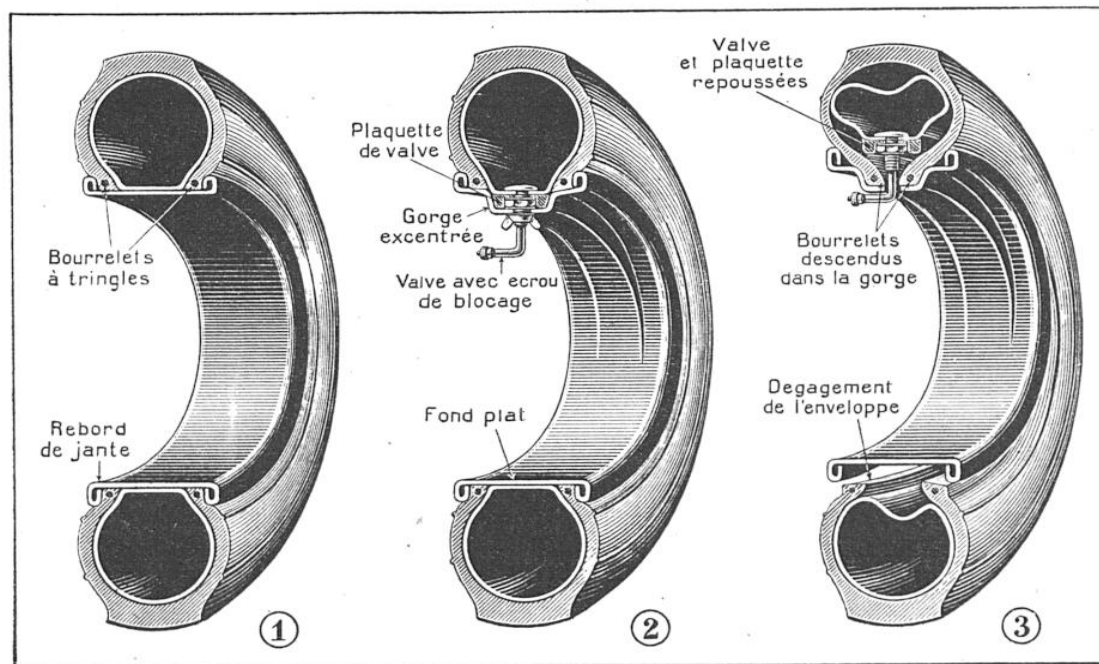


FIG. 5. — COMMENT SONT MONTÉS, SUR UNE JANTE SPÉCIALE, A GORGE EXCENTRÉE, LES NOUVEAUX PNEUS A TRINGLES BIBENDUM

1, si le pneu était introduit à l'intérieur d'une jante à rebords fixes, on ne pourrait plus l'en faire sortir, ses bourrelets étant garnis de câbles métalliques inextensibles, il faut donc avoir recours à un artifice ; 2, coupe d'une roue et d'un pneu à tringles Bibendum montrant que la jante porte une gorge excentrée dans laquelle vient prendre place la plaquette de valve, quand la chambre est gonflée et le pneu en état de marche ; 3, si l'on dégonfle la chambre et qu'on repousse la valve, on peut faire descendre les bourrelets de l'enveloppe dans la gorge excentrée, de ce fait les bourrelets échappent des rebords de jante à la partie opposée et on peut les sortir et les dégager. C'est la seule position. En marche, l'enveloppe ne peut déjancer, car la plaquette de valve forme un véritable verrou de sécurité empêchant les talons de tomber dans la gorge.

fixée par des câbles noyés dans les bourrelets.

Cette évolution est née du pneu à basse pression. Le pneu à tringles n'est cependant pas une nouveauté, il existe depuis longtemps sur les voitures américaines, pour lesquelles on a adopté un montage mécanique de la jante, mais cette complication de montage avait fait hésiter nos fabricants. Avec les pneus ballons qui ont permis une si heureuse amélioration du confort, la sécurité d'accrochage procurée par les talons n'était plus comparable à celle obtenue par les hautes pressions et on risquait le déjantage de l'enveloppe sur les voitures rapides dans un virage pris un peu vite, par exemple. Dans le nouveau type de pneu « Bibendum », l'enveloppe est à tringles, la jante complète, mais la simplicité comparable à celle du montage à talons et, néanmoins, la sécurité garantie.

Si l'on examine comment un pneu à tringles est encastré entre les rebords fixes de la jante sur laquelle il repose (voir fig. 5), on se rend compte qu'il n'en pourra sortir sans l'emploi d'un artifice, puisque les câbles métalliques qui garnissent les bourrelets de l'enveloppe ont un diamètre moindre que celui du rebord supérieur de la jante et que ces câbles sont inextensibles.

La jante du Bibendum n'a pas un profil régulier ; dans l'une de ses parties est pratiqué un évidement intérieur qui se raccorde tangentielllement avec le fond de la jante.

Quand le pneu est monté et la chambre à air gonflée, la plaquette de valve, de forme et d'épaisseur appropriées, remplit la portion la plus creuse de cet évidement et les bourrelets à tringles, d'ailleurs écartés par la chambre gonflée, ne peuvent tomber dans le creux de la jante. Si, au contraire, on dégonfle la chambre à air et on repousse la valve et sa plaquette vers l'intérieur de l'enveloppe, on pourra faire descendre les bourrelets dans l'évidement en opérant une pression sur les flancs de l'enveloppe.

Une fois les bourrelets descendus, la partie opposée de l'enveloppe va s'éloigner du fond de jante, un jeu se présentera entre les bourrelets de l'enveloppe et les rebords de la jante, ce jeu étant tel qu'un léger effort permette de faire franchir les rebords aux

bourrelets. Il ne restera plus qu'à soulever l'enveloppe et dégager ainsi la partie supérieure pour qu'elle soit libre.

Au remontage, on agit en sens inverse.

Après avoir engagé la valve de la chambre à air mise au rond et placée à l'intérieur de l'enveloppe, on fait descendre les bourrelets dans le creux de la jante et, en quelques coups de levier, à la main ou au pied, on fait passer l'extrémité opposée sur les rebords de la

jante. On s'assure que les bourrelets ont pris leur place ; on tire la plaquette et la valve dans leur position normale, on gonfle, et le tour est joué. La valve est bloquée dans le creux de la jante par un écrou papillon. La plaquette de la valve masque le seul emplacement qui permet le démontage de l'enveloppe, c'est le verrou de sécurité contre le déjantage.

Prête, dès maintenant, pour les sections des pneus pour voitures légères, la fabrication est en voie de préparation pour les sections des voitures rapides. Avant le prochain Salon, le Bibendum sera, sans doute, livré pour toutes les applications.

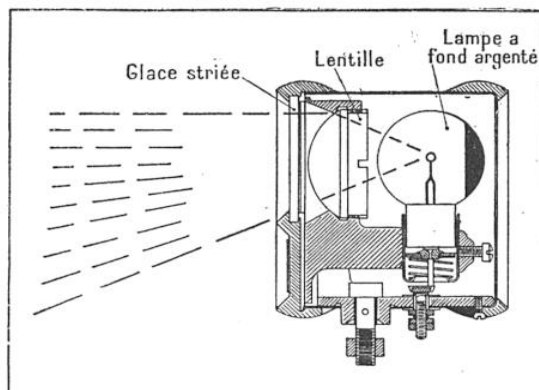


FIG. 6. — COUPE DU PHARE « MONOCLE » MARCHAL POUR L'ÉCLAIRAGE A FAISCEAU RABATTU LORS DES CROISEMENTS -

La lampe est à fond argenté formant réflecteur. Une lentille oriente le faisceau lumineux vers le sol. Une glace à prismes diffuse la lumière. Quoique d'encombrement réduit, l'éclairage de ce phare est très satisfaisant, même employé seul et placé entre les deux projecteurs habituels à longue portée.

Le phare « Monocle »

DE trop nombreux accidents montrent de quelle utilité sont les dispositifs créés pour éviter l'éblouissement par les phares aveuglants pendant les croisements. Le conducteur, ébloui, perd le contrôle de sa direction, et de véritables catastrophes en ont été les conséquences.

On doit tenir pour indispensable de pouvoir rabattre la lumière vers le sol à l'approche d'une voiture qui s'avance en sens inverse.

Voici un moyen d'éviter toute complication d'installation :

Les Établissements Marchal fabriquent un phare spécial de diamètre très réduit — 110 millimètres seulement — qui peut être monté sous chacun des projecteurs existants pour l'éclairage à longue portée. A la rigueur, on peut se contenter d'un seul phare « Monocle » placé entre les deux projecteurs, la nappe lumineuse étant suffisamment large. Cette nappe est obtenue au moyen d'une lampe à réflecteur argenté, d'une lentille qui oriente le faisceau vers le sol et d'une glace à prismes qui le diffuse.

A. CAPUTO.

LA T. S. F. ET LA VIE

Par Joseph ROUSSEL

I. Instruisons-nous

Les condensateurs électrolytiques

QUOIQUE connus depuis fort longtemps, les condensateurs électrolytiques sont à peu près ignorés des amateurs de T. S. F., à qui ils apportent cependant la solution élégante d'un problème souvent posé : la réalisation peu coûteuse, sous un volume restreint, de capacités fixes de valeur élevée.

Ils ne sauraient servir, dans tous les cas, au remplacement des capacités usuelles, parce que leur résistance en courant continu n'est pas infinie et que les sources débitent très faiblement lorsqu'elles sont connectées entre leurs bornes. Ils font, cependant, excellent office de « condensateurs de passage », appelés en anglais « by-pass », qui permettent le passage de la haute fréquence qui serait « bloquée » par la résistance élevée d'une source.

Ils sont, en particulier, très précieux pour l'établissement des capacités des filtres électriques, que nous avons étudiés dans le n° 118 de *La Science et la Vie* (Avril 1927).

Leur principe est simple. Il repose sur la propriété de conductibilité unilatérale des soupapes électrolytiques, dont l'une des électrodes est constituée par une lame d'aluminium et l'autre par un corps inattaqué par l'électrolyte, plomb ou fer, par exemple.

On sait que, dans ce cas et au sein de solutions convenablement choisies, le courant passe dans le sens plomb-aluminium (aluminium cathode), tandis que dans le sens aluminium-plomb (aluminium anode) il se forme à la surface de l'anode une couche extrêmement mince et électriquement très résistante d'alumine qui arrête le courant (fig. 1).

A ce moment, on peut considérer le système comme un condensateur dont les armatures (fig. 1) sont constituées, l'une par l'aluminium *Al*, l'autre par la masse de l'électrolyte *S* dans lequel baigne *Al*, le crayon de fer *Fe* ne jouant que le rôle de conducteur. Le diélectrique est constitué, de son côté,

par la couche d'alumine très régulièrement déposée sur la surface de l'aluminium. Cette couche étant extrêmement mince, la capacité d'un tel condensateur est très élevée pour une faible surface d'armature (de l'ordre — variable — de un microfarad par centimètre carré).

De tels condensateurs ne supportent pas des tensions très élevées par élément, mais il est possible de les utiliser en série, et, de plus, s'ils crèvent, la pellicule isolante se reforme instantanément au sein de l'électrolyte.

Sous la forme représentée figure 1, l'effet « condensateur » est unilatéral et l'on doit bien se souvenir qu'il faut connecter l'aluminium au pôle positif.

Rien de plus facile que de réaliser un condensateur à effet bilatéral : il suffit de remplacer l'électrode de fer par une seconde lame d'aluminium.

Passons à la réalisation pratique de telles capacités, qui pourront être utilisées avec plein succès au cours de la fabrication des filtres d'alimentation, tant pour la réception que pour l'émission.

Nous verrons tout à l'heure qu'il faut « former » ces condensateurs ; or, leur capacité étant fonction de la tension de formation, il peut être utile de connaître la relation existant entre ces deux quantités.

TENSION DE FORMATION EN VOLTS	CAPACITÉ EN MICROFARADS PAR CENTIMÈTRE CARRÉ
50	2
75	1,2
100	0,9
150	0,5
200	0,35
300	0,25
400	0,15

De plus, la tension qui peut être supportée par un élément sans « claquage » varie suivant la nature de l'électrolyte utilisé.

Voici, à titre de renseignement, les tensions maxima à appliquer aux bornes de ces condensateurs, suivant la nature du sel d'ammonium utilisé comme électrolyte :

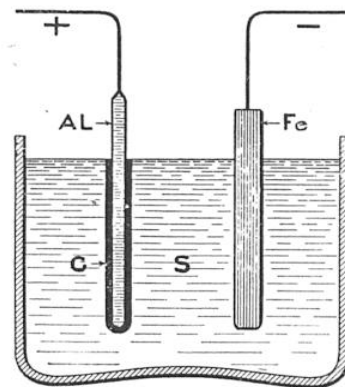


FIG. 1. — CONDENSATEUR ÉLECTROLYTIQUE « UNILATÉRAL »

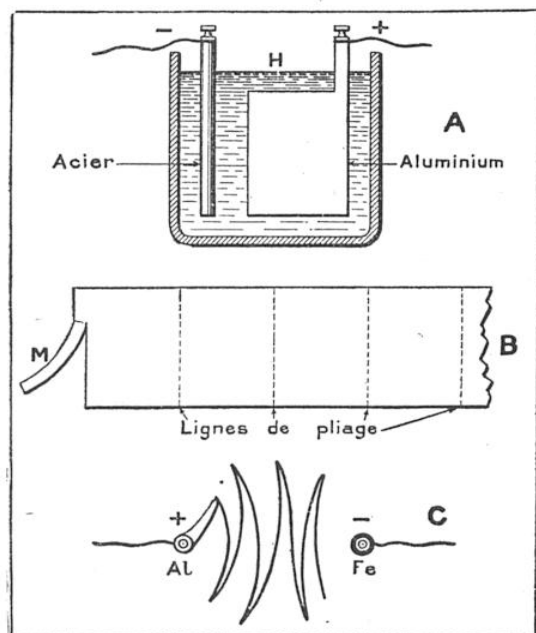


FIG. 2. — DÉTAILS DE CONSTRUCTION D'UN CONDENSATEUR ÉLECTROLYTIQUE

TENSION	SEL UTILISÉ
120	Chromate.
420	Carbonate.
450	Phosphate.
470	Citrate.
480	Borate.

On voit qu'il est toujours bon de donner la préférence au borate d'ammonium.

Cette solution est très facile à préparer. On fait dissoudre à chaud, pour un litre d'eau distillée pure, 33 grammes d'acide borique cristallisé. Lorsque la solution est refroidie, on ajoute peu à peu de l'ammoniaque liquide pure en agitant fréquemment jusqu'à ce qu'un papier de tournesol rouge, plongé dans le mélange, vire au bleu.

Nous insistons sur ce point que les produits employés doivent être *absolument purs*, condition absolue de réussite, comme, du reste, pour la fabrication de soupapes électrolytiques.

Pour construire le condensateur, on prendra un vase non conducteur (A, fig. 2), contenant l'électrolyte, dans lequel plongeront, d'une part, une tige d'acier (—), d'autre part, l'électrode d'aluminium (+). Pour donner une grande surface à cette dernière sous un faible volume, on pourra utiliser le procédé indiqué par la même figure. Prendre une lame d'aluminium, dont on découpe en M une languette, qui permettra, une fois relevée, de fixer la connexion, plier la lame en « accordéon » afin de lui donner la forme de la figure C.

Si l'on veut, et ce sera toujours préféré-

nable, au lieu d'une électrode de fer, on peut disposer une seconde lame d'aluminium pliée, de même surface que la première, pour réaliser un condensateur bilatéral.

L'appareil étant monté, on verse quelques gouttes de pétrole ou d'huile de paraffine sur l'électrolyte.

Le condensateur étant mis en place, est « formé »; cette formation s'effectue simplement en le laissant en circuit sur le courant redressé, au voisinage du maximum de tension admissible.

Cette formation demande environ vingt-quatre heures. A ce moment, le courant passant à travers le condensateur devient négligeable, de l'ordre de 3 milliampères pour une capacité effective de 30 microfarads.

Nous pensons, grâce à ces indications précises concernant un appareil que nous avons largement expérimenté, permettre aux amateurs de construire facilement les filtres électriques d'usage courant.

Si la question intéresse des émetteurs, nous sommes à leur disposition pour leur fournir tous renseignements utiles.

II. Un montage pratique

Pour augmenter la sélectivité des circuits

La multiplication des émetteurs, ainsi que l'augmentation de leur puissance, rend de plus en plus nécessaire l'emploi de récepteurs aussi sélectifs que possible.

A Paris en particulier, de nombreuses interférences se produisent entre les divers postes d'émission régionaux et des émetteurs étrangers puissants.

Nous allons indiquer un moyen simple d'atténuer la gêne causée par ces interférences, pour les amateurs qui possèdent un poste à réaction électromagnétique.

C'est de ne pas faire agir *directement* la réaction, embrochant le circuit de plaque de la valve détectrice sur le primaire d'entrée ou sur le circuit de résonance, suivant le montage utilisé, mais d'effectuer le couplage par l'intermédiaire d'un circuit filtrant, dont on peut faire varier l'accord.

La figure 3 représente ce dispositif appliqué à une détectrice à réaction.

$L_1 C_1$ est le circuit-filtre dont l'inductance sert d'intermédiaire de couplage entre le primaire L et la réaction.

La valeur à donner à L est

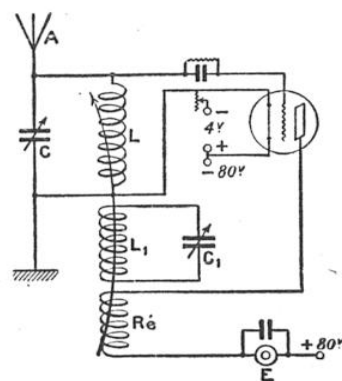


FIG. 3. — MONTAGE TRÈS SÉLECTIF

fonction de la longueur d'onde du poste à recevoir.

En prenant pour C_1 un condensateur variable d'un demi-millième, on pourra constituer L_1 par un nid d'abeille de 45 millimètres de diamètre intérieur, ayant respectivement : 50 spires pour la zone des P. T. T., 150 pour celle de Daventry-Radio-Paris et 200 pour F. L.

III. Actualités

Valve chauffée directement par le secteur

La Compagnie Marconi vient de mettre en vente dans le public, en Angleterre, une nouvelle lampe, la K. L. 1, utilisant le courant du secteur alternatif, sans autre organe de liaison qu'un transformateur abaisseur de tension.

Dans cette valve (fig. 4), le filament usuel est remplacé par un ensemble de deux cylindres concentriques, entre lesquels se trouve un filament alimenté par le courant de secteur, qui joue le rôle de résistance chauffante. La partie extérieure du cylindre porte deux ailettes qui favorisent la dissipation de la chaleur. Le cylindre intérieur est thorié sur sa face interne, d'où s'échappent les électrons, se dirigeant ainsi vers l'axe du système. Sur leur chemin, ils rencontrent une grille concentrique, puis un cylindre central remplaçant la plaque des lampes ordinaires.

Un dispositif particulier, visible en A, sert à l'absorption des gaz résiduels, au moment de la fabrication.

Le montage (fig. 5) diffère très peu de celui des valves à filament. Le dispositif de chauffage consomme 2 ampères sous une tension de 3 v 5.

Cette lampe travaille normalement avec 100 volts de tension-plaque ; son facteur d'amplification est de 7, et sa résistance interne de 5.300 ohms.

Elle entre en fonctionnement normal au bout de quinze secondes de chauffage environ.

Au cours de son emploi, il

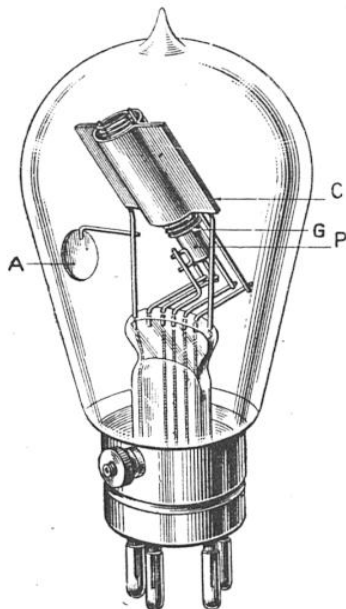


FIG. 4. — ENSEMBLE DE LA LAMPE « MARCONI »

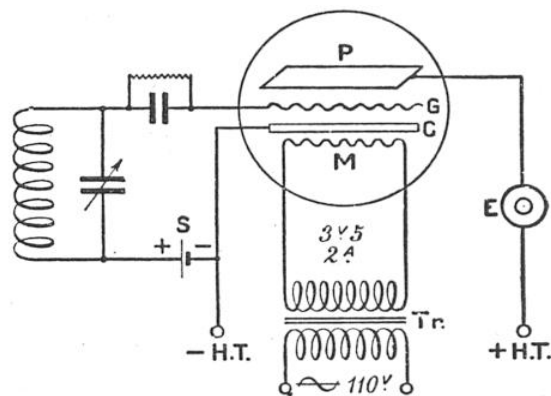


FIG. 5. — MONTAGE EN DÉTECTRICE DE LA LAMPE CHAUFFÉE PAR LE COURANT ALTERNATIF

n'est perçu aucun ronflement ni bruit parasite.

Voilà, pensons-nous, une intéressante solution pratique du fonctionnement direct sur secteur. Si, comme nous l'indiquons dans une étude précédente, on utilise également le secteur pour la tension-plaque, le problème « alimentation totale par secteur » est résolu.

IV. Les curiosités de la T. S. F.

Du charbon aux électrons

L'un des rédacteurs de notre confrère américain *Radio News* a eu la curiosité de chercher quel est le rapport entre la quantité d'énergie représentée en charbon utilisé dans une centrale électrique et celle réellement convertie en flux d'électrons dans un tube à vide.

Quoiqu'il n'ait pas tenté de remonter encore plus haut, c'est-à-dire à l'énergie solaire emmagasinée au cours des siècles dans le sein de la Terre, sous forme de blocs de houille, il reste cependant curieux de suivre les différentes étapes de transformation de l'énergie primitive et de constater combien peu il en parvient à nos triodes.

En réalité, lorsqu'on parle d'énergie, le terme « perte » ne doit être employé qu'avec circonspection ; il est plus exact de considérer la « dissipation » d'une partie de cette énergie, sous forme de chaleur en particulier, au cours des diverses transformations qu'on lui fait subir en vue d'atteindre un but déterminé.

Tout d'abord, une tonne de charbon ne représente pas une tonne de combustible convertissable en calories ; il y a, en moyenne, 180 kilogrammes de déchets qui se retrouvent sous forme de cendres, mâchefer, etc. ; de plus, 6 % environ de combustible réel ne sont pas utilisés, même dans les meilleurs fours. Le total de ces premières pertes atteint

donc 24 %. Malgré l'emploi de récupérateurs, une certaine quantité de chaleur est entraînée avec les fumées et les gaz évacués par les cheminées.

La vaporisation de l'eau dans les chaudières, la transformation de l'énergie de la vapeur en énergie mécanique ne vont pas sans de grandes pertes, qui, quoique réduites dans les machines modernes, par l'emploi de hautes pressions, l'usage de turbines à grand rendement, atteignent encore 73,45 %.

Le travail absorbé par les transmissions entre les turbines et les générateurs électriques est faible, tout au plus la perte atteint-elle 1 %.

A ce moment, avant de réaliser la transformation de l'énergie mécanique en énergie électrique, nous voyons que nous ne retrouvons plus que 19,8 % de l'énergie représentée par le charbon.

Les puissantes génératrices électriques des grandes centrales ont un excellent rendement et les types les plus récents atteignent 95 %. La perte n'est donc, ici, que de 5 %.

Nous en arrivons au point où l'énergie, sous forme de courant électrique, sort de la centrale. Les distributions et transformations nécessaires sont étudiées, tous nos lecteurs le savent, pour atteindre le maximum de rendement, mais nous avons affaire, de plus en plus et avec juste raison, à des courants alternatifs qu'il nous faut transformer en courants ondulés, mais de sens invariable si nous voulons emmagasiner cette énergie dans des accumulateurs, qui, seuls, pourront nous fournir le courant continu parfaitement constant qui convient aux applications de T. S. F.

Là, surtout, se révèle l'imperfection de nos appareils par le pourcentage médiocre du rendement : en pratique, 65 % d'énergie est dissipée au cours de cette transformation. Nous passons ensuite au rendement des accumulateurs. Ce terme est très variable et dépend surtout du soin apporté à l'entretien de ces appareils : en consentant, de ce chef, 25 % de pertes, nous restons dans une moyenne fort convenable.

Si nous effectuons, à cet instant qui précède celui de l'entrée de l'énergie dans le circuit d'utilisation définitif, circuit des filaments des lampes, le calcul de rendement, nous voyons que nous n'appliquons, en réalité, aux bornes d'un récepteur, que les cinq centièmes de l'énergie « charbon » qui fut notre point de départ.

Enfin, dans ce circuit de filament, les réglages, la forme spéciale sous laquelle nous utilisons définitivement l'énergie (émission électronique), nous obligent à consentir encore à des pertes entre les bornes d'entrée et le flux définitif qui nous permettra d'atteindre le but cherché, pertes qui, pour un récepteur à cinq valves, atteignent 35 %.

En définitive, nous utilisons, à très peu près, 3,18 % de l'énergie empruntée aux

sources naturelles et nous constatons, avec quelque mélancolie, l'irréparable fuite d'un peu plus des quatre-vingt-seize centièmes de l'énergie primitive. (Le tableau ci-dessous résume les constatations faites.)

Transformations successives de l'énergie

Sans remonter au soleil, cause première de l'énergie de la houille :

Charbon, énergie	100 %
Au cours de la combustion, cendre et pertes	24 %
Chaudières et turbines, pertes	73,45 %
Transmission, pertes	1 %
Générateur, pertes	5 %
Pertes dans les lignes et le char- geur	65 %
Pertes dans les accus	25 %
Dans le circuit du filament :	
Le rhéostat	25 %
Pour 5 lampes	35 %
Reste pour le filament, 3,18 % de l'énergie totale originelle.	

Notre confrère n'ajoute aucun commentaire à cette étude, qu'il borne à la constatation d'un mal qui doit lui paraître nécessaire, puisqu'il n'indique aucun remède capable de diminuer ces pertes.

Nous irons un peu plus avant. Il nous semble que certaines « dissipations » peuvent être réduites, et ce, dans le seul domaine de l'utilisation par l'amateur, car nous laissons de côté les pertes industrielles, à la réduction desquelles s'appliquent, sans cesse, les meilleurs techniciens.

On peut d'abord diminuer les pertes à la charge des accus par deux procédés : le premier, c'est le perfectionnement des appareils de charge et de leur rendement ; le second, c'est... de ne pas charger d'accus, ou tout au moins de n'en charger que le strict nécessaire en utilisant directement le courant de secteur, tout au moins pour les étages de basse fréquence et de puissance ; enfin, en utilisant, pour la tension-plaque, le courant redressé par des kénotrons. La commodité d'emploi s'ajoute ici à l'amélioration du rendement.

On peut encore augmenter le rendement en soignant convenablement les accumulateurs, en les entretenant constamment propres, garnis d'électrolyte convenable, et surtout en ne poussant jamais la décharge à fond.

Dans le poste récepteur lui-même, le rendement sera amélioré en employant les lampes convenant aux fonctions qu'elles sont destinées à remplir, en proportionnant, comme il convient, la tension-plaque au chauffage du filament.

Enfin, le rendement total deviendrait excellent le jour où nous saurions transformer directement l'énergie calorifique en énergie électrique, mais ceci n'est encore qu'un rêve.

J. ROUSSEL.

LA T. S. F. ET LES CONSTRUCTEURS

La réception en haut-parleur

LA mise au point d'une réception en haut-parleur est beaucoup plus délicate qu'on ne le pense en général et tous les déboires proviennent de la méconnaissance de cette vérité. Il faut choisir avec soin non seulement le haut-parleur, mais encore le poste récepteur. Ce n'est que par la réunion des deux appareils d'excellente qualité que l'on peut obtenir une réception d'une pureté parfaite.

Émission

On sait que les sons sont des mouvements vibratoires de l'air qui se distinguent par leur fréquence. Ces sons font vibrer la membrane du microphone de la station d'émission. Ce microphone étant en série avec le primaire d'un transformateur de modulation, le courant variable produit par les vibrations de la membrane engendre, dans le secondaire de ce transformateur, une différence de potentiel de même fréquence. Cette différence de potentiel est donc amplifiée par l'amplificateur de modulation, puis appliquée aux lampes modulatrices, qui agissent sur le courant-plaque des oscillatrices. Celles-ci entretiennent dans l'antenne des oscillations dont la fréquence dépend de la longueur d'onde choisie.

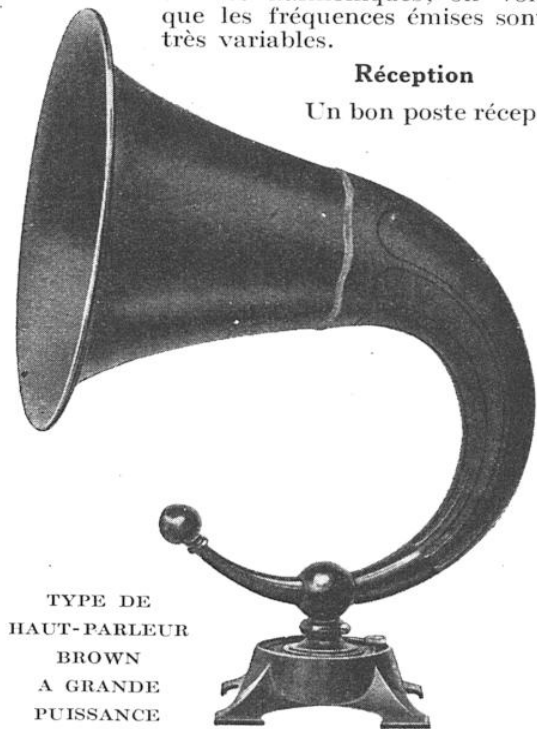
Le courant d'antenne est modulé suivant la fréquence du son émis. La théorie mathématique montre que, si f est la fréquence de l'onde porteuse et f' , celle du son modulateur, le résultat de la modulation sera l'émission de trois ondes de fréquence $f - f'$, f et $f + f'$.



Si on ajoute à cela que la transmission s'opère sur plusieurs sons à la fois ainsi que sur les harmoniques, on voit que les fréquences émises sont très variables.

Réception

Un bon poste récep-



teur devra donc recevoir des ondes de fréquences diverses pour une même émission.

Dans un poste récepteur, les causes de déformation sont diverses. Les principales se trouvent dans la réaction, dans l'amplification basse fréquence et dans le haut-parleur.

La réaction rend, en effet, plus pointue la courbe de résonance, et alors les fréquences $f - f'$, f et $f + f'$ ne sont plus amplifiées dans les mêmes proportions. On doit donc n'introduire la réaction qu'avec prudence.

La réception en haut-parleur exige au moins deux étages basse fréquence. On devra donc choisir avec soin les transformateurs employés, qui sont souvent la cause de déformation. En outre, on utilisera avec profit une batterie de polarisation de grille, destinée à empêcher la formation d'un courant de grille, cause supplémentaire de déformation.

Enfin, le choix des lampes n'est pas indiffé-

rent, non plus que celui de la source de tension-plaque.

Pour préserver les enroulements du haut-parleur, on utilisera un transformateur de sortie.

Le haut-parleur

Le haut-parleur doit transformer en vibrations de l'air les vibrations électriques à fréquence acoustique qui parcourent ses enroulements. Un bon haut-parleur doit non seulement reproduire un son avec fidélité, mais encore amplifier ce son par un dispositif mécanique aussi simple et efficace que possible. Il ne faut pas qu'un haut-parleur possède une fréquence de résonance propre, c'est-à-dire une fréquence qui soit amplifiée de préférence aux autres. L'aimant permanent d'un haut-parleur, qui est destiné à assurer la fidélité de la reproduction des fréquences et la sensibilité, doit conserver son aimantation aussi longtemps que possible ; il devra donc être constitué par un métal magnétique ayant un magnétisme rémanent et une force coercitive aussi élevés que possible.

Parmi les réalisations actuelles de haut-parleur, nous devons signaler le haut-parleur Brown, qui est l'objet de perfectionnements incessants dans ses moindres détails, depuis qu'il a été lancé sur le marché mondial. Cet appareil est spécialement étudié pour la reproduction pure et puissante des émissions radiotéléphoniques.

Ce haut-parleur est constitué essentiellement par un puissant aimant permanent en fer à cheval dont les deux pôles comportent de petites équerres en fer doux, autour desquelles sont enroulées les deux bobines à travers lesquelles on lance le courant téléphonique à reproduire (fig. ci-dessus). Ces équerres attaquent magnétiquement une anche fixée en *F* et dont l'extrémité *D* est solidaire du sommet d'un cône en aluminium. Les vibrations de la partie de l'anche qui se trouve en face des équerres sont, évidemment, repro-

duites amplifiées par l'extrémité *D* (effet de bras de levier). Il y a donc dans le Brown une véritable amplification mécanique. Les vibrations de *D* sont transmises au cône qui ne possède pas de période de vibration propre. Il vibre, par conséquent, avec la même amplitude, à intensité égale de courant circulant dans les bobines, pour toute la série des fréquences acoustiques. Le cône est extrêmement léger de par sa nature et très robuste de par sa forme. Il agit sur un volume d'air relativement important ; les vibrations longitudinales de ce volume d'air se transmettent de proche en proche aux diverses couches de l'air contenu dans le pavillon.

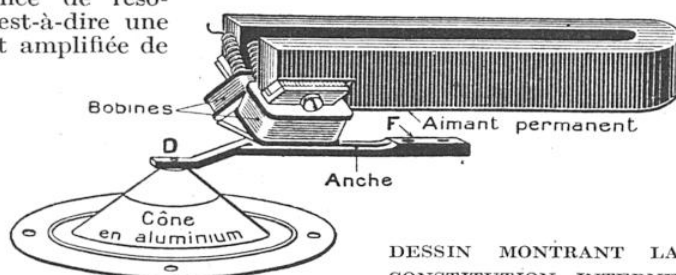
Il est indispensable que, dans un haut-parleur, l'entrefer, c'est-à-dire l'espace compris entre les pièces polaires (équerres) et l'anche, soit réduit au minimum compatible avec l'amplitude des déplacements de cette anche. La vis de réglage permet, pour une intensité donnée de réception, de régler l'entrefer au mieux. C'est

là une particularité fort intéressante du dispositif Brown.

Enfin, la forme géométrique et la nature des pavillons ne sont pas des éléments négligeables. Les pavillons du haut-parleur, dont nous venons de signaler les intéressantes propriétés, ont été spécialement étudiés et leur aspect général a inspiré certains de ses imitateurs qui ont ainsi bénéficié des travaux de l'ingénieur anglais Sidney Brown.

En résumé, seul l'ensemble formé par un bon haut-parleur et un récepteur parfaitement au point peut donner, dans l'état actuel de la technique moderne, une réception véritablement fidèle et artistique. Cette conclusion aurait grand besoin d'être méditée par un grand nombre d'amateurs, prompts aux emballlements irraisonnés aussi bien qu'aux découragements puérils. Seule, l'obtention d'auditions puissantes et pures permettra à la jeune industrie radiophonique de se développer normalement.

J. M.



DESSIN MONTRANT LA CONSTITUTION INTERNE

DE L'ORGANE MOTEUR D'UN HAUT-PARLEUR BROWN

Le courant téléphonique est reçu dans deux bobines fixées à un puissant aimant permanent, en fer à cheval, par deux petites équerres en fer doux, autour desquelles elles sont enroulées. Ces armatures attaquent magnétiquement une anche fixée en F et dont l'extrémité est solidaire du sommet d'un cône en aluminium. Il en résulte une véritable amplification microphonique. Le cône en aluminium n'ayant pas de période de vibration propre, reproduit fidèlement toute la série des fréquences acoustiques.



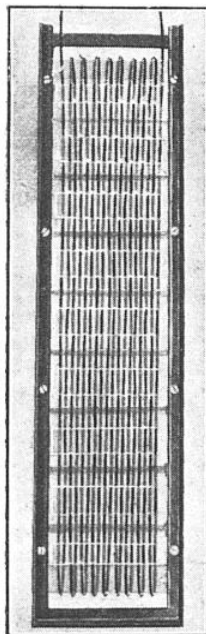
LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS. DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Nouvelles résistances électriques

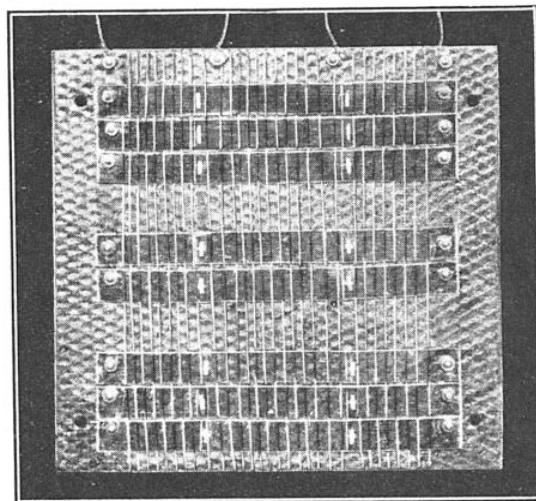
ON connaît les nombreux emplois des résistances électriques. Non seulement elles servent, en effet, à la construction d'appareils de chauffage par suite de l'échauffement causé dans un conducteur par le passage d'un courant (effet Joule), mais encore elles sont à la base de nombreux réglages d'intensité ou de tension. Les rhéostats de démarrage ne sont que des résistances que l'on peut mettre en circuit progressivement suivant la position de la manette du rhéostat, afin de limiter la valeur du courant de démarrage d'un moteur. Il en est de même des rhéostats de réglage. Pour les fortes puissances, on utilise souvent des résistances hydrauliques constituées par un électrolyte dans lequel plongent les électrodes dont on peut faire varier la distance. Pour les puissances moyennes ou faibles, les résistances sont constituées par des fils spéciaux enroulés, le plus souvent, en hélice afin d'augmenter leur longueur.



ÉLÉMENT CHAUFFANT MONTÉ SUR MICA

Nous signalons aujourd'hui un nouveau type de résistance constituée par un fil ou ruban métallique disposé d'une façon particulière sur un support isolant, de telle sorte que l'ensemble se présente sous la forme de plaques de dimensions variables selon la puissance à absorber.

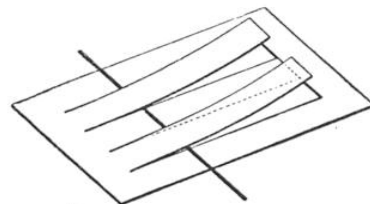
Dans un premier dispositif, on découpe une feuille isolante de mica suivant des lamelles entre lesquelles est tressé le fil ou le ruban métallique. Ce ruban ne peut évidemment pas se déplacer latéralement, car il constitue, en quelque sorte, la trame du tressage. Les spires ne peuvent donc se toucher quelle que soit la température à laquelle le métal est porté.



ÉLÉMENT DE RÉSISTANCE DU RHÉOSTAT DE DÉMARRAGE

Les fils ou rubans résistants sont connectés à leurs extrémités à des bornes appropriées; des sorties intermédiaires peuvent être prévues en tout point convenable de la plaque. La solidité des plaques peut être augmentée en disposant de place en place des armatures métalliques en métal inoxydable. Pour équiper, par exemple, des petites chaudières, des étuves ou autres dispositifs chauffants, on utilise des plaques résistantes, souples, formées de plusieurs feuilles de mica de faible épaisseur, superposées les unes aux autres et formant une plaque très flexible, épousant la forme de l'objet que l'on désire recouvrir. Ces éléments chauffants souples sont les seuls pouvant supporter de hautes températures (700°-1.000°).

Les éléments supportent parfaitement bien les trépidations. L'encombrement et le poids sont très réduits; ainsi, un élé-



CROQUIS MONTRANT COMMENT LE FIL EST TRESSÉ AVEC LES LAMELLES DE MICA

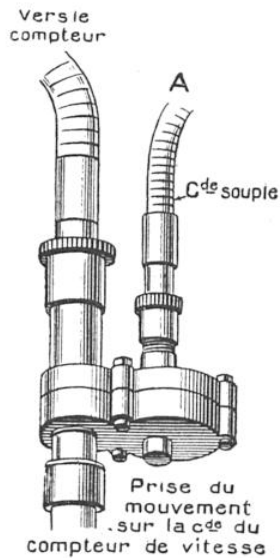
ment chauffant de 2 kilowatts ne pèse que 45 grammes. La chaleur est uniformément répartie sur toute la surface de l'élément chauffant, ce qui permet de dissiper une grande quantité d'énergie sous un faible volume. La consommation peut atteindre, dans certains cas, 700 watts par décimètre carré.

Lorsque l'on désire avoir une température plus basse (400°-600°, table chauffante, étuves), mais répartie sur une plus grande surface, l'on fait usage du second dispositif, qui n'est qu'une variante du premier. Le support n'est plus une feuille de mica, mais une plaque en matière isolante et incombustible dont l'épaisseur varie de 3 à 6 millimètres, suivant les dimensions imposées. Sur chaque face de la plaque sont disposées les lamelles de mica qui servent à tresser les fils ou rubans résistants; l'ensemble ainsi formé est homogène et très robuste; on a la possibilité d'y tresser de larges rubans résistants, qui peuvent absorber de très fortes intensités (500 ampères).

Le montage de ces plaques est très facile, et, pour équiper un *rhéostat*, il suffit de disposer un certain nombre de ces plaques, les unes derrière les autres, et de les enfiler sur des tiges filetées, l'écartement étant assuré par des entretoises. L'ensemble forme donc des cellules par où s'établissent des courants d'air qui assurent le refroidissement.

La plaque peut être ajourée de façon à produire un courant d'air (ventilation à air chaud, séchoirs).

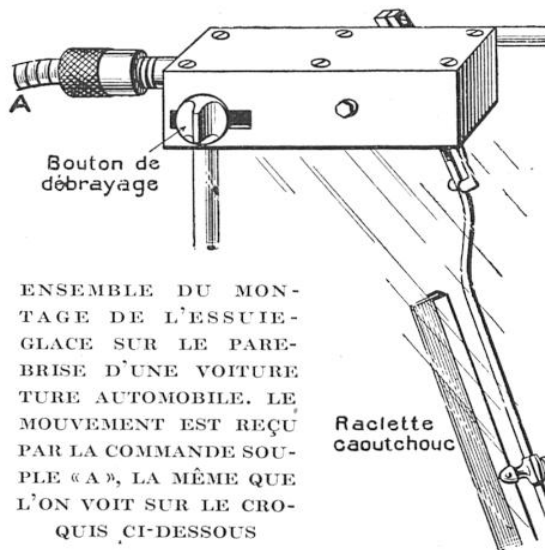
Les plaques peuvent être recouvertes d'un enduit protecteur, les fils noyés dans un ciment spécial qui évite tout contact avec l'air ambiant; on a, dans ce cas, le type protégé.



DÉTAIL DE L'ENTRAÎNEMENT DE L'ESSUIE-GLACE

Essuie-glace mécanique et automatique

Il est certainement inutile de montrer l'utilité d'un essuie-glace automatique sur une voiture automobile. Il nous suffit de dire que sa présence est un facteur de sécurité, que l'on n'a pas le droit de négliger, puisque, par temps de pluie, cet appareil permet au conducteur de voir clairement la route sur laquelle il roule. Aussi de nombreux



essuie-glace ont-ils fait leur apparition sur le marché depuis quelques années. Tous se composent essentiellement d'une raclette en caoutchouc, qui, en frottant constamment sur la glace du pare-brise, en assure la propreté et la transparence. Certains sont commandés par dépression, le vide produit par l'aspiration du moteur faisant fonctionner un piston contenu dans un cylindre et actionnant la raclette; d'autres, électriques, puisent la puissance nécessaire dans la batterie d'accumulateurs de la voiture.

Celui que nous signalons aujourd'hui, est actionné par la commande même du compteur de la voiture. A cet effet, une boîte d'engrenages reçoit le mouvement de la commande du compteur et le transmet, au moyen d'un flexible A, à la boîte fixée sur le pare-brise et dont les dimensions n'excèdent guère celles d'une boîte d'allumettes suédoises.

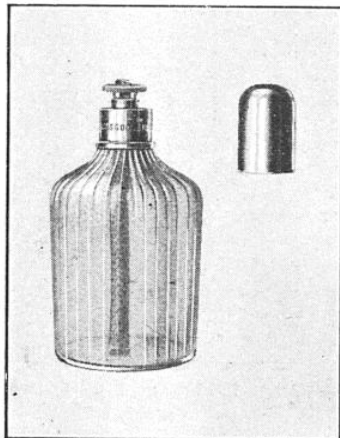
Un bouton permet d'embrayer ou de débrayer la raclette en caoutchouc.

Cet essuie-glace est donc essentiellement mécanique et automatique. Son fonctionnement est silencieux et sûr; il peut être installé facilement sur n'importe quelle voiture. Si le châssis ne permet pas le montage de la boîte d'engrenages de commande, on utilise alors une poulie indépendante. Quelle que soit la vitesse de la voiture, le fonctionnement se produit, d'autant plus vite que l'allure est plus rapide et cela même si, dans une descente par exemple, le moteur, débrayé, est arrêté. Donc, plus on va vite et mieux la glace est nettoyée, condition éminemment favorable pour la sécurité.

Ajoutons qu'à l'arrêt la raclette peut être actionnée à la main avant le départ, afin de faire disparaître la pluie ou la buée qui aurait pu se déposer sur la glace.

Pour parfumer et assainir un appartement

L'IDÉE de faire évaporer un liquide parfumé et antiseptique n'est certainement pas nouvelle, et de nombreux dispositifs ont été réalisés pour obtenir ce résultat. C'est surtout à l'aldéhyde formique que l'on s'adresse comme antiseptique.



GRACE AU DISQUE SPÉCIAL PORTÉ A SA PARTIE SUPÉRIEURE, CET APPAREIL FABRIQUE DE L'ALDÉHYDE FORMIQUE QUI PURIFIE ET PARFUME L'AIR

Le brûleur inventé par M. Guasco présente la particularité de le fabriquer lui-même, par combustion de *biformol*. Ce dernier peut, d'ailleurs, être parfumé pour combattre l'odeur désagréable du formol.

L'appareil se compose d'un élégant flacon de cristal dans lequel plonge une mèche, dont l'extrémité supérieure est en contact avec un petit disque horizontal d'amiante mélangé à des sels de métaux de la série du platine. Pour mettre le brûleur en service, il suffit d'allumer la mèche, qui donne une flamme analogue à celle de l'alcool. Au bout de très peu de temps, les bords du disque rougissent. On souffle alors la flamme et, les sels de platine servant de catalyseurs, la combustion se produit d'elle-même. On voit, en effet, nettement les bords du disque rester rouges. Dix minutes de fonctionnement suffisent pour parfumer et assainir une pièce. Pour éteindre le brûleur, il suffit de le coiffer de son capuchon.

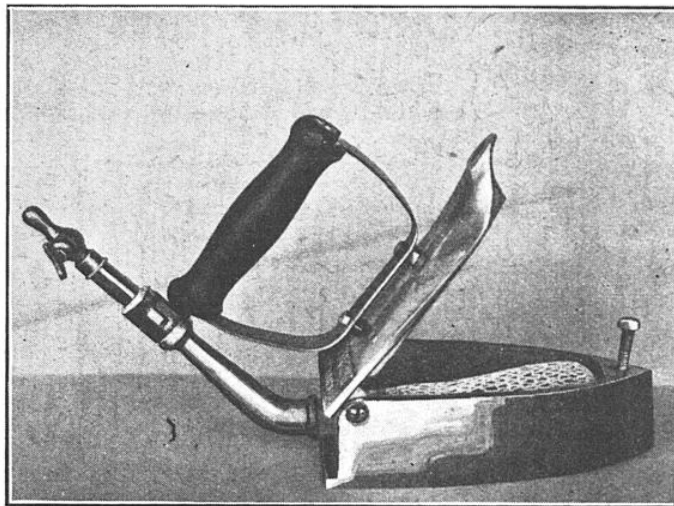
En plaçant le brûleur dans une garde-robe, on assure aux vêtements une protection absolue contre les mites. L'odeur de l'aldéhyde formique éloigne également les moustiques et les mouches. Au bout de quelques minutes de fonctionnement, cet appareil absorbe l'odeur de la fumée du tabac, si désagréable lorsqu'elle est refroidie.

Fer à repasser à chauffage au gaz d'éclairage

LA photographie ci-dessous représente un fer à repasser, dont le chauffage est assuré par le gaz d'éclairage. Comme on le voit, sa forme extérieure le fait ressembler à un fer électrique nickelé ; comme ce dernier, il assure un repassage très doux. Il suffit d'avoir utilisé un fer nickelé pour avoir constaté, en effet, combien le glissement de l'appareil sur le linge est aisé. On sait, d'ailleurs, qu'avec un fer ordinaire on emploie souvent de la cire pour faciliter ce glissement.

Ce fer se compose d'un socle creux, surmonté d'un couvercle mobile autour d'un axe horizontal et relevé vers sa pointe, afin de laisser un espace libre entre lui et le socle pour l'évacuation des gaz de la combustion. Grâce à la présence de cette cheminée, le constructeur a pu maintenir les côtés du fer absolument fermés. Ainsi, tout danger de brûlure du linge par des flammes s'échappant des côtés est rendu impossible.

Le chauffage est assuré par le gaz brûlant dans un manchon très robuste, susceptible de résister aux mouvements brusques du fer. D'ailleurs, si par hasard le manchon venait à se briser, on peut adapter à sa place une rampe à gaz ou même allumer le gaz à l'extrémité du tube d'amenée. Le montage de l'appareil est d'ailleurs très simple. L'extrémité du manchon se fixe au bout du tube à gaz, de la même façon qu'une lampe électrique s'adapte à une douille. On introduit alors le tube et le manchon dans le fer jusqu'à ce que deux vis portées par le tube viennent en dessous de la partie arrière du fer. Il suffit alors de les faire dévisser pour



VUE DU FER A REPASSER AU GAZ MONTRANT LE MANCHON CONTENU A L'INTÉRIEUR

qu'elles viennent s'appuyer fortement contre la traverse arrière du fer.

Le robinet du tuyau d'amenée du gaz présente la particularité de mettre l'appareil en veilleuse très facilement. Placé dans le sens du tube, il l'ouvre complètement ; en travers, il le ferme ; poussé un peu plus loin que la position de fermeture, il met le fer en veilleuse. Donc, si l'on doit abandonner un moment son travail, on peut maintenir le fer chaud sans aucun risque de brûler le linge.

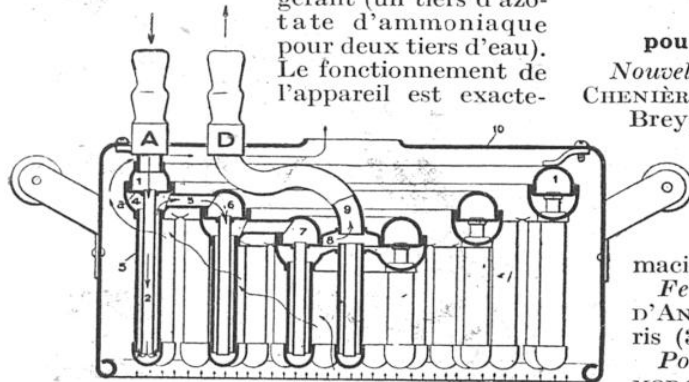
Ajoutons que ce fer ne consomme que 100 à 130 litres de gaz à l'heure. Il est facile de calculer le prix d'une heure de repassage, suivant le coût d'un mètre cube de gaz à l'endroit où l'on se trouve.

Pour préparer rapidement de l'eau frappée

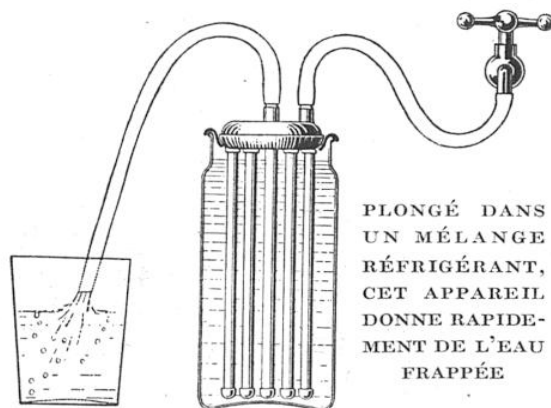
AUX diverses expositions de cette année, on a pu remarquer de nombreux dispositifs destinés à assurer presque instantanément un débit continu d'eau chaude. On sait que tous ces appareils sont basés sur une grande surface de chauffe, obtenue soit au moyen d'un serpentin, soit au moyen d'une double circulation, comme dans l'appareil représenté ci-dessous.

Grâce à ces dispositifs qui permettent de préparer rapidement de l'eau chaude, on peut ainsi préparer instantanément une douche à la température désirée, on peut laver la vaisselle rapidement et proprement en disposant au bout du tuyau d'eau chaude une lavette à manche creux, de sorte que cette eau chaude imprègne constamment la lavette.

De la même façon que l'on obtient de l'eau chaude, on peut préparer de l'eau frappée en plongeant l'appareil dans un mélange réfrigérant (un tiers d'azotate d'ammoniaque pour deux tiers d'eau). Le fonctionnement de l'appareil est exacte-



COUPE DE L'APPAREIL « THERMORAPID »



PLONGÉ DANS UN MÉLANGE RÉFRIGÉRANT, CET APPAREIL DONNE RAPIDEMENT DE L'EAU FRAPPÉE

ment le même. L'eau du robinet arrive par la tubulure *A*, pénètre dans une grande couronne extérieure, d'où, arrêtée par une cloison médiane *a*, elle descend par les tubes *2* jusqu'au fond des tubes enveloppants *3*, qui sont directement en contact avec le mélange réfrigérant. Elle se divise donc en une couronne circulaire, ou une pellicule cylindrique qui se refroidit très rapidement avant de remonter à la partie inférieure *4* du premier élément. De là, par un tube *5*, elle pénètre dans la seconde couronne annulaire *6*, où elle est soumise à une nouvelle circulation dans la série de tubes semblables que porte cette couronne, et enfin, par le tube *7*, à une troisième couronne portant les tubes centraux, où elle achève de se refroidir avant de sortir par la chambre *8* et la tubulure *9*.

Un modèle réduit, représenté par le dessin ci-contre, a été, d'ailleurs, établi uniquement pour assurer une réfrigération rapide de tous liquides.

V. RUBOR.

Adresses utiles pour « Les à côté de la Science »

Nouvelles installations électriques : MAX CHENIÈRE, constructeur-électricien, 11, rue Brey, Paris (17^e).

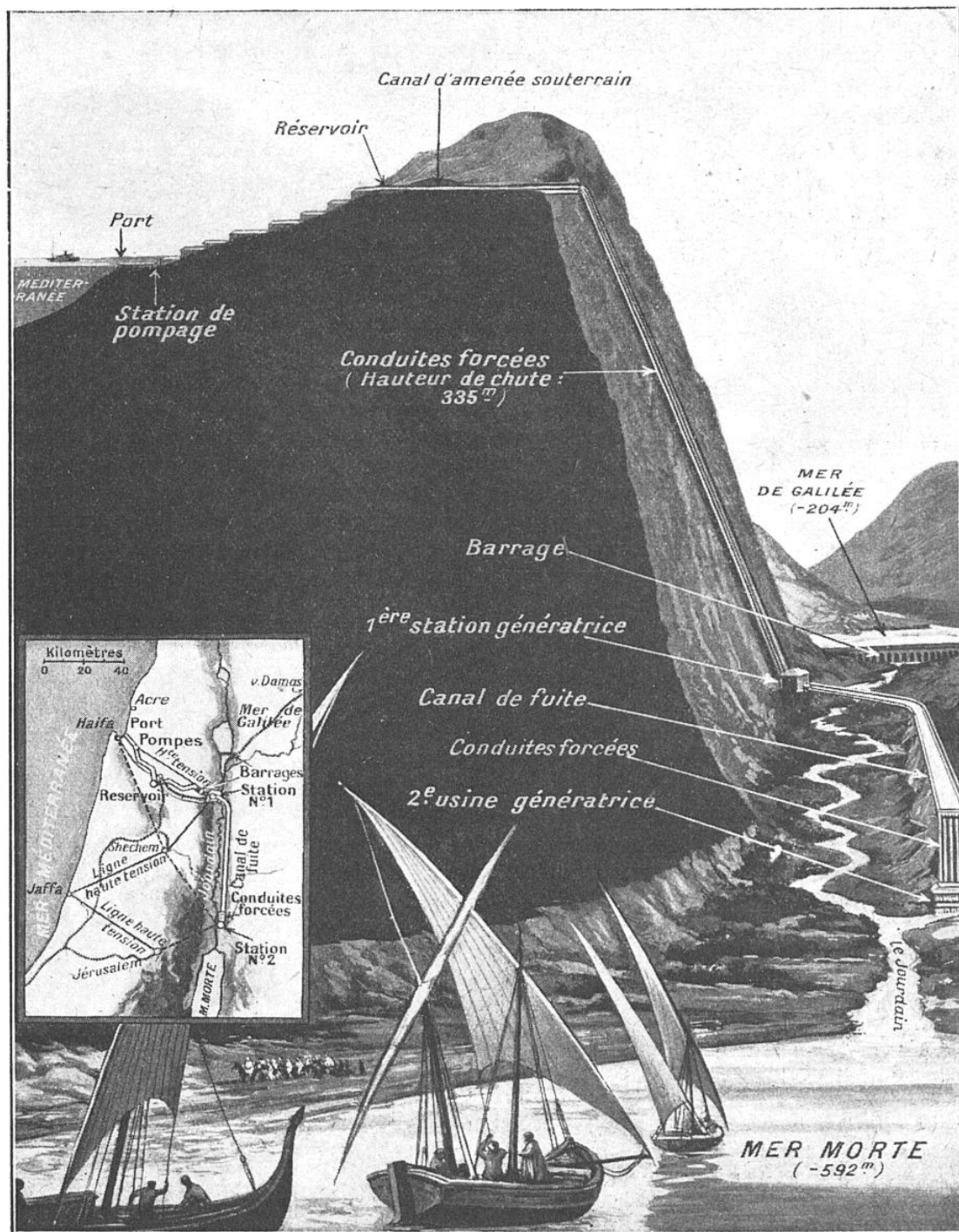
Essuie-glace pour automobiles : KIRBY-SMITH, 75, rue Laugier, Paris (17^e).

Pour parfumer et assainir un appartement : M. VERDEILLE, pharmacien, 20, rue Rambuteau, Paris (3^e).

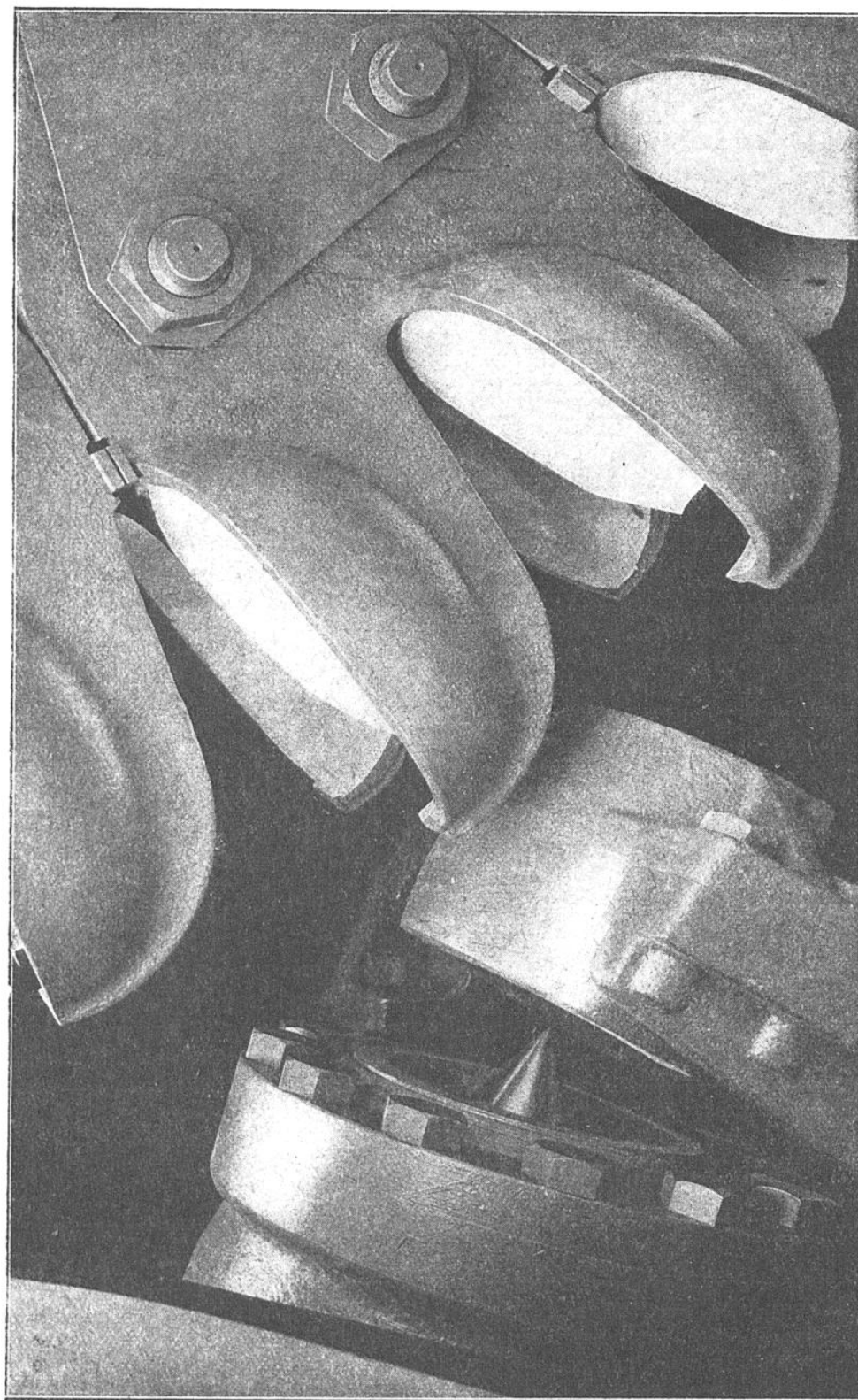
Fer à repasser au gaz : LE PARFAIT D'ANTONY, 66, rue du Vert-Bois, Paris (3^e).

Pour fabriquer de l'eau frappée : THERMORAPID, usines Chausson, Asnières (Seine).

**LA SCIENCE ET LA VIE est le seul magazine
DE VULGARISATION SCIENTIFIQUE ET INDUSTRIELLE**



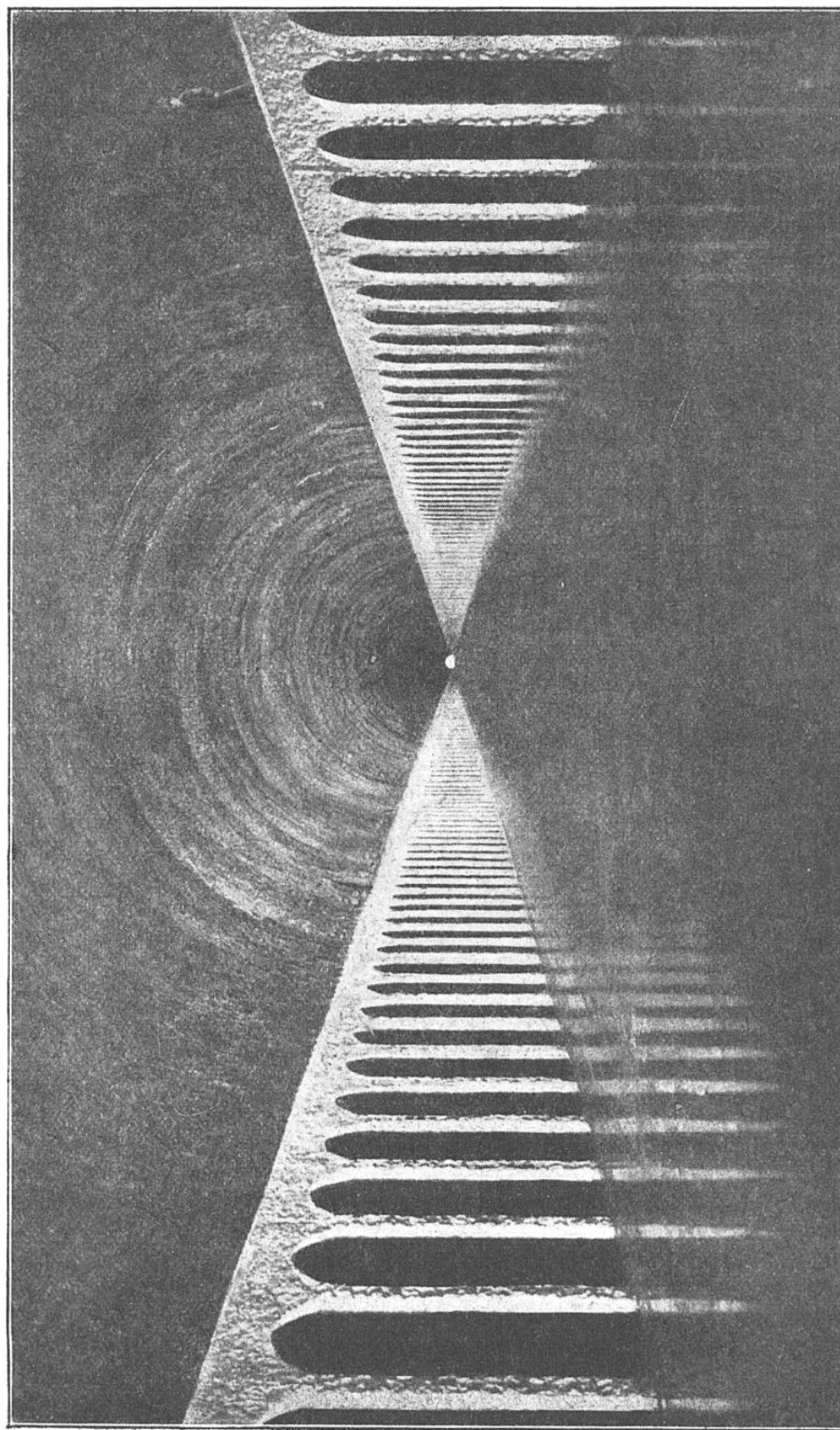
COMMENT UN INGÉNIEUR FRANÇAIS, M. IMBEAUX, ENVISAGE L'UTILISATION DE LA DIFFÉRENCE DE NIVEAU EXISTANT ENTRE LA MÉDITERRANÉE ET LA MER MORTE POUR L'ÉLECTRIFICATION DE LA PALESTINE, GRACE À DEUX USINES HYDROÉLECTRIQUES DISPOSÉES COMME L'INDIQUE LE DESSIN. LES HAUTEURS SONT VOLONTAIREMENT EXAGÉRÉES PAR RAPPORT AUX DISTANCES HORIZONTALES, MAIS LA CARTE INCLUSE DONNE L'ÉCHELLE EXACTE



DÉTAIL DES ORGANES MOTEURS D'UNE PUISSANTE TURBINE HYDRAULIQUE (ROUE PELTON) DESTINÉE À L'ÉQUIPEMENT D'UNE DES USINES HYDROÉLECTRIQUES PRÉVUES POUR L'ÉLECTRIFICATION GÉNÉRALE DE LA FRANCE

A gauche, la buse d'arrivée d'eau, au centre de laquelle se trouve l'aiguille permettant le réglage du débit du jet liquide projeté par la buse, qui prend la forme d'une barre si rigide qu'il est impossible de la sectionner. A droite, la roue sur laquelle sont fixés les anglets qui reçoivent l'impulsion de l'eau.

LE TUNNEL DU ROVE : LE PLUS LONG CANAL SOUTERRAIN DU MONDE



Voici une belle photographie du tunnel du Rove, qui a été récemment inauguré par le Président de la République. Nos lecteurs se souviennent que La Science et la Vie a été la première à publier un article sur la construction de cet ouvrage d'art, dans son n° 13, d'avril 1914. En mars 1926, notre savant collaborateur, M. Houlléviq, a montré l'état des travaux, après l'achèvement de ce tunnel, de 7.240 mètres de long, de 22 mètres de large et 15 m 50 de hauteur. Ainsi Marseille se trouve reliée, par un canal sans écluses de 35 kilomètres, à l'étang de Berre et au Rhône, vers la région lyonnaise.

CHEZ LES ÉDITEURS

CAOUTCHOUC

L'ÉPOPÉE DU CAOUTCHOUC, par *Georges Le Fèvre*.

La Malaisie, Java, Sumatra, l'Indochine, la Chine, le Japon, le Far-West, l'Amérique, l'Angleterre sont successivement entraînés sous les yeux du lecteur au cours de ce périple mondial accompli en sept mois, pour suivre de la plantation jusqu'à la Bourse de Londres, en passant par les usines américaines, l'histoire du caoutchouc. C'est un ouvrage pittoresque, dans lequel Georges Le Fèvre nous fait assister aux phases d'un duel économique où s'affrontent les plus puissantes nations.

CHIMIE INDUSTRIELLE

LES HUILES DES ANIMAUX MARINS, par *Henri Marcelet*. 1 vol. in-8° raisin, 225 p., 8 pl., 4 graphiques hors texte.

L'extraction des huiles des animaux marins, leurs usages, leur hydrogénation sont successivement passés en revue par l'auteur, dont l'ouvrage, très bien documenté, constitue une mise au point exacte de cette question importante de chimie industrielle.

ÉLECTRICITÉ

L'ÉLECTRICIEN PRATIQUE, par *Eugène-H. Weiss*.

Avec un peu d'ingéniosité, on peut faire, en électricité, des travaux intéressants, et cela d'autant mieux que l'outillage indispensable est fort rudimentaire. Une pince, un tournevis, un canif robuste et un marteau, cela suffit souvent pour les travaux les plus habituels qu'on rencontre dans les installations électriques.

Lorsqu'on s'occupe soi-même de l'équipement électrique de sa maison, on y trouve non seulement un passe-temps agréable, mais aussi une véritable économie. Or, s'il n'est pas nécessaire d'avoir pour cela des connaissances théoriques sérieuses, il faut, malgré tout, posséder les premiers principes, les règles indispensables, les schémas fondamentaux.

C'est l'idée qui a été suivie dans cet ouvrage, duquel se trouvent bannies toutes théories ou démonstrations, pour n'exposer que d'une façon résumée le principe des appareils et des montages élémentaires, en les illustrant. Tours de main, trucs du métier sont également indiqués.

Certains travaux pratiques, un peu plus difficiles, mais réalisables cependant avec un outillage simple.

ENCYCLOPÉDIE

1914-1924 : DIX ANS D'EFFORTS SCIENTIFIQUES ET INDUSTRIELS.

Faisant suite au premier volume édité par notre confrère *Chimie et Industrie*, cet important ouvrage complète une mise au point intéressante et remarquable des efforts accomplis par la science et l'industrie dans ces dix dernières années.

Dans ce volume sont étudiés méthodiquement : l'outillage économique de la France (fours hydrauliques, industries électriques, postes

et télégraphes, téléphones, routes, transports, automobile, aéronautique, etc.) ; l'effort colonial français (toutes les industries et les produits de nos colonies) ; l'outillage économique de nos colonies ; l'effort des établissements industriels.

ENSEIGNEMENT

COURS COMPLET DE DACTYLOGRAPHIE, par *Albert Navarre et H. de Puytorac*.

Conçu dans un sens pratique, ce traité renferme, en dehors des notions théoriques indispensables, une grande variété de travaux usuels et des renseignements utiles pour tous ceux qui s'occupent de dactylographie.

MATHÉMATIQUES

INTRODUCTION MATHÉMATIQUE AUX SCIENCES TECHNIQUES DE L'INGÉNIEUR, par *M. Gabeaud*. 1 vol. in-8° raisin 16×25, 440 p., 191 fig.

Cet ouvrage est spécialement écrit pour ceux que l'enseignement classique des mathématiques supérieures, calcul différentiel et calcul intégral, a pu décourager par sa sécheresse ou qui ont été privés de cet enseignement. Il s'adresse aussi à ceux qui connaissent bien les mathématiques supérieures, veulent en comprendre la philosophie.

NAVIGATION AÉRIENNE

LES GRANDS DIRIGEABLES DANS LA PAIX ET DANS LA GUERRE, par *Jean du Plessis*.

Cet ouvrage est fort bien documenté sur tout ce qui concerne la structure des grands dirigeables, leur équilibre, leur manœuvre, leur gonflement, leur aménagement, etc.

PHYSIQUE

LA CHALEUR ET LE FROID, par *A. Boutaric*. 1 vol. in-18 jésus, 68 fig.

On trouvera décrits et analysés, dans l'ouvrage de M. Boutaric, les divers phénomènes par quoi se manifeste la chaleur, les applications auxquelles elle a donné lieu, les théories et les spéculations philosophiques qui s'y rattachent. C'est un ouvrage de vulgarisation scientifique, destiné à fixer, à l'usage du grand public, un aspect de la physique actuelle.

LIVRES REÇUS

LE PEYOTL, par *Alexandre Rouhier*. 1 vol. in-8°, 384 p., 46 fig., 2 cartes et 9 textes de musique indienne.

POUR COMPRENDRE LA PHYSIQUE MODERNE, par *l'abbé Moreux*. 1 vol. in-16, 300 p., 210 fig.

DE LA DURÉE DES ÊTRES VIVANTS, par *Ed. Retterer*. 1 vol. in-8°, 188 p.

CONFÉRENCE DE PALÉOBOTANIQUE, par *Paul Bertrand*.

COURS DE GÉOLOGIE ET DE MINÉRALOGIE, par *M. Courty*.

LES NÈGRES, par *M. Delafosse*. 1 vol. in-4°, 59 planches hors texte.

A TRAVERS LES REVUES

AUTOMOBILES

CHOSSES DE LA ROUTE, *par Baudry de Saunier.*

Les accidents d'automobile provoqués par les folles imprudences de certains conducteurs se multiplient. Il importe de mettre un terme à leurs tristes exploits, aujourd'hui où il circule près d'un million d'automobiles en France, que les pilotes ne sont, malheureusement, pas toujours capables de piloter avec sûreté.

L'auteur étudie les mesures que peuvent envisager les bons conducteurs pour se défendre contre les mauvais.

« *Omnia* » (n° 84).

CHIMIE INDUSTRIELLE

LA SYNTHÈSE INDUSTRIELLE DE L'ALCOOL ÉTHYLIQUE, *par J. Ancelet.*

De l'avis des spécialistes du moteur à explosion, l'alcool éthylique est un carburant remarquable, permettant l'emploi d'une compression plus forte sans présenter le phénomène de détonation (contrairement à l'alcool méthylique). Il n'encrasse pas les cylindres et fournit la même puissance que l'essence dans les moteurs. Enfin, il est nuisible au benzol (autre carburant national) et, moyennant certaines précautions, à l'essence. Il est, en outre, facile de remédier à son seul défaut : difficulté de départ à froid.

C'est Berthelot qui réussit, le premier, la synthèse de l'alcool éthylique en partant du gaz éthylène, extrait lui-même des gaz de distillation de la houille.

Dans cet article, M. J. Ancelet, qui a suivi de près la fabrication de l'alcool éthylique à la Compagnie des Mines de Béthune, la première firme qui, en France, était organisée industriellement, en donne une description détaillée. Après avoir exposé la technique de cette fabrication, il montre comment l'alcool éthylique de synthèse, tiré ainsi d'une partie mal utilisée du gaz de houille, peut être produit à des prix avantageux et en grande quantité.

« *La Technique moderne* » (Tome XIX, n° 8).

ÉLECTRICITÉ

L'ÉTUDE DE L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE A LA SECTION ÉLECTRIQUE DE L'OBSERVATOIRE DE L'EBRE, EN ESPAGNE, *par H. de Grattigny.*

L'action de l'astre, centre de notre système planétaire, le Soleil, se faisant sentir par des manifestations, soit dans la croûte solide, soit dans l'enveloppe gazeuse de notre monde, l'observatoire de l'Ebre, situé près de la ville de Tortosa, est divisé en trois sections : *héliophysique*, ou étude du Soleil ; *géophysique*, ou étude de la Terre, et *électrométéorologie*, ou étude de l'air. C'est de cette dernière seulement que l'auteur s'occupe dans cet article.

Les phénomènes météorologiques, qui ont l'atmosphère pour théâtre, sont de quatre sortes, bien qu'ils soient tous causés par l'influence solaire ; ce sont : 1° les mouvements de l'air, le vent ; 2° les phénomènes aqueux ; 3° ceux

dérivant directement de la radiation solaire ; et 4° les phénomènes électriques, dont l'observation présente une grande importance en raison de leur étroite dépendance avec l'activité solaire. L'auteur montre ce qui a été obtenu dans cet ordre d'idées à l'aide d'un outillage scientifique très perfectionné.

« *L'Electricien* » (n° 1417).

L'ÉTAT ACTUEL DU DÉVELOPPEMENT DE L'INDUSTRIE ÉLECTRIQUE DANS LES PRINCIPAUX PAYS DU MONDE, *par A. Libault.*

Cet article constitue une mise au point des efforts faits dans le monde pour le développement de l'industrie électrique. L'auteur y indique la production totale des usines publiques d'électricité, la consommation d'énergie électrique par tête d'habitant, la puissance hydraulique installée dans chaque pays. Il passe ensuite en revue les différentes nations et donne les caractéristiques du développement électrique de chacune d'elles.

« *Electricité et Mécanique* » (n° 14).

L'ÉLECTRIFICATION EN IRLANDE, *par J. Kettle.*

En évaluant à 2 milliards de kilowatts-heure la consommation qui finira par être celle de l'Irlande, on est encore bien au-dessous du chiffre existant pour la Suisse, qui, pourtant, est plus petite et moins peuplée (plus de 3 milliards de kilowatts-heure). A vrai dire, la Suisse est beaucoup plus industrielle et mieux fournie en force hydraulique ; toutefois, l'avis des autorités suisses fait entrevoir que, au jour où la Confédération ne devra plus importer de combustible, sa consommation atteindra 8 milliards de kilowatts-heure.

En somme, électriquement parlant, la terre irlandaise est à peu près vierge, exception faite pour quelques villes importantes. Elle compte 151 usines d'électricité, dont 104 dans l'État libre d'Irlande et 47 dans le nord de l'île. Encore ces usines sont-elles petites, sauf celles de Dublin et de Belfast. Il n'y en a que 28 exploitées sous autorité statutaire. Au total, on ne débite pas plus de 97 millions de kilowatts-heure, tramways compris. La moyenne générale n'est que d'environ 23 unités par tête d'habitant (au détail, 16 dans l'État libre et 43 dans le nord de l'Irlande). Seulement, si nous laissons de côté les deux villes principales, il ne restera plus que 6 kilowatts-heure par tête comme moyenne de consommation. Comparons-y les 2.500 kilowatts-heure de la Norvège, les 900 de la Suisse, les 140 de la nation britannique, et il ne sera pas surprenant que (exception faite peut-être pour le Portugal) l'Irlande soit classée tout en fin de liste. Cette pénurie du courant électrique peut valoir à l'Irlande quelques avantages, car, dans les pays où l'industrie est déjà desservie par une bonne production houillère, les transformations sont longues et coûteuses.

L'auteur explique le projet du « Shannon », qui permettra à l'Irlande d'organiser son électrification.

« *Eclairage et Force motrice* » (XIV^e année, n° 1).

MÉTALLURGIE

L'OUTILLAGE DE NOS USINES SIDÉRURGIQUES,
par M. Verrier.

L'outillage de nos usines sidérurgiques n'a pas subi de modifications importantes dans ces dernières années.

La plupart des usines ont, il est vrai, cherché à se rapprocher d'un certain « standard » d'appareils qui n'avait été adopté auparavant que par un petit nombre d'autres exploitations, mais ce standard est, en réalité, peu différent des types employés jusqu'alors dans les usines françaises.

C'est ainsi, par exemple, que la capacité de production journalière des hauts fourneaux a été portée assez généralement à 180 tonnes environ, ce qui ne constitue pas un écart considérable par rapport aux capacités de 120 à 150 tonnes, réalisées antérieurement dans les usines « modernes », et ce qui laisse encore une marge considérable à franchir avant d'atteindre les capacités de certains fourneaux étrangers, comme les fourneaux américains.

L'auteur étudie, dans cet article, les raisons pour lesquelles l'évolution de l'outillage des usines sidérurgiques ne s'écarte que lentement des types anciens ; il met en évidence certains perfectionnements importants et examine l'orientation possible du développement de cet outillage dans l'avenir.

« Science et Industrie » (n° 156).

MINÉRAIS

LE RADIUM EN U. R. S. S., par A. Kolenski.

Parmi les gisements découverts en U. R. S. S., on remarqua spécialement celui de Tuia-Mouïoune, dans les contreforts de l'Alaï, à 60 kilomètres à l'est de la ville de Ferghana, de même que plusieurs gisements situés plus à l'ouest, ainsi que les alluvions de la rivière Tchatkal.

Le gisement de Tuia-Mouïoune a une grande importance au point de vue des recherches scientifiques. Il est le premier en date et en abondance, il peut donner des renseignements précieux sur les minerais radifères et l'éventualité de leur existence sur d'autres points de l'U. R. S. S., où l'on a déjà constaté une évidente radioactivité du terrain.

La roche qui contient le minerai de Tuia-Mouïoune, roche baptisée *tuia-mounite*, est un calcaire paléozoïque, tombé en efflorescence et possédant de nombreuses cassures d'origine tectonique. Une partie du calcaire renferme des amas de dolomite, de baryte, de calcite, mêlés à des produits argileux où l'on rencontre, en petites quantités, des minerais oxydés de cuivre, avec du vanadium et de l'uranium, parfois aussi du nickel (gisement de Kara-Tchaghyr).

L'auteur indique comment sont traités les minerais de radium dans l'usine moderne installée à cet effet.

« La Vie économique des Soviets » (n° 46).

A NOS LECTEURS. — A propos de l'article que nous avons publié dans notre numéro de mars 1927 sur l'observatoire du mont Salève, nous tenons à signaler que la maison Kraemer, avec laquelle M. Dina est en relation pour l'installation des postes de T. S. F. de l'observatoire, est exclusivement française.

— Dans l'article sur la bakélite, paru dans notre numéro d'avril 1927, ont été mentionnés les travaux de M. Marcel Fichter. M. Fichter nous fait savoir que ses travaux n'ont jamais eu pour but la réalisation industrielle de soudures à basse température, mais bien de mettre en valeur l'origine moléculaire ou « électronique » de ce que l'on est convenu d'appeler le frottement. S'il est vrai que, au cours de ses expériences, M. Fichter a pu obtenir l'adhérence complète des corps amenés en contact grâce à un polissage pratiquement parfait, cette constatation n'a été, pour lui, que la vérification d'une hypothèse, un moyen et non un but.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	45 fr.	Envois recommandés	1 an.....	55 fr.
	6 mois....	23 —		6 mois...	28 —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après :

Australie, Bolivie, Chine, Colombie, Danemark, Dantzig, République Dominicaine, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Guyane, Honduras, Îles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie, Japon, Nicaragua, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Siam, Suède, Suisse.

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	80 fr.	Envois recommandés	1 an....	100 fr.
	6 mo.s....	41 —		6 mois..	50 —

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	70 fr.	Envois recommandés	1 an.....	90 fr.
	6 mois....	36 —		6 mois...	45 —

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Le Gérant : Lucien Josse

Paris. — Imp. HÉMERY, 18, rue d'Enghien.