

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 56. n. 268. Octobre 1939
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1939
Collation	1 vol. (X p.-p.[243]-328) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 268
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.268

Octobre 1939

5 francs

la Science et la Vie



LES OFFICIERS-MÉCANICIENS DE LA MARINE MARCHANDE



ÉLÈVE-OFFICIER-MÉCANICIEN SURVEILLANT LE DÉMONTAGE D'UN MOTEUR

Les officiers-mécaniciens embarqués à bord des navires sont chargés de la conduite et de l'entretien des machines du bord. Ils ont sous leurs ordres, pour la partie matérielle, un personnel d'élèves-officiers, de chauffeurs, graisseurs, ouvriers.

Ils ont le même uniforme d'officier de la marine marchande que les capitaines au long-cours et le même nombre de galons à grade égal. Lorsqu'ils ont 25 ans de service et 50 ans d'âge, les officiers-mécaniciens ont droit à une retraite. A bord, ils mangent au carré et ont une cabine personnelle.

Ils sont chefs de quart pendant leur service ; mais le chef mécanicien, en général, ne fait plus le quart. Les quarts sont de 8 heures par jour par séries de 4 heures, mais, avec la semaine de 40 heures, des permissions de compensation s'ajoutent aux 30 jours de permission annuelle.

Leurs traitements varient de 1.500 à 2.000 francs par mois au début, jusqu'à 50.000 ou 60.000 fr. par an, et même 100.000 sur les grands chalutiers, sans compter les avantages en nature : logement, nourriture, primes de charbon, etc.

Ils obtiennent, en général, avant la fin de leur carrière la Croix du Mérite maritime ou la Légion d'honneur et peuvent devenir, quand ils sont de 1^{re} classe, ingénieur-mécanicien de réserve de la Marine de guerre.

Places. — Alors que la plupart des carrières sont encombrées, il y a au contraire de nombreuses places d'officiers-mécaniciens.

L'examen peut être passé à 18 ans pour les élèves-officiers et les officiers de 2^e classe. L'épreuve d'atelier peut d'ailleurs être subie seule à partir de 17 ans et les élèves qui obtiennent le certificat d'atelier n'ont plus à passer cette épreuve. C'est donc une carrière vers laquelle les jeunes gens qui aiment la vie active, libre, les voyages, la vie assurée ainsi que le prestige d'une carrière d'officier doivent se diriger immédiatement.

IL FAUT SE PRÉPARER LE PLUS TOT POSSIBLE.

L'Ecole de Navigation maritime et d'Officiers-mécaniciens vous y préparera

SUR PLACE OU PAR CORRESPONDANCE

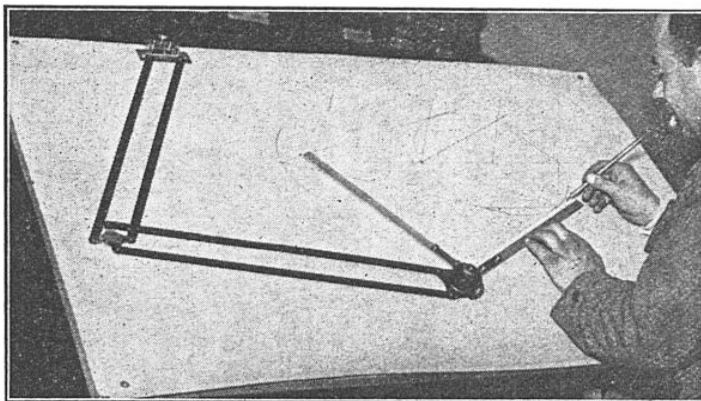
Deux écoles **sur place**, installées avec laboratoires et ateliers, l'une à **Paris (17^e)**, 152, avenue de Wagram, l'autre à **Nice**, 56, boulevard Impératrice-de-Russie, peuvent recevoir des internes ou des externes.

Renseignements gratuits au siège de l'une ou de l'autre école. (Joindre un timbre pour réponse.)

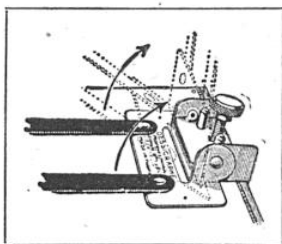
DESSINER RAPIDEMENT VOTRE PENSÉE TECHNIQUE AVEC LE DESSIGRAPHE

Breveté S. G. D. G. — Marque et modèles déposés. — Fabrication française.

Supprime les inconvénients du té, des équerres et des règles aux :



◆
DESSINATEURS
ARCHITECTES
INGÉNIEURS
ÉTUDIANTS
ÉLÈVES des ÉCOLES
et à tous ceux qui
dessinent
◆

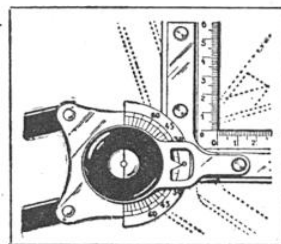


Dispositif permettant de déplacer et fixer instantanément et facilement l'appareil sur tout le pourtour de la planche sans la détériorer et de soulever l'appareil à volonté.

Simple, solide, pratique, inaltérable. Bon marché, élégant, précis et de construction irréprochable.

Cet appareil évite la difficulté de tenir assemblés avec une seule main le té et l'équerre, permettant ainsi de ne penser qu'au dessin sans avoir à se préoccuper de ses moyens d'exécution ; il supprime les causes d'erreurs par déplacement invisible des instruments.

Catalogue 12 bis franco sur demande.



Détail du rapporteur à enclenchement automatique. Permet d'orienter et d'immobiliser les règles dans toutes les directions.

MODÈLE I — pour planche maximum : 75×60 cm.

Longueur : 45 cm.
Poids net : 350 gr.

Règles de 0 m. 20.

PRIX : **150** Frs

MODÈLE II. — pour planche maximum : 120×80 cm.

Longueur : 65 cm.
Poids net : 650 gr.

Règles de 0 m. 30.

PRIX : **250** Frs

Emballage et Port : France et Colonies : 10 Frs — Etranger : 25 Frs
Frais de contre-remboursement : 10 Frs

P. BERVILLE

PROVENCE 41-74

18, rue La Fayette - PARIS (9^e)

Chèques Postaux :
2035-52

Une **INVENTION
NOUVELLE**

est souvent une source de profits pour son auteur.

Un **BREVET
d'INVENTION**

bien étudié permet seul d'en tirer parti.

POUR AVOIR
UNE BONNE
PROTECTION

**UTILISEZ LES
SPÉCIALISTES**

DE

LA SCIENCE ET LA VIE



RENSEIGNEMENTS
GRATUITS SUR PLACE
ET PAR ÉCRIT AU

**SERVICE SPÉCIAL DES
INVENTIONS NOUVELLES**

DE

LA SCIENCE ET LA VIE



23, RUE LA BOÉTIE
PARIS (VIII^e)

PUBL. C. BLOCH

ENREGISTREZ VOUS-MÊMES...

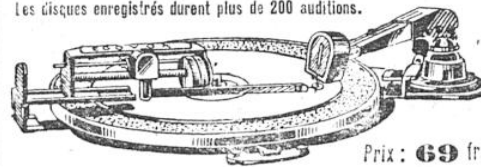
les émissions que vous transmettent des mondes lointains vos postes favoris, en adaptant sur votre pick-up...

EGOVOX

**L'ENREGISTREUR
DU SON**

LA SIMPLICITÉ MÊME caractérise le fonctionnement de l'Egovox, ce qui n'est pas une des moindres raisons de son succès mondial.

Les disques enregistrés durent plus de 200 auditions.



Prix : 69 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

1, rue Lincoln, Paris-8^e

PUBL. C. BLOCH



- Tous les cache nez, les flanelles et le jeu de bique, ça ne vaut pas la pâte Regnauld

La MAISON FRÈRE
19, rue Jacob, Paris

envoie, à titre gracieux et franco par la poste, une boîte échantillon de

PÂTE REGNAULD

à toute personne qui lui en fait la demande de la part de "La Science et la Vie".

PUBL. C. BLOCH

"DESSINEZ"

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT
même sans savoir dessiner, grâce au
Dessineur (Chambre Claire simplifiée) : 155 frs

Port : France, 5 fr. — Etranger, 10 fr.
OU A LA

Chambre Claire Universelle

(2 modèles de précision) : 300 ou 450 francs

Port : France, 8 fr. — Etranger, 25 fr.

Envoi gratuit du catalogue n° 12 et
des nombreuses références officielles.

EX: AGRANDISSEMENT D'UNE PHOTO

D'un seul coup
d'œil,
sans connaissance
du dessin, ces ap-
pareils permettent
d'AGRANDIR,
RÉDUIRE,
COPIER,
d'après nature
et d'après
documents :

Photos, Paysages,
Plans, Dessins,
Portraits, Objets
quelconques, etc.

P. BERVILLE

18, rue La Fayette

PARIS-IX°

Chèque postal

1.271-02



DE VRAIES BESANÇON



directement de la fabrique.

Choisissez, à votre goût, une mon-
tre de prix honnête et de qualité
sûre et durable... Demandez le
luxueux Album Montres N° 39-65
(600 modèles en tous genres et à tous
prix), offert par les Etablisse-
ments SARDA, les réputés fabricants
installés depuis 1893 à Besançon,
capitale de l'Horlogerie française.

Echange, reprise, transformation
de montres et bijoux anciens.

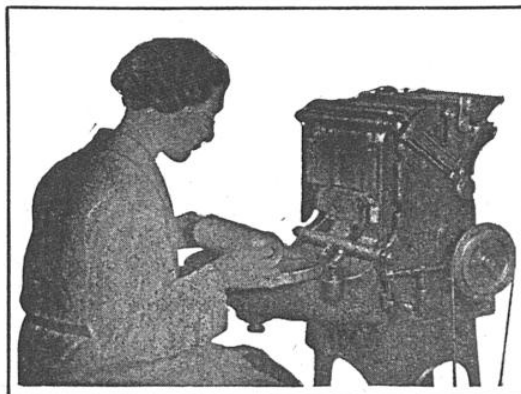
CONDITIONS
SPÉCIALES
aux lecteurs
de SCIENCE
et VIE

SARDA
BESANÇON
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

Quelle que soit votre fabrication,
économisez **TEMPS** et **ARGENT**
en supprimant vos étiquettes.

LA

**POLYCHROME
DUBUIT**



PUBL. C. BLOCH



NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS
TOUTES LES BRANCHES DE L'INDUSTRIE

**imprime en une, deux ou trois
couleurs sur tous objets.**

PRÉSENTATION MODERNE

4 fois moins chère que l'étiquette

(VOIR ARTICLE DANS LE N° 227, PAGE 429)

MACHINES DUBUIT

60, rue de Vitruve

PARIS

Roq. : 19-31

N'avez-vous jamais pensé à



faire de la reliure chez vous

De nombreux lecteurs de cette revue ont appris eux-mêmes à relier leurs livres.

Apprendre la reliure chez soi est chose facile avec notre cours par correspondance et notre outillage spécial. Cet art ne demande qu'un peu de soin et une habileté manuelle moyenne.

Quel plaisir de savoir habiller soi-même les livres de sa bibliothèque ! C'est le dérivatif et le passe-temps préférés de l'intellectuel.

Certains de nos adhérents se font de jolis revenus et relient ainsi pour leurs amis et leurs relations. C'est un des rares métiers d'art qui soient rémunérateurs pour ceux qui veulent du travail à faire chez soi.

Demandez notre belle brochure gratuite illustrée en couleurs : « La Reliure d'Amateur », que nous vous adresserons gratuitement. Faites-le en copiant le bon ci-dessous.

● BEL ALBUM GRATUIT ●

Voulez-vous avoir tous les renseignements sur l'Art de la Reliure ? Demandez sans tarder notre album : **La Reliure d'Amateur**. Joindre 2 francs en timbres pour frais de poste.

**INSTITUT ARTISANAL
DE RELIURE**
5 bis, Cité Malherbes
PARIS

BON GRATUIT à découper ou à copier
1 entourez et adressez votre brochure. Relions notre Bibliothèque.
gratuitement et sans engagement. (Cv-7014. 2 francs pour
Nom et Prénom _____
Adresse _____

FUEL. C. BLOCH

Pour tous les objets nécessitant un entretien, adoptez

L'huile 3 - DANS - UN

qui prévient la rouille, protège toutes les parties métalliques et surfaces lisses et assure le fonctionnement parfait de tous les objets ou appareils ménagers, outils, armes, bicyclettes, machines à écrire, serrures, etc.... En rend l'usage plus facile, plus agréable, fait disparaître les grincements.



Vous éviterez des réparations coûteuses et prolongerez la durée de votre matériel.

En vente partout.

Distributeurs :
C. F. L. - 4, Rue
Vallier - LEVALLOIS
(Seine).

Graisse, nettoie, empêche la rouille.

Depuis

25 ans

... les clichés de
"LA SCIENCE
ET LA VIE"
sont exécutés dans
les ateliers de
Photogravure des
Etablissements...

LAUREYS F^{res}

17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10°

TÉLÉPH. :
PRO. 99.37

**PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE**

TRAITEMENT INDUSTRIEL DES RÉSIDUS URBAINS

RÉGIE INTÉRESSÉE DU DÉPARTEMENT DE LA SEINE

134, boulevard Haussmann, Paris (8^e). - Téléphone : CARnot 56-20

Usines :

SAINT-OUEN, ISSY-LES-MOULINEAUX, IVRY, ROMAINVILLE
reliées par fer et par eau



ENGRAIS DE GADOUE DE LA VILLE DE PARIS

Poudre de gadoue - Gadoue triée et broyée
Gadoué des Halles

Composition approximative :

4 à 6 ‰ azote ;
4 ‰ acide phosphorique ;
2 à 3 ‰ potasse ;
30 à 40 ‰ chaux.

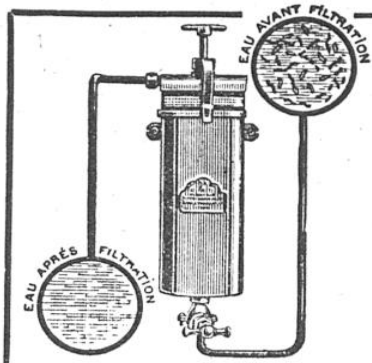
MACHEFER PRODUIT PAR INCINÉRATION A HAUTE TEMPÉRATURE

Tout-venant

pour remblais ; assainissement
des chemins et terrains hu-
mides, fonds de routes,
etc., etc.

Calibré

FIN (remplaçant le gros sable) ;
MOYEN (remplaçant le caillou)
pour la confection des bétons
de chaussée.



FILTRE CHAMBERLAND SYSTÈME PASTEUR

sans emploi d'agents chimiques
donne l'eau vivante et pure avec tous ses sels digestifs et nutritifs.

FILTRES A PRESSION FILTRES DE VOYAGE
ET SANS PRESSION ET COLONIAL

BOUGIES DE DIVERSES POROSITÉS POUR LABORATOIRES

80 bis, rue Dutot, PARIS - Tél. : Vaugirard 26-53

PUBL. C. BLOCH



Fleurissez votre vie

avec
le bon billet
de la

LOTÉRIE NATIONALE

71

Radiesthésie scientifique ou Radio-Désintégration

Méthode L. TURENNE

Ing. E.C.P., ancien professeur de T.S.F.

Appareils sélectifs p^r l'étude de toutes ondes;
Protection contre les ondes nocives;
Recherches d'eau, de métaux, etc.

LIVRES, COURS ET LEÇONS

Envoi franco de notices explicatives

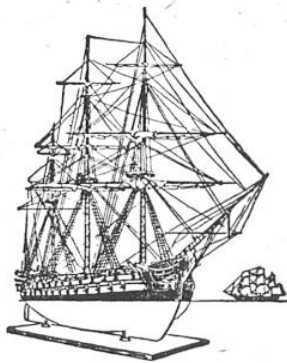
19, r. de Chazelles, Paris-17^e. T. Wag. 42-29

POUR LE CAMPING
UN
VÉHICULE IDÉAL

LE VÉLOCAR

VOUS PERMETTRA
d'EMMENER vos ENFANTS
ET LE MATÉRIEL
DE CAMPEMENT

DEMANDEZ NOTICE
ILLUSTRÉE AUX
ÉTS VÉLOCAR
68 Rue Roque-
-de-Fillol
PUTEAUX (SEINE)



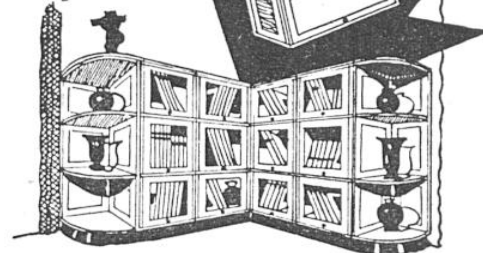
**“ CONSTRUISEZ
DES MODÈLES RÉDUITS
DE MARINE ”**

1 volume in-8 couronne
368 pages, 425 figures, 1 grande planche

Demandez la notice-spécimen à
BARROT-GAILLARD
15, rue Bleue, Paris

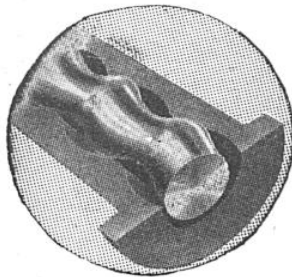
**BIBLIOTHEQUES
EXTENSIBLES et
TRANSFORMABLES**

demandez
le
catalogue n°71
envoyé
gracieusement



M.D.

9 rue de Villesevel (PARIS. 75)
LITT. 11-28

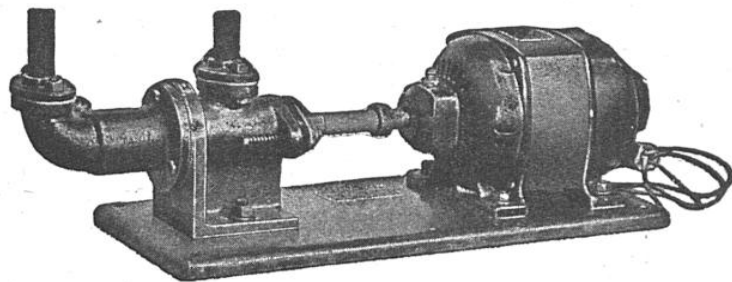


AVANTAGES

**TOUS FLUIDES
LIQUIDES OU GAZEUX
EAU — VIN — PURIN
MAZOUT — ESSENCE
LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
LIQUIDES ALIMENTAIRES
CRAIGNANT L'ÉMULSION
SILENCIEUSES
AUTO-AMORÇAGE
SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE
USURE NULLE - ÉCONOMIE
— TOUTS DÉBITS —
— TOUTES PRESSIONS —
FACILITÉ D'ENTRETIEN**

POMPES EN CAOUTCHOUC

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER



De nombreuses pompes fonctionnent à bord des croiseurs
Dunkerque, Strasbourg, Richelieu, pour tous liquides.

POMPES. COMPRESSEURS. MÉCANIQUE
SOCIÉTÉ
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL MICHELET 3746

CIGARETTES
noja



TABAC
D'ORIENT

RÉGIE FRANÇAISE • CAISSE AUTONOME D'AMORTISSEMENT

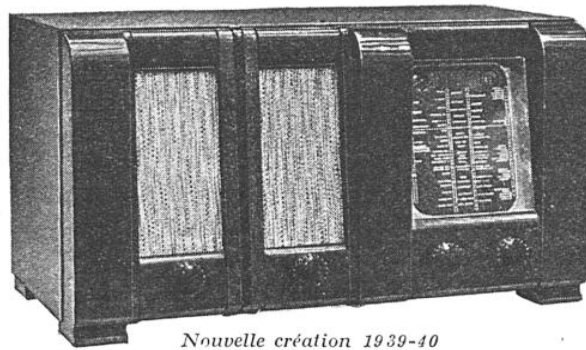
UNIQUE EN FRANCE !!!

L'application nouvelle de notre GARANTIE STANDARD DE 3 ANS
 SERVICE D'ENTRETIEN et 3 vérifications gratuites par AN • ÉCHANGE INSTANTANÉ de tous châssis ou postes, quelle que soit la cause de l'arrêt

Devant l'immense succès remporté par notre super montage **ULTRAMERIC VIII** auprès de nos clients lecteurs de cette revue, nous en continuons la vente avec certaines améliorations de détail. Sélectivité, sensibilité, musicalité accrues.

L'ULTRAMERIC VIII TOUTES ONDES

Haute fidélité musicale
 Récepteur ultra-moderne à 8 lampes dont 2 multiples équivalentes au rendement d'un poste de 10 lampes



Nouvelle création 1939-40

Nouvelles lampes européennes à faisceaux électroniques. Haute fidélité musicale par double contre-réaction et dynamique de 25 cm. exponentiel. **TOUTES ONDES** 17-2.000 mètres. Sélectivité 8 Kc. Etage haute fréquence sur toutes les gammes. Contrôle de tonalité spécial. Réglage visuel par triode cathodique. Antifading retardé 100 %. Bobinages à noyaux de fer. Cadran à double démultiplication et grande visibilité avec signalisation automatique. Prise pick-up. Prise deuxième diffuseur. Secteur alternatif 110, 130, 220, 240 volts.

PLUS DE 130 STATIONS
 Moscou, Amérique, etc. sur O. C.

PRIX de lancement net 1.395.»
 Poste complet.. ..

Demandez la **DOCUMENTATION ILLUSTRÉE** très détaillée, av. schéma et conditions de remise aux lecteurs (Référence 901)

RADIO-SÉBASTOPOL, 100, boul. de Sébastopol, PARIS Téléphone : TURBIGO 98-70
 Fournisseur des grandes Administrations — Chemins de fer — Anciens combattants — Mutilés de guerre, etc.

MAISON DE CONFIANCE

PUBL. C. BLOCH

*Partout où passe
 le courant lumière*
 ...ET SANS INSTALLER
 LA FORCE!..
vous pouvez brancher un

Ragonot-Delco

ETS RAGONOT
 15, Rue de Milan - PARIS-IX*
 Téléphone: Trinité 17-60 et 61

Pub. R.-L. Dupuy

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶DANS TOUTES BONNES MAISONS
155, faubourg Poissonnière, Paris**MALLIÉ****INVENTEURS**POUR VOS
BREVETS**L. DENÈS**

INGÉNIEUR-CONSEIL

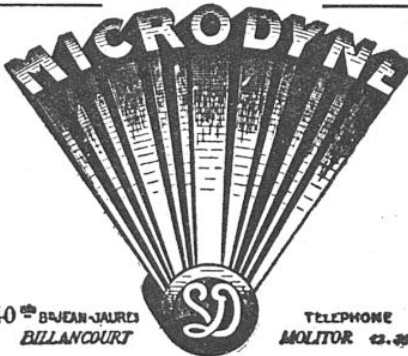
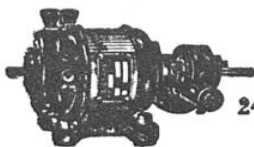
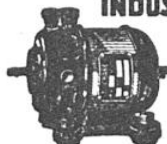
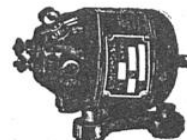
35, Rue de la Lune, PARIS 2^e

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S"

LA SCIENCE ET LA VIEest le seul Magazine de Vulgarisation
Scientifique et Industrielle

SANS-FILISTES avant d'acquiescer un appareil récepteur, n'hésitez pas à consulter le service technique de **La Science et la Vie**. Il vous renseignera impartialement sans tenir compte de considérations commerciales qui, trop souvent, faussent le jugement.

(Joindre un timbre de 0 fr. 90.)

PETITS MOTEURS**INDUSTRIELS****L. DRAKE CONSTRUCTEUR**240^{ème} BUEAN-JAUREZ
BILLANCOURTTELEPHONE
MOLITOR 43.49

PUBL. C. BLOCH

LA PUBLICITÉ DE
LA SCIENCE ET LA VIE
est exclusivement reçue par
EXCELSIOR PUBLICATIONS

118, CHAMPS-ÉLYSÉES - ÉLYSÉES 65-94 à 98

DEVENEZ RADIO-TECHNICIEN ou SOUS-INGÉNIEUR DIPLOMÉ...

En suivant les Cours par correspondance de
**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE
SUPÉRIEURE DE T. S. F.**
51, boulevard Magenta, PARIS-X

Les Cours donnés par des
Ingénieurs spécialistes peu-
vent être suivis par tout le
monde sans difficulté.

Construction, Montage, Dépannage
et alignement de tout poste
Cours complet : **250 francs**
DIPLOME FIN D'ÉTUDES

LA SEULE ÉCOLE OÙ L'ON FAIT DE LA PRATIQUE. — Demandez la première leçon gratuite

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

RÉDACTION, ADMINISTRATION : 13, rue d'Enghien, Paris-10^e

Chèques postaux : N° 91-07, Paris — Téléphone : Provence 15-21

PUBLICITÉ : Office de Publicité Excelsior, 118, avenue des Champs-Élysées, Paris-8^e

Chèques postaux : N° 59-70, Paris — Téléphone : Élysées 65-94 à 98

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

Copyright by La Science et la Vie, Octobre 1939 - R. C. Seine 116-544

Tome LVI

Octobre 1939

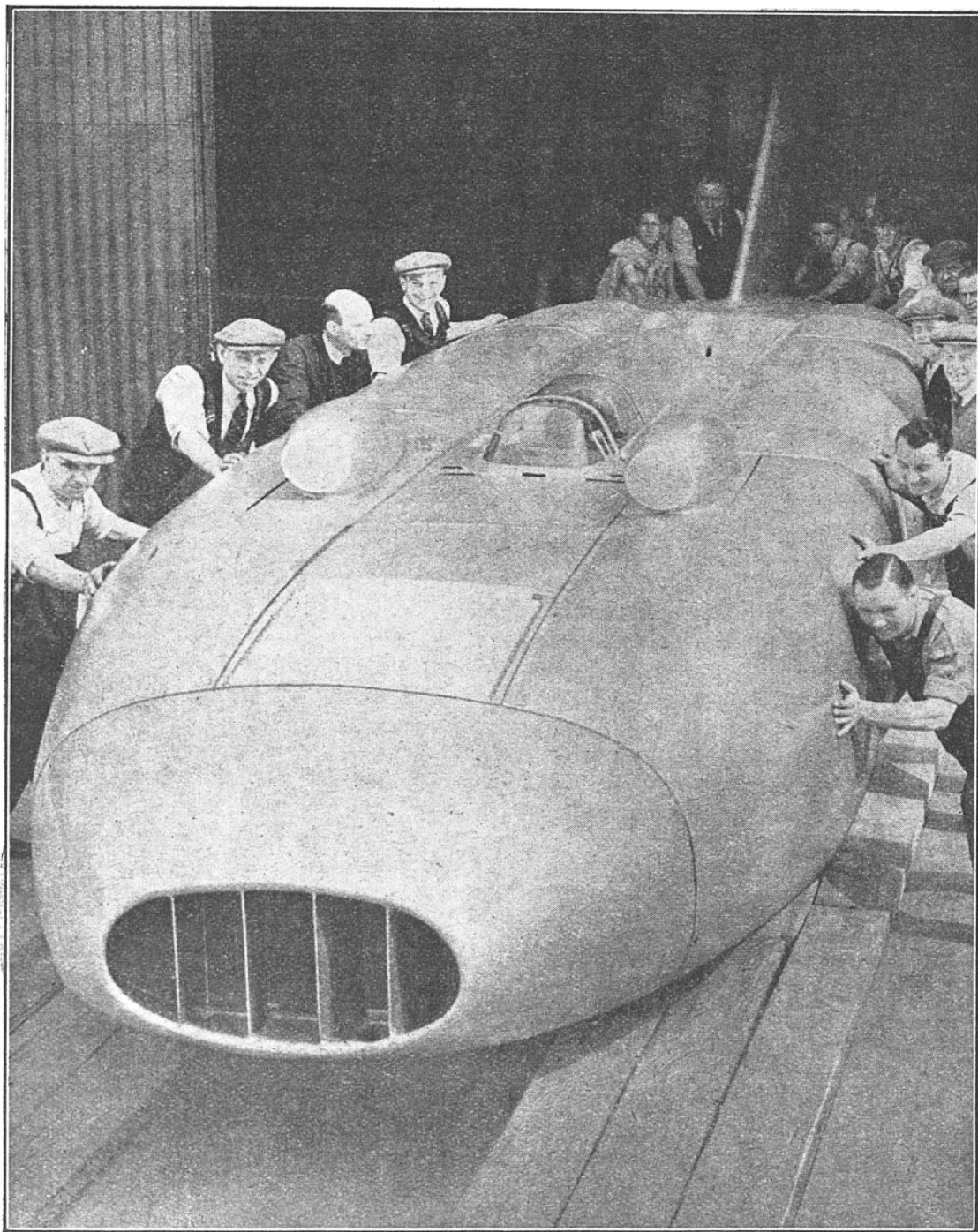
Numéro 268

Les records de vitesse en automobile. Comment John Cobb atteignit 593 km à l'heure..	René Maurer	245
Le tube luminescent tuera-t-il la lampe à incandescence?..	G. Capart.	257
Les essais optiques sur maquettes révèlent les efforts dangereux au cœur des ouvrages d'art..	Ch. Brachet.	264
L'évolution de la technique automobile en Europe et en Amérique..	Henri Petit	272
	Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique.	
Le froid artificiel joue un rôle important dans la fabrication du vin.	Lucien Thérond	282
	Ingénieur I. A. T. Docteur de l'Université de Dijon (Sciences).	
La centrifugation au laboratoire et dans l'industrie..	Pierre Devaux.	291
	Ancien Elève de l'Ecole Polytechnique.	
Le problème du vol au point fixe : de l'insecte à l'hélicostat..	L. Houllévigie	298
	Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	
Saurons-nous un jour utiliser directement la chaleur solaire?..	L. Gendron	305
	Ingénieur E. C. P.	
Les récentes découvertes sur les ultravirus et la définition scientifique de la vie..	Jean Labadié	313
La T. S. F. et la vie..	André Laugnac	322
Les A côté de la science..	V. Rubor.. . . .	324

A NOS LECTEURS

La déclaration de guerre de 1939, comme celle de 1914, surprend LA SCIENCE ET LA VIE en plein travail, en plein succès. Le présent numéro, préparé de longue date avec la scrupuleuse conscience d'information scientifique et technique que nos lecteurs connaissent, est encore une œuvre de paix. Pour ses futures livraisons, LA SCIENCE ET LA VIE va reprendre sa formule de guerre, celle de 1914-1918, en l'adaptant au prodigieux développement de la technique au cours des vingt-cinq dernières années dans ses innombrables applications militaires, aux trois domaines terrestre, naval et aérien. Les numéros exceptionnels qui vont paraître au cours des mois prochains, constitueront l'histoire technique et économique la plus complète du gigantesque cataclysme que, pour la deuxième fois depuis le début du siècle, l'ambition sans scrupule de l'Allemagne a déchaîné sur le monde civilisé.

Dans tous les cas, même lorsque les circonstances ne nous permettront pas de paraître tous les mois, nos abonnés sont assurés de recevoir un nombre de livraisons égal à celui que comporte un abonnement normal.



LE « THUNDERBOLT » DU CAPITAINE G. EYSTON, TROIS FOIS DÉTENTEUR DU RECORD DU MONDE DE VITESSE ET DONT LES MOTEURS POSSÈDENT UNE CYLINDRÉE TOTALE DE 72 LITRES. *Tel qu'il fut déjà présenté à nos lecteurs (voir n° 249, page 166), le Thunderbolt atteignit 502 km/h le 19 novembre 1937. Sous l'aspect qu'il offre sur le document ci-dessus, il éleva le record du monde de vitesse à 555,6 km/h, le 27 août 1938. Enfin, la dérive stabilisatrice ayant été supprimée et le radiateur remplacé par un nez lisse fuselé contenant un réservoir de glace, il porta le record à 575 km/h le 16 septembre 1938. Le record appartient aujourd'hui à John Cobb 59, 479 km/h.*

LES RECORDS DE VITESSE EN AUTOMOBILE : COMMENT JOHN COBB ATTEIGNIT 593 KILOMÈTRES A L'HEURE

Par René MAURER

Lorsqu'en 1899 Jenatzy dépassa pour la première fois la vitesse de 100 km/h, sur un véhicule à traction mécanique, on qualifia l'homme de fou et la Jamais-Contente, de monstre : les mêmes épithètes dont on se sert aujourd'hui à l'égard d'Eyston et du Thunderbolt, ou de John Cobb et de sa Napier-Railton. Quarante ans après Jenatzy, tous les plus de dix-huit ans qui tiennent un volant atteignent la même vitesse que lui, sans la moindre impression de danger. En février 1927, un autre « monstre », le Blue Bird I de Campbell, atteignait 280 km/h. C'est, aujourd'hui, la vitesse de chacun des concurrents du Grand Prix de l'A. C. F. quand il passe devant les tribunes. Un mois plus tard, en mars 1927, la Sunbeam « Mystery » de Segrave, « monstre » de 5 tonnes et de 45 litres de cylindrée, atteignait 327 km/h ; aujourd'hui, c'est la vitesse record d'une voiture de 765 kg et de 1 100 cm³ de cylindrée. Ainsi, l'exploit que le « monstre » réalise aujourd'hui, un engin plus petit et plus faible le réalisera demain, un autre encore plus petit et plus faible le réalisera après-demain. Cette distinction entre grandes et petites cylindrées (1) s'est imposée à l'A. I. A. C. R. (Association Internationale des Automobile-Clubs Reconnus) organisme chargé du contrôle des performances. C'est au constructeur à tirer le maximum de puissance de la cylindrée ainsi limitée, à réduire au minimum compatible avec l'adhérence le poids de son véhicule, à donner à la carrosserie la forme optimum de pénétration dans l'air. En outre, dans une classe spéciale dite « records du monde » rentrent les meilleurs des records internationaux, abstraction faite de la cylindrée. C'est ainsi que les records du monde sur courte distance, départ lancé, appartiennent tous à la classe A, tandis que les records du monde sur longue distance reviennent à la classe F, grâce surtout aux performances de la fameuse Citroën « Petite-Rosalie ». Voici une mise au point des progrès de la mécanique automobile en matière de vitesse (2), après le sensationnel record de John Cobb.

Le record du monde de vitesse en automobile : La lutte d'Eyston et de Cobb

C'EST dans la catégorie A que se rangent « les monstres » de ceux qui ouvrent la voie : les Chasseloup-Laubat, Jenatzy, de Caters, Hemery, Segrave, Eyston, et surtout Malcolm Campbell, dix fois record-

(1) C'est ainsi que l'A. I. A. C. R. a créé les dix classes suivantes, dites des « records internationaux » :
Classe A : cylindrée supérieure à 8 000 cm³.
Classe B : cylindrée comprise entre 8 000 et 5 000 cm³.
Classe C : cylindrée comprise entre 5 000 et 3 000 cm³.
Classe D : cylindrée comprise entre 3 000 et 2 000 cm³.
Classe E : cylindrée comprise entre 2 000 et 1 500 cm³.
Classe F : cylindrée comprise entre 1 500 et 1 100 cm³.
Classe G : cylindrée comprise entre 1 100 et 750 cm³.
Classe H : cylindrée comprise entre 750 et 500 cm³.
Classe I : cylindrée comprise entre 500 et 350 cm³.
Classe J : cylindrée inférieure à 350 cm³.

Bien entendu, les constructeurs, soucieux de profiter au mieux du règlement, adoptent généralement une cylindrée la plus proche possible du maximum permis. Aussi désigne-t-on souvent la classe par la cylindrée maximum autorisée.

(2) Nous considérerons, pour chaque catégorie, le plus significatif des records, celui de la vitesse sur un kilomètre départ lancé.

man du monde de vitesse, celui auquel on doit la première apparition de la dérive de stabilisation latérale (1928), de l'utilisation du principe de l'aile à fente pour le carénage du radiateur (1931) et du frein aérodynamique (1935).

Lorsque, ayant atteint, à cinquante-trois ans, le but qu'il s'était proposé, atteindre 300 milles à l'heure (480 km/h), sir Malcolm Campbell se retira pour se consacrer aux records en canot automobile, ce fut le capitaine G. E. T. Eyston qui prit le flambeau. Dès le 19 novembre 1937, il élevait le record du monde de vitesse à 502,1 km/h, au volant du *Thunderbolt*, sur la piste du lac Salé de Bonneville, en Utah.

Le travail qui présida à l'établissement du *Thunderbolt* et la participation de l'ingénieur français Andraeu ont fait, dans *La Science et la Vie*, l'objet d'une étude documentée (1). Qu'il nous suffise de donner de cet extraordinaire engin une courte description.

Le *Thunderbolt* est une voiture à 8 roues (voir schéma fig. 2) : 4 roues directrices

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 249, page 167.

sur deux essieux et 4 roues motrices jumelées deux par deux sur un même essieu. Le poste de pilotage est installé derrière la seconde paire de roues directrices. L'engin est construit autour de deux hauts longerons espacés d'environ 70 cm. De chaque côté du châssis ainsi formé sont disposés, côte à côte, deux moteurs *Rolls-Royce* « R » datant de 1931 et qui équipaient les hydravions *Supermarine* de la Coupe Schneider. Ces moteurs, des 12 cylindres en V à 60°, ont une cylindrée unitaire de 36,582 litres et développent 2 500 ch, ce qui, au total, donne 73,164 litres et 5 000 ch. Ils sont suralimentés par des compresseurs centrifuges dont les prises d'air font saillie à

et d'autre de ce longeron, sont fixés deux moteurs *Napier* « *Lion* », également construits pour la Coupe Schneider, et qui y équipaient les hydravions *Gloster VI*. Ces moteurs, des 12 cylindres en W à 60°+60°, de 23,936 litres, développent au total 2 600 ch pour une cylindrée totale de 47,872 litres. Chacun d'eux est prolongé par une boîte à 3 vitesses, un embrayage et un frein refroidi par l'eau ; le moteur situé le plus en arrière actionne les roues avant directrices, par l'intermédiaire d'un arbre oblique et d'un différentiel, tandis que le moteur avant actionne les roues arrière par l'intermédiaire d'un arbre oblique, parallèle au premier, et d'un engrenage conique.

Spécifions bien qu'il n'y a aucune liaison cinématique entre le groupe tracteur et le groupe propulseur, solution qui assure une bonne stabilité latérale en cas de dérapage. Un réservoir d'eau et de glace de 340 litres est installé à la gauche du moteur avant ; un réservoir d'essence de 82 litres, accolé à un réservoir d'huile

de 60 litres, est installé à la droite du moteur arrière. En plus de freins agissant sur la transmission, un frein aérodynamique vertical se trouve disposé devant l'essieu arrière et est actionné par des cylindres *Lockheed* à air comprimé. Seules les roues avant sont indépendantes ; la suspension est assurée par ressorts à boudin avec amortisseurs en caoutchouc. Sur le longeron sont fixées, à l'avant, les entretoises soutenant le siège du pilote et les organes de commandes et, sur les côtés, des bras supportant la carrosserie. Celle-ci, corps admirablement fuselé, ne repose qu'en quatre points à l'extrémité des bras susdits et s'enlève à l'issue de chaque course pour permettre le changement des pneus et le ravitaillement en essence et en glace.

Eyston, pendant ce temps, a fait modifier son *Thunderbolt*. Il a fait remplacer les ressorts à lames par des ressorts à boudin avec amortisseurs en caoutchouc ; Andreau a affiné le carénage du radiateur et celui de la queue, a mieux profilé les tuyaux d'entrée d'air des compresseurs et a disposé

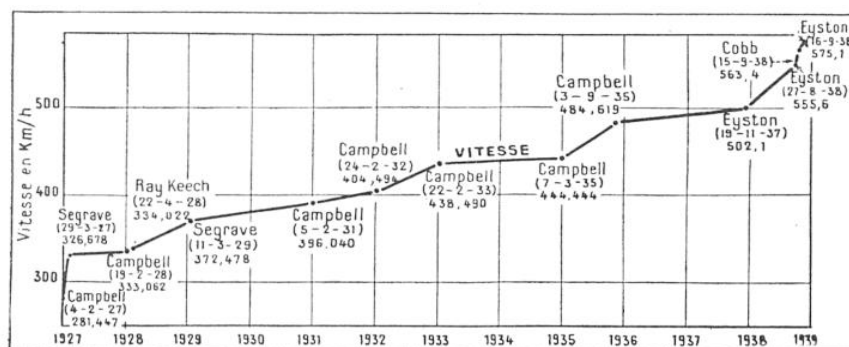


FIG. 1. — LA PROGRESSION DU RECORD DU MONDE DE VITESSE EN AUTOMOBILE DEPUIS 1927

Sur ce graphique n'a pas été porté le record de Cobb qui a atteint 593,479 km/h.

la partie supérieure de la carrosserie. Chaque moteur est muni d'un embrayage, mais il n'y a qu'une seule boîte de vitesse — à 3 rapports — qui attaque l'essieu arrière par engrenages coniques ; il n'y a donc pas de différentiel. Les roues, d'un diamètre de 1,11 m, sont à fixation indépendante et suspendues par des ressorts transversaux à lames. Les freinage est assuré sur 4 roues par un frein de secours sur la transmission, juste derrière la boîte de vitesse, et enfin par des freins aérodynamiques latéraux. Le refroidissement est assuré par un radiateur nid d'abeilles de 40 dm² de surface, placé à l'avant.

En 1938, un concurrent entre en lice, c'est John Cobb, avec une voiture à deux moteurs dessinée par Reid Railton, réalisateur du *Blue Bird IV* de Campbell. Cette voiture constitue une véritable nouveauté, tant par son châssis que par sa carrosserie. Elle ne comporte que quatre roues, toutes motrices ; elle est construite autour d'un longeron de section rectangulaire, mais de forme sinueuse (voir schéma fig. 4). De part

les tuyaux d'échappement derrière la tête du pilote. Enfin, le poste de pilotage a été complètement fermé, le renouvellement de l'air se faisant par de petites ouïes à l'avant du pare-brise.

Le premier prêt, Eyston fait une tentative le 24 août 1938. Malheureusement, la peinture trop blanche de sa carrosserie ne contraste pas assez avec la couleur blanche de la piste, si bien que la cellule photo-électrique de l'appareil de contrôle n'est pas impressionnée et que, bien qu'il ait atteint 558 km/h, le record ne peut être

nouvelle voiture, tandis que Cobb modifie sa *Napier-Railton* : suppression du frein aérodynamique, modification dans l'aménagement des réservoirs d'eau et de glace, changement d'inclinaison de l'axe des moteurs, possibilité de modifier l'axe longitudinal général de l'engin pour la recherche de la portance optimum.

C'est dans cette conjoncture que Cobb, après un premier essai à 567,880 km/h le 19 août dernier, vient, le 23 août, de porter le record du monde de vitesse pure à la vitesse fantastique de 593,479 km/h dans

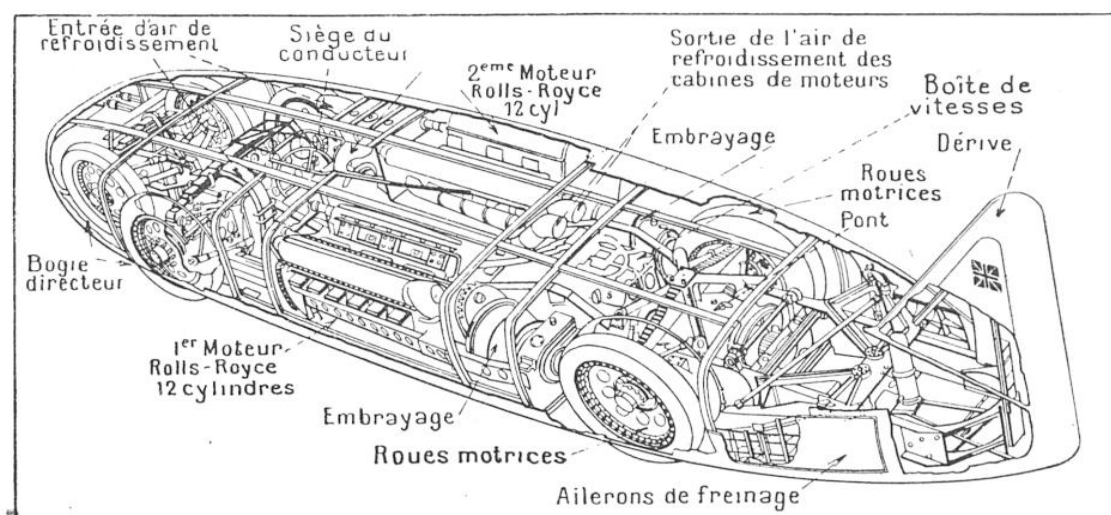


FIG. 2. — SCHÉMA DU « THUNDERBOLT » DU CAPITAINE G. EYSTON

Cette voiture à 8 roues, dont 4 directrices et 4 motrices, est mue par deux moteurs « Rolls-Royce R » d'une cylindrée totale de 73,164 litres, développant 5 000 ch au total. Le poids total de l'engin est de 6 960 kg ; sa longueur, de 9,27 m, et sa largeur, de 2,51 m. Le nouveau carénage, celui de 1938, a augmenté la longueur de 1,43 m et la largeur de 13 cm.

contrôlé. Un rectangle bleu ayant été peint au niveau de l'essieu avant, il bat officiellement le record du monde, le 27 août, à la moyenne de 555,6 km/h.

Après quelques essais préliminaires, John Cobb, trois semaines plus tard, élève le record à 563,4 km/h. La réplique ne se fait pas attendre. Eyston fait supprimer la dérive stabilisatrice, que, pourtant, Andreau lui avait affirmée être indispensable à la sécurité, et fait remplacer le radiateur par un nez lisse bien fuselé contenant un réservoir de glace. Vingt-quatre heures après Cobb, il atteint la vitesse de 575 km/h, 15 kilomètres de plus que le maximum prévu par Eyston et Andreau.

Faute de pneumatiques, la lutte cesse.

En 1939, Eyston, certain d'avoir tiré du *Thunderbolt* son maximum, étudie une

les circonstances que l'on connaît bien

Le graphique de la figure 1 montre la progression du record du monde de vitesse sur le kilomètre lancé depuis 1927 ainsi que la cylindrée des moteurs utilisés. Sur ce graphique, on voit qu'exception faite de la ridicule apparition de la *Triplex White* américaine pilotée par Rayton Keech (1), toutes les voitures et tous les pilotes figurant au palmarès sont de nationalité anglaise. On connaît trop les succès retentissant des Allemands en matière de course pour ne pas se demander si une voiture allemande ne serait pas susceptible de

(1) La *Triple White* était faite de 3 moteurs *Liberty* d'aviation montés sur un châssis de camion et était à peine carrossée, Keech battit le record du monde de justesse ; l'année suivante, aucun pilote ne voulut la prendre en mains, un petit mécano de Daytona, Lee Bibble, s'en chargea et se tua.

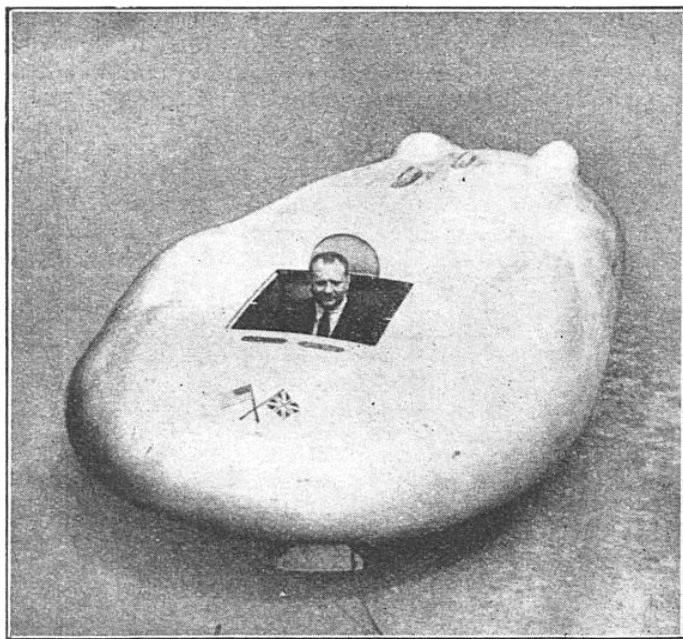


FIG. 3. — LA « NAPIER-RAILTON » DE JOHN COBB QUI VIENT DE CONQUÉRIR LE RECORD DU MONDE DE VITESSE. C'est sur cet engin recouvert d'une carrosserie légère presque parfaite, où seules font saillie les carènes du poste de pilotage et des roues, que John Cobb réalisa le 23 août dernier la vitesse de 593,479 km/h. Il a également battu, le 26 août, trois autres records du monde : celui des 5 km à 525 km/h de moyenne ; celui des 10 km à 455,5 km/h, et celui des 10 milles à 434,75 km/h.

battre le record. Le bruit circule qu'une telle voiture existe mais que, désireux de ne réaliser qu'une performance strictement allemande, le Führer aurait demandé à M. Porsché, auteur de l'engin, de ne la produire que lorsqu'une autostrade suffisamment longue pour permettre le lancé et le freinage serait prête.

Les records internationaux. La rivalité allemande dans les classes B, C et D

Ainsi bridés en matière de vitesse pure, les constructeurs allemands se rattrapent sur les records internationaux.

Dans la classe B (cylindrée de 5 à 8 litres), Mercedes et Auto-Union utilisent depuis 1936 des engins dérivés des voitures construites suivant l'ancienne réglementation internationale des Grand Prix. Plusieurs fois battu par Caracciola et Rosemeyer, le record est actuellement détenu par Caracciola sur Mercedes, depuis le 28 janvier 1938, avec 432,7 km/h.

La voiture utilisée pèse 1 100 kg. Le moteur est un 12 cylindres en V à double arbre à cames en tête, d'une cylindrée de 5 576 cm³, suralimenté par deux compresseurs. Le plan du moteur, de la transmission et du différentiel forme un angle important avec le plan longitudinal du châssis, en sorte que le cylindre de tête se trouvant sur l'axe de symétrie de la voiture; le différentiel est rapproché de la roue arrière gauche, disposition qui permet de placer plus bas le siège du pilote qui se trouve assis à côté de l'arbre, mais au milieu de la voiture.

Le châssis et la transmission sont ceux des modèles Grand Prix de l'ancienne formule : châssis en gros tubes d'acier soudés ; suspension semi-indépendante ; suspension avant par ressorts à boudin travaillant à la compression et triangles articulés superposés

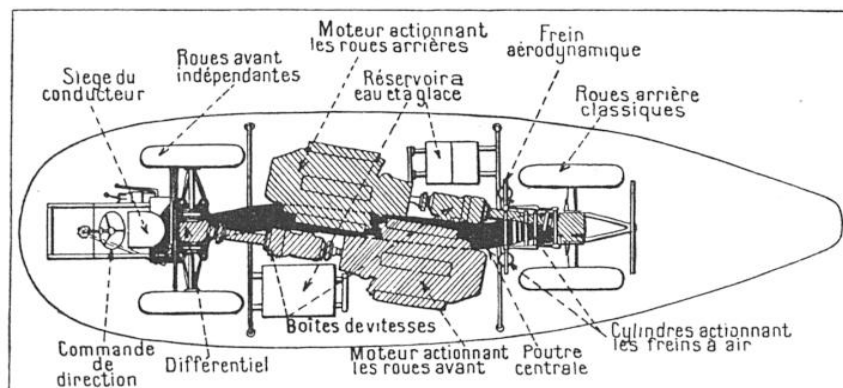


FIG. 4. — SCHÉMA DE LA « NAPIER-RAILTON » DE COBB

Cette voiture à 4 roues motrices est mue par deux moteurs « Napier-Lion » d'une cylindrée totale de 47,872 litres, développant 2 600 ch au total. Le poids de l'engin est de 3 050 kg ; sa longueur, de 8,74 m, et sa largeur de 2,44 m. Il n'existe aucune liaison cinématique entre le groupe moteur-tracteur actionnant les roues avant et le groupe moteur-propulseur actionnant les roues arrière.

formant parallélogramme déformable ; suspension arrière par barres de torsion. Le châssis a été doté de plusieurs carrosseries résultant des travaux de Jaray (1). Une première caisse s'enfonça, lors d'une tentative en 1937, sous la pression de l'air. C'est ce modèle que l'on vit au pavillon allemand de l'Exposition Internationale de Paris 1937. Une nouvelle carrosserie faillit coûter la vie à Caracciola ; en portance positive, la voiture décollait de l'avant. La dernière carrosserie, celle qu'on voit sur le document de la figure 6, est profilée de manière à recevoir une poussée verticale, augmentant,

rière du moteur, aspire le mélange de deux carburateurs ; l'échappement a lieu par de courts tuyaux dirigés vers le haut. Le châssis est constitué par deux gros tubes longitudinaux entretoisés transversalement par d'autres tubes. La suspension est à barres de torsion, transversales à l'avant, longitudinales à l'arrière. La carrosserie, faite d'une carcasse d'aluminium recouverte de panneaux du même métal, enferme les quatre roues.

Pour les records de la classe D (cylindrée de 2 à 3 litres), le travail du constructeur est facile : il suffit de prendre un châssis

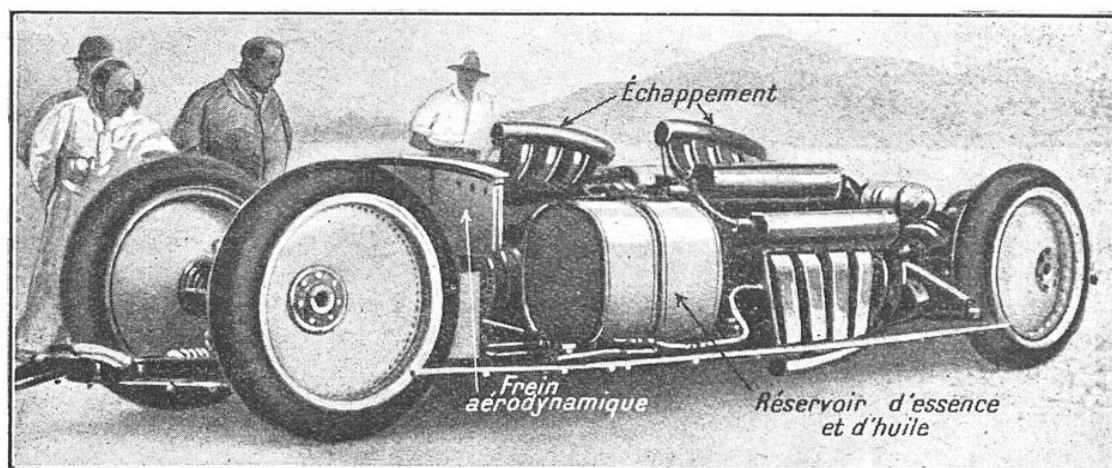


FIG. 5. — LE CHÂSSIS DE LA VOITURE DE RECORD DE JOHN COBB

La carrosserie peut être rapidement enlevée pour faciliter les changements de pneumatiques dont il faut prévoir un jeu complet à chaque tentative de record.

pour la voiture en vitesse, l'adhérence normalement insuffisante. C'est sous cette forme qu'elle atteignit 432,7 km/h, c'est-à-dire à peu de chose près, et avec un décalage de cinq ans, le record toutes catégories établi par Campbell avec un moteur de 36 litres et une voiture de 5 tonnes.

Même rivalité allemande dans la classe C (cylindrée de 3 à 5 litres). Ici, c'est une *Auto-Union*, pilotée par Rosemeyer le 25 octobre 1937, qui détient le record de vitesse sur le kilomètre lancé avec 351,9 km/h. Le moteur, la boîte de vitesse et le différentiel se trouvent à l'arrière, la boîte de vitesse — à 5 rapports — étant derrière l'essieu moteur ; le conducteur est assis très bas à l'avant, avec, comme dossier, le réservoir l'essence. Le moteur est un 16 cylindres en V de 4 981 cm³ de cylindrée, à soupapes en tête commandées par culbuteurs ; un gros compresseur, disposé à l'ar-

re construit suivant l'actuelle réglementation internationale des Grand-Prix, de pousser le moteur et de carrosser le tout au mieux. C'est ce qu'a fait Mercedes au début de cette année.

La Mercedes 3 litres pèse de 800 à 850 kg. Le moteur est un 12 cylindres en V à 60° ; chaque rangée de 6 cylindres ayant un double arbre à cames en tête et un compresseur volumétrique Roots monté horizontalement à l'avant ; à 7 500 tours/mn, il développe 400 ch. Comme dans la 6 litres, le moteur et la transmission sont montés de biais. Le châssis est constitué par deux gros tubes parallèles réunis par quatre entretoises tubulaires ; le tube arrière supporte la boîte de vitesse et le pont ; la suspension est identique à celle de la 6 litres.

A l'occasion de l'inauguration de l'autostade de Dessau, Caracciola se présenta avec deux voitures 3 litres. Avec l'une d'elles, il éleva, le 9 janvier 1939, le record de vitesse

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 184, page 313.

sur le kilomètre lancé à 398,2 km/h, battant le record précédent de 149 km/h, surpassant même la performance de la catégorie supérieure et égalant le record toutes catégories de 1931, établi avec 24 litres de cylindrée. La carrosserie de cette voiture, rigoureusement semblable à celle de la grosse, enfermait les quatre roues.

Avec la seconde voiture, il battit les records de vitesse sur le kilomètre et le mille, départ arrêté. La carrosserie était constituée d'un corps fuselé entourant le châssis ; les roues étaient carénées séparément et les raccords soigneusement profilés.

malheureuse tentative est immédiat : l'adhérence est juste suffisante pour une trajectoire strictement rectiligne ; qu'une bosse se présente et que la voiture se cabre légèrement, la poussée verticale qui se développe vers le haut diminue l'adhérence ; le pilote cesse ainsi de contrôler son engin.

La voiture de Lockhart était une réussite exceptionnelle et, si l'on compare les 340 km/h qu'elle atteignit et les 398 km/h de la *Mercedes*, on peut attribuer la sécurité de pilotage plus grande de la seconde d'une part à la parfaite planéité de la piste de Dessau et, d'autre part, au fait que le caré-

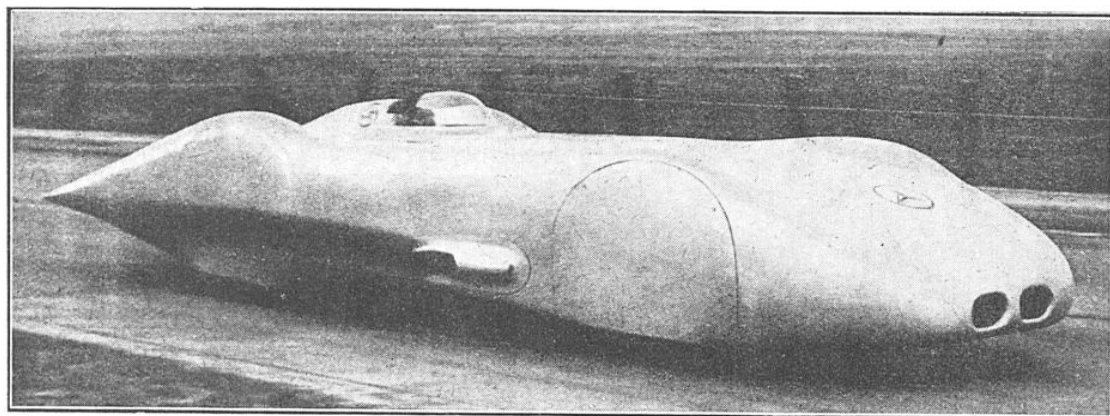


FIG 6. — LA « MERCEDES-BENZ » DE CARRACCIOLA, DÉTENTRICE DU RECORD INTERNATIONAL DE VITESSE POUR VOITURES DE LA CLASSE B

Sur cette voiture, Carracciola a atteint le 28 janvier 1938 la vitesse de 432,7 km/h. Le moteur développe environ 750 ch pour une cylindrée de 5 576 cm³. La carrosserie assure à l'ensemble une « portance » négative, améliorant l'adhérence aux grandes vitesses.

Au vu de cette voiture, il était impossible de ne pas rapprocher cette réalisation de 1939 d'une voiture construite en 1928 pour le record du monde, la *Stutz « Aigle noir »* de Frank Lockhart. C'est ce que nous avons fait dans le montage de la figure 7. La *Stutz* était équipée d'un moteur 16 cylindres de 3 litres, fait de quatre moteurs *Miller* disposés deux par deux en V et qui, à 7 000 tours/mn, développait 385 ch ; elle atteignit 340 km/h en vitesse instantanée à une époque où le record était de 334 km/h avec la *Triplex White* de 72 litres. Au cours d'un premier essai, sur la plage de Daytona, une embardée projeta la voiture à la mer. Le second fut fatal à Lockhart. Comme on a pu s'en rendre compte à l'examen de la pellicule photographique prise ce jour-là, la voiture, arrivant à plus de 300 km/h sur une légère ondulation de la piste, décolla littéralement, pour retomber sur la roue avant gauche dont l'essieu céda. L'enseignement de cette

nage des essieux et les raccords des roues à la carrosserie dessinent de véritables tronçons d'aile, jouant vraisemblablement le rôle de dérive horizontale en portance nulle.

Vers les faibles cylindrées. Les records du major Gardner

Nous passerons rapidement sur le record de la classe E (1 500 à 2 000 cm³) qui, depuis 1934, appartient à Mrs Stewart sur *Derby Miller*, à la moyenne de 237,845 km/h. Pratiquement, il ne correspond à aucune catégorie actuelle de compétition.

En classe F (cylindrée de 1 100 à 1 500 cm³) et en classe G (cylindrée de 750 à 1 100 cm³), les records sont la propriété du même pilote, le major Gardner, et de la même voiture, une *M.G.* Celle-ci, dérivée de la *M.G. « Magnette »* de course, est due à la collaboration des ingénieurs de la firme et de MM. Robin Jackson et Reid Railton. Le moteur est un 6 cylindres classique à double

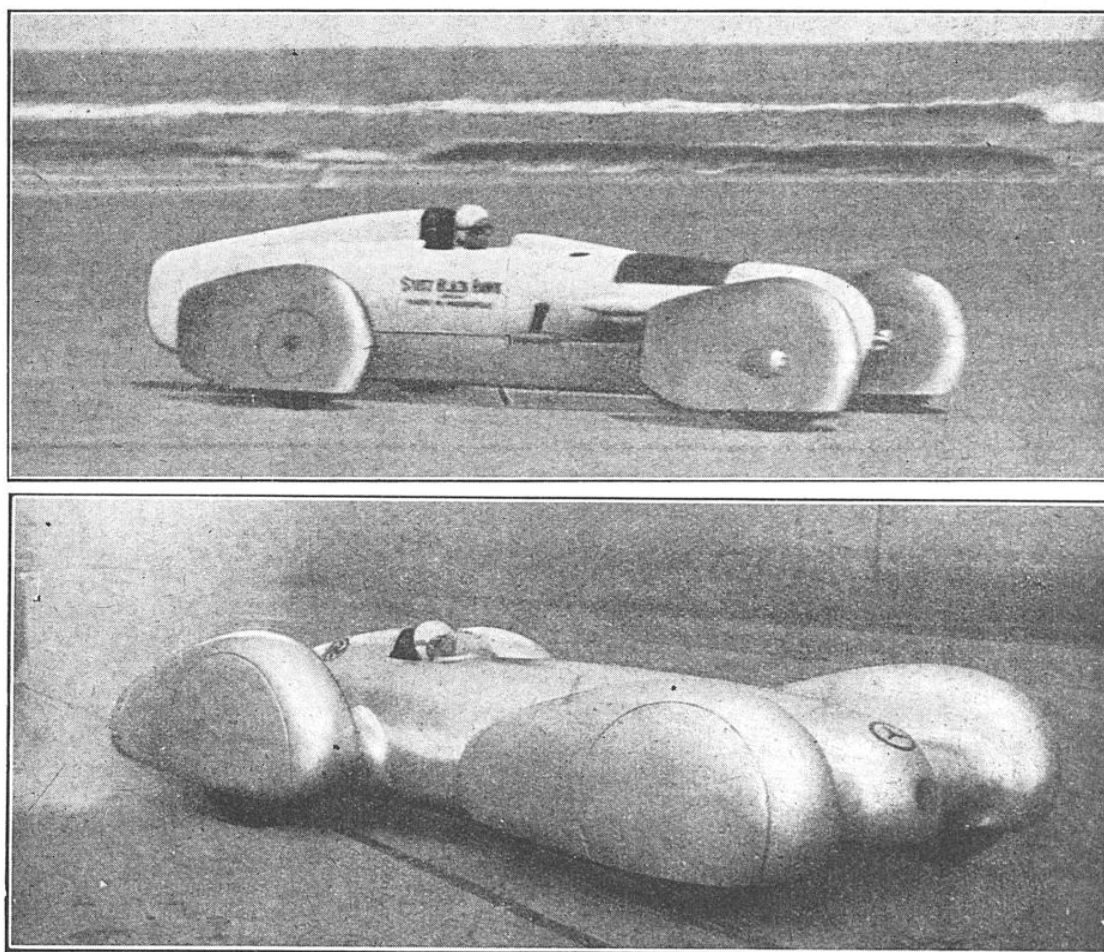


FIG. 7. — DEUX VOITURES D'UNE CYLINDRÉE DE 3 LITRES : LA « STUTZ AIGLE NOIR », DE FRANK LOCKHART DE 1928 (EN HAUT) ET LA « MERCEDES 1939 », DÉTENTRICE ACTUELLE DU RECORD INTERNATIONAL DE VITESSE POUR LA CLASSE D

La voiture de Lockhart atteignit 340 km/h. L'insuffisance de l'adhérence et la non-planéité de la plage empêchèrent le pilote de mener à bien sa tentative. La Mercedes est détentrice des records départ arrêté. Une Mercedes de 6 litres identique à celle du document ci-dessus serait prête pour le record du monde départ arrêté, mais n'a pas encore été essayée.

arbre à cames en tête, suralimenté par un gros compresseur *Centric*. Comme dans les *Mercedes*, l'ensemble moteur-transmission-différentiel est en oblique par rapport à l'axe de la voiture, le pilote est assis à la droite de l'arbre-moteur et le réservoir d'essence à la gauche de l'arbre du volant. Tout le reste du châssis est orthodoxe : transmission, suspension par ressorts elliptiques, etc. ; comme sur les *Mercedes*, la carrosserie, du type Jaray, enferme les roues ; le volant (de forme rectangulaire pour ne toucher ni les jambes du pilote ni l'auvent) et le pare-brise sont fixés après que le pilote a pris place à son poste. Le radia-

teur est placé horizontalement à l'avant ; l'air ressort au-dessus de la caisse, entre les roues avant.

Le 31 mai dernier, sur l'autostrade de Dessau, le major Gardner élevait le record sur le kilomètre dans la *classe G* à 327,6 km/h ; le moteur avait une cylindrée de 1 087 cm³ (course 57,02 mm, alésage 71 mm).

Cette performance dépassant les records de la *catégorie F*, mais ne pouvant figurer au palmarès de cette catégorie, comme le veut le règlement, le major Gardner forma le projet d'augmenter sur place la cylindrée de son moteur pour faire passer sa *M. G.* dans la catégorie supérieure. C'est ainsi que

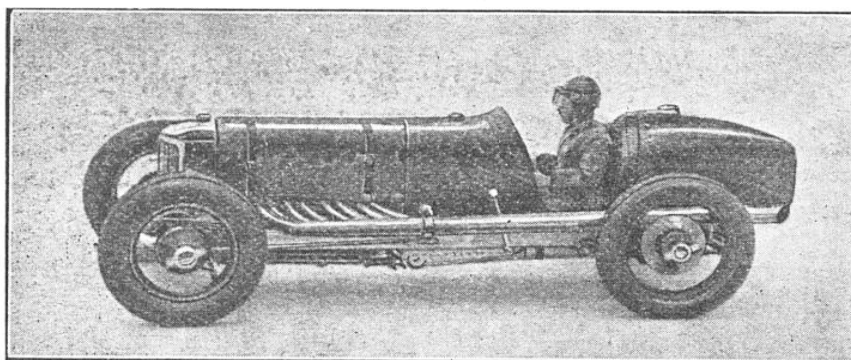


FIG. 8. — LA « DERBY MILLER » DE MRS STEWART, DÉTENTRICE DU RECORD INTERNATIONAL DE VITESSE POUR VOITURES DE LA CLASSE E. Cette voiture détint cinq ans le record du tour sur la piste de Montlhéry, grâce à sa traction avant, et, depuis le 25 juillet 1934, le record de sa catégorie à la moyenne de 237,845 km/h. Le moteur est un 8 cylindres de 1 673 cm³ ; le maître-couple de la carrosserie est réduit au strict minimum.

le 1^{er} juin, le recordman fit réaliser les cylindres qui passèrent de 57,02 à 57,53, portant la cylindrée à 1 106 cm³, c'est à-dire juste assez pour changer de classe. Le 2 juin 1939, il battait le record du kilomètre pour cette catégorie à la moyenne de 328,8 km/h.

L'exploit de réaliser 327 km/h sur route avec une voiture de 1 100 cm³ pesant 765 kg nous oblige à évoquer l'époque où 327 km/h constituait le record toutes catégories détenu par Segrave, à Daytona Beach, sur la grosse *Sunbeam* « *Mystery* » rouge qui pesait 5 tonnes, qui était mue par deux moteurs d'une cylindrée totale de 45 litres (quarante fois celle de la *M.G.*). Elle était si dangereusement instable que Segrave, qui, deux ans plus tard, devait atteindre 372 km/h, déclara qu'il était impossible d'aller plus vite sur terre.

C'est encore une *M.G.* qui, depuis 1932, détient les records de la classe H (cylindrée de 500 à 750 cm³), grâce à Eyston, puis à son coéquipier, le minuscule Denly, lorsque Eyston jugea que le maître-couple de son imposante personne limitait par trop les performances des voitures carrossées autour de leur pilote (1). A l'heure actuelle, le record appartient, depuis le 10 octobre 1936,

(1) Le changement de gabarit des deux hommes se traduisit par un gain de 12 km/h.

à l'Autrichien Kohlraush sur *M.G.* « *Midget* », avec 226,1 km/h.

Le moteur de la *Midget* est un 4 cylindres de 745 cm³ avec arbre à cames en tête et compresseur. Le groupe moteur et la transmission ne sont pas disposés en oblique, mais sont repoussés vers la droite, tandis que le poste de pilotage reste axial. Le poids total de la voiture est d'environ 510 kg.

En entrant dans les classes inférieures, on quitte l'industrie pour entrer dans ce qu'on peut appeler le bricolage, en prenant bien entendu le mot dans son sens le moins péjoratif.

En classe I (cylindrée de 350 à 500 cm³), le record est la propriété du comte Lurani Cernuski, depuis le 31 mai 1939, avec 171,7 km/h. La voiture utilisée, le *Nibbio*, remonte à 1935. Son moteur, placé à l'arrière, est un bicylindre en V à 120° *Guzzi* sans compresseur, de 492 cm³, qui développe 55 ch à 7 800 tours/mn ; chaque cylindre possède un arbre à cames en tête commandé par arbre vertical et renvoi d'angle ; la transmission se fait par chaîne sur l'essieu arrière. Le poids total de l'engin est de 380 kg.

Enfin, en classe J (cylindrée inférieure à 350 cm³), le record appartient à R. Cecchini, sur cyclecar *Moscerino*, depuis le 25 mai 1939, avec 146,9 km/h. Le moteur utilisé est un moteur de motocyclette de 348 cm³.

	Pilotes	Marques	Cylindrée	Poids approx.	Date	Km/h
Classe B	Caracciola	<i>Mercedes-Benz</i>	5 576	1 100	28- 1-38	432,7
Classe C	Rosemeyer	<i>Auto-Union</i>	4 981	1 000	25-10-37	351,9
Classe D	Caracciola	<i>Mercedes-Benz</i>	2 970	850	9- 2-39	398,2
Classe E	Mrs Stewart	<i>Derby-Miller</i>	1 673	710	25- 7-34	237,8
Classe F	Gardner	<i>M. G.</i>	1 106	765	2- 6-39	328,8
Classe G	Gardner	<i>M. G.</i>	1 087	765	31- 5-39	327,6
Classe H	Kohlraush	<i>M. G. « Midget »</i>	745	510	10-10-36	226,1
Classe I	Lurani	<i>« Nibbio »</i>	492	380	31- 5-39	171,7
Classe J	Cecchini	<i>« Moscerino »</i>	348		25- 5-39	146,9

TABLEAU MONTRANT L'ÉTAT ACTUEL DES RECORDS INTERNATIONAUX DE VITESSE SUR LE KILOMÈTRE LANCÉ

Les problèmes que pose la recherche de la plus grande vitesse : Les moteurs

Dans la recherche de la plus grande vitesse, l'ingénieur cherche à tirer de son moteur — dont la cylindrée est limitée ou non par le règlement — le maximum de puissance ; il cherche à réduire au minimum le poids de son véhicule compatible avec l'adhérence, faute de quoi les roues patinent ; il cherche à donner à sa carrosserie la forme optimum de pénétration

et celle des 6 litres allemandes, donnant presque toujours la préférence à la seconde. Les critiques, s'appuyant sur le fait que les puissances croissent comme le cube des vitesses, prétendent que si l'on fait du 430 km/h avec 750 ch, on doit égaler la performance d'Eyston avec 1 875 ch, ne tenant aucun compte de la résistance au roulement qui croît comme la puissance 4,7 de la vitesse, ni du poids total à déplacer qui ne peut rester le même avec un moteur de 1 875 ch qu'avec un de 750. Quant aux 5 000 ch du *Thunderbolt*, l'ingénieur français Andreau

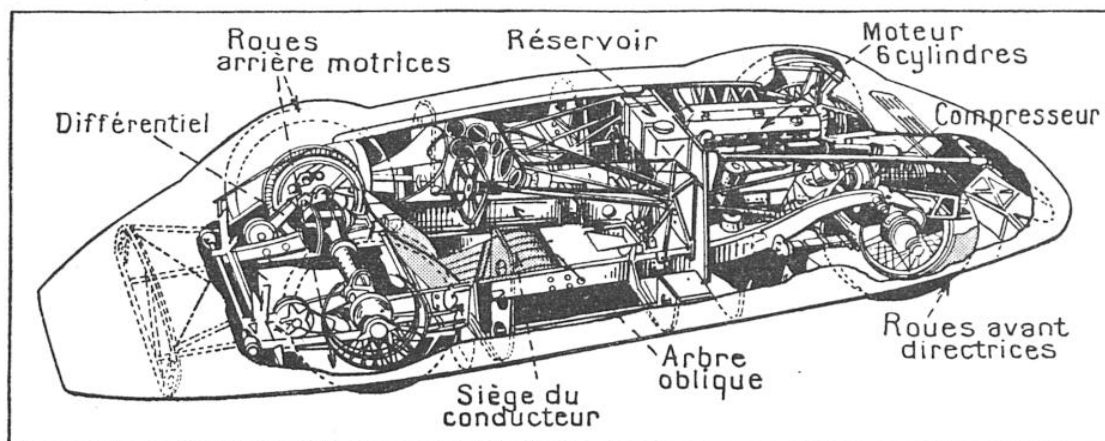


FIG. 10. — DISPOSITION DES ORGANES DANS LA VOITURE « M.G. » DU MAJOR GARDNER. Deux fois recordman en 1 100 cm³ avec une carrosserie orthodoxe, le major Gardner éleva une troisième fois ce record à 300,3 km/h avec une carrosserie Jaray, avant d'atteindre 327,6 km/h par modification de la boîte de vitesses et 328,8 km/h en 1 500 cm³ par réalésage des 6 cylindres de son moteur.

dans l'air sachant que la résistance de l'air dépend de la forme du carénage, de la grandeur du maître-couple et du carré de la vitesse. Il modifie la forme (cas des voitures allemandes) s'il veut augmenter l'adhérence aux grandes vitesses en donnant à son engin une portance négative (1) ; il cherche enfin à diminuer la résistance au roulement par une étude approfondie de la transmission de l'effort moteur jusqu'au sol.

On a vu dans le courant de cette étude la diversité des solutions adoptées. Il est intéressant maintenant de les confronter. Bien entendu, il n'est pas question de choisir ou de déclarer que telle méthode est meilleure que telle autre. On a trop souvent mis en parallèle la performance du *Thunderbolt*

en a justifié l'emploi d'une manière irréfutable (1).

D'autres affirment que si on tire 750 ch d'un moteur de 6 litres, il est barbare d'avoir recours à 72 litres pour une puissance nécessaire six fois et demie plus élevée seulement. Or, on sait qu'à égalité de cylindrée, un moteur qui a 16 cylindres fournit une puissance plus grande que celui qui n'en a que 8 (2). Pour obtenir un même rendement que *Mercedes*, Eyston aurait dû faire monter sur son *Thunderbolt*, 7 moteurs 12 cylindres type *Mercedes* de 6 litres (soit 42 litres), ce qui paraît pour le moins incommode vu l'accroissement de l'encombrement et la multiplication des organes de transmission. Comme, par ailleurs, on n'a pas encore trouvé le moyen d'attaquer un seul et même vilebrequin avec 84 pistons, on voit qu'Eyston a fort bien fait d'adapter le vieux *Rolls-Royce « R »* dont un palmarès imposant

(1) Dès 1929, la voiture à fusée de Von Opel, disposant d'une puissance énorme pour un faible poids, se maintenait au sol par des ailerons en portance négative, bien que n'ayant nul besoin d'adhérence, l'effort moteur n'étant pas développé à la périphérie des roues et la grandeur de cet effort n'étant pas limité par la résistance du point d'appui.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 249, page 168.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 187, page 32.

défend la réputation (1). La même remarque s'applique d'ailleurs aux moteurs *Napier* utilisés par Cobb (2).

Par la suite, les constructeurs anglais pourraient bien utiliser le nouveau moteur d'avion *Napier* « *Dagger* » de 2 000 ch à 24 cylindres en H ou le nouveau *Rolls Royce* actuellement à l'étude et qui développerait 3 000 ch.

Les formes extérieures

Si, comme nous venons de le voir, il est téméraire de comparer les moteurs des bolides terrestres, il est plus instructif d'en comparer les formes extérieures.

L'examen des voitures étudiées dans les pages précédentes nous montre deux sortes de carrosseries : les unes (*Thunderbolt*, *Auto-Union*, etc.) sont larges et enferment les roues ; les autres (*Derby-Miller*, *Midjet*) ont pratiquement pour maître-couple le tronc du pilote ;

roues, essieux, tubes et tiges sont à l'air libre. Il est manifeste (voir les deux pho-

(1) Trois fois détenteur du record de vitesse en auto avant Eyston, deux fois gagnant de la Coupe Schneider, trois fois détenteur du record de vitesse en hydravion et cinq fois détenteur du record de vitesse en canot automobile.

(2) Cinq fois, avant Cobb, détenteur du record de vitesse automobile, deux fois détenteur du record de vitesse en canots automobiles monomoteurs, gagnant de la Coupe Schneider 1927 des hydravions, détenteur du record de vitesse pour hydravions en 1929.

tographies fig. 8 et 11) que la *Derby-Miller* a un maître-couple inférieur à celui de la *M. G.* de Gardner ; pourtant, la plupart des voitures de record modernes sont à carrosserie enveloppante, laissant la carrosserie

étroite aux voitures de compétition pour des raisons de visibilité du sol et de contrôle de l'état des pneus. C'est que l'expérience a montré qu'une carrosserie large mais lisse offrait moins de résistance qu'une étroite mais parsemée d'organes saillants. L'exemple le plus typique est celui du *Blue Bird IV* de Campbell qui, avec une surface frontale de 1,38 m², roues extérieures, tringleries et tubulures d'échappement en saillie, atteignit 437 km/h à Daytona Beach et avec une surface frontale de plus de 2 m², mais avec carrosserie lisse, atteignit 445 km/h sur la même piste.

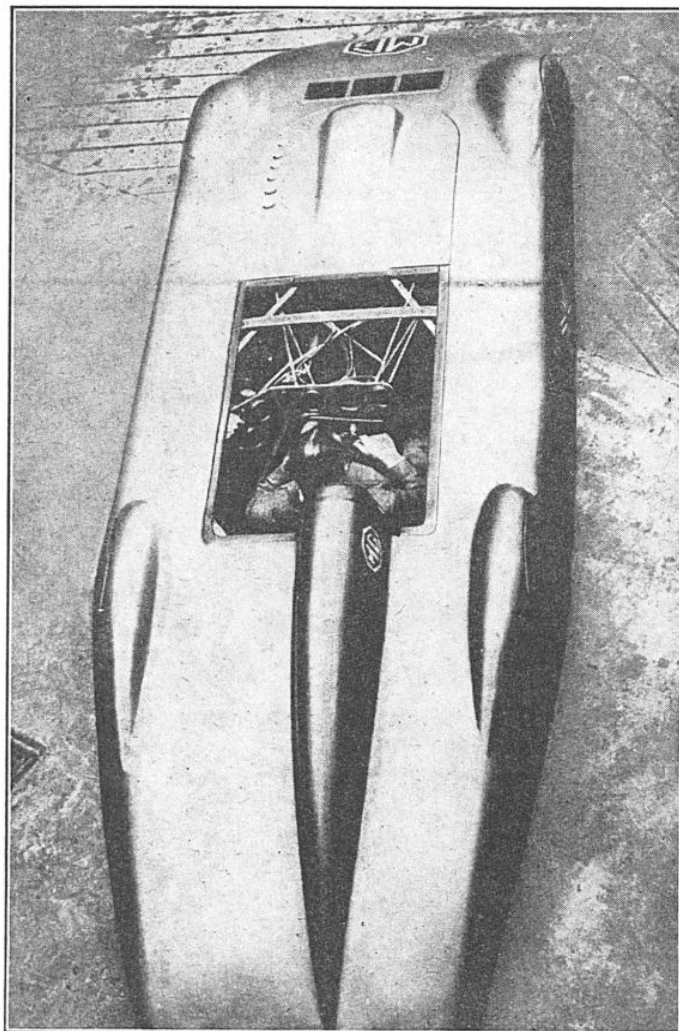


FIG. 11. — LA VOITURE « M.G. » DU MAJOR GARDNER
On remarquera la forme rectangulaire du volant et la position du pilote, nettement déporté vers la droite pour laisser passer sur sa gauche l'arbre oblique de transmission.

L'adhérence

Cependant, la préférence allant aux car-

rosseries du type « tank », une distinction s'impose, dictée par les exigences de l'adhérence. En effet, la vitesse limite d'une voiture est proportionnelle à la racine carrée de son poids adhérent. Si nous comparons de nouveau la *Mercedes* de Caracciola et le *Thunderbolt* d'Eyston, nous voyons que le rapport des vitesses est de 1,33 et que le rapport des racines carrées de leur poids

est 2,64. Pour rétablir l'égalité, il faut plus que doubler le poids de la *Mercedes*. Cette différence entre le poids adhérent et le poids réel provient du fait que, dans la voiture allemande, l'air, grâce à la forme de la partie supérieure de la caisse, crée une composante verticale, appliquée au centre des pressions et dont la valeur s'ajoute au poids. D'où distinction entre les voitures assurant leur adhérence par leur propre poids, lequel est fixe, et celles assurant la leur par leur vitesse, laquelle est variable. Dans la première catégorie viennent se placer les voitures anglaises du record du monde, qui se présentent à l'attaque du vent en portance nulle : le *Thunderbolt*, malheureusement carrossé autour d'un châssis préexistant dont Andraeu a dû tirer le meilleur parti et la *Napier-Railton*, qu'une récente disposition de vérins permet d'amener à la portance nulle par tâtonnements successifs. On peut dire que la *Napier-Railton* est de forme presque parfaite, à ceci près que la partie supérieure des roues (de 1,11 m de diamètre) fait saillie au-dessus de la caisse et fait apparaître quatre bosses (1).

Dans la seconde catégorie viennent se placer les voitures à carrosseries du type Jaray, qui se présente à l'attaque du vent comme une aile épaisse en portance négative : les voitures allemandes et la *M. G.* de Gardner. C'est uniquement cette question de forme qui explique pourquoi cette dernière a réalisé avec 765 kg la même vitesse que la 5 tonnes *Mystery* de Segrave.

Enfin, en ce qui concerne les problèmes d'adhérence, il convient de marquer encore une nette différence suivant que l'effort est transmis, comme sur le *Thunderbolt* sur un seul essieu, l'autre (ou les autres) n'étant que porteur, ou s'il est transmis sur les quatre roues, comme sur la *Napier-Railton*.

(1) Si les roues étaient deux fois plus petites, elles devraient tourner deux fois plus vite et la force centrifuge appliquée à la périphérie serait doublée.

On est, à première vue, surpris que la première pèse plus du double de la seconde. Cela s'explique fort bien, car tout ce qui concerne l'adhérence et la transmission de l'effort en prenant le sol pour point d'appui n'est valable que pour les roues motrices. Sur la *Napier-Railton*, l'essieu avant moteur supporte 1 500 kg, l'essieu arrière 1 500 kg, total 3 000 kg. Si seul l'essieu arrière était moteur, à vitesse égale, la même adhérence exigerait 3 000 kg, mais il faudrait encore 2 400 kg (80 % de 3 000, proportion généralement admise) sur l'essieu porteur, total 5 400 kg. On voit donc comment, grâce à

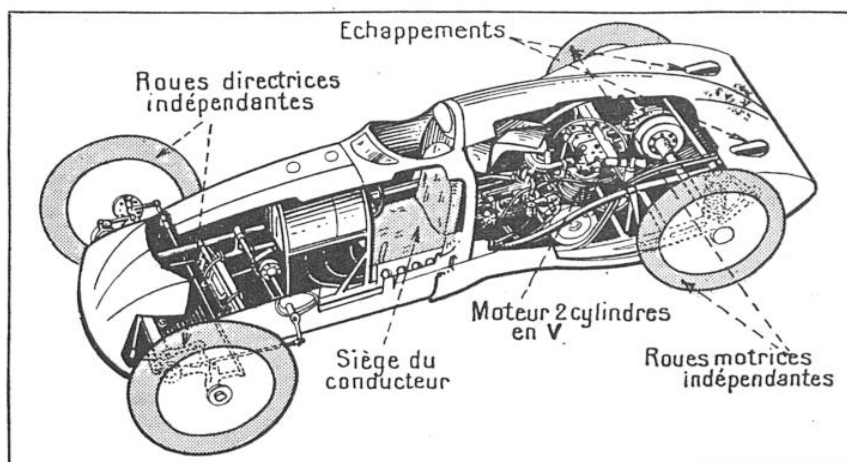


FIG. 12. — SCHÉMA DU « NIBBIO » DU COMTE G. LURANI CERNUSKI, DÉTENTEUR DU RECORD INTERNATIONAL DE VITESSE POUR VOITURES DE LA CLASSE I

Sur ce cyclecar à moteur « Guzzi » de motocyclette, le comte Lurani atteignit, le 31 mai dernier, la vitesse de 171,7 km/h.

ses quatre roues motrices, cet engin réalise une économie de poids de 2 400 kg.

Les pistes de records

Les records de vitesse ont été battus sur des pistes de nature très différente : le lit du lac Salé de Bonneville, les plages de Daytona et de Pendine, les autostrades de Francfort, de Dessau et de Firenze-Mare.

La piste du lac Salé est connue depuis fort longtemps, mais ce n'est qu'en août 1933 que l'Américain Jenkins commença à la rendre célèbre en y battant les records sur longues distances. Le lac se trouve situé en Utah à environ 3 500 km de New York, à une altitude de 1 200 m. Son lit est couvert, en hiver, par l'eau provenant de la chute des pluies ; en été, l'eau s'évapore et laisse une immense étendue plane que seuls traversent les remblais d'une voie ferrée et d'une route ; la surface est une véritable

croûte de sel. Le lac offre une parfaite douceur de roulement grâce à une légère couche superficielle de poussière de sel qui n'a d'autre désavantage qu'une action néfaste sur les organes métalliques ; son aspect est celui d'un lac glacé saupoudré de neige fraîche. Au point de vue des conditions ambiantes, l'air y est sec, la température élevée pendant le jour et fraîche la nuit. A l'altitude que nous avons dite, la composition de l'atmosphère réduit fortement la puissance des moteurs (18 % pour le *Thunderbolt*), mais cette réduction est en partie compensée par celle de la résistance de l'air (14 % pour le *Thunderbolt*).

Pour les records de vitesse sur courtes distances, deux pistes sont prévues, l'une de 24 km de long, l'autre, plus courte et curviligne à son début et coupant la première au bout d'une dizaine de kilomètres. Leur tracé est fait d'une bande de goudron d'environ 25 cm de largeur.

Les avantages de cette piste sur la plage de Daytona précédemment utilisée sont : meilleure planéité, absence de vent violent, sécurité pour le pilote qui n'est plus limité en largeur.

Sur le *Bluc Bird IV*, Campbell, qui avait atteint 444 km/h à Daytona Beach, y atteignit 484 km/h avec le même engin.

L'autostrade de Dessau, à Munich, actuellement la plus rapide, n'a dans sa portion utilisée que 12 km de longueur, dont 10 en ligne droite ; elle est divisée en deux bandes de 13 m de large, ne passe pas sous des ponts comme celle de Francfort et, comme il n'y a pas d'arbres, le vent n'y souffle pas de manière irrégulière. Rudolph Caracciola prétend y pouvoir battre le record d'Eyston, car, selon lui, le frottement des pneus sur le sel est un inconvénient que le béton élimine.

Caracciola ne connaît pas le lac de Bonneville. Nous sommes persuadé de la supériorité de la piste américaine :

— parce que la largeur n'est pas limitée et qu'une embardée peut être rattrapée, chose impossible à 500 km/h sur une route de 13 m de large ;

— parce que 4 kilomètres pour le lancé et 4 kilomètres pour le freinage, avant et après le kilomètre mesuré, ne sont pas suffisants ; ce sont les derniers kilomètres de vitesse qui demandent le plus de temps à atteindre ; par ailleurs, plus faibles sont les accélérations positives et négatives, moindre est l'effort d'arrachement auquel les pneus sont soumis ;

— parce qu'au contraire de ce que pense Caracciola, la fine couche de sel meuble

qui recouvre la surface est *bienveillante* pour les pneus, suivant l'expression du grand spécialiste Reid Railton.

Les hommes

Ainsi, grâce aux progrès de la technique des moteurs, de l'aérodynamique et des pneumatiques, ainsi qu'à l'amélioration des pistes, vitesses de record pour grosses voitures et vitesses de record pour petites voitures progressent. Que dire des conducteurs ? Les limites des résistances humaines aux accélérations ont été mises en lumière depuis longtemps par l'aviation, mais ce que l'aviateur ne rencontre jamais, — ou du moins presque, — c'est la survenue imprévue de l'obstacle qui exige une manœuvre immédiate nécessitant des réflexes impeccables.

Pour un Campbell capable, comme cela lui est arrivé en septembre 1935, de ne pas capoter alors qu'un pneu avant venait d'éclater à 490 km/h, en virant du côté du pneu éclaté pour reporter, grâce à la force centrifuge, le poids de sa voiture sur l'autre roue, que de « cafouilleux », même dans les grands prix internationaux ! Mais si l'on est certain de toujours trouver une élite, il est plus difficile de la former aux grandes vitesses. Campbell, Eyston, Caracciola sont des vétérans, ils se sont accoutumés petit à petit au 400 à l'heure. Qu'un jeune veuille les égaler, il doit parcourir, en moins de temps, tous les échelons plus un franchis par ses aînés. C'est ce qui a fait, en particulier, la pénurie des pilotes dans l'équipe *Auto-Union*, dont la tête de file demeure le grisonnant et presque quinquagénaire Nuvolari. Sans diminuer le moins du monde les mérites de ces hommes adroits, on peut imputer à un manque de routine et à trop d'ardeur juvénile la mort de Guy Moll, à Pescara, et celle de Rosemeyer, à Francfort. Il suffit d'avoir comparé le calme d'Eyston faisant effectuer une réparation à Montlhéry lors d'une tentative de record et la fièvre de Lang se faisant ravitailler au dernier Grand Prix de l'A. C. F., à Reims, pour comprendre que la « solidité » du premier ne s'acquiert pas en trois ans. Un seul moyen demeure donc pour l'entraînement progressif, celui que pratique l'armée de l'air italienne à l'école de grande vitesse de Desenzano, qui possède toute la gamme des hydravions allant de 300 à 700 km/h.

Le 700 km/h en auto ? — peut-être ! mais gardons-nous de nous trop avancer. En matière de vitesse automobile, les prophéties les plus osées ont toujours, et bien au delà, été dépassées par la réalité. RENÉ MAURER.

LE TUBE LUMINESCENT TUERA-T-IL LA LAMPE A INCANDESCENCE ?

Par G. CAPART

Le physicien Helmholtz disait de l'œil humain que « si un constructeur lui apportait un instrument aussi défectueux, il le lui refuserait ». On doit pourtant admirer la prodigieuse facilité d'adaptation de cet organe qui s'accommode d'éclairements variant dans le rapport de 1 à 1.000.000 et de lumières de colorations variées. Lorsqu'on lui demande cependant un travail prolongé, cette adaptation ne va pas sans fatigue, et, comme pour une fraction appréciable de sa vie, le citoyen d'aujourd'hui fait appel à l'éclairage artificiel, la qualité de la lumière, l'intensité et la disposition des sources lumineuses entrent pour une part très importante dans ce qu'on est convenu d'appeler le « confort moderne ». Depuis cent ans, la science de l'éclairage a fait des progrès rapides. La lampe à filament de tungstène (1) incandescent dans une atmosphère de gaz inerte (Langmuir) a atteint une perfection telle qu'elle semble bien avoir épuisé toutes les possibilités d'amélioration au point de vue tant du rendement que de la qualité de la lumière. C'est le tube luminescent que l'art publicitaire utilise depuis des années qui va réaliser, aujourd'hui, d'une manière vraiment industrielle, l'éclairage en lumière rigoureusement blanche. Grâce au progrès de l'industrie de l'air liquide pour la production économique et en grandes quantités des gaz rares (argon, krypton, xénon, hélium), grâce au perfectionnement des électrodes, qui permet d'abaisser la tension de fonctionnement des tubes jusqu'à la tension des réseaux de distribution, et enfin à l'emploi de revêtements fluorescents qui corrigent la composition de la lumière émise par le gaz et améliorent le rendement total en transformant une partie du spectre ultraviolet en radiations visibles, déjà sont apparues dans divers pays des lampes-tubes luminescentes fonctionnant sous basse tension, donnant une lumière comparable à celle du jour et possédant à la fois une durée et un rendement comparables à ceux des lampes actuelles.

NOTRE civilisation moderne, sans tenir compte de la durée du jour solaire, impose au citoyen une journée de travail dont la longueur est indépendante de la saison. Elle l'oblige à accomplir une grande partie de ce travail manuel ou intellectuel à la lumière artificielle. Depuis le siècle dernier, les techniciens de l'éclairage se sont efforcés d'améliorer la lumière artificielle des lampes, de la rendre toujours plus agréable à l'œil, plus intense et plus économique.

Rappelons brièvement les grandes étapes de ce progrès qui, jusqu'ici, a toujours précédé par bonds, chaque nouveauté faisant disparaître presque complètement — et du jour au lendemain — le mode d'éclairage en faveur avant elle : le manchon Auer, la lampe à arc, la lampe Edison à filament de carbone (1878) et la lampe à filament de tungstène et atmosphère gazeuse de Langmuir (1913).

A côté de l'industrie des ampoules électriques, une autre s'était développée parallèlement. C'était celle des tubes luminescents, utilisés pour la publicité.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 223, page 3.

Ces tubes, sans filament, étaient communément appelés : lampes électriques à gaz ou à vapeurs métalliques. Les tubes à vapeur de mercure, à néon, à argon et hélium, etc., appartiennent à cette catégorie.

Malgré les avantages techniques incontestables de ces nouvelles sources lumineuses sur les ampoules à filament, on ne pouvait envisager encore l'adaptation des tubes luminescents à l'éclairage domestique courant, pour deux raisons :

D'abord, les tubes luminescents à gaz rares ne pouvaient être excités et alimentés que par la haute tension ; ensuite, la lumière émise par ces tubes fournissait une gamme de couleurs riches et variées, allant de l'ultraviolet à l'infrarouge, mais à l'exception de la lumière blanche du jour, à laquelle notre œil est accoutumé.

Les lampes à vapeur de mercure, elles non plus et pour cette dernière raison, ne pouvaient être envisagées.

Pour l'éclairage public, au contraire, en outre du développement extraordinaire de ces industries aux fins publicitaires (enseignes lumineuses), des progrès remarquables étaient obtenus pour l'éclairage des

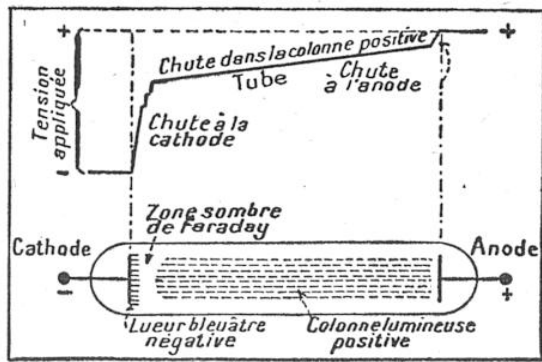


FIG. 1. — COMMENT VARIE LA TENSION LE LONG D'UN TUBE A GAZ RARÉFIÉ

La chute de tension n'est pas uniforme tout le long du tube. On voit que, dans certains cas, la chute à la cathode (chute nuisible puisque l'énergie dépensée à la vaincre l'est en pure perte) est plus forte que la chute de tension utile dans la colonne gazeuse. Il arrive même que la tension du réseau de distribution lui soit inférieure, ce qui rend impossible l'entretien de la luminescence du tube sans transformateur élévateur de tension.

grands espaces avec les nouvelles lampes à vapeur de sodium, et également avec les lampes à vapeur de mercure à haute pression.

Mais ces lampes sont d'un emploi encore assez limité, pour l'éclairage des routes, par exemple, bien que leur budget soit notablement inférieur à celui des lampes à filament de même puissance.

L'éclairage rationnel que l'on souhaitait (1) avec lumière blanche « du jour », en n'utilisant que des courants électriques sous basse tension (110 ou 220 volts) vient d'être réalisé au moyen du tube à gaz lumineux considérablement perfectionné. Bientôt nous le verrons sans doute passer, en France comme il l'a déjà fait dans d'autres pays, du laboratoire au domaine commercial.

Comment fonctionnent les tubes à gaz lumineux

On sait que le phénomène de luminescence (2) d'un gaz est provoqué par l'ionisation des molécules de ce gaz suffisamment raréfié, sous le choc des électrons émis par la cathode et accélérés par la différence de potentiel entre les électrodes. Le tube offre au passage du courant une certaine résistance qui n'est d'ailleurs pas uniformément répartie le long de la colonne lumineuse : la chute de potentiel par unité de longueur est plus grande au voisinage des électrodes

et en particulier au voisinage de la cathode, comme le montre la figure 1.

La chute cathodique de tension peut être, dans certains cas, de l'ordre de 400 V ; elle dépend de la nature de l'électrode et du gaz employé. La chute de tension dans la colonne gazeuse est proportionnelle à la longueur du tube ; elle varie avec la pression du gaz, le diamètre du tube, etc.

En pratique, comme le tube n'est jamais utilisé en courant continu, mais en courant alternatif, chacune de ses extrémités joue alternativement pendant une durée d'une demi-période les rôles de cathode et d'anode.

Un premier problème se pose donc pour l'utilisation du tube lumineux sur la basse tension du secteur de distribution :

La chute cathodique de tension doit être la plus réduite possible par rapport à la tension d'alimentation du secteur. On conçoit aisément qu'il est impossible de faire fonctionner sous 110 V des tubes lumineux munis d'électrodes en métaux ordinaires (cuivre, fer), même en donnant à ces électrodes de grandes surfaces, pour lesquelles les chutes cathodiques de potentiel peuvent être abaissées aux environs de 150 et 200 V !

Même avec une tension d'alimentation de 220 V, la tension résiduelle disponible aux bornes des électrodes est insuffisante pour exciter et entretenir l'ionisation dans la colonne gazeuse, ce qui ne peut se faire que par l'application d'une tension proportionnelle à la longueur du tube et qui dépend

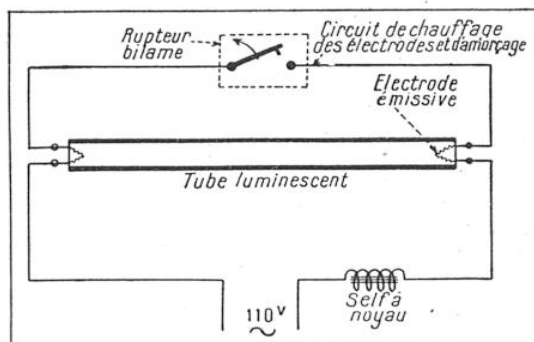


FIG. 2. - PRINCIPE DU MONTAGE DU TUBE FLUORESCENT FONCTIONNANT SOUS BASSE TENSION

Les électrodes doivent être portées à une température assez élevée pour émettre des électrons. Pour allumer le tube, on ferme le circuit d'amorçage, et le courant qui passe chauffe les deux électrodes. Puis on ouvre brusquement ce circuit à l'aide du rupteur. La surtension produite provoque le passage du courant dans le tube. La self a pour but d'empêcher la décharge, sous forme d'arc, de s'installer dans le tube.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 223, page 3.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 144, page 447.

de la nature du gaz, et cela rend le problème encore plus ardu.

Comment vaincre ces deux difficultés ?

Comment réduire la chute cathodique

Il existe trois types d'électrodes qui réduisent à quelques volts seulement la chute cathodique de potentiel :

L'électrode à tache cathodique, dont la première connue est la cathode au mercure. Elle fut employée par Cooper Hewitt. Après amorçage, il se produit à la surface du métal un point brillant par où s'échappe, sous forme d'électrons, la totalité du courant.

De son côté, Abadie a étudié la formation des taches cathodiques sur différents corps ou sels autres que le mercure : potassium, sodium, etc., s'apercevant qu'un changement physique de ces corps (volatilisation ou dissociation) pouvait favoriser l'apparition de la tache cathodique.

Malheureusement les électrodes à tache cathodique sur métal ne peuvent être utilisées avec le courant alternatif du secteur parce qu'elles s'éteignent à chaque demi-période. Elles nécessitent pour se reformer une surtension instantanée accompagnée d'un débit important. Elles sont parfaites pour du courant continu.

Les électrodes *thermoioniques* sont constituées par un fil de tungstène porté au rouge blanc. De telles électrodes émettent également une quantité importante d'électrons. La chute cathodique de potentiel est donc très faible. Malheureusement, le tungstène se volatilise rapidement sous l'effet du bombardement des ions positifs. Sous cette forme, il ne peut être utilisé efficacement en vue d'obtenir des tubes

luminescents de longue durée, fonctionnant sous 110 volts.

Viennent, enfin, des électrodes *émissives* formées par des alliages complexes ayant la propriété d'émettre des électrons en très grande quantité à une température relativement basse.

On a utilisé dans les lampes de T. S. F. des cathodes à oxydes alcalinoterreux (baryum, calcium, strontium, etc.), qui jouissent de propriétés émissives remarquables. Mais, dans ce cas, les électrodes

travaillent sous un vide pratiquement absolu et ne sont pas exposées à l'effet du bombardement des ions positifs ou négatifs, comme il s'en produit dans les tubes luminescents à atmosphère gazeuse, ce qui évite leur rapide destruction.

La difficulté technique à vaincre, dans le cas qui nous occupe, était précisément de pouvoir découvrir — pour les tubes à atmosphère gazeuse — des électrodes émis-

sives qui, avec le temps, conserveraient leurs propriétés physiques, en évitant les phénomènes de volatilisation ou de dissociation.

Pour donner à l'électrode la résistance mécanique indispensable pour la réalisation industrielle du tube luminescent à basse tension, les chercheurs avaient envisagé l'utilisation d'un métal support, fil de tungstène ou de nickel, autour duquel était déposée une couche d'oxydes de métaux alcalinoterreux. Mais, avec ces électrodes émissives, on n'obtenait encore qu'une solution approchée du problème posé.

En réduisant convenablement au chalumeau les oxydes de métaux alcalinoterreux déposés sur le métal support, l'ingénieur français Abadie fit apparaître en 1933 un

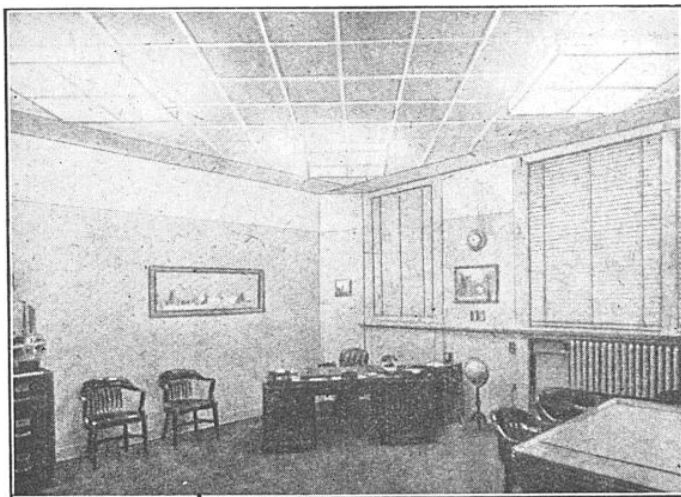


FIG. 3. — ÉCLAIRAGE D'UN BUREAU PAR LES NOUVEAUX TUBES LUMINESCENTS A BASSE TENSION AMÉRICAINS. Cette pièce est éclairée à travers un plafond de verre, diffusant la lumière de quatre tubes de 90 cm de longueur, ce qui assure une répartition parfaite de la lumière en tous ses points. La lumière blanche des nouveaux tubes permet, dans certaines réalisations, de produire des effets inédits, en particulier d'éclairer artificiellement une pièce par ses fenêtres, ce qui modifie aussi peu que possible son éclairage quand on passe de la lumière naturelle à la lumière artificielle.

alliage nouveau, de très mince épaisseur, jouissant des propriétés émissives que l'on recherchait, même après un long temps de fonctionnement.

Il semble qu'à partir d'une certaine température, ces alliages acquièrent des propriétés physiques analogues à celles des corps radioactifs, entre autres le pouvoir d'éjecter les électrons libres que contient tout métal.

Dans une atmosphère de gaz rares, le bombardement des ions positifs fait apparaître sur la surface vive de l'alliage ainsi formé le point chaud de plus faible résistance (point cathodique) où la chute de potentiel va se trouver la plus réduite et d'où s'échappera la quasi-totalité des électrons nécessaires à l'entretien du courant d'ionisation du tube luminescent pour basse tension.

L'énergie dépensée à l'électrode sera donc celle qui est nécessaire pour porter à la température voulue un point infime de l'électrode.

Ce résultat étant atteint, il importait de choisir, parmi plusieurs moyens, le procédé simple et pratique pour porter instantanément l'électrode émissive à la température initiale de fonctionnement.

La figure 2 représente le schéma, devenu classique, d'alimentation d'un tube luminescent à basse tension, avec circuit de chauffage.

Comment réduire la résistance de la colonne gazeuse à l'allumage

La réduction de la chute cathodique de potentiel de l'électrode d'un tube luminescent à quelques volts seulement était la condition essentielle d'un fonctionnement

sous la tension (110 ou 220 V) du réseau.

La réduction de la chute de potentiel dans la colonne gazeuse du tube à l'allumage améliorera encore le rendement d'un tel tube pour lequel on essayera d'obtenir le maximum de longueur (1) pour un diamètre donné.

Ce deuxième aspect de la question a

conduit les inventeurs à la recherche d'ingénieuses solutions : électrodes intermédiaires, bandes métalliques le long des parois intérieure ou extérieure du tube, antenne à l'intérieur du tube raccordée à l'une des électrodes par l'intermédiaire d'une résistance de plusieurs milliers d'ohms, etc.

Les dispositifs d'amorçage

Comme pour les tubes luminescents à haute tension, les nouveaux tubes basse tension ont une caractéristique électrique négative, c'est-à-dire que la tension aux bornes décroît quand croît l'intensité. La tension d'amorçage est, encore une fois, supérieure à la tension d'utilisation.

Pour éviter la mise en court-circuit du tube provoquée par un arc qui amènerait sa destruction immédiate, il faut prévoir, en série avec lui, ou une résistance ballast, ou une self à noyau convenablement cal-

culée, qui absorbe environ le tiers de la tension. Il faudra également envisager un dispositif capable, à la mise en service du tube, de créer la surtension requise pour assurer l'allumage.

Sur la figure 2, on se rend compte que l'opération se fait en trois temps : chauffage des électrodes pour les mettre en état d'émis-

(1) Ceci suppose déjà le choix de la pression optima du mélange gazeux à l'intérieur du tube.

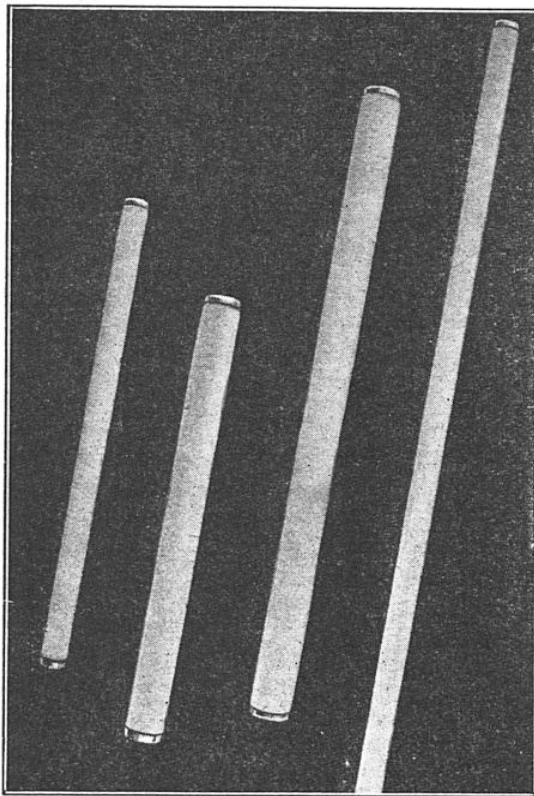


FIG. 4. — QUELQUES TUBES FLUORESCENTS RÉALISÉS EN AMÉRIQUE PAR LA « GENERAL ELECTRIC CO »

Ces tubes, qui donnent une lumière parfaitement blanche, sont construits en trois longueurs : 45, 67 et 90 cm. Ils fonctionnent sous des tensions variées s'échelonnant entre 110 et 230 volts. Leur installation est presque aussi simple que celle des lampes à filaments (à part la nécessité d'ajouter en série une self de stabilisation). Ce sont eux qui équipent le bureau représenté figure 3.

sion, création d'un extra-courant pour provoquer l'amorçage du tube et ioniser la colonne gazeuse ; entretien du courant d'ionisation par la tension du réseau basse-tension, limité au moyen de la résistance ballast ou par la self à noyau.

Dans les réalisations pratiques, la résistance ballast consiste en une lampe à filament, à bas voltage, d'un très heureux effet, ou bien la bobine à noyau, à cause de ses très faibles dimensions, peut être aisément logée dans l'un ou l'autre des culots du tube.

L'allumage est quasi instantané. Le tube s'éteint comme une lampe ordinaire. Il peut être réallumé, même à chaud.

Il est possible, si on le veut, pour créer la surtension d'amorçage, d'avoir recours à d'autres solutions que celle de l'extra-courant (décharge d'une self).

C'est ainsi qu'il a été proposé des dispositifs à résonance en intercalant dans le circuit d'allumage des capacités convenablement calculées.

Aujourd'hui, les dispositifs d'allumage sont parfaitement au point. Nous avons vu en service des tubes de 2 m 20 de longueur et 40 mm de diamètre (courant 2,5 ampères), fonctionnant avec seulement 84 volts aux bornes, et s'allumant spontanément sous la tension de 140 V.

Alors que la lampe à incandescence a un facteur de puissance très voisin de l'unité, on n'atteint pour les tubes que 0,60 à 0,65. On compense ce mauvais facteur de puissance par l'emploi de condensateurs branchés en dérivation sur le circuit d'alimentation.

De la lumière blanche avec un meilleur rendement grâce aux revêtements fluorescents

Grâce aux progrès de la liquéfaction des gaz, il est possible d'extraire de l'atmosphère les gaz rares qu'elle renferme, technique dont les perfectionnements sont dus, pour la plupart, à Georges Claude. Mais, comme

nous l'avons vu, la lumière émise par ces tubes est loin d'être blanche ; de plus, on se trouve très loin des conditions de l'éclairage idéal, pour lequel serait transformée intégralement en lumière visible toute la puissance dépensée. En particulier, une grande partie de la lumière émise se trouve en dehors de la gamme des radiations visibles, dans l'ultraviolet.

Pour récupérer ces radiations, l'inventeur J. Risler eut l'idée, en 1921 (1), de s'en servir pour exciter la fluorescence de certains corps sous l'action de l'ultraviolet. Cette technique a progressé depuis à pas de géants.



FIG. 5. — ÉCLAIRAGE D'UNE PLACE PUBLIQUE PAR TUBES LUMINESCENTS FONCTIONNANT SOUS BASSE TENSION A TRIESTE

Les lampadaires à lumière blanche fonctionnent sous 110 volts, et leur forme a été calculée pour répartir rationnellement la lumière sur de grands espaces.

La transformation des rayons invisibles en rayons visibles, en améliorant la qualité de la lumière, augmente considérablement le rendement lumineux du tube. On a pu s'en convaincre par la présentation tout à fait remarquable de tubes lumineux donnant une lumière blanche parfaite, au cours de la conférence de M. A. Claude, à la Société Française des Electriciens, en décembre 1938.

Mais c'est aux Etats-Unis que cette technique nouvelle semble avoir été plus particulièrement étudiée, pour être adaptée efficacement aux différentes applications industrielles de l'éclairage moderne.

On y trouve dans le commerce des poudres fluorescentes et phosphorescentes convenablement mélangées et des enduits pour les fixer sur les parois en verre des tubes ou

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 74, page 103.

des lampes. Voici, tableau I, une liste des produits actuellement sur le marché avec leurs principales caractéristiques (1).

Ces matières, par un mélange approprié, donnent, pour les couleurs obtenues et par excitation par une colonne gazeuse argon-mercure, des rendements lumineux différents, donnés par le tableau II.

À côté de cette technique, qui consiste à revêtir la paroi intérieure du tube avec des poudres fluorescentes fixées au moyen d'un enduit, il existe une autre technique égale-

présentent, industriellement parlant, le plus grand intérêt.

Bien entendu, tous les spectres de gaz rares et vapeurs métalliques ne sont pas également propres à exciter les produits fluorescents.

Dans le cas des tubes basse tension qui nous occupent, c'est un mélange d'argon et de mercure à basse pression qui constituera, semble-t-il, la colonne gazeuse la plus efficace. Les longueurs d'onde des rayons visibles et invisibles du mélange gazeux con-

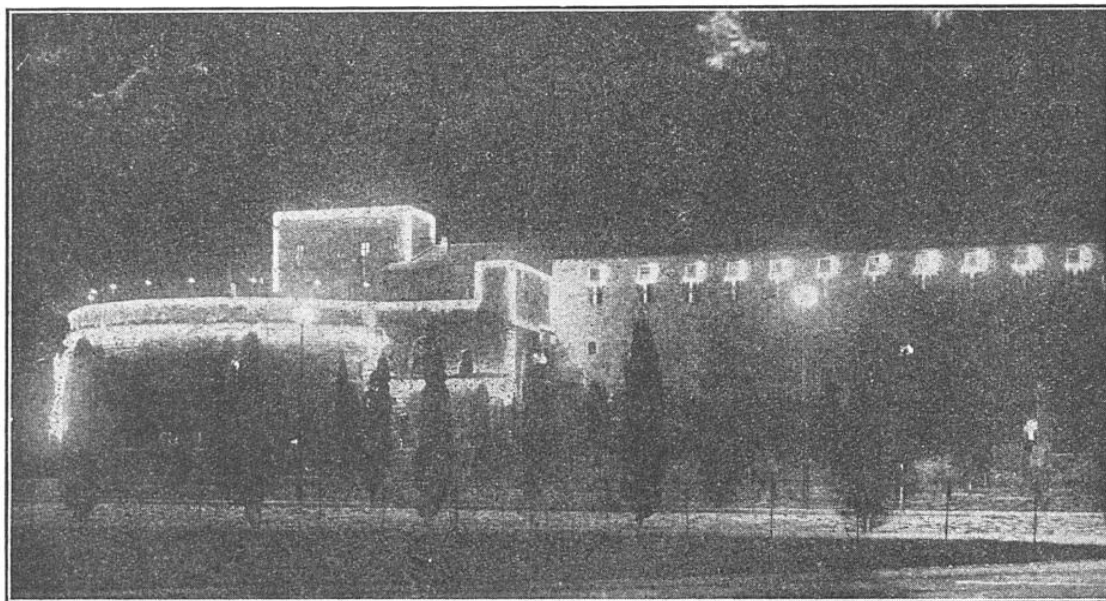


FIG. 6. — LE CHATEAU DE TRIESTE ILLUMINÉ PAR DES TUBES « LUMIÈRE DU JOUR »
Les mille tubes luminescents soulignant les contours du monument ont chacun une longueur de 1 m 50. Ils sont visibles à 25 km de distance, et la puissance absorbée pour produire cet éclairage est le tiers environ de celle qu'il aurait fallu dépenser avec des lampes à incandescence.

ment intéressante. Elle consiste à incorporer la matière fluorescente dans la masse même du verre ou « en sandwich » entre deux tubes concentriques (verres Fischer). Le rendement lumineux est beaucoup moins élevé qu'avec les tubes à poudres.

Mais des verres nouveaux ont été présentés à l'Exposition Internationale de 1937 par l'ingénieur français Georges Hertz, pour lesquels les rendements lumineux sont comparables, à leur tour, à ceux du tableau précédent.

Des deux techniques, celle qui l'emportera sera évidemment celle qui donnera, durant toute la vie du tube, le maximum de rendement lumineux. Sous cet aspect, ce sont les verres fluorescents qui, à notre avis,

(1) D'après l'*Electrical World*.

viennent parfaitement pour exciter les produits fluorescents et phosphorescents qui apportent les couleurs complémentaires pour obtenir la lumière blanche du jour.

On a également employé d'autres produits fluorescents que ceux qui sont énumérés dans le précédent tableau. Les meilleurs résultats ont été obtenus avec des tungstates ou du phosphosilicate de zinc. Chacun de ces corps est plus particulièrement sensible à une partie du spectre de l'ultraviolet. Dans le cas du phosphosilicate de zinc, on observe un maximum de sensibilité pour la longueur d'onde de 2 537 Angströms. On devra faire fonctionner le tube de manière à obtenir la plus grande proportion de cette raie dans le spectre.

Or, l'intensité de cette raie la plus favo-

nable, dite longueur d'onde de résonance, varie en fonction de la température de fonctionnement et passe par un maximum pour la température de 40°.

La longueur et le diamètre du tube sont généralement établis pour que leur fonctionnement convienne à cette température optimum. Pour tenir compte des fortes variations de température extérieure, l'ingénieur italien Missaglia utilise des bobines-ballast à prises de courant variables qui corrigent facilement, par un jeu de fiches, le régime du tube. Les dimensions des lampes actuellement réalisées par lui sont 1 m 60 de longueur pour un diamètre de 32 mm. Ce sont approximativement les mêmes dimensions qui ont été utilisées depuis dans les premières installations de ce genre réalisées aux Etats-Unis.

La « longévité » des tubes à basse tension

Nous avons indiqué l'essentiel de la question des tubes luminescents à basse tension. Il va sans dire que les constructeurs cherchent aujourd'hui à perfectionner la fabrication dont dépend la qualité des lampes

Couleurs émises	Lumens par watt
Blanc du jour	32 lumens
Blanc jaune	32 —
Or	20 —
Vert	60 —
Rouge	3 —
Bleu	18 —
Rose	22 —

TABLEAU II. — RENDEMENT LUMINEUX DE DIVERS MÉLANGES DE SUBSTANCES LUMINESCENTES (1)

ainsi que leur durée : nettoyage des tubes, préparation des électrodes, purification des gaz, formation, etc.

Après avoir mis au point la fabrication industrielle des tubes luminescents basse tension, l'ingénieur Missaglia nous a fait visiter de nombreuses installations d'éclairage public et domestique, pour lesquelles les lampes sont déjà en service, sous 110 V, depuis plus de 7.000 heures. Elles continuent à fonctionner sans défaillance. Son usine a déjà sorti, depuis 1936, plusieurs milliers de tubes, sa production étant définitivement entrée dans le stade commercial.

Les photographies, figures 5 et 6, représentent quelques-unes de ces installations. Ajoutons que les premières installations américaines de tubes luminescents basse tension en service datent de 1938.

G. CAPART.

(1) Le rendement est évalué en lumen par watt dépensé dans le circuit d'alimentation. Le lumen est le flux rayonné par une source uniforme de 1 bougie décimale à l'intérieur d'un cône (angle solide) découpant une surface de 1 m² sur une sphère de rayon 1 m, dont le centre serait la source lumineuse.

Matières fluorescentes	Longueur d'onde de la couleur	Couleur émise
Sulfure de zinc	4 700 à 5 800 Å ⁽¹⁾	bleu vert
Sulfure de zinc et cadmium	5 500 à 6 600 Å	rouge orange
Manganèse et argent ...	4 300 à 4 800 Å	bleu violet
Silicate de cadmium ...	5 900 à 7 000 Å	rose ou rouge
Tungstate de magnésium	4 300 à 5 000 Å	bleu clair
Tungstate de calcium ..	4 200 à 5 000 Å	bleu
Rhodamine	5 800 à 6 600 Å	orange
Anthracène	4 200 à 5 200 Å	bleu clair

(1) L'angström Å, unité de longueur, vaut 1/10 000 000 de mm.

TABLEAU I. — RADIATIONS ÉMISES PAR DIVERS PRODUITS FRAPPÉS PAR DES RAYONS ULTRAVIOLETS

L'industrie des matières plastiques a pris naissance, il y a plus de soixante ans, lorsque apparut le celluloid. Mais c'est seulement au cours des vingt dernières années qu'elle a pris le développement extraordinaire que l'on sait. De par sa nature même, elle s'est adaptée admirablement aux méthodes les plus modernes de production de masse. En fabriquant les matières plastiques par synthèse directe à partir du charbon et de la chaux, de l'eau et de la cellulose, le chimiste a transformé les conditions économiques du monde. C'est aux matières plastiques que nous devons, en particulier, le film cinématographique et le disque de phonographe et, pour une grande part, le développement actuel de l'électrotechnique, de la radio, du téléphone, etc. Déjà elles se sont introduites dans l'industrie des transports, et sans doute bientôt assisterons-nous à leur application généralisée dans la construction automobile et aéronautique.

LES ESSAIS OPTIQUES SUR MAQUETTES REVÈLENT LES EFFORTS DANGEREUX AU CŒUR DES OUVRAGES D'ART

Par Charles BRACHET

Dans l'établissement d'un projet (ouvrage d'art, pièce de machine, etc.), l'ingénieur qui fait appel aux lois de la résistance des matériaux sait trop bien dans quelles limites celles-ci sont valables, et que les résultats de ses calculs, échafaudés sur des hypothèses parfois fort éloignées de la réalité, comportent une très large marge d'incertitude. La hardiesse des ouvrages d'art modernes ne permet plus de se fier comme par le passé à la simple intuition du technicien et le recours à l'expérimentation s'impose aujourd'hui dans tous les domaines pour pallier les insuffisances de la théorie. Parmi les procédés imaginés dans ce but, il en est un qui est remarquable à la fois par son élégance et sa simplicité : c'est la « photoélasticimétrie », fondée sur la propriété qu'ont certaines substances transparentes de manifester une modification de leurs propriétés optiques aux points où elles sont soumises à des efforts. Ainsi peut être rendue directement visible sur une maquette la répartition des tensions et des tractions dans la masse, d'où se déduisent sans peine les corrections à apporter au dessin de l'ouvrage pour renforcer les points faibles soumis à des efforts excessifs. Ponts, barrages, voûtes de souterrains, aqueducs peuvent être ainsi soumis à des essais préalables sur modèles réduits, de même que l'innombrable variété des pièces métalliques de la construction mécanique, automobile ou aéronautique, et des organes en mouvement des machines et des moteurs les plus divers.

TOUTE l'industrie est fondée sur la résistance des matériaux. Qu'il s'agisse d'un pont en béton, d'une machine en acier, d'un appareil électrique aux isolants fragiles, la qualité de la réussite dépend, tous comptes faits, d'une armature solide. Or, si paradoxal qu'il puisse paraître, les propriétés mécaniques des solides demeurent un pur mystère : si l'on s'en tient aux théories atomiques actuelles, « une poutre d'acier devrait être cent mille fois plus résistante qu'elle n'est en réalité », écrit A. W. Haslett, savant professeur de Cambridge.

Certes, à défaut de leur résistance intrinsèque, on connaît la résistance pratique des divers matériaux. En se donnant des coefficients de sécurité convenables, on peut du moins calculer avec assurance la forme d'un pont ou d'une pièce de moteur, en vue de satisfaire aux exigences toujours accrues d'allègement, qu'imposent des nécessités, soit techniques, comme en aviation, soit économiques, comme dans le génie civil.

Le calcul des formes en fonction des efforts qu'elles doivent supporter est toujours malaisé. Tel spécialiste d'une vaste entreprise m'avouait un jour : « Quand j'ai péniblement établi mes équations, je dois choisir, à vue de nez, les facteurs trop complexes

qu'il me faut sacrifier pour aboutir à une solution. Ce faisant, je ne sais plus au juste ce que je sacrifie en matière de sécurité. »

Dans ces conditions, l'ingénieur doit-il désespérer et, finalement, décider à l'aveuglette du profil et de l'épaisseur d'une voûte, des arrondis d'un vilebrequin, du nombre et des emplacements des rivets couturant les tôles d'une chaudière ou d'une coque de navire ?

Non. Une fois accompli son calcul des formes, il lui reste à vérifier celles-ci au laboratoire.

La complexité mystérieuse des contraintes élastiques

L'ingénieur se placera — c'est le but des coefficients de sécurité — dans des conditions suffisamment éloignées des conditions de rupture, et, dans ce cas, les déformations qui résultent des efforts appliqués au matériau sont des déformations élastiques, c'est-à-dire que le corps reprend son état initial quand on cesse d'agir sur lui.

Les efforts supportés par le matériau sont des tractions ou des compressions ; ces forces se transmettent de proche en proche dans le volume et, si nous voulons les définir avec précision, nous sommes amenés à considérer

en un point des « pressions » ou des « tensions » qui se mesurent, les unes et les autres, par le rapport d'une force à une surface.

Rien n'est plus aisé à saisir intuitivement que ces notions, quand la force est parfaitement située relativement à la surface « résistante ». Si la force « pousse », il s'agit d'une pression. Si elle « tire », il s'agit d'une tension. Une force appliquée (au moyen d'un piston) à un élément de surface d'une masse liquide (enclose dans un récipient) se répartit également dans toutes les directions au sein du liquide : c'est le principe de la presse hydraulique. Mais une force appliquée, de même,

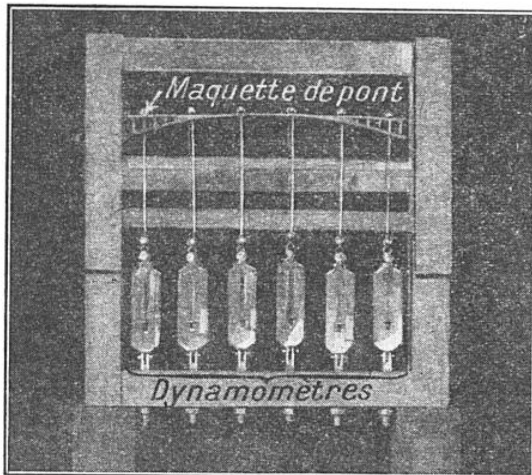


FIG. 1. — LE PREMIER MODÈLE RÉDUIT DE PONT ÉTUDIÉ PAR LA PHOTOÉLASTICITÉ. Il s'agit du pont de la Balme, construit en 1913 et qui fut « éprouvé » avant sa construction par l'ingénieur français Mesnager.

à un élément de surface d'un corps solide se décompose inégalement, à l'intérieur du solide, suivant les diverses directions. Et ceci dépasse, quoi qu'on dise, l'intuition claire.

Il faut, en effet, pour définir les tensions et les pressions à l'intérieur du solide, considérer en chaque point une section superficielle « idéale » à laquelle appliquer la force considérée — positive s'il s'agit d'une pression, négative s'il s'agit d'une tension. Mais si les mots « pousser » et « tirer », qui définissent justement le sens ($\pm$) de la force, ont une signification claire tant qu'il s'agit de forces extérieures au corps considéré, ces mots prennent un sens forcément ambigu lorsqu'on est obligé de considérer les éléments intérieurs du solide, suivant ses trois dimensions.

L'étude de la répartition des contraintes ainsi conçues donne lieu à des calculs com-

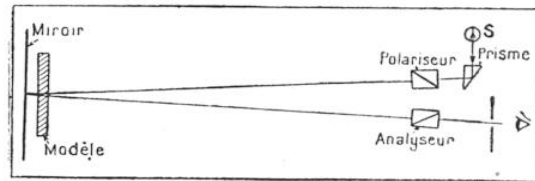


FIG. 2. — EXAMEN D'UNE MAQUETTE EN LUMIÈRE POLARISÉE

La lumière est ici polarisée par un « nicol » ; elle traverse deux fois le modèle et va à l'analyseur.

plexes qui conduisent à envisager, en chaque point d'un solide élastique, une figure géométrique à trois dimensions, l'« ellipsoïde de Lamé ». On le dessine très simplement en portant à partir du point considéré et dans chaque direction une longueur proportionnelle à l'effort (traction ou pression) suivant cette direction. Les trois axes principaux de cet ellipsoïde correspondent en direction et grandeur aux « efforts principaux » au point considéré, c'est-à-dire aux directions suivant lesquelles l'effort est maximum ou minimum. Toutefois, le problème se simplifie si on limite volontairement le corps étudié par deux faces planes parallèles, comme c'est le cas, par exemple, d'un mur, d'un pont, d'une entretoise et, plus généralement, d'une section quelconque de la pièce étudiée. Avec l'immense majorité des pièces mécaniques, les résultats observés pour une section perpendiculaire à l'axe seront vrais pour toutes les autres ; dans ce cas, on n'a plus à considérer un ellipsoïde, mais une ellipse des tensions et des compressions.

En chaque point, les axes de cette ellipse définissent l'une la direction de tension maximum et l'autre la direction de tension minimum ; l'ensemble de ce point et de

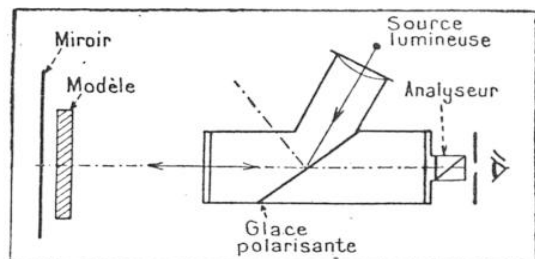


FIG. 3. — AUTRE DISPOSITIF POUR L'ÉTUDE D'UNE MAQUETTE

La lumière est polarisée par une glace réfléchissante sous incidence convenable. L'appareil permet d'observer les lignes « isoclines » dont on provoque le déplacement par une rotation du système analyseur-polariseur autour de son axe optique.

ces deux directions forme un « élément de contact ». Tous les éléments de contact définissent deux familles de courbes orthogonales dont les tangentes, en un point considéré, sont précisément dirigées suivant ces directions principales. Ces courbes sont appelées lignes *isostatiques* parce que ce sont les lignes suivant lesquelles les tensions s'équilibrent. Nous verrons qu'il existe des procédés expérimentaux pour prévoir ces lignes isostatiques qui dessinent la répartition des efforts dans la pièce à étudier.

L'expérimentation physique, arbitre suprême des calculs

Pour étudier la répartition des efforts dans la pièce à essayer, l'ingénieur établit une maquette réduite du futur ouvrage et la soumet à des efforts proportionnels aux efforts que supportera la construction en vraie grandeur.

Sur la maquette ainsi préparée, la physique offre à l'ingénieur un grand choix de moyens théoriques pour mesurer point par point les *déformations élastiques* du matériau (1).

Il peut, tout d'abord, mesurer au micro-

(1) Une *déformation élastique* est celle qui disparaît quand on supprime l'effort qui la provoque. Une *déformation permanente* est celle qui persiste après la suppression de l'effort. Celle-ci indique toujours l'imminence de la rupture. Ainsi la vérification du pouvoir de résistance mécanique d'une forme solide se ramène à l'observation de ses déformations élastiques.

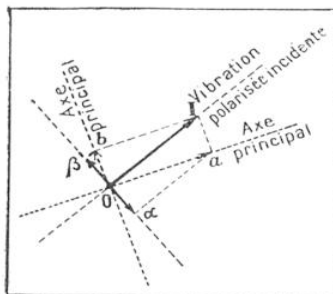


FIG. 4. — DIAGRAMME ILLUSTRANT LE PRINCIPE DE LA MÉTHODE PHOTOÉLASTICIMÉTRIQUE

La lumière incidente est polarisée suivant OI (par passage à travers une première lame polarisante, dite polariseur). Elle est décomposée suivant les axes principaux au point considéré du modèle en deux composantes Oa et Ob (les axes principaux sont les directions suivant lesquelles les efforts internes sont maximum et minimum). La lumière traverse ensuite une seconde lame polarisante (dite analyseur) dont le plan de polarisation est disposé à 90° par rapport à celui de la première lame. De Oa et Ob, il ne reste plus que O α (pour Oa) et O β (pour Ob). On voit que si l'on fait tourner l'ensemble polariseur-analyseur autour de l'axe O, O α et O β s'annulent simultanément lorsque OI est dirigé suivant l'une des directions principales. Aucune lumière ne passe alors et le point O paraît noir.

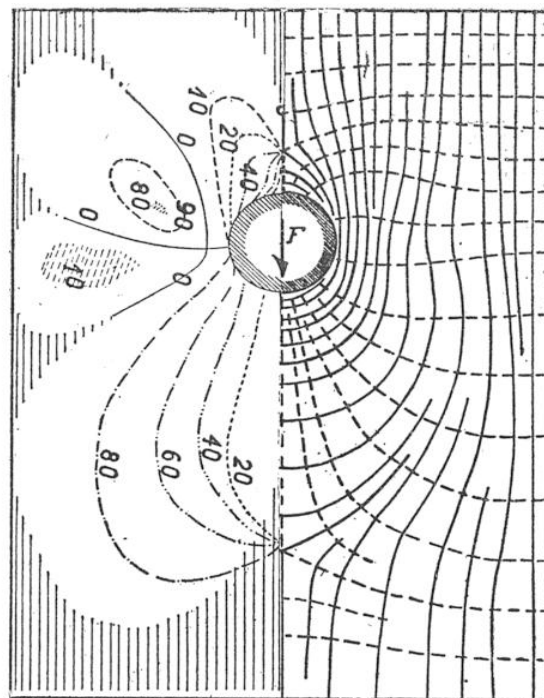


FIG. 5. — CONTRAINTES DÉVELOPPÉES PAR UN RIVET DANS UNE PLAQUE D'ACIER

Le rivet exerce sur la plaque une force de résultante F. La distribution des contraintes dans la plaque est représentée par les lignes isostatiques (à droite), qui indiquent en chaque point la direction des efforts principaux. Mais ces lignes isostatiques sont tracées par des procédés graphiques, et ce qu'on observe directement, ce sont les lignes isoclines (à gauche) qui indiquent tous les points pour lesquels ces efforts ont une même direction.

mètre la variation, sous l'effort, des dimensions géométriques de la maquette.

Il peut, si la matière utilisée pour établir cette maquette est conductrice, lui appliquer (suivant des contacts d'entrée et de sortie variés) des courants électriques. Ceux-ci se trouvent modifiés par l'état de compression ou de tension des régions qu'ils ont à parcourir dans la masse.

Il peut recommencer la même exploration en appliquant à la maquette des courants de haute fréquence.

Il peut recommencer encore, en observant les variations des fréquences sonores, au fur et à mesure de percussions judicieusement appliquées. Qui de nous n'a grossièrement utilisé ce moyen pour détecter une fêlure ?

Mais aucune de ces méthodes n'atteint la précision ni la richesse d'information que fournit la « photoélasticimétrie ». Sous ce

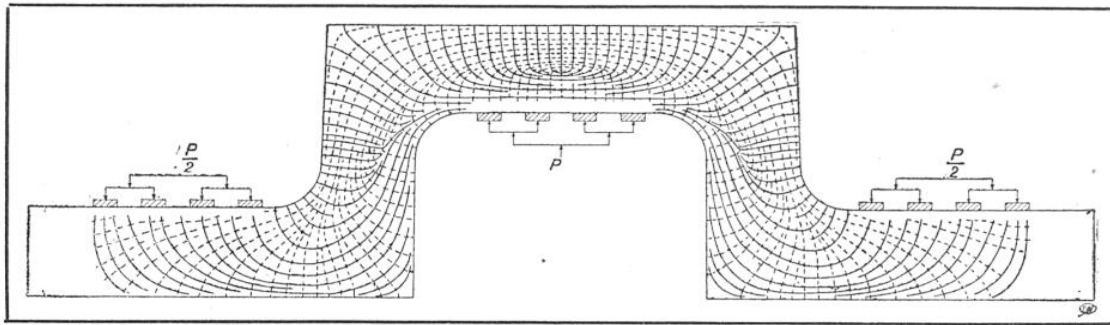


FIG. 6. — ESSAI DE FLEXION D'UN VILEBREQUIN DE MOTEUR

Les efforts transversaux supportés en service normal par l'arbre et les manetons sont figurés dans cet essai par des charges P et $P/2$ réparties sur une longueur convenable.

terme rébarbatif se cache, en effet, l'une des plus belles harmonies physiques, c'est-à-dire l'accord parfait entre les déformations élastiques d'une matière transparente et les « déformations » optiques de certaine lumière dont on la baigne.

Elasticité de la matière et polarisation de la lumière

Supposons la maquette établie en l'un de ces matériaux transparents doués de qualités de biréfringence que nous offre l'industrie chimique : verres de toutes sortes et « plastiques », tels que bakélite, xylonite, celluloid, parillithe, plexiglas, trolon, marblette etc. Tant que les déformations appliquées demeureront « élastiques », la substitution de telles matières à celle de la construction réelle demeure légitime, puisque, dans l'un et l'autre cas, on se tient à distance respectueuse des conditions de rupture : l'élasticité confère, en effet, à toutes les matières, la proportionnalité des efforts (en grandeur) et leur similitude (en direction).

Au laboratoire, la maquette est donc soumise à des efforts rigoureusement semblables et proportionnels à ceux qui attendent l'ouvrage en vraie grandeur. Cette application de forces extérieures provoque, à l'intérieur de la masse résistante, des « pressions » et des « tensions » dont il s'agit justement de dessiner l'image.

Un effet physique providentiel permet d'obtenir cette image : l'indice de réfraction

de la substance transparente se trouve localement modifié partout où apparaissent ces pressions et ces tensions. Et il est modifié suivant les lois optiques dites de « biréfringence ». Il n'est donc besoin que d'étudier sur la maquette ces effets optiques pour en déduire leurs causes élastiques et les tensions internes dans l'ouvrage à l'étude.

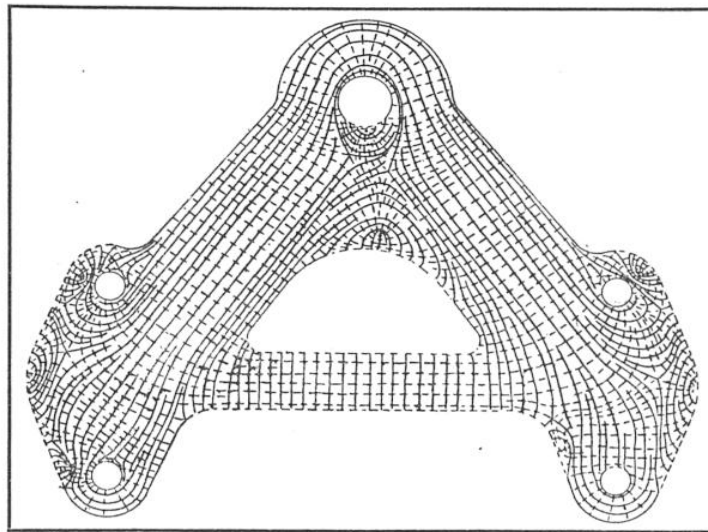


FIG. 7. - RÉPARTITION DES LIGNES « ISOSTATIQUES » DANS UNE PIÈCE DE FIXATION DE LONGERON AU FUSELAGE D'UN AVION
Dans une pièce compliquée, il est impossible de mettre en évidence les efforts par aucune autre méthode que par la méthode photoélastique.

La biréfringence d'une lame déformée élastiquement

Le lecteur connaît certainement les particularités optiques des cristaux tels que le quartz et le spath d'Islande, qui propagent

la lumière inégalement vite suivant certaines directions (1).

Une matière transparente soumise à des efforts devient également anisotrope, mais, comme ces efforts ne sont pas uniformément répartis dans la masse, le problème de la propagation de la lumière dans cette matière devient bien plus complexe. Aussi nous contenterons-nous d'étudier le cas particulier déjà envisagé à propos des contraintes élastiques : celui d'une lame soumise à des efforts dirigés dans le plan de cette lame. La lumière incidente ne sera pas non plus dirigée d'une façon quelconque, mais perpendiculairement au plan de la lame.

Nous rappellerons aussi que les physiciens ont été amenés à considérer la lumière comme composée de vibrations perpendiculaires à la direction, mais orientées dans tous les sens (Fresnel).

Au passage à travers la lame déformée élastiquement, la lu-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 245, page 397.

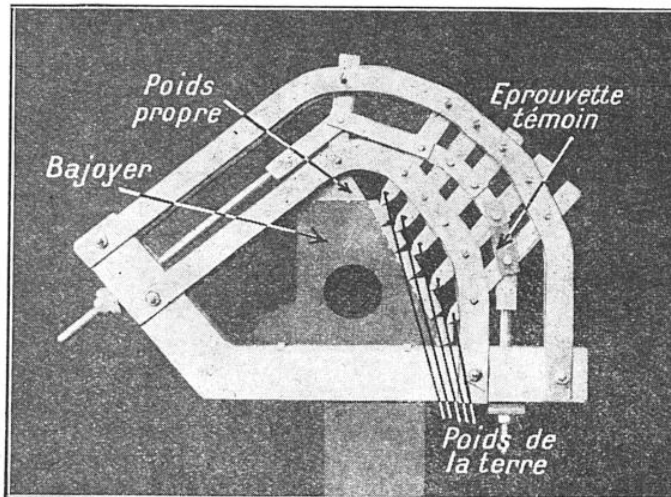


FIG. 9. — ÉPREUVE DE RÉSISTANCE D'UN BAJOYER D'ÉCLOUSE SOUMIS A LA PRESSION DES TERRES

Le bajoyer, à l'intérieur duquel on a ménagé le passage d'une canalisation, doit pouvoir résister à son poids propre et à la poussée des terres, que l'on ne connaît pas exactement. On fait une hypothèse sur la nature de cette poussée croissante avec la profondeur et inclinée d'un certain angle sur la verticale. Les pièces servant à appliquer les efforts forment un système articulé, et il suffit de mesurer la tension exercée sur une des branches (éprouvette-témoin) pour connaître la valeur des efforts appliqués en chaque point de la maquette.

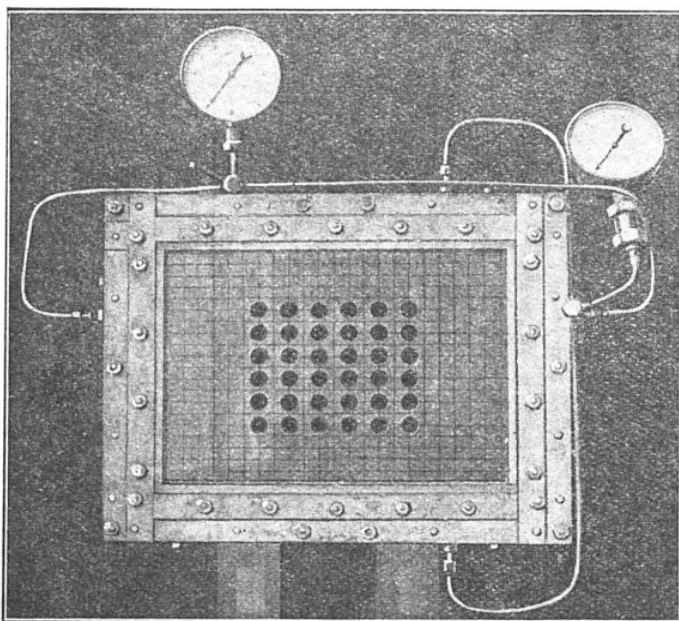


FIG. 8. — MODÈLE DE PLAQUE DE CHAUDIÈRE POUR L'ÉTUDE DE LA RÉPARTITION DES PRESSIONS

Les pressions sont exercées sur les côtés de la plaque au moyen de règles appliquées sur ces côtés par des tubes de caoutchouc remplis d'eau à pression convenable.

mière naturelle se décompose en deux radiations qui sont dites « polarisées », parce qu'elles ne contiennent plus, l'une et l'autre, que des vibrations orientées dans un seul plan. Les plans correspondant aux deux radiations sont perpendiculaires entre eux et passent précisément par les lignes de contrainte maximum et minimum.

Nous apercevons donc un moyen de tracer les lignes isostatiques dont nous avons parlé plus haut : il suffira de connaître la direction des plans de polarisations des deux radiations qui auront traversé la lame.

Le tracé des lignes « isoclines » en lumière polarisée

Prenons donc notre maquette à laquelle nous appliquons des efforts semblables à ceux que la pièce à étudier aura à supporter dans la pratique, et éclairons-la par de la lumière polarisée.

Le physicien sait préparer cette lumière en filtrant la lumière

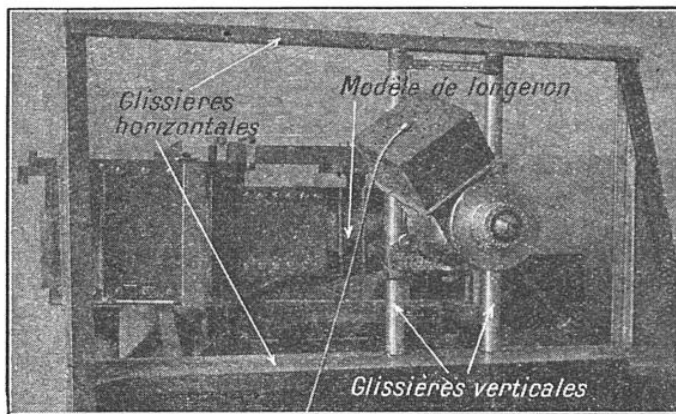


FIG. 10. — LA FLEXION D'UN LONGERON D'AVION OBSERVÉE AVEC UN APPAREIL OPTIQUE DE GRANDES DIMENSIONS. La maquette observée est de grandes dimensions, et l'on déplace l'appareil sur des glissières pour en étudier les différentes parties.

ordinaire à travers des dispositifs spéciaux (nicols, écrans polarisants, miroirs inclinés à certaine incidence).

Si l'on reçoit le faisceau ainsi polarisé sur un nouveau dispositif polarisant, mais dont le « plan de polarisation » fait un angle droit avec celui du premier dispositif, le faisceau lumineux se trouve *radicalement éteint*. Il ne reste plus rien de la vibration lumineuse primitive.

Le premier des deux dispositifs optiques se nomme le « polariseur » P ; le second, l'« analyseur » A .

Plaçons maintenant, entre P et A , sur le parcours du faisceau ainsi éteint, une matière transparente biréfringente du genre de notre maquette. Elle décompose la vibration plane restante après le passage par P en deux vibrations dans des plans rectangulaires. Au passage à travers A , il restera les composantes de ces deux vibrations perpendiculaires au plan de polarisation A . Nous avons détruit par conséquent l'effet du *dispositif d'extinction* constitué par P et A . Et la lumière réapparaît derrière l'oculaire de l'analyseur A , qui, toujours, ferme la marche du dispositif optique ainsi agencé (fig. 4).

Mais, si nous opérons avec une maquette, puisque la répartition des tensions et des pressions n'y est pas uniforme, la lumière réapparaît non pas en une teinte uni-

forme, mais suivant des *franges lumineuses* alternant l'obscurité et la clarté. Que représentent ces franges ?

Considérons un point d'une ligne obscure. En ce point la lumière polarisée par le dispositif P n'a pas été altérée par la lame à étudier, puisqu'elle continue à être éteinte par l'analyseur A . Pour cela, il a fallu qu'elle ne donne aucune composante suivant une des lignes isostatiques de la lame. Par conséquent, elle est perpendiculaire à cette ligne et tangente à la deuxième ligne isostatique passant par le point. Les lignes sombres représentent donc tous les points où les isostatiques ont des tangentes parallèles. En faisant tourner le dispositif (A, P) de 90° , ces lignes sombres se déplacent et, dans chaque position, elles marquent tous les points des isostatiques qui ont même inclinaison que le dispositif (A, P), d'où le nom de lignes *isoclines* donnée à ces raies sombres. Une fois tracées les isoclines, il devient facile de tracer les isostatiques.

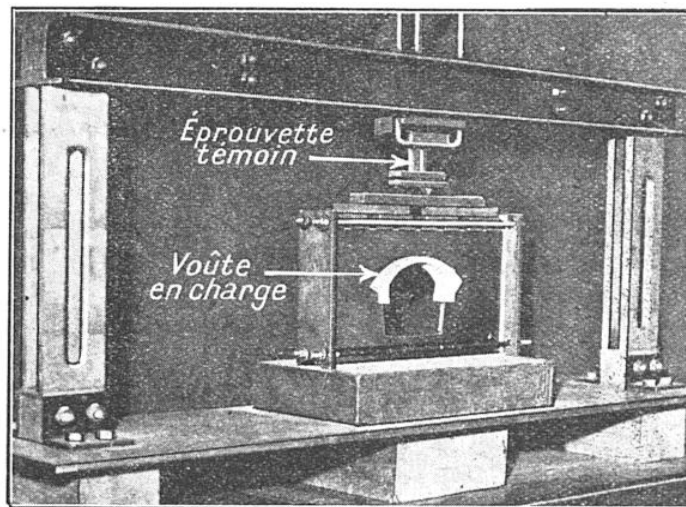


FIG. 11. — MISE A L'ÉPREUVE D'UNE VOÛTE DESTINÉE A SUPPORTER LA PRESSION DES TERRES ENTRE 40 ET 100 M DE PROFONDEUR

Le problème consistait à calculer l'inclinaison de l'extrémité oblique de la voûte de façon à pouvoir réduire à une simple plaque de ciment le revêtement du fossé protégé par la voûte, et cela en « écartant » suffisamment du fossé les efforts transmis par la voûte. Dans le cas présent, c'est la répartition des tensions à l'intérieur de la terre que l'on observe comme s'il s'agissait d'un milieu élastique, ce qui n'est pas le cas, mais l'ingénieur doit parfois se contenter de telles approximations.

Comment on calcule les « contraintes »

La méthode précédente nous offre le moyen de connaître en chaque point du modèle, et, par transposition, de l'ouvrage étudié, la *direction* des efforts principaux, ou contraintes principales. La photoélasticité permet également de connaître leur valeur.

Dans l'expérience précédente, nous avons dit qu'à la sortie de l'analyseur on observait des franges alternativement claires et obscures. En réalité, si le modèle est suffisamment chargé, et si l'on opère en lumière blanche, on observe, non pas un, mais deux systèmes de franges, le deuxième présentant des irisations aux teintes des anneaux de Newton. D'où proviennent ces franges ? Nous avons vu plus haut que la lumière sortant de l'analyseur résultait de la superposition de deux vibrations ($O\alpha$ et $O\beta$) correspondant aux deux vibrations rectangulaires (Oa et Ob) qui prennent naissance lors de la traversée de la maquette biréfringente. Or, ces deux radiations se sont propagées à travers la maquette avec des vitesses différentes, de sorte qu'un des rayons $O\alpha$ et $O\beta$ présente un « retard » sur l'autre : c'est-à-dire qu'ils vont interférer lorsque ce retard atteindra une demi-longueur d'onde ou un multiple impair de demi-longueur d'onde. Ce retard est précisément proportionnel, non seulement à l'épaisseur de la lame biréfringente, mais encore à la *différence des contraintes principales* au point considéré.

En lumière simple (monochromatique), on observerait des franges alternativement claires et sombres. En lumière blanche, on observe des irisations, car les interférences, fonction de la longueur d'onde, ne se produisent pas au même endroit pour toutes les radiations. Les lignes de même couleur (isochromatiques) sont les lignes pour lesquelles la différence des contraintes maximum est la même.

L'étude de ce deuxième système de franges colorées est grandement facilitée lorsqu'on

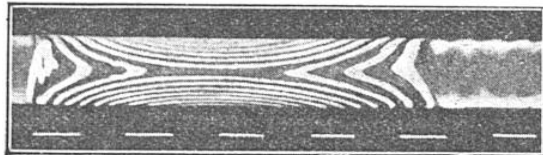


FIG. 12. — INSTANTANÉ AU 1/45 000° DE SECONDE DE LA PROPAGATION DES TENSIONS ÉLASTIQUES DANS UNE POUTRE SOUMISE A UN CHOC LONGITUDINAL

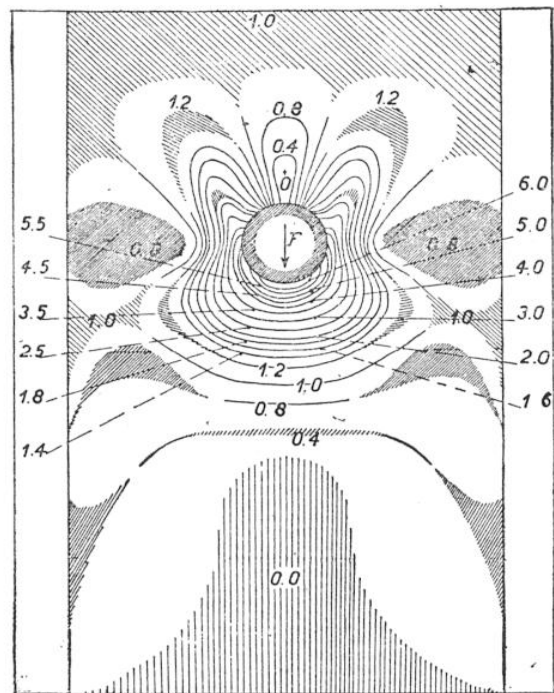


FIG. 13. — LES LIGNES « ISOCHROMATIQUES » D'UNE PLAQUE AUTOUR D'UN RIVET

Les chiffres marqués indiquent la valeur de la différence des contraintes principales, valeur qui détermine les colorations. On sait, par ailleurs, mesurer (par une méthode plus compliquée) la somme de ces contraintes principales et, par conséquent, les calculer.

fait disparaître le premier système (isoclines). Pour cela, on remarque que les franges isochromatiques, dues à l'interférence, ne dépendent en aucune façon de l'orientation du système polariseur-analyseur, alors que, lorsqu'on le fait tourner de 90°, tout le réseau des isoclines défile sous les yeux de l'observateur. Il suffit donc de faire tourner l'ensemble polariseur-analyseur à grande vitesse pour que la rapidité du déplacement des isoclines les rende invisibles. Il reste alors les isochromatiques.

Dans la pratique, on laisse le polariseur et l'analyseur fixes, mais c'est la lumière que l'on fait tourner, c'est-à-dire que l'on envoie à travers la maquette biréfringente de la lumière polarisée circulaire (1).

(1) On dispose, dans ce but, entre le polariseur et le modèle, une lame cristalline quart d'onde orientée à 45° sur le plan du polariseur et une lame identique, orientée à 45° sur le plan de l'analyseur, entre le modèle et l'analyseur. La lame quart d'onde est une lame à faces parallèles qui est faite d'une substance biréfringente d'épaisseur calculée de telle sorte qu'elle introduise entre les deux composantes qu'elle propage une différence de phase égale à un

L'observation des isochromatiques nous a permis de calculer la différence des efforts principaux. On déduit la valeur des efforts eux-mêmes de cette différence et des rayons de courbure des courbes isostatiques par des calculs qui sortiraient du cadre de cet article (1).

Nous ne saurions décrire ici la mise en œuvre de cette méthode sans entrer dans de fastidieux détails techniques. Sachons qu'ils existent et passons maintenant en revue les résultats pratiques obtenus par l'admirable technique de la photoélasticimétrie.

L'extension incessante de la photoélasticimétrie

L'introduction méthodique, au laboratoire d'études, de l'expérimentation photoélastique est l'œuvre du savant français Augustin Mesnager. Le premier problème qu'il traita fut la vérification du projet de construction du pont de la Balme (fig. 1).

Depuis, l'ingéniosité des expérimentateurs s'est donnée libre cours. Les maquettes d'ouvrages d'art, aux profils les plus divers, se sont succédé sur leur banc d'essai.

Au laboratoire de l'Ecole Nationale des Ponts et Chaussées dont un éminent spécialiste, M. Hainault, dirige la section consacrée à la photoélasticimétrie, nous avons pu voir, sur le banc d'essai, la maquette d'une écluse importante dont les bajoyers, évidés par nécessité de construction, se sont révélés insuffisamment bien profilés (fig. 9).

Mais c'est peut-être dans l'étude des pièces détachées de la construction métallurgique où elle s'étend chaque jour davantage, que la photoélasticimétrie rend les services les plus concrets — étant irremplaçable.

Le travail de cisaillement d'un rivet et des tôles qu'il coudrait resterait totalement inconnu sans l'étude photoélastique. Et, dans ce cas (fig. 5), l'empirisme ne pourrait suppléer à la construction rationnelle, puisque, multiplier les trous, ce n'est pas forcément, en l'espèce, accroître la solidité. De plus, un rivet qui saute, c'est comme une couture « à la chaîne » dont une première maille se défait : toute la suture y passe. On en peut dire autant des soudures, autogènes ou non.

L'insertion des « tubes » dans les plaques de chaudières tubulaires à haute pression (fig. 8) quart de longueur d'onde ; ces composantes étant égales par suite de l'orientation de la lame, la vibration à la sortie est circulaire. La deuxième rétablit la polarisation rectiligne.

(1) On préfère parfois calculer la somme des efforts principaux en mesurant la variation d'épaisseur de la lame par une méthode d'interférence.

n'est pas moins délicate : la photoélasticité renseigne sur la valeur de « dudgeonnage ».

Quant à la construction aéronautique, on peut dire que l'étude photoélastique de ses pièces pro filées contribuera de plus en plus à leur allègement sans diminuer leur coefficient de sécurité. Voyez (fig. 7) le profil complexe de la pièce qui attache un longeron au fuselage d'un avion : les lignes « isostatiques » des contraintes principales qu'elle doit supporter ne laissent aucune prise à l'imprévu, si le constructeur sait en tenir compte.

Mais les ambitions des expérimentateurs vont plus loin. Elles ne se bornent pas à étudier les efforts statiques (d'équilibre permanent) ; elles tendent à mettre en évidence les contraintes élastiques périodiques que supportent des pièces de machine en travail. De ce point de vue le profil qu'on assigne à un vilebrequin n'a pas grand-chose à voir avec l'esthétique du « coup d'œil ». On serait tenté d'arrondir les angles extérieurs ou de trancher en équerre les angles intérieurs. C'est l'inverse qu'il faut faire, comme l'indique l'exemple ci-joint.

Les engrenages, les outils d'aciers spéciaux piochant le métal sur le tour, voient leur travail facilité par l'étude photoélastique.

Les perfectionnements en cours

Un spécialiste japonais, M. Tuzi, et M. Tovenin, en France, ont entrepris des essais pour étendre l'étude photoélastique aux pièces soumises à des efforts dynamiques sans arrêter leur mouvement. C'est ici que doit intervenir sinon une cinématographie continue, du moins une série de photographies instantanées, convenablement juxtaposées dans le temps et qui devront se contenter du 1/45 000 de seconde, voire de la microseconde (millionième) comme temps de pose.

Ajoutons qu'on entreprend, dès maintenant, l'exploration de la troisième dimension quant aux contraintes supportées. En mécanique, effectivement, la pièce examinée n'a pas toujours la symétrie axiale qui conditionne l'examen entre deux faces planes. On veut connaître l'allure de la troisième ligne « isostatique » des contraintes, celle qui, dans les montages envisagés ici, doit céder la place au regard de l'observateur. Pour atteindre ce nouvel élément d'information, on trempe brusquement la maquette soumise aux efforts considérés, puis on la scie dans le plan désiré : la lumière polarisée décèle les lignes de contrainte ainsi fixées par artifice.

CHARLES BRACHET.

A PROPOS D'UN « SALON » FANTOME

L'ÉVOLUTION DE LA TECHNIQUE AUTOMOBILE EN EUROPE ET EN AMÉRIQUE

Par Henri PETIT

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Malgré la suppression du Salon de l'Automobile, nous ne voulons pas manquer de dresser, comme chaque année à pareille époque, un tableau de l'état présent de la construction automobile. Depuis plusieurs années déjà, le profane a pu constater une diminution marquée dans la rapidité d'évolution de la technique des véhicules routiers à traction mécanique, tant en ce qui concerne leur aspect extérieur (fixé par les lois de l'aérodynamique auxquelles tous les constructeurs devront, en définitive, obéir) que dans le perfectionnement apparent des divers organes du châssis. Pour être moins évident, le progrès, d'une année sur l'autre, n'en est pas moins réel et profond. Il porte aussi bien sur la qualité du combustible (indice d'octane), qui permet l'augmentation des taux de compression des moteurs en vue d'accroître leur rendement thermique (on arrive aujourd'hui couramment à un taux de compression voisin de 7, contre 4,5 à 5 seulement il y a quelques années), que sur le confort. Celui-ci est augmenté par l'élimination poussée de tous les bruits parasites et l'amélioration des qualités de tenue de route, de suspension et d'agrément de conduite (boîtes de vitesse électromécaniques). Il y a également l'emploi judicieux de métaux ou d'alliages de mieux en mieux adaptés aux conditions mécaniques, thermiques, et même chimiques de leurs fonctions (alliages d'aluminium et de magnésium pour les bielles, pistons, carters ; aciers spéciaux au nickel-chrome ou au molybdène-silicium pour les soupapes ; chromage ou cuivrage des culasses, etc.). L'évolution continue qui en résulte pour les caractéristiques des véhicules automobiles est d'ailleurs différemment orientée suivant les pays, le problème posé à chaque constructeur variant sensiblement avec le standard de vie de la population, la qualité du réseau routier, le prix de l'essence, et surtout la législation fiscale. Ainsi ont pris naissance les deux types de voitures si nettement différenciés, américaine et européenne, l'une caractérisée par la recherche du confort et même du luxe, l'autre par celle du maximum d'économie.

Au moment où devrait s'ouvrir le Salon de l'Automobile de Paris, il est de tradition de jeter un coup d'œil d'ensemble sur l'état de la construction automobile, non seulement en France mais aussi à l'étranger, et d'indiquer les principaux perfectionnements dont la locomotion routière a bénéficié depuis l'année précédente.

Il est un peu prématuré, au moment où nous écrivons ces lignes, d'indiquer les nouveautés que vont présenter les voitures modèles 1940. Aussi bien doit-on reconnaître d'ailleurs que les progrès de la voiture sont de plus en plus lents à mesure que la construction se perfectionne et qu'ils ne se manifestent généralement pas par un simple examen des formes. Ils se traduisent par une augmentation de la puissance, une amélioration de la maniabilité, obtenues grâce

à des perfectionnements de détail, à des modifications en général peu importantes des dimensions intérieures des moteurs et des chambres de compression. Bref, tous ces progrès se font pas à pas, et non plus par sauts comme lorsque l'automobile était plus jeune.

D'autre part, les modèles nouveaux se font d'année en année plus rares : entendez par là que les constructeurs conservent pendant plusieurs années les modèles qu'ils ont établis lorsque ces modèles ont trouvé auprès du public un accueil favorable. En raison, en effet, de l'outillage nécessaire pour produire un véhicule automobile, il est indispensable, si l'on veut construire économiquement, et par conséquent pouvoir vendre, d'amortir cet outillage sur un nombre suffisant de châssis que l'on ne peut écouler qu'en plusieurs années.

De plus, la plupart des constructeurs, dans notre pays tout au moins, sont fort secrets. Il est toujours imprudent d'annoncer quelques mois ou même quelques semaines à l'avance l'apparition de tel ou tel modèle nouveau que des renseignements d'ordre un peu confidentiels vous ont permis de connaître. C'est ainsi, par exemple, que l'on parle, à mots de moins en moins couverts et depuis plusieurs mois, sinon depuis plusieurs années, de la fameuse petite voiture que Citroën doit sortir depuis si longtemps. On sait par les fabricants d'accessoires que des séries déjà importantes sont envisagées pour un avenir très prochain, mais personne actuellement, en dehors des dirigeants mêmes de l'usine, ne pourrait affirmer que cette voiture verra le jour cette année: peut-être sortira-t-elle avant, peut-être ne sera-t-elle mise en vente que plus tard... Certains esprits chagrins ajouteraient que peut-être ne la verra-t-on jamais.

Aussi, et quitte à revenir dans quelques mois sur l'examen des nouveautés qui se révéleront, pensons-nous plus expédient, et somme toute plus intéressant, de jeter un coup d'œil d'ensemble sur la construction automobile dans le monde entier en cherchant à nous rendre compte de la façon dont les conditions d'existence, économiques, sociales, politiques et aussi techniques de chaque pays, réagissent sur la conception de la voiture, son exécution, et sa diffusion à

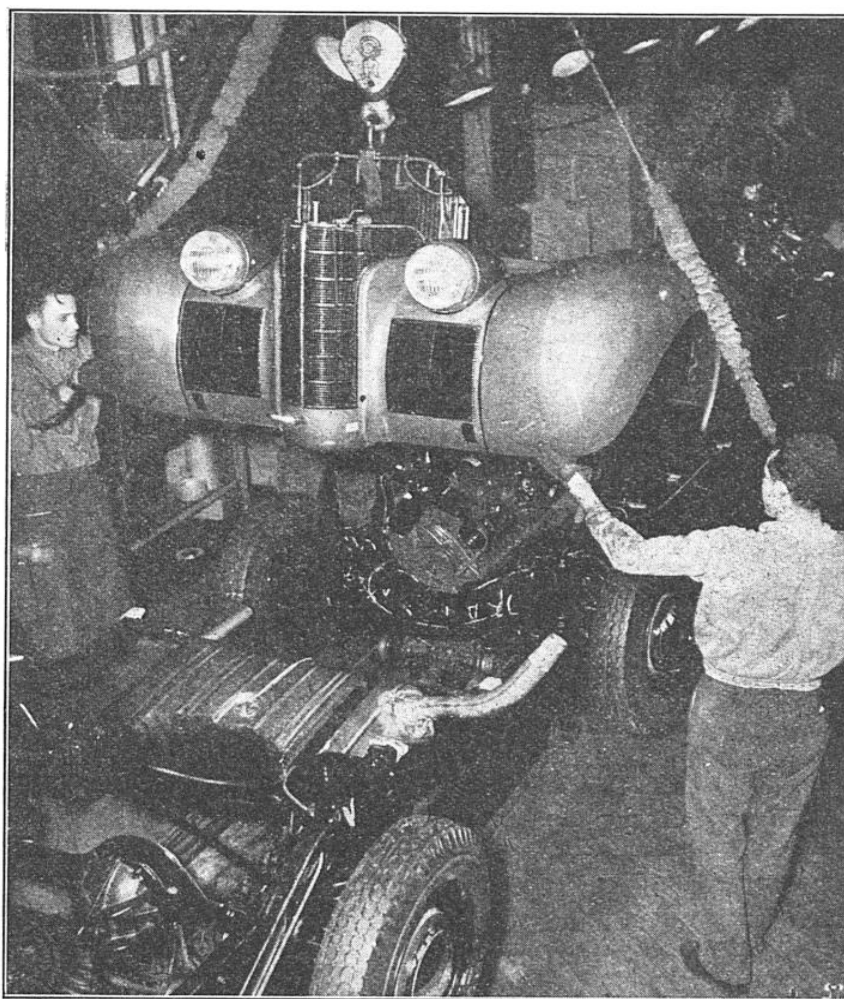


FIG. 1 — LA POSE A LA CHAÎNE DES CARROSSERIES AUTOMOBILES SUR LES CHASSIS AUX USINES « OLDSMOBILE »

Tandis que le châssis est monté pièce par pièce sur la chaîne le long de laquelle sont échelonnés les ouvriers, la carrosserie est préparée d'autre part. Amenée par un pont roulant, elle arrive au moment voulu au-dessus du châssis qui va la recevoir. La voiture est, dès lors, constituée.

un plus ou moins grand nombre d'exemplaires.

Voitures américaines, voitures européennes

Lors des débuts de l'industrie automobile, les véhicules sans chevaux étaient construits uniquement en tenant compte des possibilités techniques de la très jeune industrie qui faisait à l'époque ses premiers pas. On ne se préoccupait pas beaucoup, et pour cause, des besoins de la clientèle, clientèle qui n'existait pas encore et qui, par suite, ne pouvait manifester ses goûts, mais seule-

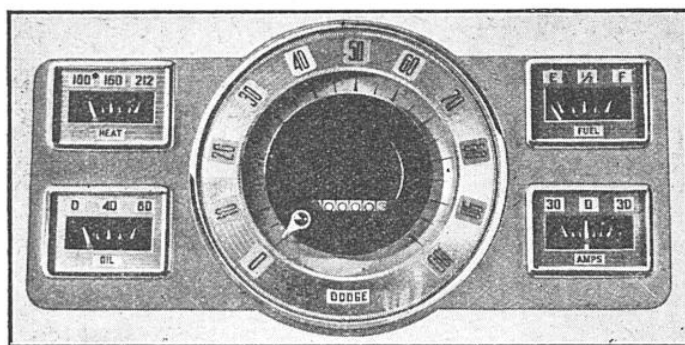


FIG. 2. — LE NOUVEAU TABLEAU DE BORD « CHRYSLER »

L'aiguille de l'indicateur de vitesse a l'apparence d'une perle lumineuse dont la couleur varie du vert jusqu'à 30 milles à l'heure (48 km/h), au jaune, entre 30 et 50 milles à l'heure (80 km/h), et au rouge, au-dessus de 50 milles.

ment de la possibilité de faire marcher un tricycle avec moteur à essence, un breack à vapeur, ou une automobile légère électrique. Nous sommes, et depuis longtemps, sortis de cette ère de balbutiement, et maintenant l'automobile est devenue, dans tous les pays, un instrument d'utilisation courante qui est, pour la plupart, beaucoup plus un instrument de travail qu'un objet de plaisir ou de luxe. Ses possibilités techniques se sont développées d'une façon qu'on n'aurait pas pu concevoir il y a seulement quarante ans. A l'heure actuelle, on peut pratiquement faire à peu près tout ce que l'on veut dans un domaine fort étendu, et les difficultés d'exécution n'entrent guère en ligne de compte.

Ce sont donc les conditions mêmes où vivent les habitants d'un pays qui déterminent les caractéristiques générales des voitures qu'on va construire dans ce pays et pour ce pays.

Il ne faut pas perdre de vue que les lois et règlements édictés par les pouvoirs publics jouent un rôle considérable et souvent déterminant pour l'orientation de l'industrie automobile. Et nous savons tous que ces lois et ces règlements diffèrent profondément lorsqu'on franchit la frontière qui sépare deux nations voisines.

On peut dire, en somme, que ce qui conditionne les voitures automobiles et, par conséquent, l'industrie de leur construction, ce sont d'abord les possibilités

d'achat de la clientèle éventuelle (richesse de la clientèle, prix de vente des voitures), ensuite les possibilités d'utilisation de la voiture (réseau routier, prix du carburant, des pneumatiques, de l'huile, impôts, assurances, etc.).

On doit tout d'abord considérer qu'il n'y a, sur la surface du globe, qu'un petit nombre de pays producteurs d'automobiles. L'énumération en est assez facile : d'une part, il y a tout le groupe homogène de l'Amérique du Nord constitué par les Etats-Unis et le Canada ; d'autre part, il y a l'Europe.

En Europe, que voyons-nous comme nations productrices ? La France, l'Angleterre, l'Allemagne et l'Italie : voilà à peu près tout, au moins pour les voitures de tourisme. S'il s'agit de véhicules commerciaux, il faut y adjoindre l'U. R. S. S.

On peut mentionner également, pour être complet, la Belgique, qui a conservé quelques usines de véhicules commerciaux, mais où la fabrication des voitures de tourisme est pratiquement nulle.

En Asie, il n'y avait, jusqu'à ces dernières années, aucun pays producteur : le Japon commence à construire des automobiles, mais surtout des véhicules commerciaux. Comme, jusqu'à présent, ces véhicules ne sont jamais venus en Europe, il est permis, au moins pour le moment, de n'en parler que pour mémoire.

Nous reviendrons en détail sur chacun des pays, Etats-Unis, Angleterre, Allemagne,

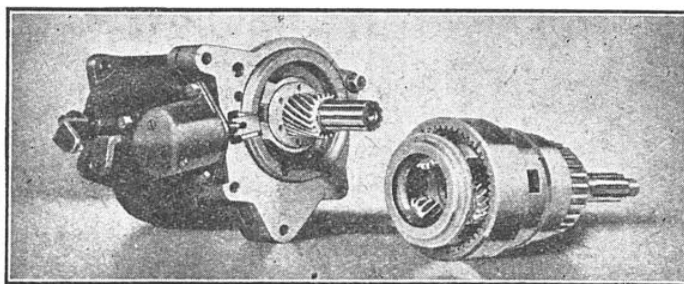


FIG. 3. — DISPOSITIF DE SURMULTIPLICATION (OVER-DRIVE) TYPE « STUDEBAKER »

Cet ensemble mécanique comporte un train cycloïdal placé à l'arrière de la boîte à trois vitesses. Quand tous les organes tournent d'un seul bloc, c'est la prise directe normale. Quand on immobilise la couronne extérieure, le porte-satellites, qui entraîne l'arbre de sortie, tourne à une vitesse plus grande que le planétaire central : c'est la surmultiplication.

France (1), mais on peut dire dès maintenant que l'Amérique, par exemple, se caractérise par le bon marché et l'abondance des combustibles, la construction en très grande série pour un marché très ouvert, par la grande aisance ou plutôt le goût du luxe que possèdent ses habitants. En Europe, au contraire, l'essence est chère, relativement rare parce que importée de l'étranger ; les impôts obligent les constructeurs à travailler les questions de consommation et à faire des voitures de faible cylindrée. Les conditions d'utilisation sont nettement différentes de celles qu'on rencontre aux Etats-Unis, et il est naturel que le type de la voiture européenne s'oppose à celui de la voiture américaine.

La technique d'un pays riche : l'Amérique

Dans un numéro récent de *La Science et la Vie* (2), nous avons exposé dans ses grandes lignes l'état de l'industrie de l'automobile en Amérique : depuis, nous avons eu la bonne fortune d'aller passer plusieurs semaines aux Etats-Unis et nous avons pu ainsi nous renseigner sur place, visiter de nombreuses usines et comprendre mieux d'abord ce qu'est l'industrie automobile américaine, et, ensuite et surtout, voir en quoi et comment elle diffère de l'industrie européenne.

Les Etats-Unis, pays qui est à peu près dix-sept fois grand comme la France, n'a comme population que trois fois la population de la France, soit environ 120 millions d'habitants. Il y a en France à peu près 2 millions de véhicules automobiles : à densité égale pour la population, on pourrait s'attendre à trouver en Amérique 6 millions de véhicules. Or, il y en a au moins cinq fois plus, de telle sorte que si, en France, on compte une voiture pour dix-sept habitants, ou à peu près, il y en a aux Etats-Unis une pour quatre habitants. Si bien que, s'il prenait fantaisie quelque jour à tous les citoyens des Etats-Unis de prendre place dans les voitures dont ils disposent, il resterait des places libres.

L'industrie automobile jouit donc aux Etats-Unis, comme peuvent le faire voir ces chiffres, d'une situation toute particulière et éminemment favorable.

Le pouvoir d'achat de l'Américain moyen se trouve en effet beaucoup plus élevé que celui du Français, par exemple pour tous les éléments qui ne sont pas d'une utilité immédiate pour l'existence. Le salaire de

l'ouvrier américain est d'au minimum 6 dollars par jour contre une moyenne de 60 ou 80 f pour l'ouvrier français, soit au moins trois fois plus. La nourriture ne coûte pas plus cher en Amérique qu'en France, qualité mise à part, et le fait est que l'Américain moyen mange moins bien et moins abondamment que le Français moyen, car le chapitre nourriture ne compte pour ainsi dire pas dans le budget de l'homme qui travaille aux Etats-Unis.

La capacité d'achat aux Etats-Unis est donc fort élevée, d'abord en raison des disponibilités dont disposent les travailleurs, ensuite parce que depuis longtemps existe le système de vente à crédit, et cela non seulement pour l'automobile neuve mais aussi pour l'automobile d'occasion. Il est courant de voir, dans les champs ou terrains vagues qui avoisinent les agglomérations, une foule de voitures très bien rangées, généralement en bon état, qui sont des voitures à vendre, et quelques écriteaux indiquant aux passants qu'ils n'ont qu'à choisir et à emporter avec toutes facilités de payer à tant par semaine. J'ignore d'ailleurs quelles sont les garanties que le vendeur prend sur son acquéreur pour être sûr d'être payé.

Les facultés d'achat étant grandes, les voitures automobiles étant fabriquées avec une main-d'œuvre très réduite, il en résulte que leur prix est réduit, lui aussi, et que, par conséquent, le commerce automobile va prendre une intensité dont nous n'avons pas idée en France. Les fabrications américaines ne s'entendent que par très grandes séries : on en jugera par exemple lorsque nous aurons dit que Chevrolet a dépassé l'année dernière 500.000 voitures par an, suivi de près par Ford et par Plymouth.

Quelles vont être les caractéristiques de ces voitures ? Il suffit d'avoir roulé quelque peu sur les routes américaines pour le savoir. On constate d'abord que l'on fait peu de grands voyages en voiture aux Etats-Unis. La voiture n'est utilisée que pour les déplacements dans la ville ou à proximité, soit par exemple dans un rayon de 100 à 150 km.

Qu'on soit sur la route ou en ville, les mêmes règles impératives s'appliquent pour réglementer la circulation : des appareils automatiques, ou, dans les campagnes plus éloignées, de simples écriteaux imposent l'arrêt à chaque carrefour. Dès que la voie s'ouvre, chacun démarre le plus vite possible pour parcourir le plus de chemin possible jusqu'à l'arrêt prochain. La circulation comporte donc des démarrages rapides, des accélérations également rapides, et un

(1) Nous laisserons de côté l'Italie.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 264, page 495.

freinage énergique devant le prochain barrage. Il est exceptionnel qu'on ait devant soi un long ruban de route de plusieurs dizaines de kilomètres où l'on ne soit pas obligé de s'arrêter une ou plusieurs fois. On demandera donc aux voitures des qualités de démarrage de premier ordre et qui fixent leurs éléments principaux : voitures relativement légères, pourvues d'un moteur de forte cylindrée donnant une grosse puissance aux bas régimes du moteur.

Il résulte de cette conception que ces voitures seront capables, évidemment, d'atteindre une vitesse maximum élevée. Mais

ou automobilistes circulent fréquemment sur les routes et ne manquent pas de réprimer très sévèrement, voire brutalement, les infractions aux règlements de police.

La conception des voitures que nous venons d'exposer serait évidemment modifiée si on était obligé de tenir un compte étroit de la consommation. Mais l'essence est très bon marché aux Etats-Unis.

Le goût du confort des Américains, les conditions d'utilisation de leurs voitures conduisent les constructeurs à faire des voitures où l'effort demandé au conducteur est minime : direction très douce, com-

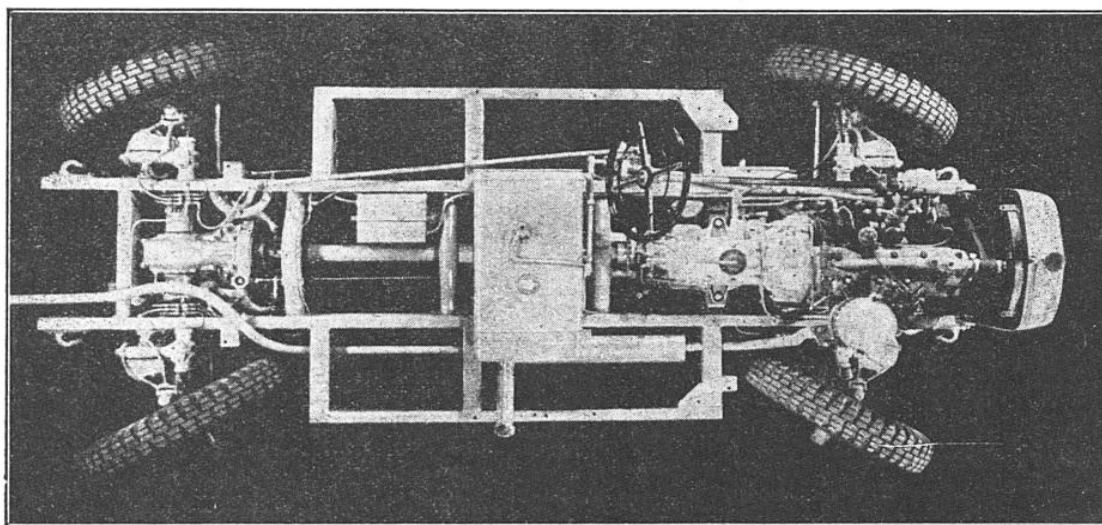


FIG. 4. — CHASSIS TOUS TERRAINS « MERCEDES BENZ » A ROUES MOTRICES ET DIRECTRICES. Cet engin est destiné à des usages purement militaires (traction de pièces d'artillerie ou autres). Il pourrait éventuellement recevoir certaines applications « coloniales ».

ces possibilités sont en quelques sorte incidentes et non spécialement recherchées. D'ailleurs, il faut bien constater qu'on n'utilise pratiquement pas les possibilités des voitures du point de vue vitesse. Sur route libre, il est exceptionnel de voir dépasser une vitesse de 70 milles, soit environ 110 km/h, alors que telle ou telle voiture pourrait atteindre 140 ou 150 km/h.

Pourquoi les grandes vitesses ne sont-elles pas utilisées ? Simplement parce que l'Américain moyen n'aime pas tellement rouler vite et que, d'autre part, dans bien des Etats, la vitesse maximum sur route est limitée, même en rase campagne : en Pennsylvanie, par exemple, on ne doit pas dépasser 50 milles à l'heure, soit 80 km/h, et notez qu'il ne s'agit pas là d'une prescription anodine et inopérante comme c'est souvent le cas chez nous ; des agents cyclistes

mandes également douces, suspension « berceuse », silence à peu près absolu de fonctionnement (1).

De grandes facilités sont données aux Américains par l'excellente qualité des combustibles : aux Etats-Unis, l'essence dite « régulière » a un indice d'octane (2) de 72 alors qu'en France nous nous contentons de 64, et il y a quelques mois nous n'avions droit qu'à 60. Aussi les moteurs ont-ils un taux de compression élevé, à tel point que certains constructeurs ont des culasses spéciales pour les voitures expédiées en Europe afin de leur permettre l'utilisation d'un combustible de qualité inférieure.

Les Américains ont adopté très rapidement, mais après nous, la suspension par roues indépendantes, qui est devenue main-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 201.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 195, page 229.

tenant de règle sur la plupart des modèles, Ford excepté.

Pour la douceur d'entraînement, on a des moteurs qui ont au moins 6 cylindres, souvent 8, parfois 12. Les boîtes de vitesses n'ont, en général, que 3 vitesses, mais possèdent quelquefois une quatrième vitesse surmultipliée, dite « overdrive », qui ne s'utilise qu'exceptionnellement quand, par hasard, on a devant soi un long ruban de route ou qu'on veut marcher à une allure soutenue : l'*overdrive*, pour lequel on fait

modèles : *Mercédès*, par exemple, présentait, il y a encore deux ans, 17 modèles de voitures de tourisme qui figuraient toutes au catalogue et qui étaient toutes vendues en plus ou moins grande quantité. Depuis l'année dernière, le Führer a décidé et a ordonné aux constructeurs de réduire le nombre de leurs modèles, et leur a même fixé un nombre maximum avec faculté cependant, pour une période transitoire, de continuer certains modèles jusqu'à la fin de la série. D'où une orientation nouvelle donnée à la construction.

Mais l'influence la plus caractéristique du dictateur a été, sans conteste, la création de la voiture populaire désignée sous les initiales K. D. F. d'après le slogan « la force par la joie » (*Kraft durch Freude*).

Nous avons exposé, il y a quelques mois (1), le programme de la voiture K. D. F., et nous en avons donné une description très complète. Nous ne reviendrons donc sur ce point que parce qu'il a paru se manifester il y a quelques mois une évolution qui doit toucher, croyons-

nous, les possibilités de vente de la K. D. F.

Avec la voiture populaire, on a voulu donner à tout Allemand la possibilité de jouir des joies de l'automobile. Et comme tout est réglementé au delà du Rhin, on a pratiquement imposé à tous ceux qui gagnent un salaire régulier de s'inscrire pour l'achat d'une voiture. Le paiement s'effectue d'avance et à tempérament et doit être complet au bout de quatre ans. Rien n'est garanti quant à la date de livraison. Mais, chose plus grave, rien n'est garanti non plus quant aux possibilités d'utilisation.

Les journaux nous ont dit, en effet, bien avant les récents événements, qu'il était question d'instituer une carte d'essence ou au moins de réglementer la vente du carburant.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 263, page 379.

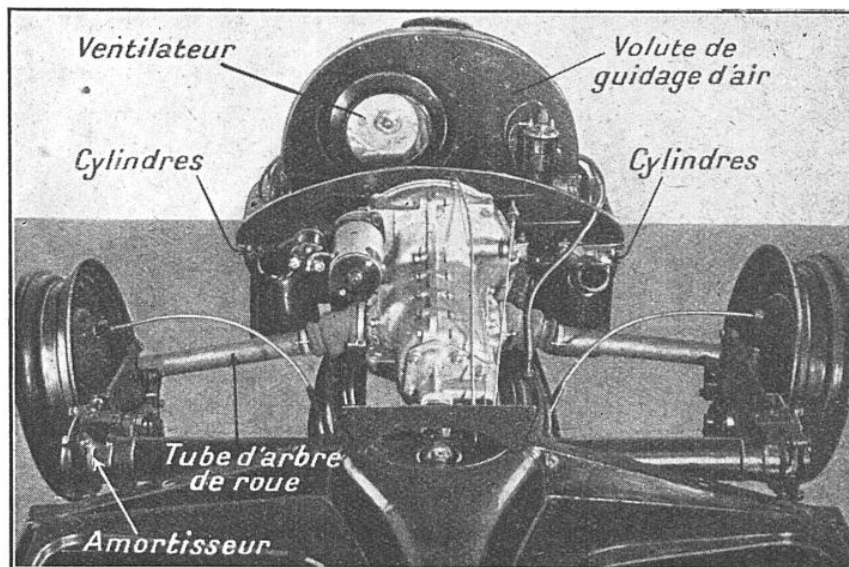


FIG. 5. — VUE DE LA PARTIE ARRIÈRE DU CHASSIS DE LA VOITURE POPULAIRE ALLEMANDE « K. D. F. »

On voit que le groupe moteur est entièrement à l'arrière et en porte à faux au delà de l'essieu moteur. Les roues indépendantes sont attaquées par des arbres transversaux à cardan. Le moteur est à refroidissement par air.

valoir une grande économie de consommation (ce qui est exact) est surtout apprécié parce qu'il permet une marche plus silencieuse.

Gros moteurs à 6 cylindres au moins, grande démultiplication du pont, voitures légères à suspension très douce, à direction très démultipliée, très silencieuse, boîte à 3 vitesses munie éventuellement d'un *overdrive* : voilà quelles sont les caractéristiques essentielles des voitures américaines.

L'Allemagne et la voiture « populaire »

En Allemagne, où il y a eu, pendant de longues années, liberté complète du point de vue automobile, on trouve maintenant une réglementation de plus en plus serrée.

Pendant longtemps, les constructeurs allemands ont fait un très grand nombre de

Or, si on limitait la consommation d'essence, c'est sans doute que, malgré les fabrications d'essence synthétique (1) qui ne se sont peut-être pas développées aussi grandement qu'on l'espérait en Allemagne, on craignait de ne pouvoir disposer d'un stock suffisant. Quoi qu'il en soit, on peut admettre du rapprochement de ces deux faits que la K. D. F. devait être surtout un instrument d'exportation, destiné à faire rentrer en Allemagne des devises appréciées. Il est incontestable, en effet, que si la voiture est offerte au prix dont on a parlé (moins de 1 000 marks), elle pourrait concurrencer dangereusement

d'admirables voies pour le tourisme et le voyage, constituent également des routes stratégiques de premier ordre dont il ne faut pas méconnaître le but.

Le gros effort allemand du point de vue automobile s'est donc trouvé porté sur la voiture populaire. L'industrie allemande va se trouver ainsi dans une situation particulièrement délicate en raison de la concurrence qui lui est faite par l'Etat lui-même, ou si vous préférez par le fonds du travail qui construit la K. D. F. Il est vrai que le gouvernement allemand n'hésite pas à faire pression sur les citoyens dont la situation

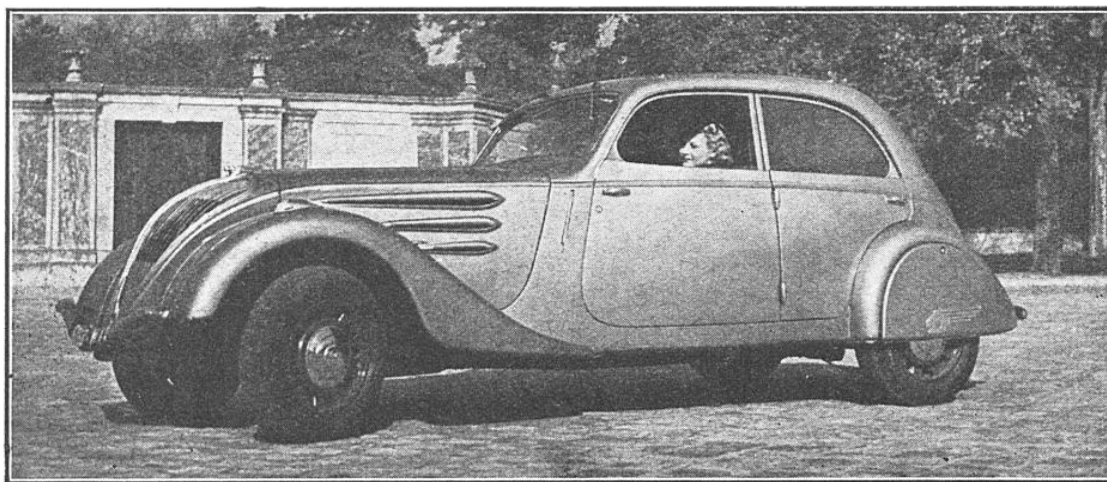


FIG. 6. — LA NOUVELLE BERLINE « SPORT 402 B » LÉGÈRE (PEUGEOT)

Cette voiture est équipée d'une boîte électromécanique « Cotal » avec quatrième vitesse surmultipliée.

les voitures des autres pays dans ces pays mêmes.

Les contradictions ne sont d'ailleurs pas exceptionnelles en Allemagne : on y a fait, et on continue à y faire, des autoroutes. Sur toute l'étendue du Reich, ces autoroutes sont destinées et exécutées de telle sorte que les plus grandes vitesses y sont permises, et c'est ainsi qu'au Salon dernier à Berlin on remarquait dans tous les catalogues des constructeurs l'indication de la vitesse soutenue possible sur autoroute. Certains constructeurs comme Mercedes, Horch et d'autres encore avaient prévu une surmultiplication dans la transmission, en vue précisément de l'utilisation des voitures sur les autoroutes. Or, voici qu'on a prétendu que la vitesse en Allemagne serait limitée à 100 km/h. A quoi bon, dans ces conditions, avoir des autoroutes ? Simplement sans doute parce que les autoroutes, si elles sont

sociale est suffisamment relevée pour les obliger à acheter des voitures de qualité (1).

Quand on parle de l'automobile en Allemagne, on ne saurait passer sous silence les voitures de courses (2) : il se trouve, en effet, qu'à l'heure actuelle, l'Allemagne est devenu le seul pays au monde qui possède de véritables voitures de course satisfaisant aux règlements internationaux. Ces voitures de course, construites, d'une part, par Mercedes, et, d'autre part, par le consortium Auto-Union, s'écartent nettement et résolument de la conception de la voiture de tourisme et même de la voiture sport, et cela simplement à cause du règlement des grands

(1) En France, quand vous possédez une 20 ch, le fisc vous dit que vous devez avoir un revenu au moins égal à 14 000 f. En Allemagne, on fait le raisonnement inverse : vous avez un revenu de X marks et, par suite, vous devez posséder au moins une 20 ch. Vous n'avez donc plus qu'à en faire l'acquisition le plus rapidement possible... et c'est ainsi qu'on fait marcher le commerce.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 311.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 3.

prix internationaux, dont la formule, d'ailleurs, a été adoptée, il faut le rappeler, sous la pression très instante de l'Automobile Club d'Allemagne (1).

Du point de vue général, les voitures allemandes ont de nombreux caractères communs avec les voitures françaises : voitures de faible cylindrée en général, beaucoup de 4 cylindres et, à côté, quelques voitures de grand luxe (Mercedes, Horch et autres).

A noter le moteur à 2 temps, très en faveur en Allemagne, avec les voitures D. K. W., qui ont acquis dans sa construction une rare maîtrise.

térise pas d'une façon générale par la hardiesse des solutions.

Les recherches effectuées en particulier en France, et aussi en Allemagne, portant sur le profilage des voitures pour améliorer leurs qualités de pénétration dans l'air, paraissent avoir laissé les Anglais assez indifférents au moins pour leurs voitures de tourisme. Ils préfèrent, avant tout, le confort dans leurs voitures. Les constructeurs français, qui cherchent à exporter en Angleterre, Citroën par exemple, qui a près de Londres une usine de montage, a dû, pour pouvoir vendre ses voitures, créer un type

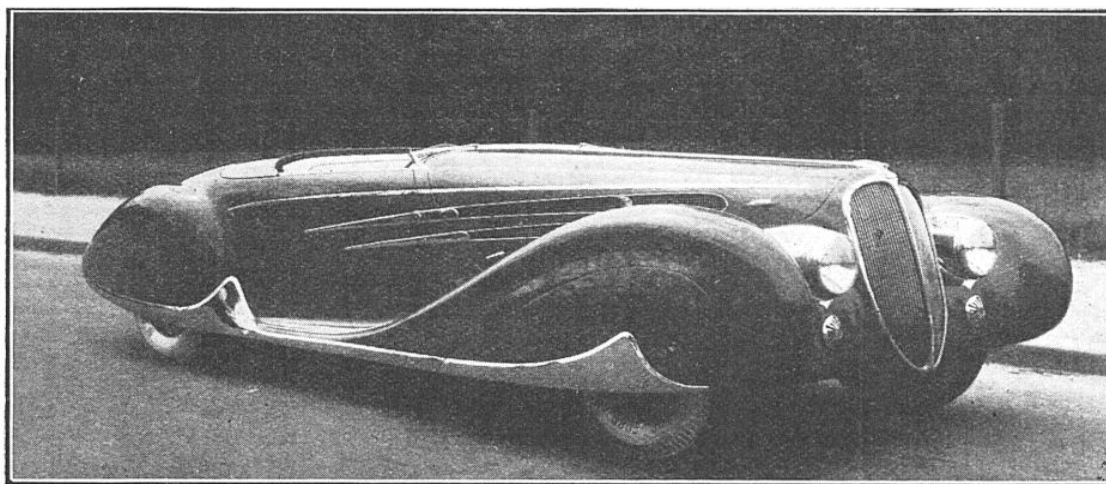


FIG. 7. — UNE BELLE VOITURE DE SPORT : LA « DELAHAYE » 12 CYLINDRES

Cette voiture a fait ses débuts en course l'année dernière. On a fait appel au maximum, dans sa construction, aux alliages légers, tant pour la carrosserie que pour de nombreux organes mécaniques.

L'Allemagne a également des véhicules de tourisme avec moteur Diesel. Mercedes a été le premier à en construire, il est suivi maintenant par la marque Hanomag.

Quant à la disposition du moteur, rappelons que la K. D. F. a un moteur à l'arrière et qu'on trouve en Allemagne un certain nombre de voitures avec roues avant motrices.

La technique d'outre-Manche

La construction britannique ne se carac-

(1) Si les Allemands ont assez d'argent pour construire des voitures de course, c'est peut-être parce qu'ils sont subventionnés par l'Etat, mais très certainement aussi parce qu'il est interdit aux entreprises allemandes de faire un bénéfice supérieur à 6 %. Ou plutôt tout ce qui dépasse 6 % doit être versé à l'Etat. Les affaires qui marchent bien, et il faut croire que Mercedes et Auto-Union sont dans ce cas, peuvent donc, gratuitement pour elles, faire les frais d'une écurie de course. Cela se traduira simplement par une diminution des sommes versées, chaque année, à l'Etat. Et cela n'est qu'une certaine forme de subvention gouvernementale.

de carrosserie nettement plus soignée que le type français.

Il existe en Angleterre une catégorie très importante de voitures qu'on ne rencontre en France qu'à l'état exceptionnel, c'est la petite voiture de sport, généralement à 2 places, assez étroite, carrossée en torpédo.

A l'autre bout de l'échelle, l'industrie automobile anglaise se distingue par une production unique, sans rivale dans aucun pays du monde avec la marque Rolls-Royce, qui synthétise tout ce qu'on peut faire et livrer de mieux en matière d'automobile. Si l'automobile est devenue dans le monde entier un objet fabriqué en grande série, la fabrication à l'unité et surtout la mise au point poursuivie aussi longtemps qu'il le faut pour corriger tous les défauts, même les plus minimes, se retrouvent chez Rolls-Royce.

Comme caractéristiques mécaniques géné-

rales, disons qu'on rencontre en Angleterre un grand nombre de 4 cylindres dans les petites voitures, 6 cylindres en général dans les voitures moyennes. Beaucoup de boîtes à 4 vitesses, ce qui montre que les Anglais ne se laissent pas impressionner par les Américains. On utilise beaucoup en Angleterre les embrayages hydrauliques (volant fluide de Daimler surtout sur les poids lourds), les freins à dépression, la boîte de vitesses présélective Wilson (1).

Avant de quitter l'Angleterre, nous devons rappeler que c'est dans ce pays qu'on a créé la voiture la plus rapide du monde, le célèbre Thunderbolt du capitaine G. Eyston dont on a parlé dans le monde entier (2).

L'automobile française

M. Maurice Goudard, qui présidait alors la Société des Ingénieurs de l'Automobile, commençait un jour une communication qu'il faisait sur l'industrie automobile en France par cette remarque : « Le plus grand ingénieur, celui qui exerce l'influence la plus considérable sur la construction automobile en France, c'est le représentant du fisc ». C'était peut-être là une boutade, mais qui a un fond de vérité indéniable.

Pendant longtemps, les voitures furent imposées d'après ce que l'on appelait, d'une expression bizarre, leur « puissance fiscale », laquelle puissance était proportionnelle à la cylindrée de leur moteur. Il en est résulté que tous les constructeurs ont présenté au public des voitures dont le moteur avait une cylindrée aussi petite que possible. Cette influence plutôt fâcheuse du point de vue social eut au moins des conséquences heureuses du point de vue technique : les constructeurs français obtinrent d'un moteur de cylindrée donnée la

puissance maximum, et cela dans les conditions normales d'utilisation, c'est-à-dire la voiture étant entre les mains d'une clientèle non avertie.

Depuis quelques années, l'impôt direct sur les automobiles a été supprimé et remplacé par l'impôt sur le carburant qui augmente d'année en année. Le problème posé par le fisc aux constructeurs est donc maintenant de tirer d'un litre d'essence le maximum de kilomètres de parcours. Et là encore ce problème a été remarquablement résolu : les voitures françaises sont incon-



FIG. 8. — TRACTEUR « LATIL » DESTINÉ A REMORQUER DES CHARGES TRÈS ÉLEVÉES EN TERRAINS VARIÉS

Ce tracteur comporte 8 roues motrices et 4 roues directrices (roues extrêmes). Il est équipé d'un moteur à essence de 150 ch.

testablement, et de loin, les voitures qui ont la consommation minimum.

Donnons quelques chiffres : les voitures livrées en très grande série à un prix moyen peuvent transporter actuellement cinq voyageurs à une vitesse moyenne de l'ordre de 80 km/h, pour une consommation qui ne dépasse pas 13 litres aux 100 km et qui, même, peut être inférieure.

Le fisc n'a d'ailleurs pas complètement abandonné ses exigences quant à la cylindrée. Le « Français moyen » est en effet taxé par lui d'après les signes extérieurs de richesse, parmi lesquels vient au premier plan la voiture automobile ; et ce qu'on considère du point de vue signe extérieur de la richesse, c'est la cylindrée du moteur. Et c'est pourquoi la voiture française actuelle est une voiture de faible cylindrée

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 249, page 223.

(2) Voir dans ce numéro, page 244 et *La Science et la Vie*, n° 249, page 166.

(2 l en général et au maximum 2,5 l) et à faible consommation.

Pour des raisons d'abaissement des prix de revient, on se borne à 4 cylindres pour le moteur, ce qui, d'ailleurs, se justifie pour des cylindrées faibles. L'influence américaine, qui joue tout de même sur l'esprit des constructeurs français, les fait se cantonner pour la plupart dans les boîtes à 3 vitesses. Notons, cependant, une faveur marquée vers les boîtes à 4 vitesses du type électromagnétique, lequel jouit d'une faveur de plus en plus grande et parfaitement justifiée.

On a, en France, des routes sur lesquelles on peut rouler vite pendant longtemps, aussi les voitures françaises ont-elles de remarquables qualités routières : endurance des moteurs, excellente tenue de route, direction précise. Ces qualités sont peut-être achetées, dans certains cas, par une suspension un peu « ferme ». L'obligation de tirer beaucoup de chevaux d'un moteur de faible cylindrée entraîne à de grandes vitesses de régime : ne nous en plaignons pas, car le progrès est certainement dans cette voie. Mais reconnaissons cependant que cela impose à nos constructeurs de très grandes difficultés pour obtenir le silence aux grandes vitesses.

Les formes de carrosseries se sont orientées nettement en France vers le bon profilage du point de vue aérodynamique : cela n'est d'ailleurs qu'une des conséquences de cette recherche poussée des faibles consommations et des grandes vitesses. Le coefficient qui caractérise la résistance à la pénétration dans l'air est passé de 0,8, il y a cinq ou six ans, à 0,5 pour les voitures de série actuelles. Il descend même à 0,4 pour certains modèles.

Les voitures profilées souffrent souvent d'un manque de visibilité. Il faut noter une réaction contre ce défaut : signalons, par exemple, les voitures dites « vutotal », où on

a supprimé les montants de pare-brise et où le pavillon est tenu uniquement par la glace du pare-brise, particulièrement épaisse.

Au Salon de l'Automobile de cette année, nous aurions trouvé surtout les types de l'année dernière améliorés quant aux performances et peut-être légèrement modifiés quant aux formes de carrosserie.

De plus en plus, la construction se concentre entre les mains des trois principaux constructeurs. On constate d'ailleurs parmi les marques différentes que certaines d'entre elles utilisent des ensembles mécaniques provenant de l'un de ces constructeurs.

Les qualités routières des voitures ont été fortement améliorées par les pneus à base large du type pilote chez Michelin, ou Stabilia chez Dunlop, qui améliorent nettement la tenue de route, peut-être un peu au détriment de la suspension et sûrement au détriment de la durée des bandages. Mais le progrès réalisé paraît l'emporter nettement sur les inconvénients que l'on trouvera le moyen, d'ailleurs, d'atténuer petit à petit.

Pour le moteur, les culasses aluminium gagnent du terrain, ce qui est d'ailleurs normal eu égard à l'augmentation de rendement qu'elles permettent. Dans les adaptations, on trouve certaines applications de compresseurs centrifuges ou volumétriques : je crois que ce domaine mérite d'être exploré et cultivé davantage parce qu'il offre des possibilités encore peut-être insoupçonnées.

Cet exposé, quoique long, est forcément incomplet, et nous avons dû nous borner à des idées très générales. Néanmoins, le rapprochement ou l'opposition des conditions d'utilisation des voitures dans les différents pays producteurs explique certaines contradictions apparentes que l'on a pu constater, et que l'on constate encore, dans l'orientation de leur industrie automobile.

HENRI PETIT.

Un agent de l'Administration des postes et des télégraphes de la République Argentine vient d'inventer un dispositif qui permet de transmettre directement par la poste la voix enregistrée. Dans des kiosques spécialement aménagés, l'expéditeur fera enregistrer sa voix, en parlant devant un microphone, sur un disque incassable dont le poids ne dépassera pas 20 g. Chaque disque, de 20 cm de diamètre, pourra enregistrer, en moyenne, 200 mots. Placé dans une enveloppe spéciale, le disque sera alors envoyé par la poste comme une lettre ordinaire ; arrivé à destination, il pourra être « lu » par n'importe quel phonographe. On envisage, dans un proche avenir, de développer ce service de manière à ce que l'expéditeur puisse faire enregistrer sa voix directement depuis son domicile, par téléphone, l'envoi du disque au destinataire étant alors effectué par l'administration.

LE FROID ARTIFICIEL JOUE UN ROLE IMPORTANT DANS LA FABRICATION DU VIN

Par Lucien THÉRON

INGÉNIEUR I. A. T.
DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE DIJON (SCIENCES)

Le froid artificiel est utilisé depuis longtemps déjà dans les industries de l'alimentation pour empêcher les fermentations et assurer la conservation des denrées périssables. L'industrie viticole en fait également un très large usage, mais ici à des fins multiples. Par un réglage précis de la température, le viticulteur sait aujourd'hui diriger les fermentations qui transforment en vin les moûts de raisin et même au besoin les suspendre complètement (préparation des jus de raisin). Par l'emploi du froid, il peut provoquer la formation presque instantanée de dépôts qui n'apparaîtraient qu'à la longue et nuiraient à la présentation commerciale du vin, et accélérer le « vieillissement » qui lui confère ses qualités gustatives. Enfin, par congélation partielle, on peut extraire du vin des cristaux de glace et le concentrer ainsi sans altérer aucun de ses principes. On voit la grande diversité des applications possibles du froid en œnologie, grâce auxquelles le viticulteur peut améliorer économiquement la qualité de ses produits, les adapter à toutes les demandes particulières du marché, et les y présenter au moment le plus favorable.

LES précieuses propriétés du vin sont connues depuis l'antiquité la plus reculée, et certains peuples l'appréciaient au point de l'avoir divinisé. C'est dire que l'ensemble des procédés de préparation et de traitement du vin ou œnotechnique est le fruit d'un empirisme millénaire.

Elle profite aujourd'hui des règles et des enseignements que la science œnologique, née de l'école pastorienne, a pu établir. La composition du vin est à présent presque parfaitement connue, et si l'identification de certaines substances, notamment celles du bouquet du vin se trouvant en combinaisons complexes avec divers impondérables de la fermentation, demeure encore un problème, on sait du moins doser la plupart des constituants de ce breuvage, tels que : eau, alcool, acides minéraux et organiques, tanins, pectines et gommes, glycérine et divers produits volatils, etc., dont dépendent ses propriétés nutritives, toniques et organoleptiques.

Les méthodes modernes permettent de diriger les fermentations, de corriger les déséquilibres des vins, prévenant ainsi des états pathologiques si préjudiciables à leur conservation. Des traitements appropriés guérissent même certaines maladies, en maintenant ainsi le vin « loyal et marchand ». Le

degré alcoolique peut être renforcé, soit par la chaptalisation (dans les cas autorisés) (1), par la concentration dans les limites permises, et on arrive, avec la clarification et même le vieillissement artificiel, à faire de cette liqueur, relativement « naturelle », un véritable produit industriel qui peut, si les opérations ont été bien conduites, conserver ses qualités originelles.

Enfin, l'œnotechnie a mis à la disposition du praticien un certain nombre de moyens d'action nouveaux, et nous allons examiner aujourd'hui l'un des plus puissants d'entre eux : le froid, qu'un outillage perfectionné permet d'obtenir économiquement.

Le froid accélère, au sein des moûts et des vins, la formation de certains dépôts; il favorise le vieillissement du vin (2). Il permet de concentrer le jus de raisin et le vin sans en détruire les principes, par extraction d'une certaine quantité d'eau; enfin, il suspend toutes les activités biologiques (fermentations) à l'intérieur de ces véritables bouillons de culture que sont les produits de la vigne,

(1) Augmentation de la teneur en sucre des moûts.

(2) Il n'a cependant pour effet que d'accroître la solubilité de l'oxygène, la rapidité de combinaison de ce dernier avec les substances oxydables du vin étant au contraire accélérée par l'élévation de la température (qui se produit d'ailleurs peu à peu après le traitement frigorifique).

et, partant, il permet de les conserver « frais » pendant plusieurs mois.

Le dépouillement des vins

Les produits de la vigne constituent des milieux complexes dans lesquels un certain nombre de substances sont en solution plus ou moins saturée (tartrates, bitartrates, phosphates, matières albuminoïdes), en solutions colloïdales ou à l'état de simples suspensions. Abandonnés à eux-mêmes, ils laissent déposer quelques-unes de ces substances, ce qui, dans le cas des vins, nuit à la

ceux-ci doivent être effectués avant tout traitement frigorifique, sinon on observerait des modifications de rapports entre solvant et matières dissoutes, qui rendraient illusoire la stabilisation recherchée.

D'une façon générale, le vin est refroidi au voisinage de son point de congélation, parfois même avec avantage au-dessous de ce dernier ; il est ensuite envoyé dans des cuves froides, à température maintenue constante, où les dépôts vont alors s'agglomérer. Le rassemblement complet des cristaux et des autres matières entraînées se fait générale-

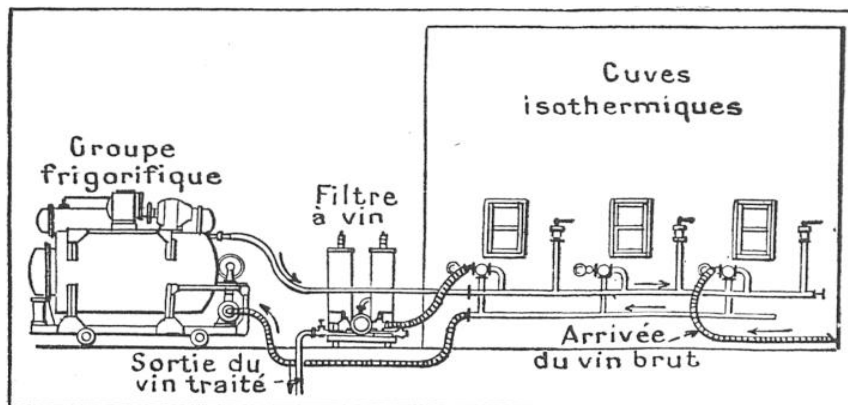


FIG. 1. — SCHÉMA D'UNE INSTALLATION DE TRAITEMENT DES VINS PAR LE FROID SANS RÉCUPÉRATEUR

Le vin à traiter est contenu dans une des trois cuves isothermiques (isolées au point de vue calorifique). La pompe du groupe frigorifique aspire le vin qui vient passer dans le réfrigérateur et se refroidit de quelques degrés avant de retourner à la cuve isothermique dont la température s'abaisse progressivement jusqu'à la valeur convenable. Quand celle-ci est atteinte, la pompe s'arrête et une sonnerie avertit que l'opération est terminée. On procède alors à la réfrigération de la cuve voisine, puis de la troisième. Au bout de quelques jours, on procède à la filtration du vin des cuves.

présentation commerciale. Aussi est-ce une règle connue depuis longtemps qu'il faut laisser le vin passer un hiver avant de juger de sa qualité, pour lui laisser le temps de « se faire ». Le froid accélère, en effet, la formation des dépôts en modifiant la solubilité de principes tels que ceux que nous venons de citer, ce qui entraîne leur précipitation. La clarification des vins a longtemps constitué la seule utilisation du froid en œnotechnique. Les vins « dépouillés » par le froid artificiel ne donneront plus, après l'opération, ni troubles, ni dépôts préjudiciables à leur valeur marchande. De plus, ces vins brillants et stables font prime sur le marché, les vins non traités n'étant guère clarifiés avant la fin de l'hiver.

La réalisation rapide de types désirés par la clientèle se faisant par des coupages,

ment en quatre ou cinq jours pour les vins de table ; il varie beaucoup pour les vins de liqueur, le temps de dépôt étant proportionné à leur viscosité et à leur teneur en éléments insolubilisables. Le traitement est complété par la filtration à froid du vin réfrigéré qui sort des filtres complètement débarrassé des dernières traces de matières en suspension qui auraient pu être la cause de dépôts ultérieurs.

La clarification par le froid permet de traiter des vins blancs présentant des « louches » ou des dépôts, de remédier souvent à la casse ferrique (maladie provoquée par la présence de tannates ferriques). Elle est adoptée pour assurer, par élimination de substances insolubilisables, la stabilisation de presque tous les vins de liqueur, apéritifs, quinquinas, des vins spéciaux de luxe comme le porto et de certaines eaux-de-vie.

Contrairement au débouillage des moûts eux-mêmes (jus de raisin après pressurage), qui, destinés à la préparation des vins blancs, doivent être traités mécaniquement ou par collage pour les séparer des tanins et des matières albuminoïdes (substances provoquant par leur précipitation les troubles si redoutés), les jus de raisin sont débouillés rapidement par le froid, car on doit ici arrêter immédiatement toute fermentation.

Un certain vieillissement accompagne

toujours la clarification des vins par le froid, aussi, ce procédé est-il surtout appliqué aux vins de consommation courante, chez lesquels on ne peut songer à développer des caractères de vieillissement spontanés pour lesquels l'action du temps est presque irremplaçable.

Bien que depuis Pasteur on sache que la condition nécessaire du vieillissement réside dans les actions oxydantes (ménagées) l'œnologie tend à démontrer qu'après une certaine période d'amélioration (garde en fûts), l'action de l'oxygène devient très secondaire par la suite (garde en bouteilles)

ment le vieillissement par le froid est une opération des plus délicates, réservée aux vins de luxe ou de haute qualité qui ne relèvent pas de l'œnotechnie courante.

L'outillage frigorifique

Les facteurs qui interviennent pour accélérer ou modifier le processus de formation des dépôts ont incité les constructeurs à adopter un appareillage approprié à la réalisation des conditions les plus favorables. Avec une certaine limpidité du vin, si propice à la bonne cristallisation des cristaux de tartre à précipiter (elle est assurée avant

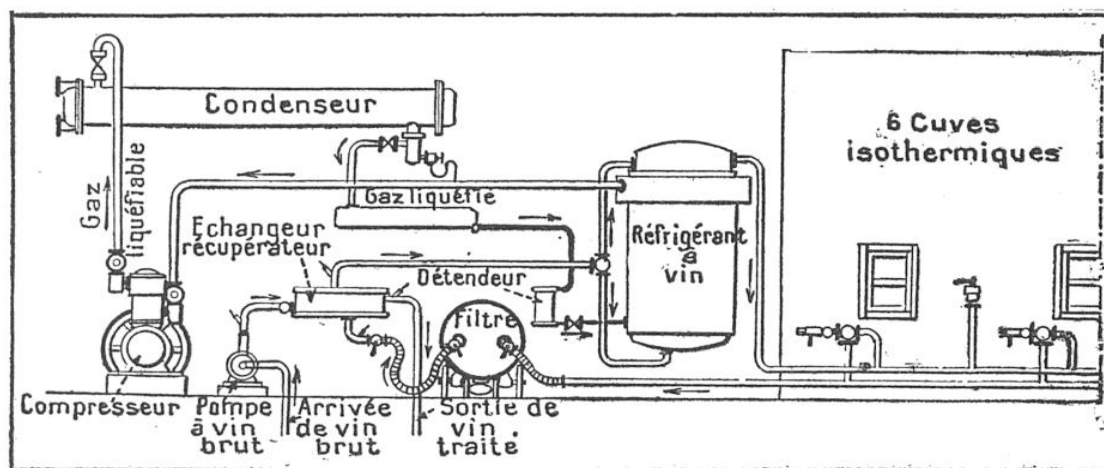


FIG. 2. — ENSEMBLE D'UN ÉQUIPEMENT MUNI D'UN DISPOSITIF DE « RÉCUPÉRATION » POUR LE TRAITEMENT FRIGORIFIQUE DES VINS

L'installation représentée ci-dessus diffère principalement de la précédente par l'adjonction d'un échangeur de température, dans lequel le vin déjà traité, qui sort des cuves isothermiques à basse température, circule à contre-courant le long des canalisations d'amenée du vin à traiter. Ce dernier est donc préalablement refroidi par des frigories qui ne coûtent rien.

et peut même nuire au développement de certains bouquets résultant, au contraire, de réductions (surtout pour les vins blancs).

On comprend dès lors combien est délicat le vieillissement artificiel des vins, qui, en modifiant les réactions d'oxydo-réduction, systèmes réversibles qui régissent son évolution, peuvent détruire l'équilibre qui, dans le vieillissement naturel, tend, par des étapes successives que seul le temps permet de franchir, à se maintenir dans un sens favorable à la plénitude de la qualité (1). L'opération, qui consiste à rechercher spéciale-

la réfrigération par un collage ou une filtration sommaires), c'est l'agitation et l'obtention d'une température convenable qui sont les facteurs les plus importants de l'opération.

L'ancienne technique utilisait des serpents immergés dans les cuves, d'où danger de fuite de la solution incongelable dans les cuves, danger de congélation au contact des serpents. La réfrigération était lente et des goûts métalliques risquaient de se communiquer au vin ; par la suite, on a pratiqué le refroidissement par ruissellement

(1) Le vieillissement du vin est la phase de développement et d'affinage de ses qualités qui relèvent essentiellement de son origine : milieu naturel, cépage, soins culturels, etc. C'est un phénomène complexe, où, à côté des précipitations de matières colorantes, tannoïdes, etc., du développement de l'éthérification lente des acides libres, de la forma-

tion d'aldéhydes, de traces d'alcools supérieurs, interviennent des réactions biochimiques mal définies encore, et qui ont pour effet, en même temps que la disparition d'odeurs, parfums, goûts acerbes des vins jeunes, d'engendrer de nouveaux et subtils « adjuvants » du bouquet du vin (arômes) caractère qui demeure le cachet de sa classe et de sa qualité.

sur des appareils tubulaires à circulation intérieure d'agent frigorigène. Utilisé jusqu'en ces dernières années, ce procédé ne réunit pas encore tous les avantages désirables, en particulier celui de la formation intégrale des dépôts. D'autre part, le grand défaut reconnu à tous les réfrigérants tubulaires, qu'ils soient multitubulaires, à tubes concentriques et à contre-courant, c'est de mal se prêter à la réfrigération des vins à un degré voisin de leur point de congélation.

Leur capacité est en outre faible, leur isolation difficile, et une oxydation du vin parfois excessive se produit. Aussi, malgré les perfectionnements apportés à ces dispositifs, leur utilisation se réduit de plus en plus aux traitements nécessitant une température très éloignée du point de congélation (liqueurs ou cognacs, rafraîchissement des vins).

A l'heure actuelle, le progrès le plus sensible réalisé pour la réfrigération des vins, consiste dans l'emploi d'un

réfrigérant congélateur de grande puissance, cuve cylindrique en acier vitrifié, avec double enveloppe dans laquelle on injecte, non plus une saumure refroidie, mais du gaz frigorigène (ammoniac, anhydride sulfureux, chlorure de méthyle). L'action de ce dernier sur les parois en contact direct avec le vin, jointe à l'agitation continue réalisée par des palettes à racloirs tournants, mues par un agitateur central, détermine une réfrigération instantanée en même temps qu'une fixité remarquable de température.

Le vin refroidi qui sort du congélateur doit être maintenu à basse température pendant le temps nécessaire à l'aggloméra-

tion des dépôts (variable avec la nature des vins mais allant de quatre à cinq jours pour les vins de table courants). On opère en chambres froides, où sont installées les cuves de conservation dont la réfrigération est assurée par une circulation d'air passant sur un frigorifère à détente directe. Dans le cas général où les dépôts s'effectuent en quelques jours, l'utilisation de cuves calorifugées suffit. Un système de récupération permet généralement d'économiser les frigorifères.

Dans un échangeur de température, le vin brut à refroidir circule en contre-courant avec le vin froid filtré sortant des cuves de dépôt, à une température très basse, en économisant, selon les installations, entre la moitié et les quatre cinquièmes des frigorifères nécessaires pour l'ensemble des opérations.

Les frais d'une installation frigorifique telle que celle décrite ci-dessus étant assez élevés, on a réalisé des « groupes frigorifiques » auto-

matiques rassemblant sur un socle unique le compresseur, le condenseur, le réfrigérant, le moteur, la pompe de circulation et les accessoires (fig. 3). Une tuyauterie appropriée le met en relation avec les cuves froides.

L'emploi des groupes frigorifiques peut rendre aussi de grands services, soit pour la vinification en régions chaudes, soit, en été, pour la conservation des vins qui doivent être maintenus entre 10° et 15° (températures rencontrées dans un grand nombre de caves bien isolées). Certes, lorsqu'on dispose d'assez d'eau fraîche, le plus simple est de faire arriver celle-ci dans le réfrigérant où circule le moût ou le vin à contre-courant.

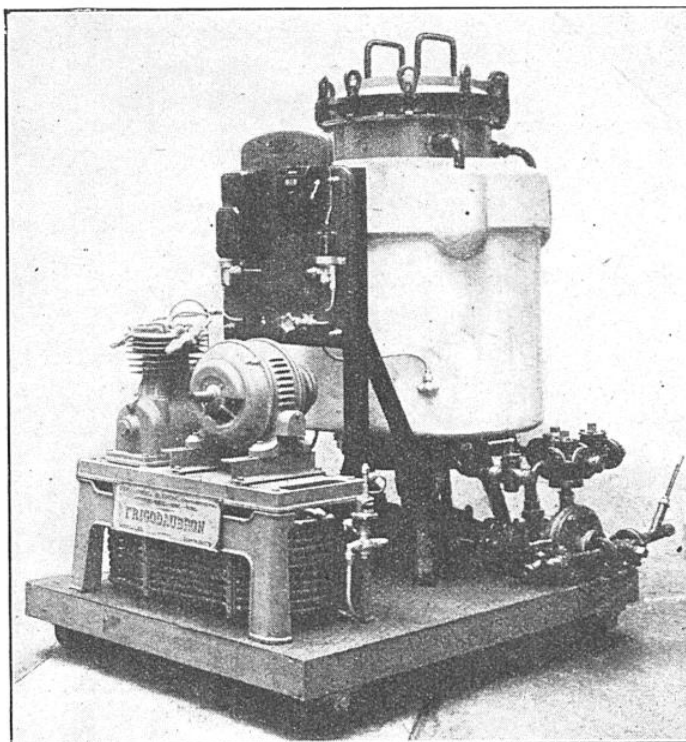


FIG. 3. — GROUPE DE RÉFRIGÉRATION AU CHLORURE DE MÉTHYLE POUR LES PETITES INSTALLATIONS

Ces conditions étant rares, on pratique le refroidissement de l'air à l'aide de l'appareil frigorifique.

La préréfrigération du vin au moment de son entrée en cave, opération qui a pour but de le ramener à la température (12° environ) du chais où il va séjourner, peut s'effectuer d'une façon plus économique par l'emploi d'un groupe « rafraîchisseur », comprenant un réfrigérant à détente directe, un compresseur avec moteur et condenseur, et une pompe de circulation.

ces lois, la température d'apparition de la phase solide s'abaisse en fonction de la teneur en corps dissous.

Ce qui se solidifie dans le vin n'est pas constitué par de l'eau pure, car les cristaux retiennent une certaine proportion de vin ; aussi la réduction au minimum de cette teneur en alcool a-t-elle été l'un des problèmes les plus importants à résoudre pour l'utilisation économique de la concentration par le froid.

Cette concentration ne saurait être pra-

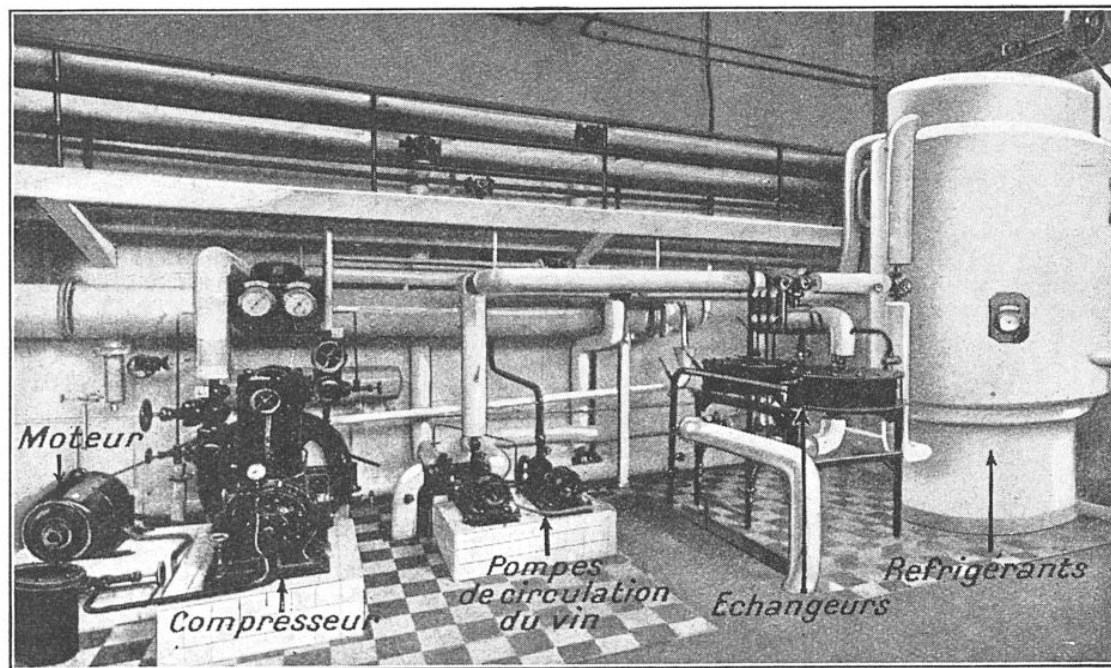


FIG. 4. — LA CLARIFICATION DES VINS PAR LE FROID A ALFORTVILLE (ALGÉRIE)

La concentration des mouts et des vins par le froid

Si la température d'un vin s'abaisse au-dessous de son point de congélation, des cristaux de glace, constitués par de l'eau à peu près pure, apparaissent, baignant dans le liquide alcoolique dont le titre subit ainsi un enrichissement. En opérant cette soustraction d'eau sur un vin soumis à un froid suffisant, et en séparant la glace formée, on réalise cette concentration qui repose sur les lois de la cryoscopie de Raoult (1). Suivant

(1) Outre leur richesse alcoolique, les vins renferment en plus ou moins grande proportion diverses substances en solution qui déterminent la congélation à une température inférieure à celle de liquides hydroalcooliques de même teneur en alcool. Raoult a même effectué des déterminations du point de congélation sur des vins de nature différente.

tiquée par chauffage, qui éliminerait, en même temps que l'eau, les produits volatils et les parfums (seule l'évaporation dans le vide est applicable, car elle s'effectue à basse température).

D'une façon générale, la concentration par le froid présente de grands avantages pour les vins. Elle se montre d'une grande souplesse pour le viticulteur, car elle peut être faite à toute époque de l'année, au moment économiquement favorable, c'est-à-dire au cours le plus élevé du degré alcoolique. Un degré minimum étant imposé par le législateur, ici la technique vient remédier à l'insuffisance de chaleur et de lumière qui fait que, certaines années, les raisins de chez nous n'ont pas assez d'alcool « en puissance ». Ces vins concentrés sont recherchés par le

commerce, car la concentration par le froid, qui les rend aussitôt « marchands », donne au consommateur des garanties particulières, du fait que, d'une part, les goûts défectueux des mauvais vins réapparaissent concentrés comme les bons, et que, d'autre part, les fraudes courantes ne sont pas masquées, mais, au contraire, plus facilement mises en évidence.

Si on considère enfin que le marché colonial pourrait s'ouvrir à la consommation du vin, grâce à l'obtention de vins fortement concentrés, dont les hautes teneurs en alcool et en acides permettraient sans risques

moûts par le froid présente pour le viticulteur une facilité moins grande que celle du vin, comme on le verra plus loin.

Techniquement, l'opération de la concentration par le froid s'effectue dans des appareils du type de congélateur déjà décrit à propos de la clarification des vins. On obtient ainsi, sans main-d'œuvre, une véritable pâte neigeuse en charge ou sous pression. Cette pâte, constituée par des cristaux de glace de 5 à 6/10 de mm, se présente donc sous un état très favorable à l'élimination aisée et rapide du liquide concentré qui la baigne.

Dès la sortie du congélateur, la pâte nei-

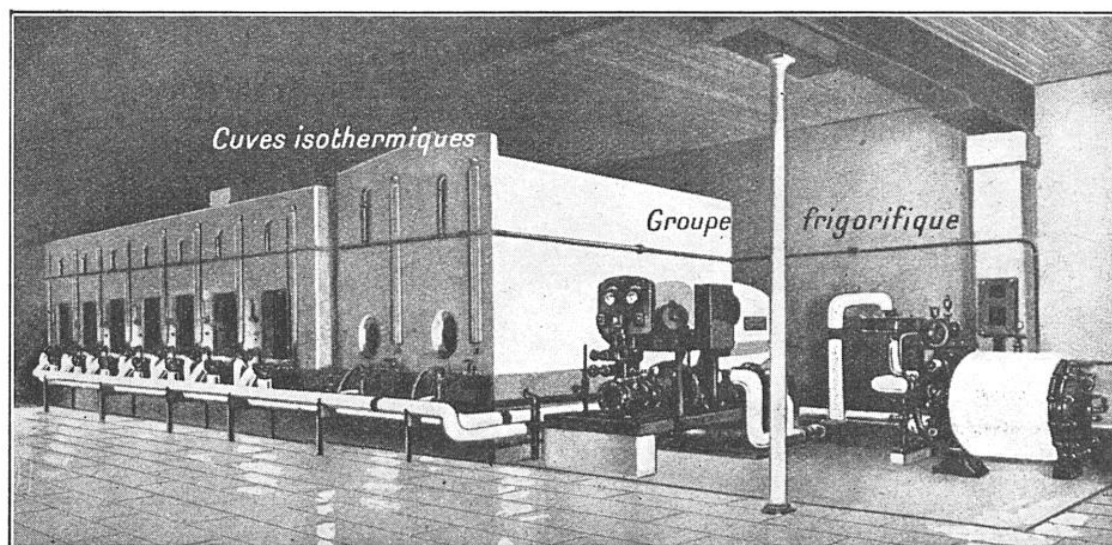


FIG. 5. — LE TRAITEMENT FRIGORIFIQUE DES COGNACS EN CHARENTE

d'altération de très longs voyages, et qui, à l'arrivée, seraient dilués au degré voulu, on peut entrevoir, à la faveur d'une législation favorable, un avenir encore plus intéressant pour la concentration par le froid.

Pour les moûts, la concentration offre des possibilités non moins séduisantes, d'une part pour l'élévation de la richesse en sucre, qui permet d'obtenir des vins plus alcooliques (augmentation légale de 20,5), d'autre part pour la production de concentrés se conservant sans fermentation et dont les applications sont des plus intéressantes, soit pour la « chaptalisation » (voir page 282) des moûts trop pauvres en sucres, soit pour l'édulcoration des vins de liqueur, la préparation de concentrés à 36° Beaumé (1) dans les pays où les vins sont soumis à des droits prohibitifs. Cependant, la concentration des

(1) Concentration assurant leur conservation parfaite.

geuse est versée dans uneessoreuse à panier renforcé, qui est soumise à une vitesse de rotation extrêmement grande. La masse recueillie dans la cuve de l'essoreuse est parfaitement blanche, mais contient encore une légère proportion de vin, déterminant une perte de l'ordre de 0,5 à 2 %

Bien que le système de séparation de la glace et du vin par centrifugation puisse donner des résultats avantageux et que son emploi soit encore indiqué dans bien des cas, un procédé récent, dit « par compression », vient de perfectionner l'opération en la simplifiant et en réduisant énormément la main-d'œuvre. Ce procédé est dû à un inventeur français, M. J. Daloz. La forte compression d'une solution congelée provoque le rapprochement et la soudure en un seul bloc des cristaux de glace, ce qui détermine l'expulsion du liquide concentré. L'appareil qui permet ainsi la séparation rapide de la

glace, a reçu le nom de « cryo-extracteur ».

Dans l'emploi du cryo-extracteur, on réalise une deuxième phase de récupération : après le premier refroidissement par l'eau de fusion de la neige du vin à concentrer, celui-ci est envoyé dans un deuxième récupérateur où circule en contre-courant le vin concentré sortant du cryo-extracteur.

En ce qui concerne la *concentration des moûts*, l'emploi du froid ne permet guère d'arriver à une concentration suffisante. En effet, au delà de la densité de 24° Baumé, la viscosité du moût froid devient très grande et, en poussant la concentration, les pertes

La préréfrigération et la préparation des jus de raisins

Sous l'impulsion de la propagande médicale, la consommation du raisin et du jus de raisin s'est considérablement accrue en France au cours de ces dernières années.

Cependant la consommation du raisin en nature ou sous forme de jus ne peut se poursuivre que pendant une période restreinte, et il convient d'opérer la conservation des jus et même des raisins pour répondre, d'une part, aux besoins d'une clientèle de plus en plus nombreuse, dési-

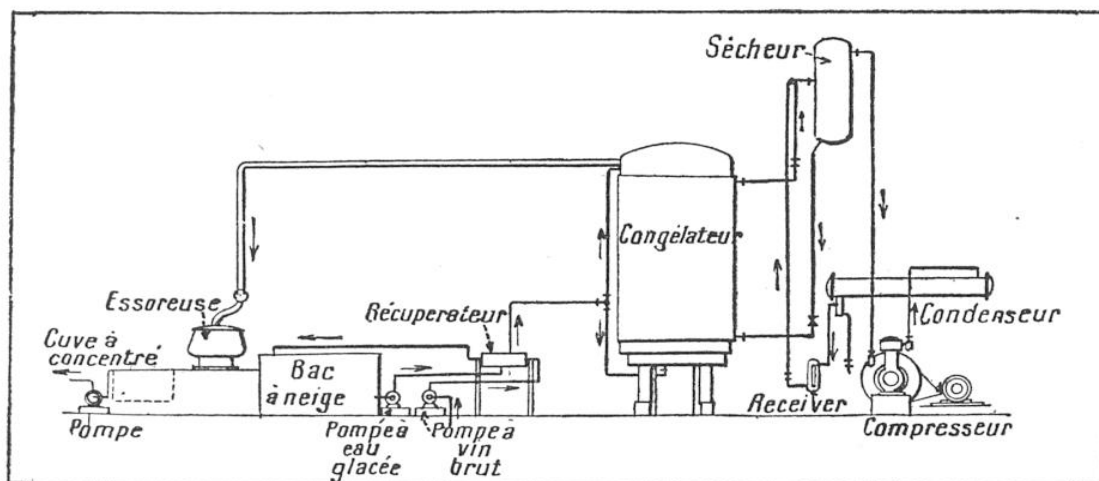


FIG. 6. — LA CONCENTRATION DU VIN PAR CONGÉLATION FRACTIONNÉE

Les cristaux de glace très fins qui se forment dans le vin sont centrifugés; le liquide interposé, qui contient une proportion appréciable de vin, est ainsi récupéré. L'appareil est muni d'un échangeur de température qui emploie les frigories de la glace à refroidir préalablement le vin à traiter.

deviendraient sensibles par la rétention d'une certaine proportion de concentré dans la glace. Il y a donc lieu, en certains cas, de compléter cette concentration à l'aide de l'évaporation dans le vide à *basse température*. On obtient ainsi des concentrés à 36° d'une qualité exceptionnelle, ayant conservé presque tout leur parfum.

Cependant la combinaison du froid et du vide à basse température devient plus onéreuse que la concentration intégrale par le vide. C'est pourquoi l'association des deux procédés n'est à appliquer qu'aux moûts destinés à la consommation directe : boissons sans alcool, produits de régime, etc. La concentration par le froid sera avantageusement réservée pour le simple enrichissement légal du moût, cas le plus fréquent d'ailleurs. On peut aussi opérer avec le même matériel sur les vins « faits », chose impossible avec un matériel d'évaporation sous vide.

reuse de continuer sa « cure uvale » et, d'autre part, à ceux que la propagande a engendrés dans les pays soumis à l'interdiction de boissons alcooliques.

La préparation des jus de raisin, longtemps demeurée dans le domaine familial, a donc tendu à s'industrialiser. Le développement de cette préparation a rapidement dépassé et mis au second plan la conservation des raisins eux-mêmes, produits de luxe en période hivernale. Du point de vue alimentaire et hygiénique, la pulpe ne présente certes qu'un intérêt secondaire, alors que le jus renferme les sucres, et principes organiques assimilables, les sels minéraux, *certaines* diastases et vitamines, etc., mais la conservation du jus de raisin s'est heurtée dès le début, à des difficultés sérieuses, presque toutes d'ordre bactériologique. En effet, comme tous les jus de fruits, celui de raisin est éminemment altérable; les mi-

crobes nombreux existant sur la pellicule du raisin ou provenant de sa manipulation — qui ne saurait être aseptique — trouvent ici un milieu de culture idéal.

La conservation du jus de raisin doit résoudre le double problème de l'inhibition immédiate de toute fermentation lors de sa préparation, et celui de la stérilisation lors de la mise en bouteilles. Ces opérations ne doivent compromettre ni la présentation (limpidité surtout) ni les qualités gustatives du produit ; aussi bien l'emploi d'antisepiques ne remplissant pas ces conditions est-il interdit par la loi, sauf l'anhydride sulfureux, autorisé en proportion limitée et qui, d'ailleurs, présente des inconvénients.

Les procédés utilisant uniquement la chaleur sont souvent très délicats à employer par suite des risques de déperdition d'arôme et de production de goûts étrangers rebutant le consommateur.

La technique frigorifique, complétée, bien entendu, par un système convenable de stérilisation (tel que la pasteurisation) à la mise en bouteilles, apparaît donc actuellement comme un traitement satisfaisant pour la préparation des jus de raisin ; la réussite du procédé nécessite des vendanges parfaitement saines, à peine entièrement mûres (donc meilleures de conservation et préférées en général du consommateur aux jus trop doux) et provenant des cépages favorables.

La réfrigération doit pouvoir s'opérer très rapidement pour diminuer les chances d'altération.

À ce moment, le moût est aussitôt passé sur un réfrigérant à détente directe tel qu'il a été décrit plus haut. La température est

portée instantanément à 0°, la réfrigération s'opérant à l'abri de l'air et de toute contamination.

Par mesure d'économie, il est bon de réfrigérer de nuit en congelant, même partiellement, les jus arrivés dans la journée ; sur ce moût glacé, on jettera le lendemain les excédents de jus devant attendre la libération du réfrigérant. *Le débouillage des jus refroidis* s'effectue en cuves spéciales, fortement isolées. Il est facilité par la précipitation considérable de crème de tartre produite par le froid et qui entraîne de très nombreux ferments. D'ores et déjà, les jus débouillés peuvent être envoyés dans les cuves de conservation, mais il est recommandable de procéder à un autre soutirage, suivi de filtration, pour obtenir un jus brillant, pratiquement aseptique.

La conservation des jus, jusqu'à leur mise en bouteilles, peut être réalisée par le maintien

des jus à la température de -2° à -3° C, logés de préférence en cuves en acier émaillé ou vitrifié, faciles à nettoyer et à désinfecter.

Le froid artificiel pourrait, à lui seul, suffire à la production de jus limpides et stables, mais le prix de revient des frigories ne le permet pas. C'est pourquoi, à partir de la mise en bouteilles, les jus n'étant plus maintenus à basse température, il est nécessaire d'assurer leur stérilisation complète, qui peut s'effectuer soit par pasteurisation du jus en masse à 75° C ou par pasteurisation dans des appareils Matzka, vers $40-50^{\circ}$, utilisant l'action (apparentée aux phénomènes catalytiques) de certains métaux rares, soit par filtration avec filtres sté-

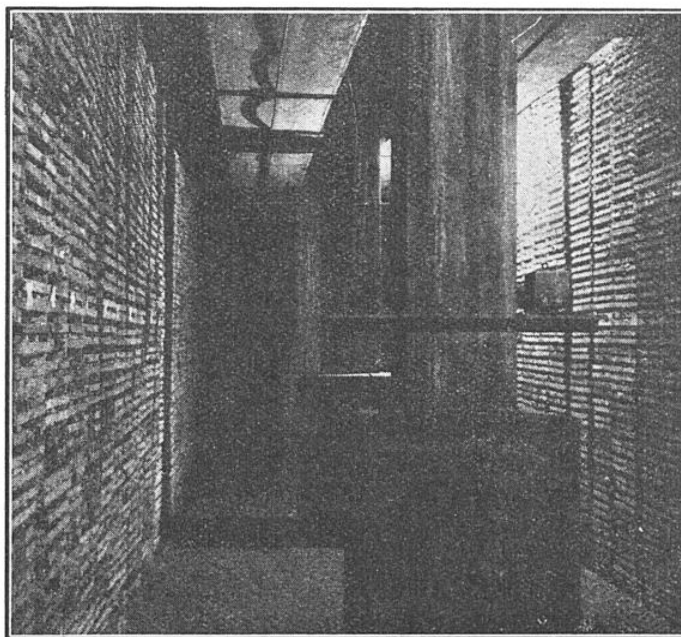


FIG. 7. — CHAMBRE FROIDE POUR LA CONSERVATION DES RAISINS FRAIS A NISSAN (HÉRAULT)

Les cageots contenant les raisins sont empilés les uns sur les autres ; les fruits peuvent ainsi être conservés cinq mois et plus à une température voisine de 0°.

rilisateurs du type à bougies de porcelaine ou à plateaux d'amiante comprimé, ou encore sous pression de gaz carbonique, soit enfin par pasteurisation du jus dans les bouteilles mêmes.

Le travail de mise en bouteilles doit se faire aseptiquement, sauf dans le dernier procédé, d'ailleurs délicat à conduire en raison de risque de goût de « cuit » si préjudiciable à la valeur marchande du produit. Là encore, les procédés évitant le chauffage ont l'énorme avantage de conserver le parfum du fruit, *qualité maîtresse recherchée par le consommateur*.

La conservation des raisins à l'état frais

Ici, la technique frigorifique a ouvert des possibilités nouvelles du plus grand intérêt. Sans parler de la réfrigération au départ dans les gares et de la « resserre frigorifique », qui continuent à rendre de grands services au viticulteur, on est parvenu, depuis longtemps il est vrai, par diverses méthodes, à assurer la conservation de variétés appropriées de raisins de table au fruitier obscur à température peu élevée. Mais il faut reconnaître que cette réalisation revêt, commercialement, un caractère de luxe, justifié d'ailleurs, par les soins multiples et les déchets qu'elle comporte.

De nombreux procédés ont été expérimentés en vue d'assurer, dans un but industriel, la conservation des raisins de table. Ceux qui sont fondés sur l'emploi d'antiseptiques (anhydride sulfureux, formol, etc.) ou d'atmosphères inertes (gaz carbonique, azote...) ont donné des résultats décevants ou insuffisants.

Seule la technique frigorifique paraît aujourd'hui susceptible de répondre, après la période de perfectionnement nécessaire, au but recherché.

Pour réaliser cette conservation, il faut que le raisin possède des réserves nutritives et aqueuses abondantes, qu'elles soient utilisées au ralenti, et que l'action des agents d'altération soit paralysée.

Or, une température basse, de $+5^{\circ}$ à 0° C, ralentit fortement les fonctions physiologiques du fruit (respiration, transpiration...) et suspend la vitalité des microorganismes. En réglant en chambre froide d'autres facteurs, tels que la lumière et le degré hygrométrique de l'air, on parvient à réaliser la conservation industrielle du raisin de table. Cependant, les entreprises frigorifiques qui utilisent soit la méthode à « rafle sèche », s'opérant dans le liège granulé ou autre substance, ou à l'air libre, soit

la méthode « à rafle verte » (procédé dit de Thomery) avec sarment plongeant dans l'eau, ne réalisent pas encore une conservation assez longue de variétés courantes vendues à un *prix abordable* et avec les caractères gustatifs du fruit frais.

Il semble que ce soit en France que les meilleurs résultats aient été, jusqu'ici, obtenus, par une méthode autorisant les plus grands espoirs pour la résolution du problème de la conservation du raisin de table, posé depuis longtemps aux techniciens. C'est, en effet, à Nissan, dans l'Hérault, que l'entreprise frigorifique d'étude pour la conservation du raisin de table, créée en 1931 par la Société Méridionale de Transport de force, en collaboration avec les viticulteurs régionaux, est parvenue à livrer à un prix intéressant des raisins de variétés locales conservés pendant plus de cinq mois. Vivement appréciés dès leur apparition sur les marchés les plus divers, ces raisins présentaient un goût et un arôme supérieurs à ceux qu'ils avaient à leur entrée au frigorifique. Des jus d'une qualité exceptionnelle ont, en outre, été préparés à partir de ces raisins, mais cette préparation ne saurait avoir qu'un caractère exceptionnel en raison de son prix de revient.

La température étant réglée entre 0° et $0^{\circ},2$ C, on porte l'air de la chambre à un degré hygrométrique élevé (95 %), qui est réalisé au moyen d'un humidificateur suivi d'un séparateur de gouttelettes entraînées mécaniquement. Le mélange, dosé et contrôlé en température et humidité, est renvoyé à la chambre par des gaines de refoulement. (La signalisation des écarts de température et du degré hygrométrique s'opère électriquement).

On voit, dans ce bref exposé, quel effort a dû faire le viticulteur pour s'adapter aux besoins toujours plus raffinés de sa clientèle, et, pour conserver celle-ci, en lui offrant toujours, quelle qu'ait pu être la qualité de la récolte, des produits irréprochables au point de vue de la présentation, du goût et de la tenue. Comme toute entreprise agricole, la viticulture est pleine de risques, que la science s'est efforcée d'atténuer. La technique du froid donne, en particulier, le moyen de corriger parfois les produits naturels, sans porter atteinte à leurs qualités substantielles que le consommateur est en droit d'escompter. Elle permet enfin de nouveaux débouchés à notre viticulture nationale, qui, ne l'oublions pas, est la première « in the world ».

LUCIEN THÉRON.

LA CENTRIFUGATION AU LABORATOIRE ET DANS L'INDUSTRIE

Par Pierre DEVAUX

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

L'accélération centrifuge développée par la rotation rapide d'un corps autour d'un axe, principe bien connu de mécanique élémentaire, permet de réaliser, dans la pratique industrielle, des forces de gravitation artificielles dont l'intensité n'est limitée que par la résistance mécanique des matériaux mis en œuvre. Ainsi, la centrifugation à grande vitesse permet d'effectuer en quelques minutes la séparation complète des constituants d'un mélange, qu'il s'agisse de liquides de densités très voisines ou de fines particules en suspension, dont la décantation, sous la seule action de la pesanteur, aurait demandé plusieurs semaines, voire même plusieurs mois. Les super-centrifugeuses utilisées dans l'industrie des peintures, des huiles de pétrole, en électrotechnique (huiles de transformateurs et de disjoncteurs), dans l'industrie laitière, etc., atteignent aujourd'hui couramment des vitesses de 12 000 à 20 000 tours/mn. Au laboratoire, l'analyse des liquides physiologiques et des suspensions colloïdales exige des vitesses de rotation encore plus élevées, atteignant parfois 145 000 tours/mn, ce qui représente une accélération centrifuge 1 million de fois plus intense que celle de la pesanteur. Le record, dans ce domaine des grandes vitesses angulaires, appartient à une ultra-centrifugeuse — véritable curiosité de laboratoire — qui peut effectuer 20 000 tours par seconde, soit 1 200 000 révolutions par minute.

LA centrifugation, sous ses formes élémentaires, est vieille comme le monde ; une ménagère qui secoue sa salade, un chien qui s'ébroue en sortant de l'eau font de la centrifugation comme M. Jourdain faisait de la prose, sans le savoir.

En revanche, la technique de la centrifugation à grand rendement, telle qu'elle est pratiquée actuellement dans de nombreuses industries (fig. 1, 5 et 6) est chose encore récente ; ceci s'explique si l'on songe aux énormes vitesses de rotation mises en œuvre et qui exigent des métaux résistants, une construction impeccable.

Qu'est-ce que la centrifugation ? Le mot le dit : une opération consistant à soumettre une substance à la force centrifuge engendrée par une rotation rapide. Il convient toutefois de la distinguer de l'essorage qui est une opération simple.

Supposons que nous voulions sécher des copeaux métalliques, produits par une machine-outil, et imprégnés d'eau. Nous les placerons dans un cylindre perforé tournant à vitesse moyenne et la force centrifuge se chargera d'évacuer l'eau. Centrifugation, assurément, mais spéciale et peu rapide, qui constitue précisément l'essorage.

Voulons-nous, au contraire, écrémer du lait ? Une écrémeuse centrifuge se chargera de séparer les globules graisseux, for-

mant la crème, du « sérum » constituant le liquide du lait. Opération infiniment plus ardue, exigeant des appareils perfectionnés, car les deux corps à séparer sont essentiellement mobiles, et qui va nous conduire dans le domaine des *supervitesses de rotation*.

Les vitesses de chute limites dans les milieux résistants

Prenons une éprouvette haute et large, remplie d'eau ou d'huile, et laissons choir dans le liquide différents objets, tels qu'une bille d'acier, un globule de mercure, des grains de quartz ou de sel marin.

A l'aide du cinéma ultra-rapide, nous pourrions étudier avec précision les vitesses de chute ; nous constaterons ainsi, conformément aux lois classiques de la dynamique, que les corps commencent par descendre avec une vitesse croissante, puis que cette vitesse se stabilise et qu'ils achèvent leur course d'un mouvement uniforme.

Cette *vitesse-limite* dépend de la *densité* des corps ou particules : elle est très faible si ces corps sont à peine plus denses que le liquide. Elle est plus forte pour les grosses particules que pour les petites et se trouve réduite par la *viscosité* du liquide ; la chute sera donc plus lente dans une huile épaisse que dans une huile fluide.

Berthold Block indique comme vitesses

limites de chute (mesurée en millimètres par seconde) dans l'eau :

Bille d'acier de 5,5 mm de diamètre.	1.284,00
Grains de quartz de 1 mm de diam...	100,00
Boues dans les épurateurs d'eau....	0,02
Grains de quarts de 2 millièmes de mm de diamètre	0,004

On voit que pour de très petites particules, la vitesse de chute devient extraordinairement faible ; ainsi pour laisser déposer entièrement une poudre de quartz en grains de 2 millièmes de millimètre au fond d'une couche d'eau de 40 centimètres, il faudra 100 000 secondes, soit environ 28 heures ! Et cependant la densité du quartz est de 2,8, c'est-à-dire qu'il est près de trois fois plus lourd que l'eau. On juge des délais nécessaires pour décanter des impuretés de densité voisine de celle du liquide dans un milieu à viscosité élevée ; il faut alors compter par semaines et même par mois ; dans ces conditions l'opération perd toute portée industrielle.

Les centrifugeuses développent des forces colossales

Fort heureusement, il existe un facteur de la vitesse de chute que nous avons négligé et qui a bien son importance : c'est l'intensité de la pesanteur.

Supposons que par un procédé mécanique convenable nous puissions décupler l'action de la pesanteur. Le poids des particules va se trouver multiplié par dix, ce qui tendra à accélérer leur chute. Le poids du liquide, il est vrai, se trouvera également

décuplé, mais la différence des densités, qui seule intervient pour provoquer la descente, sera elle aussi multipliée par 10 en sorte que les particules tomberont finalement beaucoup plus vite.

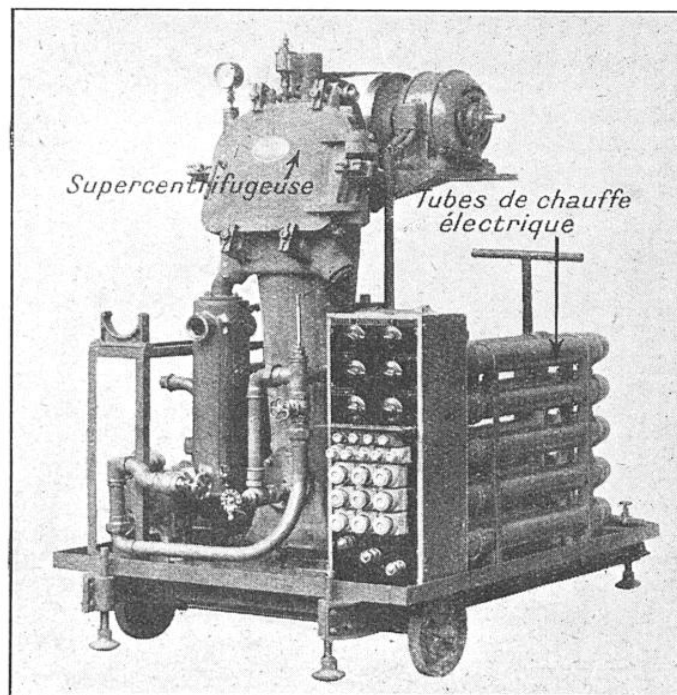
C'est précisément cet accroissement apparent de la pesanteur que nous fournissent les machines à centrifuger. Le liquide contenant les particules en suspension est intro-

duit dans un bol rotatif extrêmement résistant que l'on fait tourner à grande vitesse au moyen d'un moteur ou d'une manivelle à engrenages. Énergiquement plaqué contre la paroi du bol, le liquide abandonnera contre cette paroi un sédiment solide que l'on pourra détacher après l'arrêt.

On sait que la force centrifuge à laquelle est soumis un point matériel tournant autour d'un axe est proportionnelle au carré de sa vitesse angulaire et au rayon du cercle décrit.

Pour obtenir une force centrifuge élevée, on serait donc conduit à utiliser des rotors, ou « bols », de grand diamètre, tournant à grande vitesse. Malheureusement, les aciers les plus résistants ne supporteraient pas un tel régime et le bol ferait explosion ! Force est donc de se restreindre soit sur la vitesse, soit sur le diamètre.

Deux solutions sont ainsi possibles : un bol très large tournant à vitesse relativement faible, ou un bol extrêmement étroit, simple tube d'acier, tournant à une vitesse formidable : 10 000, 20 000 ou même 60 000 tours à la minute, soit 1 000 tours par seconde ! Comme la vitesse intervient par son carré



(sselpahS)

FIG. 1. — GROUPE « SUPERCENTRIFUGE-CUISEUR » MOBILE POUR L'ÉPURATION ET LA CUISSON SOUS VIDE DES HUILES DE TRANSFORMATEURS ÉLECTRIQUES

Au centre, la supercentrifugeuse qui tourne plus vite que le moteur, grâce à un système d'entraînement multiplicateur de vitesse. À droite, les tubes de chauffe électrique.

dans la formule, cette seconde solution fournit des forces centrifuges incomparablement plus élevées, avec une *fatigue* du métal sensiblement réduite, ce qui permet d'alléger la machine en toute sécurité.

A titre d'exemple, dans un grand rotor d'écumeuse de 1 m de diamètre tournant à 1 200 tours par minute, la force centrifuge est égale à 2 000 fois l'intensité de la pesanteur, c'est-à-dire que 1 g de matière se trouve soumis à un effort de 2 kg.

Dans un tube de 4 cm de diamètre intérieur et tournant à 60 000 tours par minute, la force centrifuge est 80 000 fois plus forte que la pesanteur, c'est-à-dire que 1 g de matière est soumis à un effort de 80 kg !

Le principe de la « couche mince »

Franchissons encore un pas et nous arrivons aux réalisations pratiques.

Ce qui importe, en réalité, n'est pas la vitesse de précipitation des particules, mais le *temps* employé par ces particules pour aller se plaquer contre la paroi. Au lieu de soumettre le bol à des vitesses de rotation exorbitantes, il est plus avantageux de disposer la circulation du liquide à l'intérieur dudit bol en *couche mince*.

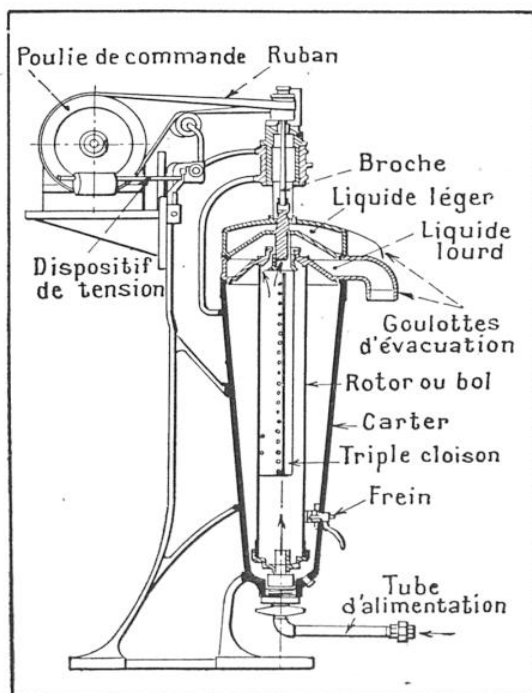
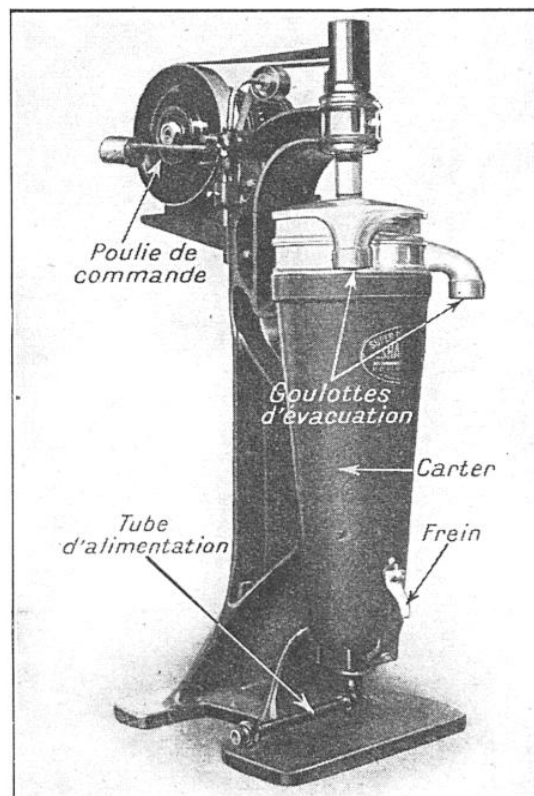


FIG. 2. — COUPE SCHÉMATIQUE DE LA SUPERCENTRIFUGEUSE DE LA FIGURE 3

Le liquide est entraîné par le mouvement de rotation du bol et des ailettes intérieures.



(Sharpless.)

FIG. 3. — TYPE DE SUPERCENTRIFUGEUSE MODERNE ULTRA-RAPIDE TOURNANT A 12 000-20 000 TOURS PAR MINUTE

Le liquide à traiter arrive par le bas de la machine et les produits de la centrifugation s'échappent séparément par les goulottes d'évacuation.

De plus, dans les appareils à circulation continue, il sera souhaitable que cette couche de liquide parcoure un trajet considérable avant sa sortie du bol ; elle sera ainsi soumise *longuement* à la force centrifuge, condition essentielle d'une décantation complète.

Force centrifuge élevée obtenue par une rotation rapide ou par un diamètre notable, liquide étendu en couche mince, long parcours intérieur du liquide, telles sont les conditions *optima* que les constructeurs se sont efforcés de réunir par des dispositifs assez différents.

Qu'est-ce que les supercentrifugeuses ?

Voici d'abord les *supercentrifugeuses* ultra-rapides, dont la construction est remarquablement simple (fig. 2 et 3).

Le bol est formé d'un tube en acier vertical de petit diamètre, dans lequel sont placées trois ailettes destinées à favoriser l'entraînement du liquide. Celui-ci arrive par le bas

de l'appareil, chemine vers le haut du tube, tout en se trouvant plaqué contre la paroi par la force centrifuge, et déborde à la partie supérieure. Projeté violemment, il est collecté par une « goulotte » circulaire qui le déverse à l'extérieur.

On démonte le tube pour recueillir le sédiment, qui est déposé dans l'appareil sous une forme aussi compacte que du mastic.

Quand la supercentrifugeuse est utilisée pour séparer deux liquides de densités différentes, par exemple de l'huile en émulsion dans l'eau, on munit le bol tubulaire de deux canaux d'évacuation prenant naissance à des distances différentes du centre. Les liquides s'échappent dans deux goulottes séparées (fig. 4).

Un délicat « équilibre dynamique »

La construction des supercentrifugeuses a posé des problèmes techniques épineux. Lancé à grande vitesse, le bol tubulaire ne tourne plus autour de son axe géométrique de fabrication, mais autour de son *axe principal d'inertie* ; or, celui-ci peut être légèrement oblique par suite d'un défaut microscopique d'usinage créant un *balourd*.

Pour réduire au minimum ce balourd, on commence par équilibrer *statiquement* le bol en le faisant rouler sur deux couteaux horizontaux ; il ne doit pas s'arrêter plus souvent dans une position « préférée ». Dans ce cas, on le corrigerait en donnant un très léger coup de meule à de petits bossages laissés tout exprès, de forge, à la périphérie.

L'équilibrage est ensuite poursuivi sur la *machine à équilibrer dynamiquement*, qui possède des paliers mobiles, maintenus par des ressorts ; le bol, tournant rapidement, ne doit provoquer aucun déplacement et aucune vibration de ces paliers.

Il est ensuite monté dans la supercentrifugeuse et amené aux vitesses régimes ; des

vibrations peuvent encore apparaître du fait des déformations élastiques qui altèrent la forme cylindrique du bol et créent ainsi un balourd provisoire ; on corrige une dernière fois à la meule.

Une telle perfection d'usinage serait toutefois inopérante sans un dispositif ingénieux de suspension par broche *demi-souple* qui permet un centrage spontané du rotor.

Grâce à ces dispositions spéciales, les

chiffres de 12 000 à 20 000 tours par minute sont aujourd'hui courants ; les forces centrifuges développées atteignent 20 000 fois l'intensité de la pesanteur. Dans les appareils de laboratoire, on cite les chiffres de 45 000 tours et même de 80 000 tours par minute dans quelques cas exceptionnels.

Il est curieux de remarquer que la vitesse périphérique, mesurée en mètres par seconde à la paroi du bol, n'excède pas le quart de la vitesse périphérique du globe terrestre (500 m par seconde) ; mais la force centrifuge est environ 15 millions de fois plus grande dans le bol qu'à la surface de la Terre, à cause de la petitesse du rayon.

L'entraînement des supercentrifugeuses est fait par moteur électrique et courroie

extra-souple ; cette transmission forme *multiplication*, c'est-à-dire que le mobile entraîné tourne plus vite que le moteur. C'est là un cas rarissime avec les moteurs électriques.

Centrifugeuses à « pile d'assiettes »

¶ Dans ce type d'appareil, qui nous est venu d'Allemagne par la Suède, le problème est envisagé différemment (fig. 5 et 6).

A l'intérieur d'un bol rotatif de diamètre relativement grand sont empilées des « assiettes » de forme tronconique, en tôle d'acier de 0,5 mm d'épaisseur, laissant entre elles des intervalles très faibles, pouvant s'abaisser jusqu'à 0,4 mm pour certains liquides à

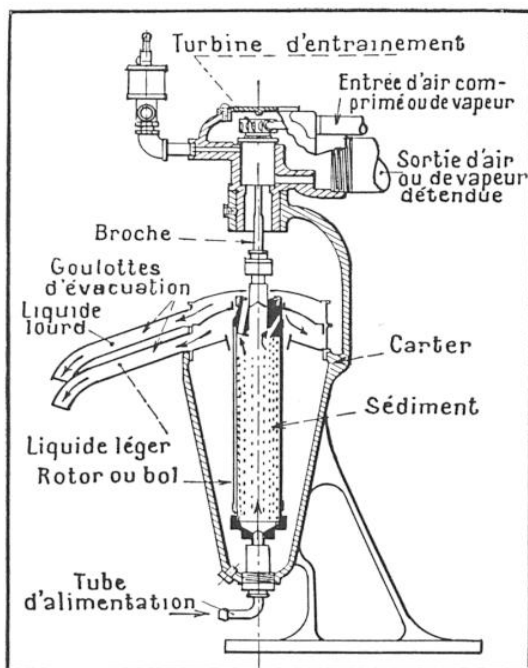


FIG. 4. — SUPERCENTRIFUGEUSE ENTRAÎNÉE PAR TURBINE A AIR COMPRIMÉ OU A VAPEUR, ET TRAVAILLANT EN SÉPARATRICE DE LIQUIDES DE DENSITÉS DIFFÉRENTES. On aperçoit, en haut du rotor, les deux orifices inclinés prenant naissance à des distances différentes de l'axe du bol tournant.

traiter. Ces cônes sont percés de trous.

Le liquide à traiter arrive par simple gravité suivant l'axe de l'appareil, passe sous le disque inférieur en s'écartant du centre, puis revient vers le centre en cheminant en couches minces entre les cônes. La séparation est très rapide ; les sédiments se plaquent contre les cônes, glissent vers l'extérieur et vont s'amasser contre la paroi du bol, tandis que le liquide clarifié s'élève de trous en trous et s'échappe tangen-

tiellement par le haut de l'appareil. L'appareil peut être également combiné pour la séparation de deux liquides de densités différentes, chaque liquide s'échap-

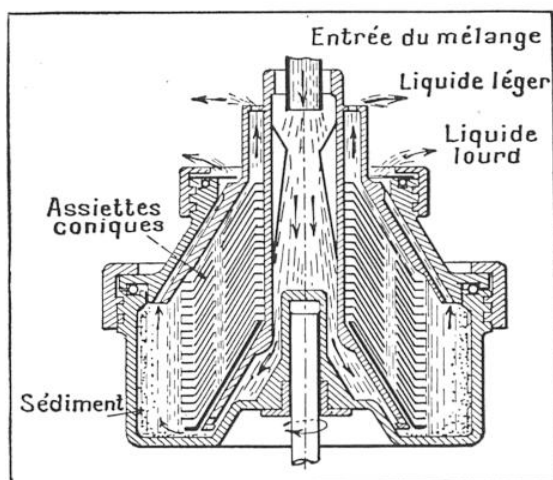
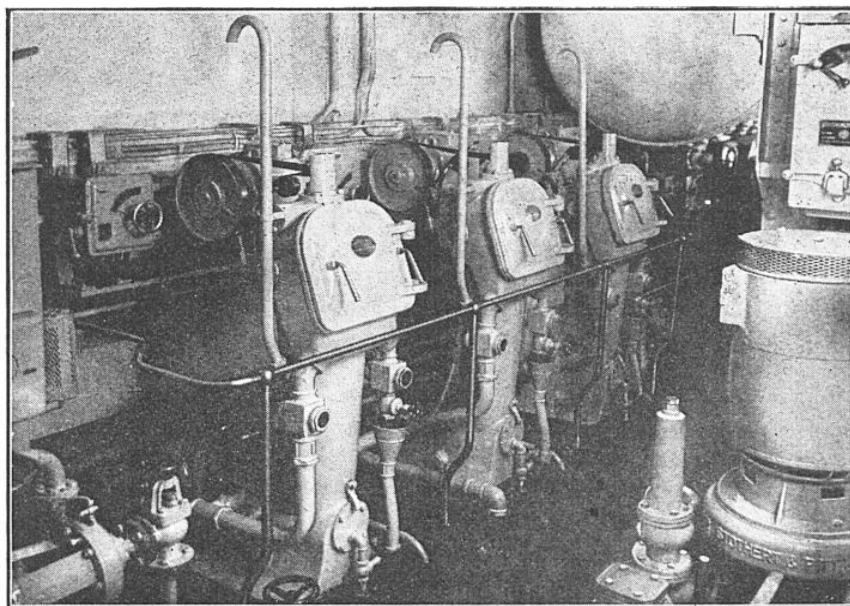


FIG. 5. — COUPE D'UN SÉPARATEUR CENTRIFUGE « A PILE D'ASSIETTES »

Le mélange à traiter arrive par la partie supérieure dans l'axe de l'appareil. Il passe sous la pile d'« assiettes » coniques en tôle d'acier, et revient vers le centre en traversant les cônes qui sont percés de trous. Il s'échappe ensuite latéralement, les parties lourdes du mélange passant par le canal le plus éloigné de l'axe, les parties légères par celui qui est le plus proche de l'axe, tandis que les sédiments demeurent dans le bol.



(Sharpless.)

FIG. 6. — CLARIFICATEURS D'HUILE SUPERCENTRIFUGES EN SERVICE SUR LE PAQUEBOT A MOTEURS « PRINCE-BAUDOUIN » (OSTENDE-DOUVRES)

pant par une goulotte séparée. La plupart des *écrémeuses* de lait du commerce sont construites sur ce principe.

L'entraînement du rotor comporte généralement une *vis réversible* montée sur l'axe du bol et attaquée par une roue dentée. Cette disposition, qui procure une multiplication considérable, est assez rare ; on la trouve dans les moulinets à air des boîtes à musique, les régulateurs centrifuges de phonographes ou de postes d'abonnés de téléphone automatique, et dans le « remontoir d'égalité » des horloges monumentales.

Les applications industrielles de la centrifugation

Les applications de la centrifugation sont aujourd'hui très nombreuses ; bien rares sont les produits industriels qui ne sont pas centrifugés au moins une fois à l'un des stades de leur fabrication.

Dans l'industrie des peintures et vernis, la centrifugation est utilisée pour la clarification des vernis gras, celluloseux ou à l'alcool, des peintures, des laques ; la teinturerie en fait usage pour la purification et la récupération de la benzine de nettoyage à sec ; la pharmacie l'utilise pour la *classification* par ordre de densité des suspensions colloïdales, la grosse industrie pour l'épuration des huiles combustibles pour moteurs Diesel, le « déparaffinage » des huiles de graissage, la déshydratation des huiles en

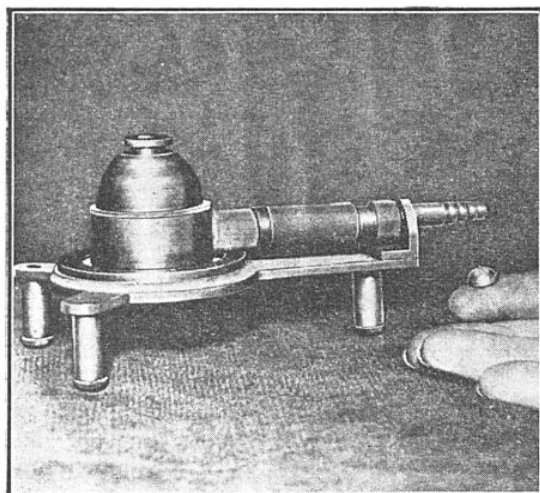


FIG. 7. — RECORD DU MONDE : 20 000 TOURS PAR SECONDE, 1 200 000 PAR MINUTE !

Ce minuscule rotor est du type « flottant sur l'air », qui a permis d'atteindre la prodigieuse vitesse de 1 200 000 tours à la minute.

service dans les turbines à vapeur, qui ont tendance à s'émulsionner avec de l'eau de condensation.

Cet important problème de l'entretien des huiles en service, source d'économies et condition essentielle d'un bon fonctionnement des machines, a reçu différentes solutions. Pour les machines d'usines et notamment les turbines des centrales, on a créé des *chariots centrifugeurs*, comportant une pompe de circulation et une centrifugeuse, entraînées par un moteur ; l'huile est aspirée et restituée à la machine par des tubes souples.

Pour les grosses installations, comportant des unités importantes, il est préférable de prévoir une centrifugeuse fixe pour chaque machine ; c'est également la disposition qui convient à bord des navires.

Un curieux « parasite » mécanique, l'*effet gyroscopique* doit toutefois entrer en ligne de compte dans l'établissement des centrifugeurs marins. Un rotor tournant à 15 000 tours, monté sur un petit bâtiment, tel qu'un torpilleur, peut courir des risques sérieux par roulis de gros temps ; ce point n'a pas été négligé par les constructeurs (fig. 6).

Très supérieur au filtre, qui se *colmate* et dont le débit est insuffisant, la centrifugeuse de type courant ne saurait, dans bien des cas, donner des liquides *brillants* comme une eau limpide ; mais il n'est pas interdit d'unir les deux techniques en soumettant à la

filtration les liquides préalablement centrifugés. Le filtre fonctionne ainsi dans d'excellentes conditions et peut fournir un long service sans démontage.

Les centrifugeuses au secours de la « haute tension »

Mention doit être faite d'une application curieuse qui est l'épuration des huiles remplissant les cuves des transformateurs, interrupteurs et disjoncteurs à haute tension.

L'huile qui baigne les enroulements de transformateurs remplit le double rôle d'isolant entre les spires et de véhicule des chaleurs perdues. Il arrive que cette huile se trouve portée à une température voisine de 100° au moment des « pointes » de courant, puis abandonnée à un refroidissement rapide.

Quelle que soit leur stabilité chimique, les huiles minérales actuelles ne sauraient résister sans altération à de telles températures, en présence de l'oxygène de l'air, de l'action catalytique du cuivre et de champs électriques intenses. Pratiquement, il n'est pas rare de « décuver » des enroulements enrobés d'une épaisse masse d'« asphalte », formée par la décomposition de l'huile ; fait plus grave, cette décomposition engendre de l'eau, qui reste suspendue en émulsion et peut abaisser la *rigidité diélectrique* de l'huile au quart de sa valeur !

Dans les interrupteurs et disjoncteurs, l'huile est dégradée plus rapidement encore et carbonisée par la flamme des arcs de rupture.

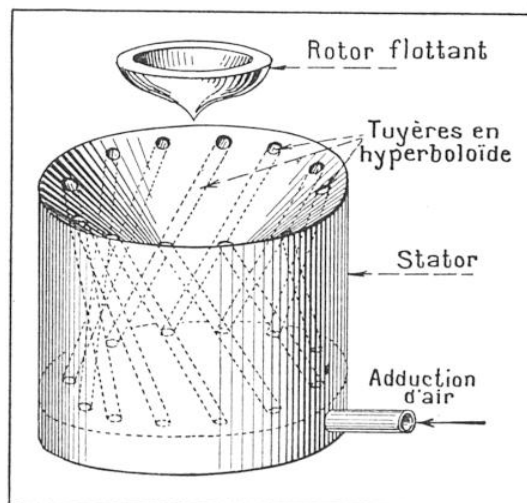


FIG. 8. — PRINCIPE DU ROTOR FLOTTANT

Le rotor flotte sans pivot matériel, suspendu sur les jets d'air comprimé qui s'échappent de tuyères disposées obliquement suivant les génératrices d'un hyperboloïde de révolution à une nappe.

La centrifugation, à elle seule, serait incapable de régénérer l'huile à ce point altérée, mais elle donne des résultats remarquables associée à un *séchage sous vide*. Les constructeurs sont parvenus à faire fonctionner la centrifugeuse elle-même à chaud et sous vide, grâce à un joint liquide rotatif ; l'huile, pulvérisée en brouillard au sortir du rotor, se déshydrate quasi instantanément.

Les ultra-centrifugeuses de laboratoire

C'est dans le domaine des laboratoires que nous trouvons les records des vitesses de rotation avec les curieuses réalisations de Huguenard, Svedberg, Beams.

Les ultra-centrifugeuses Henriot et Huguenard reposent sur l'emploi d'un *stator* en forme d'entonnoir dans lequel des jets d'air comprimé s'échappent par des canaux rectilignes disposés obliquement suivant les génératrices d'un hyperboloïde à une nappe ; le tourbillon d'air ainsi produit possède la propriété d'attirer un corps présenté à quelques centimètres et de le repousser à distance moindre. Il est donc possible de placer dans l'entonnoir un rotor qui « flotte »

sur le tourbillon et qui tourne à grande vitesse autour de son axe d'inertie.

Un rotor de 72 mm de diamètre, pesant 600 g, peut être ainsi amené aisément à 1 000 tours par seconde, soit 220 m par seconde de vitesse périphérique ; la fatigue du métal est alors de 40 kg/mm². Deux chambres symétriques, creusées dans la toupie, permettent de loger le corps à étudier et une tare d'équilibrage ; on peut obtenir des efforts 100 000 fois plus intenses que la pesanteur, suffisants pour faire couler le plomb à froid. En employant des rotors de 10 à 12 mm de diamètre (fig. 7), trop petits

du reste pour recevoir des chambres d'expérience, ce principe a permis d'atteindre des vitesses de rotation de 6 000 et même de 20 000 tours par seconde.

L'appareil de Svedberg, fruit de dix années de perfectionnements, comporte un rotor ovale à axe horizontal, entraîné par deux petites turbines à huile ; il tourne dans une atmosphère d'hydrogène à faible pression (20 mm de mercure) qui assure, grâce à sa bonne conductibilité calorifique, le refroidissement du rotor. Il est possible de photographier le rotor en mouvement.

Ce centrifugeur atteint des vitesses de 145 000 tours par minute et procure des forces centrifuges près de 1 million de fois plus grandes que la pesanteur, qui permettent de faire déposer les ions *H* et *Cl* d'une solution d'acide chlorhydrique : c'est là une *mécanolyse*, autrement dit une véritable « électrolyse mécanique ». Une demi-heure est nécessaire pour mettre le rotor en vitesse et il emploie 20 minutes à s'arrêter.

Le centrifugeur Beams est mû par l'air comprimé ; le rotor, suspendu à un fil qui lui communique le mouvement de rotation, tourne dans le vide. A l'Université d'Oxford, cet appareil a permis de séparer en leurs composants des mélanges de gaz, ce qui est passablement révolutionnaire !

Le dernier mot, en matière d'ultra-centrifugation, est l'essai des matériaux par *éclatement* ; l'éprouvette est formée par le rotor lui-même que l'on accélère jusqu'à rupture ; les fragments sont reçus par des parois en plomb. Il est curieux d'observer que la rupture a lieu pour des vitesses très inférieures à celles qu'indique le calcul et ceci ouvre des horizons nouveaux sur la cohésion de la matière aux grandes vitesses. P. DEVAUX.

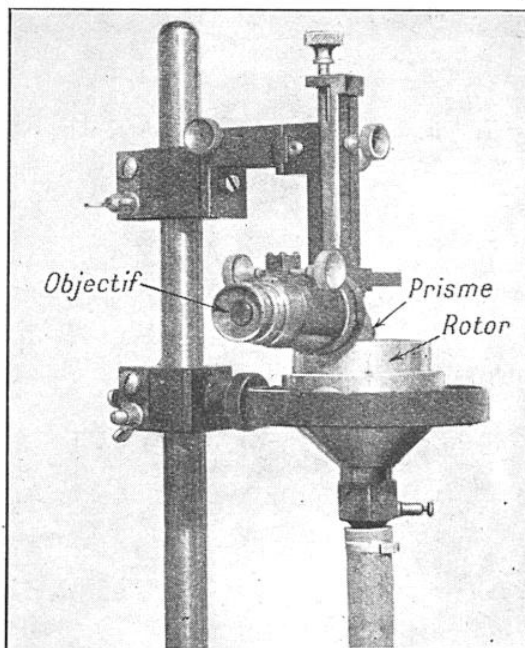


FIG. 9. — L'ULTRACENTRIFUGEUSE ET LE CINÉMA ULTRARAPIDE

Un bout de film de 22 cm de long tapisse l'intérieur du rotor de la machine. La couche sensible, par l'intermédiaire de l'objectif et d'un prisme, reçoit une succession d'éclairements produits à la cadence voulue par une étincelle électrique. Grâce à la stabilité du rotor sans axe entraîné par l'air comprimé, on a pu obtenir ainsi, par seconde, 50 000 images très nettes de 5 cm².

LE PROBLÈME DU VOL AU POINT FIXE : DE L'INSECTE A L'HÉLICOSTAT

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Nous avons eu, à plusieurs reprises (1), l'occasion de signaler les perfectionnements qu'a suggérés aux constructeurs de machines volantes l'étude du vol des animaux et quels espoirs ces recherches ont fait naître pour réaliser de nouveaux engins plus perfectionnés. Tous les appareils du type « planeur » présentent le même inconvénient grave : l'impossibilité de diminuer leur vitesse horizontale sans compromettre leur sustentation, ce qui les rend dépendants, pour leur envol et pour l'atterrissage, de terrains de plus ou moins grande étendue. Pour pallier ce grave défaut, on a pu réaliser des engins dont on ne trouverait pas d'analogues dans la nature. Certains, comme l'autogire La Cierva (2), ont déjà donné des résultats très encourageants. Un savant français, M. Œhmichen, professeur au Collège de France, s'est attaqué au problème du vol au point fixe qui présente un grand intérêt au point de vue militaire, et dont certains insectes nous présentent des solutions parfaites. Il l'a résolu avec son « hélicostat » (3), dont la sustentation est assurée par des hélices à axes voisins de la verticale, et les mouvements latéraux par une inclinaison convenable donnée à ces axes. Les réalisations successives de cet appareil, dont l'aspect s'est ainsi modifié sensiblement, ont eu pour objet de lui conférer une stabilité de plus en plus satisfaisante. Celle-ci a été obtenue finalement en liant, à l'aide d'un ballonnet gonflé d'air, une certaine masse de gaz à l'appareil, et en élevant ainsi au-dessus du centre de gravité de l'appareil son centre de poussée, solution qui nous éclaire sur la manière dont certains oiseaux réalisent une stabilité de vol inégalée jusqu'ici dans les machines volantes construites par l'homme.

Nous admirons les extraordinaires réalisations de l'avion moderne ; elles justifient tous les espoirs. Mais nous connaissons aussi ses faiblesses ; comme il acquiert la sustentation par la vitesse, le repos dans l'air lui est impossible ; et, pour acquérir cette vitesse, ou pour la perdre en décollant ou en atterrissant, il est obligé de disposer d'une aire étendue et soigneusement aménagée, au-dessus de laquelle il s'élève ou s'abaisse obliquement, sans pouvoir s'approcher de la verticale.

Ces inconvénients majeurs et inévitables ont conduit les chercheurs vers d'autres solutions ; on connaît les principales :

L'autogire de La Cierva (2) comporte, comme éléments principaux, une aile fixe, une hélice de traction et une voilure tournante, ou rotor, qui assure, pour une part, la sustentation et permet, sous sa forme actuelle, un décollage et une descente dans une direction presque verticale (4).

Le gyroplane Bréguet-Dorand (5) ne pos-

sède pas d'hélice de traction, mais la sustentation et le mouvement horizontal sont assurés par deux ailes tournant en sens contraires, mises en mouvement par le moteur, les pales de ces ailes étant articulées pour suivre constamment les réactions de la force centrifuge et de la sustentation aérodynamique.

Enfin, l'hélicoptère est un appareil qui emprunte sa force ascensionnelle et, à l'occasion, sa propulsion horizontale à des hélices tournant en sens inverses et entraînées par le moteur ; lorsque cet appareil est spécialement étudié en vue de réaliser l'immobilité « au point fixe », il reçoit le nom d'hélicostat. C'est ainsi qu'il a été baptisé par M. Œhmichen qui, avec une admirable ténacité, s'est attaché à réaliser cette sustentation immobile, infiniment précieuse dans beaucoup de cas, et d'abord pour les observations militaires. M. Œhmichen vient de relater lui-même quels furent ses projets, ses études et ses réalisations (1). Écoutons et tâchons de comprendre la grande leçon qu'il nous donne.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 265, page 45.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 188, page 153.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 198, page 489.

(4) Voir *La Science et la Vie*, n° 191, page 406, et n° 232, page 284.

(5) Voir *La Science et la Vie*, n° 232, page 277.

(1) *La Sécurité aérienne. Animaux et Machines*. Actualités scientifiques et industrielles, n° 584, HERMANN, éditeur 1938.



FIG. 1. - LE VOL AU POINT FIXE DANS LA NATURE
Ce dessin représente un grand sphinx crépusculaire qui puise sa nourriture à l'intérieur d'une fleur. Le corps est entièrement immobile avec les pattes repliées contre le thorax et l'abdomen. Les ailes battent très rapidement et font entendre un ronflement continu.

Les leçons de la Nature. Là où elle est inimitable

Depuis Mouillard et Chanute, les hommes se sont appliqués à comprendre le mécanisme du vol battu des oiseaux et des insectes ; il n'y ont pas trouvé que des encouragements, ou des exemples aisés à suivre. Notons d'abord que, si la nature a splendidement résolu le problème du vol pour des animaux de petit volume et de faible poids, elle s'est révélée impuissante à soulever dans l'air des masses supérieures à quelques kilogrammes ; à l'échelle humaine, toutes les tentatives ont échoué ; les oiseaux géants aujourd'hui disparus, comme le *Dinornis* ou l'*Æpyornis*, n'ont jamais pu quitter le sol ; ce furent des essais manqués. Aujourd'hui, encore, l'autruche et le casoar ne se servent de leurs ailes que pour faciliter leur course. Faut-il espérer que, suivant les mêmes voies

que la nature, nous serions plus heureux ? Poser la question, c'est la résoudre.

En dépit de ces présomptions défavorables, l'étude du vol battu des oiseaux a donné lieu à des études très poussées, dont l'intérêt scientifique est indéniable ; cette revue a rendu compte (1) des recherches poursuivies, après Marey, par le docteur Magnan et M. Girerd : la cinématographie du vol d'un pigeon, réalisée simultanément dans trois directions rectangulaires, a établi l'extraordinaire complication des mouvements effectués par l'oiseau ; nous sommes loin du va-et-vient d'un volet autour d'une charnière. Pour en donner une idée, je reproduirai ici une partie de l'analyse de M. Girerd : « L'oiseau abaisse son aile depuis une position où elles sont collées par leur faces dorsales... quand l'aile atteint approximativement la position horizontale, l'aile bâtarde, ce bouquet de plumes situé à l'articulation de la main, se sépare de l'aile vers l'avant, puis l'aile tout entière est portée en avant et, tout en se tournant pour que son plan devienne vertical, effectue la phase que le docteur Magnan a appelée l'encerclement, phase qui se termine par le croisement, en avant de la tête de l'oiseau, des grandes rémiges... L'encerclement terminé, le muscle petit pectoral entre en

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 251, page 349.

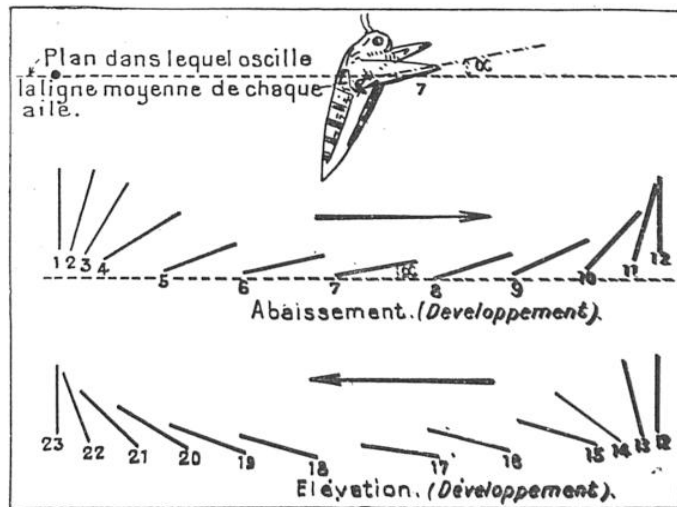


FIG. 2. — COMMENT S'EFFECTUE LE BATTEMENT ALTERNATIF D'UNE AILE D'INSECTE

Les droites représentent la direction moyenne d'une coupe transversale de l'aile opérée vers la moitié de sa longueur. Les angles qu'elles font avec l'horizontale représentent donc les angles d'incidence de l'aile aux différents instants. De 1 à 12, l'aile attaque l'air par sa face ventrale et de 12 à 23 par sa face dorsale. C'est en somme le mouvement de la godille.

jeu ; il provoque d'abord la rotation de l'humérus, ce qui fait prendre aux ailes une forme en conque très caractéristique, puis il oblige l'aile à se relever en se pliant à ses différentes jointures et en donnant aux rémiges une disposition en persiennes ; enfin, l'aile se déploie à nouveau complètement au-dessus du corps de l'oiseau, prête à recommencer un battement. » En gros, on

traineraient la chute foudroyante ; pourtant, l'oiseau réalise ces conditions, car il ne tombe jamais.

Mais, de toutes les réalisations, la plus inimitable, c'est la plume : « comme la plume au vent », dit-on pour exprimer la légèreté suprême. M. Œhmichen nous raconte qu'ayant remplacé les grandes rémiges de l'aile d'un pigeon par des plumes

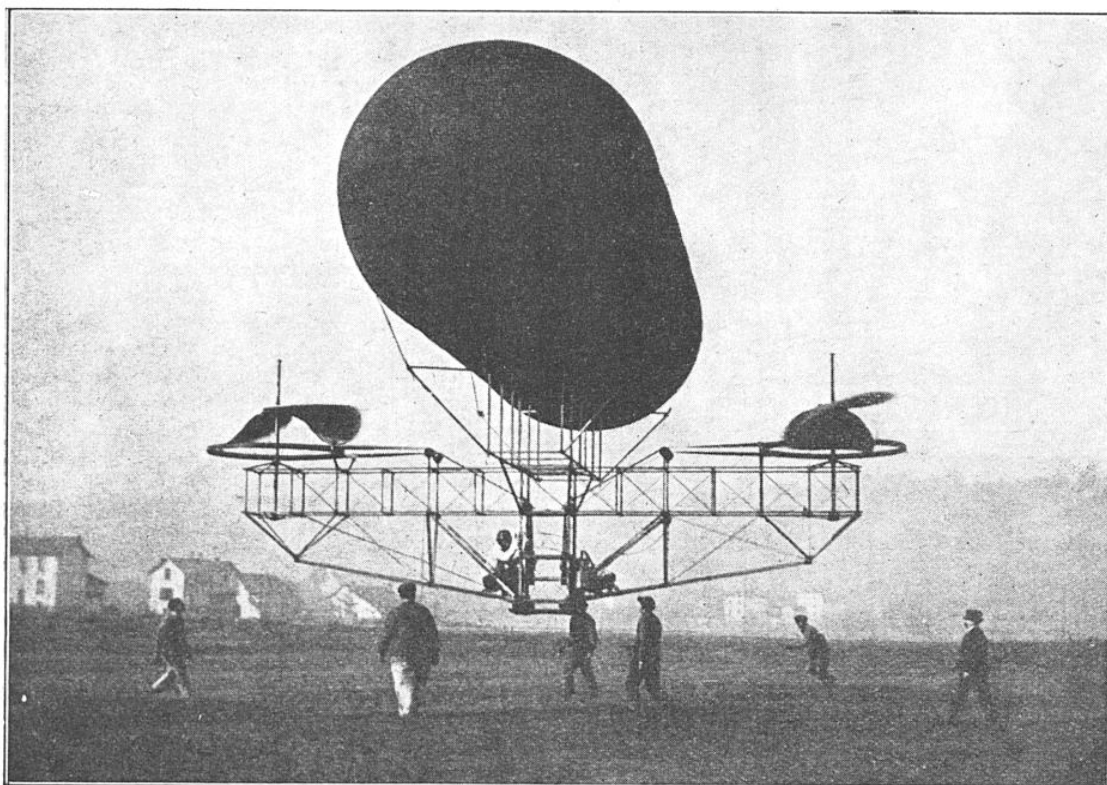


FIG. 3. — LE PREMIER HÉLICOPTÈRE CONSTRUIT PAR M. ŒHMICHEN

Le petit ballonnet gonflé à l'hydrogène servait avant tout de stabilisateur. Les deux hélices de 6,40 m de diamètre développaient chacune un effort porteur de 150 kilogrammes.

peut dire que l'aile a ramassé l'air en avant, comme une cuiller renversée, et l'a rejeté le long du corps, où il s'écoule en flux saccadé. Mécanisme admirable et compliqué, qui réalise la sustentation et la progression avec un rendement très supérieur à celui de toutes nos machines volantes. Et même, en admettant qu'avec du métal, du bois ou de la tôle, on parvienne à réaliser cette suite de mouvements et de déformations, il faudrait encore que l'aile synthétique puisse supporter, pour permettre le vol humain, des efforts de l'ordre de la tonne, et cela avec une sécurité absolue, puisque le moindre accident, la plus légère panne en-

artificielles, fabriquées avec le plus grand soin, l'oiseau n'avait pas fait six battements que ces plumes étaient réduites à l'état de charpie. Ainsi, la technique humaine est incapable de réaliser ce que fait couramment la nature ; elle ne peut pas le faire à l'échelle de l'oiseau, et bien moins encore à l'échelle humaine.

L'étude du vol de l'insecte, réalisée en cinématographie ultra-rapide par MM. Bull et Magnan, a fourni des résultats moins précis, en raison de la petitesse de l'aile, de sa transparence et de la fréquence des battements ; l'aile de l'insecte ne paraît pas se déformer, en cours de battement, comme

celle de l'oiseau ; pourtant, cet animal réalise, avec une surprenante maîtrise, ce vol au point fixe dont la réalisation fut le rêve de M. Œhmichen : lorsqu'un sphynx déroule sa trompe (fig. 1) pour pomper le nectar d'une fleur, son immobilité est absolue ; on dirait que l'insecte est attaché à la fleur par sa trompe, comme la chèvre à son piquet, ce qui ne l'empêche pas, son butin recueilli, de s'envoler légèrement vers

ils n'expliquent pas moins l'immobilité constatée, en dépit des courants d'air ; cette immobilité n'est donc pas une propriété statique ; l'insecte n'a pas de secret pour voler au point fixe, et son repos n'est fait que de la compensation de mouvements incessants.

La conclusion de ces diverses études, c'est qu'il est impossible à l'homme de copier l'animal volant ; c'est par d'autres moyens

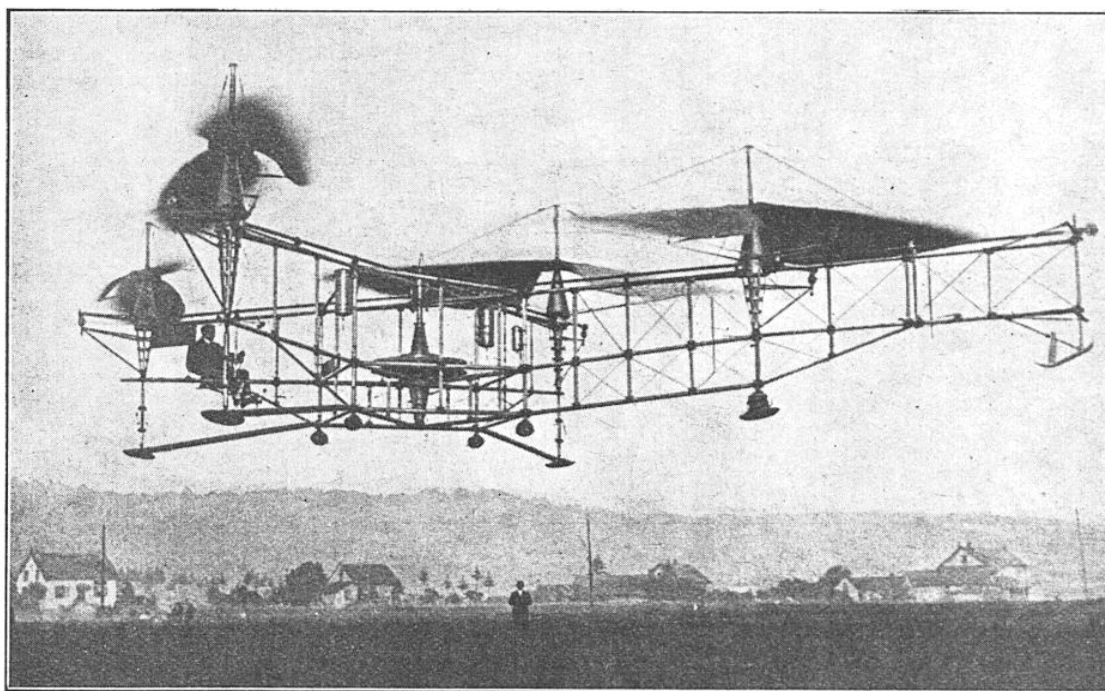


FIG. 4. — LE DEUXIÈME HÉLICOPTÈRE CONSTRUIT PAR M. ŒHMICHEN.

Cet appareil comporte un moteur central de 180 ch. Son poids est de 1 100 kg ; il est supporté par deux hélices de 7,60 m de diamètre et deux hélices de 6,40 m. L'équilibre est assuré par 5 hélices auxiliaires à rotation rapide. Deux hélices tractrices permettent de régler la vitesse de translation et une toute petite hélice à axe horizontal permet de faire varier la direction.

une autre fleur. Il est naturel que M. Œhmichen ait étudié soigneusement ce phénomène ; ses observations confirment, en les complétant, les faits déjà connus ; la figure 2 nous montre, d'après lui, comment l'aile, effectuant un mouvement de godille, attaque l'air alternativement par sa face ventrale et par sa face dorsale.

Mais l'insecte dispose, en outre, d'un moyen très efficace pour faire varier l'angle d'attaque de ses ailes : il consiste à déplacer la position de son centre de gravité général en rentrant ou en allongeant son abdomen qui constitue la partie la plus pesante de son corps. Il s'agit là de mouvements très délicats, qu'on a grand-peine à observer ;

qu'il devra atteindre ce but, et même le dépasser, car l'hélicoptère doit surpasser le sphynx autant que le *Yankee Clipper* surpasse le condor ou le gypaète. Heureusement, nous avons une carte à jouer : nous pouvons gaspiller l'énergie que l'animal dépense avec économie ; dans un gramme d'essence, il y a des centaines de fois plus d'énergie disponible que dans un gramme de muscle ; et c'est pour cela que nous pouvons accepter des solutions que la nature ne saurait envisager.

La stabilité de l'hélicoptère

En revanche, la nature pourrait nous donner une utile leçon ; elle pourrait nous

renseigner sur les conditions de stabilité des appareils volants. Toutes les machines qui comportent des pièces tournantes, et en particulier des hélices, sont soumises à des effets gyroscopiques d'où résulte une dangereuse instabilité ; un hélicoptère non stabilisé, aussitôt libéré du sol, part en glissades latérales qui finissent par un atterrissage brutal ou même un fatal capotage.

en 1921, à le soulager et à le stabiliser par l'addition d'un ballonnet, gonflé à l'hydrogène, développant une force ascensionnelle de 70 kilogrammes, l'appareil tout entier, avec son occupant, en pesant 370 ; soulevé par 2 hélices, cet hélicoptère se soutint en l'air, pendant une minute et demie, à 7 mètres au-dessus du sol (fig. 3).

Arrivé là, et par un retour naturel à ses

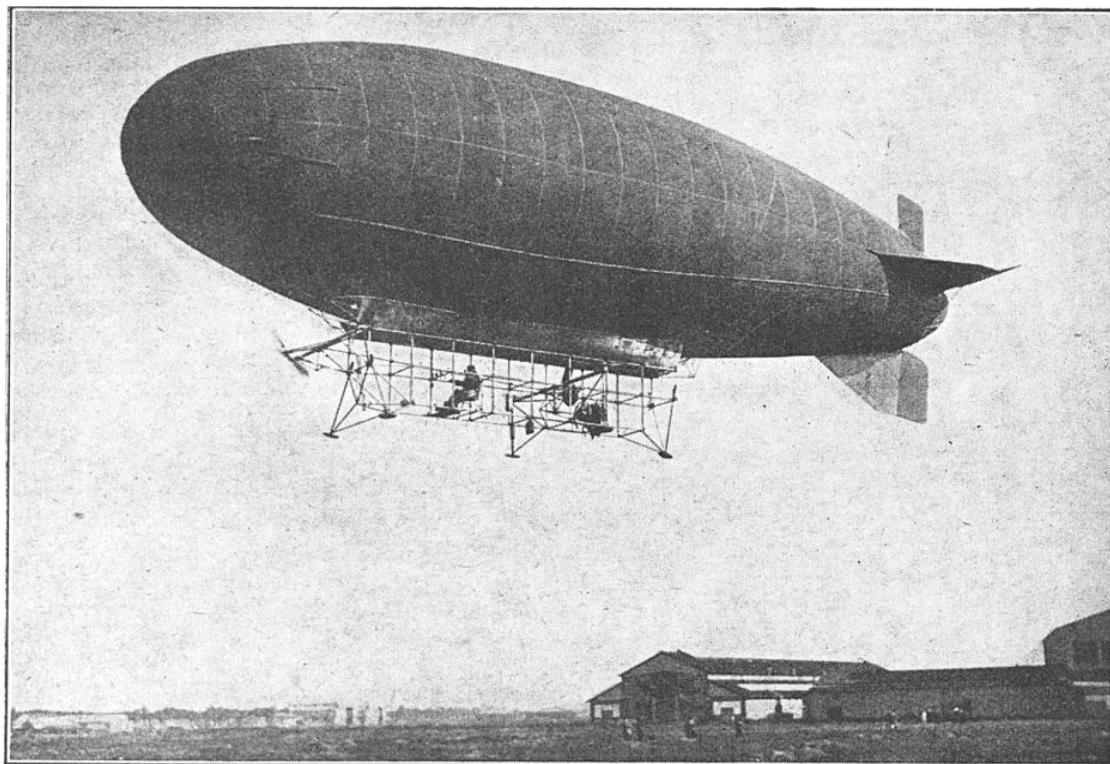


FIG. 5. — L'HELICOSTAT OEHMICHEN, QUI RÉSOUT COMPLÈTEMENT LE PROBLÈME DU VOL VERTICAL, DU VOL AU POINT FIXE ET DE LA SÉCURITÉ

L'enveloppe fuselée contient 300 m³ d'hydrogène et surmonte un hélicoptère à hélices inclinées, à la fois sustentatrices et propulsives. L'helicostat est muni d'un moteur de 30 ch.

A quoi tient la stabilité merveilleuse de l'oiseau et de l'insecte ! S'il l'avait étudié plus tôt, M. Oehmichen avoue qu'il aurait évité bien des années d'efforts et d'expériences coûteuses ; mais son enquête n'a pas pris le chemin le plus court ; au lieu que la stabilité de l'oiseau lui ait enseigné celle de l'hélicoptère, c'est au contraire cette dernière qui lui a révélé les conditions réalisées par l'animal volant ; la suite logique des idées apparaîtra dans les réalisations successives de M. Oehmichen. Après avoir constaté l'instabilité radicale de l'hélicoptère nu, c'est-à-dire réduit à son armature et à ses hélices sustentatrices, l'inventeur fut conduit,

projets initiaux, M. Oehmichen voulut s'assurer s'il n'était pas possible de réaliser la stabilité sans ballonnet, par le seul moyen de 5 hélices supplémentaires de petit diamètre, tournant très rapidement et dont le pas était réglé au moyen d'un manche à balai tenu par le pilote ; avec cet appareil (fig. 4), l'inventeur réussit à accomplir, en 1923, un vol de 5 minutes au point fixe, et à parcourir 1 kilomètre en circuit fermé.

En dépit de cette complication organique, qui multipliait les causes d'accidents et les difficultés de manœuvre, l'appareil ne jouissait pas de la stabilité souhaitée ; M. Oehmichen décida donc, pour son modèle de 1929

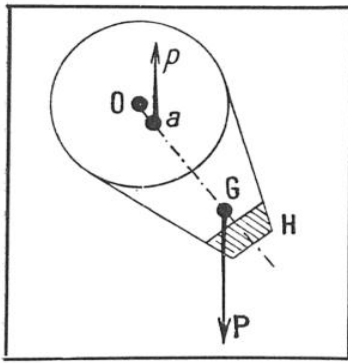


FIG. 6. — SCHÉMA D'UN HÉLICOPTÈRE STABILISÉ PAR UN BALLON REMPLI D'AIR

hélice dont l'axe est incliné sur le vent relatif est plus active que si elle tournait perpendiculairement à ce vent ; on peut donc, en inclinant l'axe des hélices, accroître leur force ascensionnelle, tout en produisant une traction horizontale qui permet la translation de l'appareil. Avec cet hélicoptère soulagé par un ballon, M. Œhmichen a réalisé un vol au point fixe d'une demi-heure, à 300 mètres de hauteur, une série de descentes verticales, moteur arrêté, des marches arrière, des virages sur place, etc. ; au résumé, cette machine résoud complètement le problème du vol vertical et de la sécurité.

En étudiant les raisons de la stabilité ainsi obtenue, l'inventeur a compris que la force ascensionnelle fournie par le ballon n'en était pas la cause principale : *le même ballon, rempli d'air*, mais toujours rigidement lié à l'hélicoptère, remplirait le même office. On peut s'en rendre compte par le raisonnement simple que schématise la figure 6 : soit en *H*

(fig. 5), de revenir au ballon stabilisateur ; ce ballon, gonflé à l'hydrogène, et dont la capacité est de 400 mètres cubes, surmonte un hélicoptère à hélices inclinées. Notons, à ce propos, une curieuse observation : c'est qu'une l'armature de l'hélicoptère, avec ses moteurs, son pilote, etc., et en *O* le centre du ballon rempli d'air ; l'ensemble pèse un poids *P*, appliqué au centre de gravité général *G*, et ce centre de gravité est nécessairement beaucoup plus rapproché de *H* que de *O*. Le système est soumis en outre à une poussée *p* qui, égale au poids de l'air déplacé, est appliquée au centre de poussée *a*, lequel au contraire est beaucoup plus près de *O* que de *H*. Ce sont ces deux forces, jointes à la force ascensionnelle produite par les hélices, qui déterminent le mouvement. Normalement, *a* et *G* sont sur la même verticale ; si cet équilibre est dérangé, comme le montre la figure, on voit que les actions inverses de *P* et de *p* agissent pour le rétablir.

Ainsi, on arrive à concevoir que l'addition d'un ballon gonflé d'air, dont le poids est pourtant égal à la poussée, exerce une action stabilisatrice sur l'ensemble auquel il est lié rigidement. Ce raisonnement ne tarda pas à être confirmé par l'expérience : en mars 1935, l'appareil de démonstration que représente la figure 7 était éprouvé dans le grand hangar de l'aviation maritime

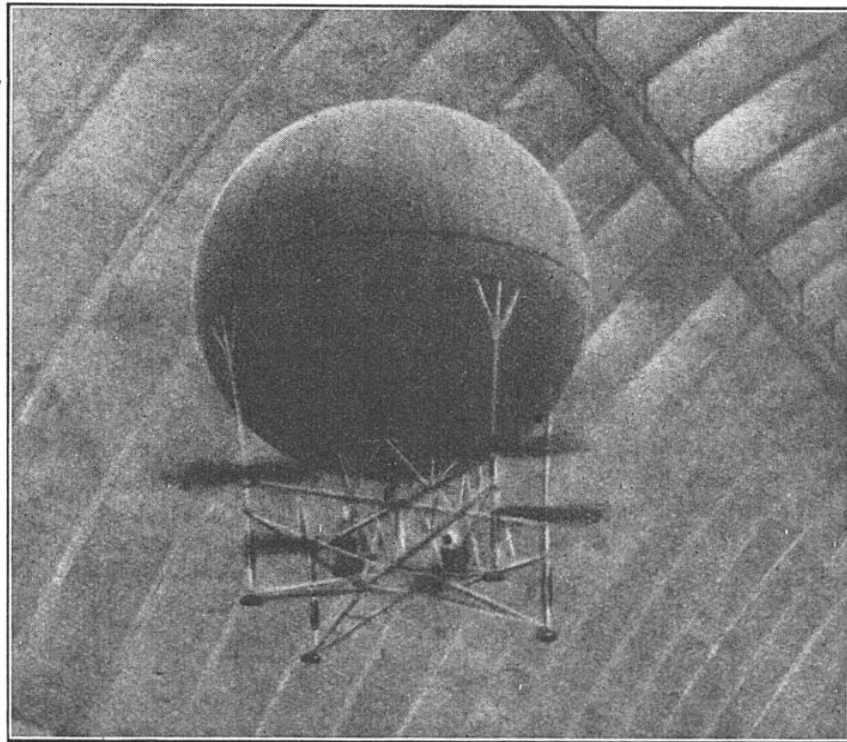


FIG. 7. — APPAREIL DE DÉMONSTRATION EFFECTUANT UN VOL AU POINT FIXE DANS LE GRAND HANGAR D'ORLY

Cet appareil ne comporte aucun organe permettant de rétablir l'équilibre. Ce dernier est assuré par le ballon sphérique rempli d'air froid.

d'Orly. Cet appareil consiste en un petit hélicoptère de 40 chevaux, à 4 hélices de 2,87 m de diamètre, surmonté d'un ballon sphérique de 100 mètres cubes rempli d'air. Le ballon n'allège pas l'appareil; il l'alourdit au contraire par le poids de son enveloppe, mais il le stabilise. Rappelons, sur cette expérience décisive, les propres paroles de M. Œhmichen :

« C'était un des hélicoptères les plus désa-

gréables et les moins stables que j'eusse construits jusqu'ici. C'était aussi le plus petit, car il ne pesait que 350 kilogrammes, en y comprenant mon propre poids et la provision de combustible ; on l'essaya d'abord nu, c'est-à-dire sans ballon, mais il fut complètement impossible de l'abandonner à lui-même pendant plus d'une fraction de seconde. L'équilibre était vraiment nul, et lorsque les mécaniciens, placés aux quatre coins de l'appareil, tentaient de l'abandonner un signe de moi, il y avait instantanément renversement et glissement, si bien que force était de le ressaisir aussitôt pour éviter des accidents plus

sérieux... Le 2 mai 1935, en présence de la commission officielle de l'Etat, eurent lieu dans le grand hangar de l'aviation maritime d'Orly les expériences fondamentales. L'indocile petit hélicoptère, où j'étais installé de façon fort incommode, était alors surmonté de son ballonnet de six mètres de diamètre, tout simplement rempli d'air atmosphérique. Le moteur consentit à ne pas m'abandonner, les transmissions à tenir bon, et je fis à bord de cet engin bizarre non pas une station en équilibre de 15 secondes à 1 mètre de hauteur (comme l'avait demandé la commission),

mais bien 5 minutes de vol à des hauteurs comprises entre 4 et 20 mètres. Dans le calme du hangar et avec ses hélices bien réglées, l'appareil était aussi stable que peut l'être un aérostat. »

La stabilité de l'oiseau

Cette expérience cruciale a établi l'influence stabilisatrice d'une masse d'air liée à l'appareil. Supposons maintenant

que l'armature, supposée rigide, du ballon stabilisateur ait été percée d'orifices ; rien ne sera changé à la stabilité de l'engin. D'ailleurs, l'expérience a été réalisée sur des modèles réduits. Cette fois, il apparaît clairement que le rôle stabilisateur appartient à toute masse d'air liée à l'appareil et solidaire de ses mouvements ; diverses observations, en particulier celle des mouvements oscillatoires du parachute, montrent qu'il en est bien ainsi. Et, cette fois, nous avons pénétré une des causes qui contribuent à l'admirable stabilité de l'oiseau. Lorsque l'oiseau vole (fig. 8), ses ailes entraînent dans

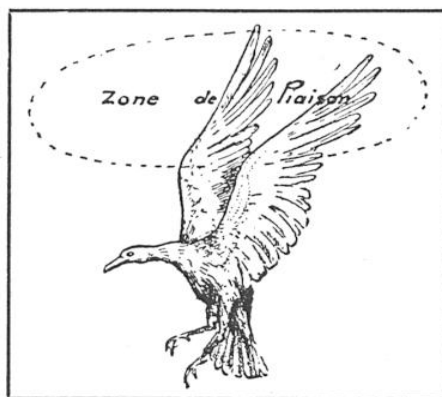


FIG. 8. — COMMENT UN OISEAU ASSURE LA STABILITÉ DE SON VOL

Travaillant comme les pales des hélices d'un hélicoptère, les ailes de l'oiseau lient à leur mouvement une masse d'air qui joue le même rôle stabilisateur que la masse de gaz enclose dans le ballonnet de l'hélicostat.

leur déplacement une importante masse d'air, que M. Œhmichen nomme « onde de suite », et c'est cet air qui joue le rôle stabilisateur imparti au ballon solidaire de l'hélicostat. Et c'est ainsi que l'engin mécanique a permis d'expliquer l'appareil vivant.

L'observation de la nature avait prouvé qu'elle est inimitable, mais la technique humaine a réussi à expliquer la stabilité de l'oiseau : on peut dire qu'elle a donné plus qu'elle n'avait reçu.

L. HOULLEVIGUE.

Les opératrices des services téléphoniques « outre-mer » de New York, San Francisco et Miami (Floride) ont établi, au cours de l'année dernière, environ 50 000 communications radiotéléphoniques avec les pays d'outre-mer. Ces communications sont demandées, dans 65 % des cas, avec des Américains voyageant ou résidant à l'étranger, principalement en Grande-Bretagne et en France. La durée d'attente pour ces liaisons est d'environ 10 à 12 mn. Un grand nombre de ces communications entre les « terminus » sont établies en une ou deux minutes. Lorsque ce service a été créé, il y a une douzaine d'années, l'attente était, en moyenne, de 45 mn.

SAURONS-NOUS UN JOUR UTILISER DIRECTEMENT L'ÉNERGIE SOLAIRE ?

Par L. GENDRON
INGÉNIEUR E. C. P.

Notre civilisation mécanique repose entièrement sur la substitution à l'énergie musculaire de l'homme et des animaux de celle empruntée à la nature par l'intermédiaire de la machine et de la turbine à vapeur, du moteur à explosion et à combustion interne et de la turbine hydraulique. Ainsi, jusqu'à nos jours, la plus grande partie de cette énergie a été demandée aux réserves minérales du globe : houille, pétrole, dont il faut — à longue échéance, il est vrai — prévoir l'épuisement (1). L'exploitation rationnelle, et sur une grande échelle, des réserves cette fois inépuisables d'énergie hydraulique est relativement récente, mais il existe sur terre bien d'autres sources d'énergie : vent (2), énergie thermique des mers (3), vagues (4), marées (5), etc., que nous ne savons pas exploiter convenablement, soit parce qu'elles sont trop irrégulières, soit parce qu'elles exigent un outillage trop considérable. En dernière analyse, toute l'énergie dont nous disposons (sauf celle des marées) vient du rayonnement solaire, et c'est pourquoi certains chercheurs se sont efforcés de l'emmagasiner par des procédés chimiques ou de l'utiliser directement pour entraîner des moteurs. Cette solution semble appelée à rendre de grands services, en particulier dans les régions tropicales où le soleil est très haut sur l'horizon et où le problème capital de l'irrigation des terres trouverait sa solution naturelle dans l'emploi de la force motrice illimitée et gratuite prodiguée par le soleil.

Les régions équatoriales et tropicales reçoivent d'énormes quantités de chaleur solaire

D'après les travaux de divers savants, une surface de 1 m² qui serait placée aux confins de l'atmosphère et exposée normalement aux rayons du soleil, recevrait en moyenne 19,3 grandes calories par minute. Mais une grande partie de la lumière et par suite de la chaleur solaire est absorbée pendant son trajet à travers l'atmosphère terrestre, et cela dans une proportion d'autant plus grande que l'air est moins transparent et que l'épaisseur traversée est plus grande. La courbe de la figure 1 indique quelle proportion de cette énergie est reçue par une surface de 1 m² située au sol, et non plus perpendiculaire au rayonnement, mais horizontale. Cette énergie recueillie varie donc à chaque instant suivant la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon, c'est-à-dire avec l'heure, avec la saison, avec la latitude. La figure 2 montre, pour certaines latitudes,

comment varie la quantité d'énergie recueillie journalièrement. La figure 3 montre, en fonction de la latitude, l'énergie recueillie annuellement.

On y voit que, dans les régions équatoriales et tropicales, la lumière solaire constitue une source à la fois abondante et à peu près constante tout le long de l'année. On a calculé que la quantité de chaleur reçue annuellement sous l'équateur équivaut à une couche de charbon de 25 cm d'épaisseur !

Comment utiliser cette énergie ?

Théoriquement, il existe de nombreux moyens d'utiliser l'énergie solaire : par exemple, en utilisant la pression de radiation (1) de la lumière solaire, on pourrait transformer son énergie en travail, mais ce procédé n'a aucune valeur pratique. Les plantes emploient pour emmagasiner la chaleur solaire des procédés chimiques : à partir de l'eau et du gaz carbonique, elles réalisent, grâce à leur chlorophylle, la synthèse des composés organiques. Ne pourrait-on pas réaliser aussi la préparation de combustibles ou d'alcool qui puissent

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 192, page 460.

- (1) Voir *La Science et la Vie*, n° 201, page 199.
- (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 120, page 489.
- (3) Voir *La Science et la Vie*, n° 163, page 18.
- (4) Voir *La Science et la Vie*, n° 166, page 289.
- (5) Voir *La Science et la Vie*, n° 161, page 335.

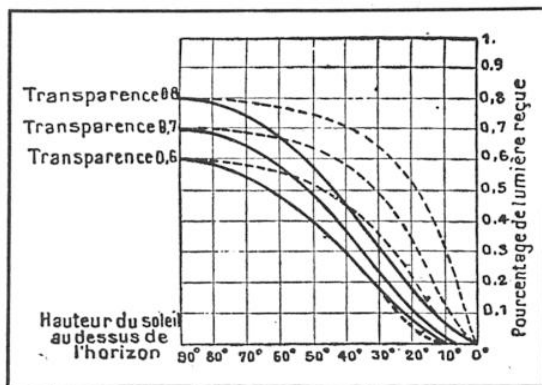


FIG. 1. — PROPORTION DE LA LUMIÈRE SOLAIRE QUI TRAVERSE L'ATMOSPHÈRE SUIVANT LA HAUTEUR DU SOLEIL SUR L'HORIZON

Les courbes en trait plein se rapportent à une surface horizontale, le trait pointillé à une surface constamment perpendiculaire aux rayons lumineux.

être brûlés dans des moteurs ? Cela n'est théoriquement pas impossible : sous l'action des rayons ultraviolets, on pourrait faire la synthèse de l'acide formique à partir des constituants de l'atmosphère, eau et gaz carbonique ; malheureusement, le catalyseur qui permettrait d'effectuer cette réaction reste à trouver ; cependant certains auteurs considèrent que cette réaction est effectivement la première étape de l'assimilation chlorophyllienne du carbone, phénomène très complexe, mais qui paraît s'effectuer par paliers successifs correspondant chacun à une certaine quantité d'énergie absorbée.

Les inventeurs ont d'abord cherché à employer comme moteur la machine à vapeur en utilisant comme « charbon » la chaleur du soleil. On sait que, dans cette machine, un fluide, gaz ou vapeur, évolue entre une source chaude et une source froide, et le cycle de ses transformations est fermé s'il est ramené à son état initial. La source froide de cette machine thermique est fournie par de l'eau qui n'a pas été chauffée. Le

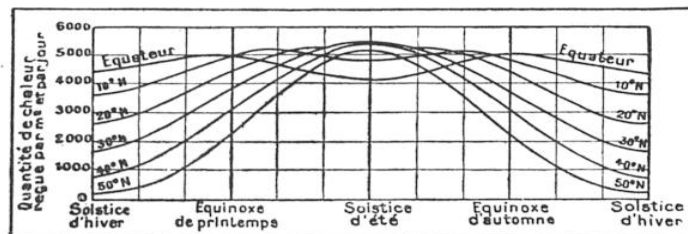


FIG. 2. — VARIATION SAISONNIÈRE DE LA QUANTITÉ DE CHALEUR REÇUE À DIVERSES LATITUDES

principe de Carnot nous apprend que le rendement de cette transformation de chaleur en travail ne peut dépasser un maximum correspondant à un cycle particulier de transformations appelé cycle de Carnot. Ce maximum est d'autant plus élevé que le rapport des températures de la source chaude et de la source froide est plus grand. Théoriquement, le rendement ne dépendrait pas de la nature du fluide employé dans la machine à vapeur, mais seulement des températures entre lesquelles il évolue. En pratique, les cycles sont altérés par les périodes de chauffe et de vaporisation, la limite adoptée pour la détente et la nature des parois ; ils le sont d'autant moins que le rapport de la chaleur spécifique à la cha-

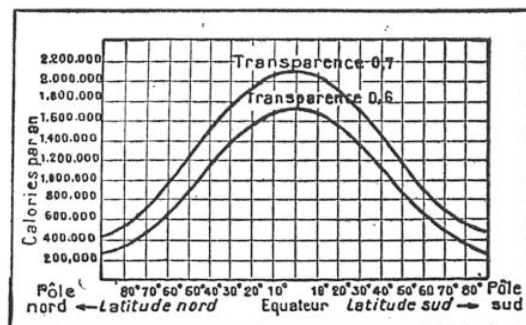


FIG. 3. — VARIATION DE LA QUANTITÉ DE CHALEUR REÇUE ANNUELLEMENT EN FONCTION DE LA LATITUDE

leur de vaporisation est plus faible. Nous allons voir comment les inventeurs ont essayé de tenir compte dans leurs réalisations pratiques de ces données théoriques.

Production de vapeur d'eau sous pression moyenne

Les premiers inventeurs ont cherché à utiliser comme moteur la machine à vapeur en concentrant les rayons solaires sur une petite surface de chauffe au moyen de réflecteurs, solution qui donne le meilleur rendement théorique étant donné la haute température de la source chaude. Bornons-nous à analyser les résultats obtenus par des appareils déjà connus.

Le professeur Mouchot utilisa, vers 1878, une chaudière de 100 litres constituée par un tube noir entouré d'un manchon de verre et disposé suivant l'axe d'un miroir conique de 5 m de diamètre, soit 20 m² de surface

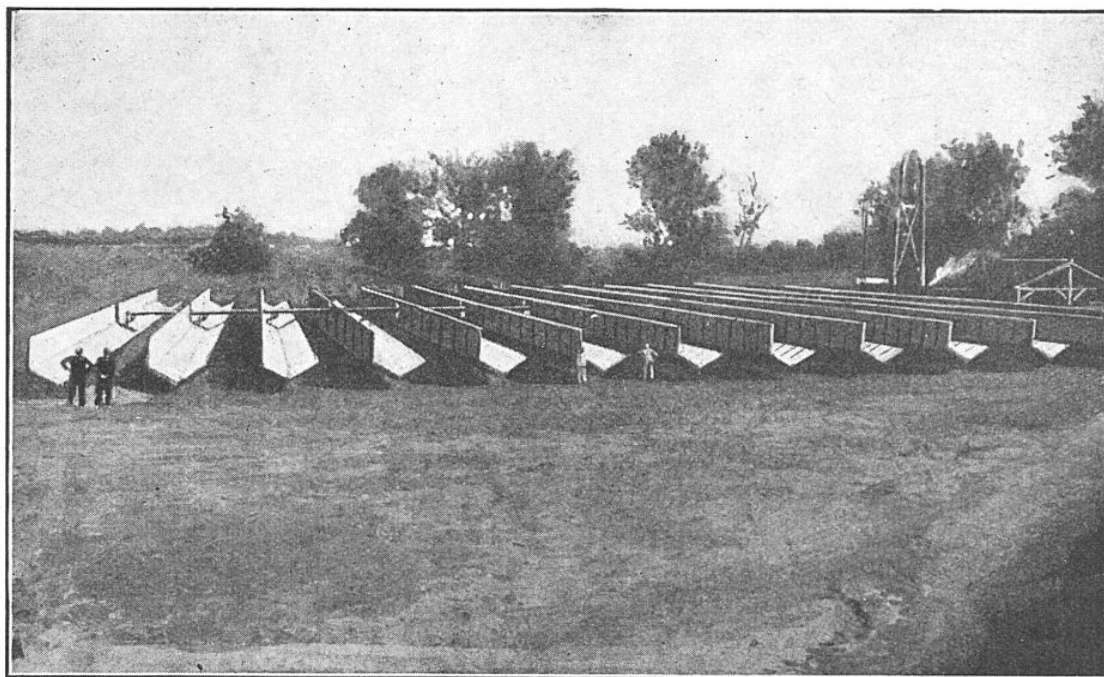


FIG. 4. — INSTALLATION D'ESSAI RÉALISÉE EN 1911, A PHILADELPHIE, PAR FRANK SHUMAIN
Cette installation, composée d'une série d'éléments pour la vaporisation de l'eau, produisait jusqu'à 1 ch pour 27 cm² de surface chauffante.

d'insolation. La puissance du moteur atteignit environ un cheval.

En tenant compte du rendement des différentes parties de l'appareil, on peut évaluer la quantité de vapeur produite. Soit, pour le réflecteur, un rendement de 0,7 pour tenir compte du pouvoir réflecteur, des imperfections de la surface et du défaut d'orientation, un rendement de 0,9 pour l'enveloppe de verre et 0,95 pour la chaudière, le rendement total serait $0,7 \times 0,9 \times 0,95 = 0,598$. Sur les 600 calories qui parviennent au sol, la chaudière ne pourra donc en utiliser que 358 qui, avec de l'eau prise à 20°, donneront 0,6 kg de vapeur à 2 kg de pression, par mètre carré de surface d'insolation. On pourra ainsi prévoir si cette production sera en rapport avec la con-

sommation du type de moteur adopté. Les rendements ci-dessus sont variables suivant le pouvoir réflecteur ou absorbant et la conductibilité des matériaux employés. Les résultats dépendent du climat, de l'état

hygrométrique et de la pureté de l'atmosphère facilement appréciable par la visibilité.

Vers la même époque, on construisait en Amérique un appareil fondé sur le même principe avec réflecteur tronconique de 16,20 m d'ouverture et chaudière de 500 l. Installé à Pasadena (Californie), il actionnait un moteur de 12 chevaux. Mais les ré-

flecteurs coniques de grandes dimensions donnaient trop de prise au vent et l'appareil fut bientôt hors d'usage. Ajoutons que l'axe de tels réflecteurs doit toujours être orienté vers le soleil par un héliostat.

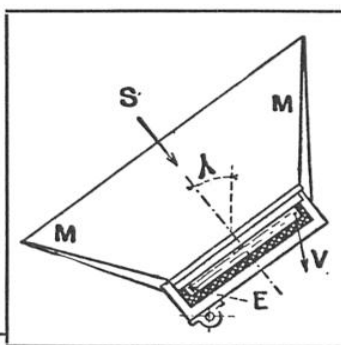


FIG. 5. — SCHÉMA D'UN ÉLÉMENT DE CHAUFFAGE DE L'INSTALLATION DE PHILADELPHIE
Ce sont des miroirs plans latéraux qui renvoient la lumière sur une lame d'eau de faible épaisseur. L'appareil ne suit pas les mouvements du soleil; il est fixé dans la position qui donne le meilleur rendement annuel : orientation générale est-ouest des éléments dans le sens de la longueur et inclinaison vers la « trajectoire moyenne » du soleil, qui est celle qu'il parcourt à l'équinoxe.

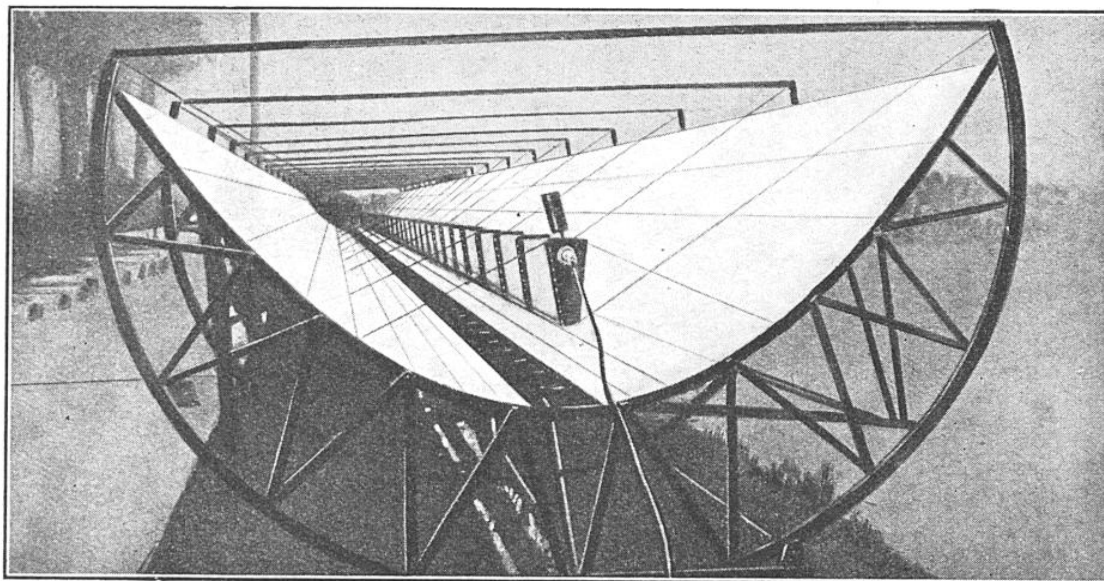


FIG. 6. — UN DES ÉLÉMENTS DE CHAUFFAGE DE L'EAU A L'INSTALLATION DE MEADI (ÉGYPTE) UTILISÉE POUR L'IRRIGATION DES TERRES PAR LES EAUX DU NIL

Dans le moteur solaire construit par Ericson en 1883, le réflecteur a la forme d'un cylindre à section parabolique dont la construction est beaucoup plus simple ; il présente une surface d'insolation de 19 m^2 . La chaudière de 16 cm de diamètre et 3,60 m de longueur occupe l'axe focal du réflecteur et produit la vapeur à une pression de $2,4 \text{ kg/cm}^2$.

Le moteur à détente et condensation alimenté par cette chaudière tourne à 120 tours/mn et donne environ un cheval.

Production de vapeur d'eau à basse pression

Pour obtenir de la vapeur d'eau à une pression de 2 à $3,9 \text{ kg/cm}^2$ seulement, il faut concentrer la chaleur sur une faible surface absorbante : le petit volume d'eau de la chaudière ne peut servir de volant de chaleur et la moindre

variation du rayonnement solaire a sa répercussion sur la marche du moteur. Les appareils précédents ne sont applicables qu'à de faibles puissances.

Dès 1910, l'Américain Shuman orienta ses recherches vers la production de la vapeur d'eau à des pressions voisines de la pression atmosphérique. Il est même possible, comme l'a démontré Georges Claude (1), de réaliser des turbines fonctionnant avec des écarts de température de moins de 20° .

Les appareils de Shuman ont déjà été

décrits ici même (2). En 1911, il expérimenta à Philadelphie une installation comportant une série d'éléments méplats disposés à l'intérieur d'une caisse en bois recouverte de deux lames de verre écartées de 25 mm et protégées par

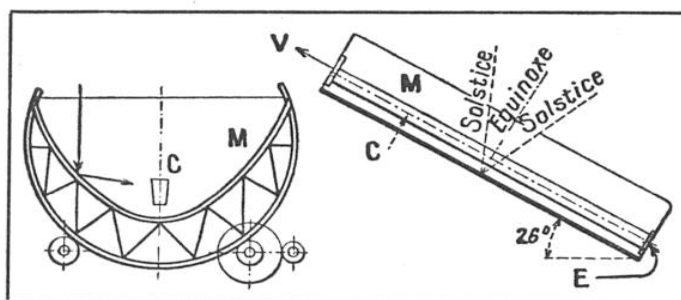


FIG. 7. — CHAUFFAGE DE L'EAU PAR CONCENTRATION DE LA LUMIÈRE DANS L'INSTALLATION DE MEADI

Le miroir a la forme d'un cylindre à base parabolique, qui concentre la lumière sur une ligne C où on place le tube de circulation d'eau. Ici, l'appareil est orienté automatiquement de façon à suivre le mouvement du soleil pour recueillir toujours le maximum de chaleur : axe parallèle à l'axe de rotation de la terre. Un mécanisme d'horlogerie maintient le soleil dans le plan de symétrie de l'élément de chauffage.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 116, page 138.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 14, page 238.

une enveloppe isolante de 50 mm en liège et carton (fig 5). Des réflecteurs plans *M* étaient fixés sur les grands côtés de la caisse. Afin d'orienter la surface réceptrice dans le plan du mouvement diurne apparent du soleil, on règle l'inclinaison suivant la latitude et la saison. La vapeur prise en *V* à la pression atmosphérique actionne un moteur à condensation par surface, et l'eau condensée rentre en *E* dans l'absorbeur qui constitue la chaudière.

Pour une surface totale de chauffe des absorbeurs de 465 m², les essais ont donné 204 kg de vapeur à l'heure avec réflecteurs et 170 kg sans les réflecteurs, soit environ 1 ch pour 27 m². Ce résultat est un peu inférieur à celui obtenu par Mouchot, ce qu'on pouvait prévoir : en effet, l'absorbeur ne suit pas le mouvement diurne du soleil, et c'est seulement à midi que les rayons sont perpendiculaires à sa surface ; or, on sait que ceux-ci sont en partie réfléchis par le verre dans une proportion qui ne dépasse pas 10 % pour un angle d'incidence de 60°, mais augmente ensuite rapidement. C'est un fait dont il importe de tenir compte en étudiant la disposition des réflecteurs.

En 1912, la *Sun Power Co* installa à Meadi une usine solaire destinée aux irrigations. Elle comporte cinq chaudières ou absorbeurs en acier *C* (fig. 7) d'une section de 360 × 77 mm et 60 m de long, disposés suivant la ligne focale d'un miroir parabolique *M* de 4,20 m d'ouverture, soit une surface d'insolation de 252 m². La plus forte vaporisation obtenue entre 11 h et 15 h était d'environ 0,52 kg de vapeur par m² et par heure à une pression un peu supérieure à la pression atmosphérique. En comptant sur une moyenne de 0,44 kg le rende-

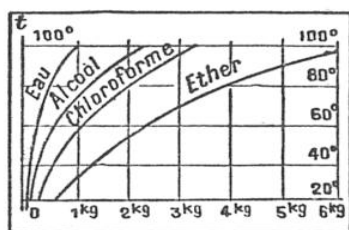


FIG. 8. — COURBE DE LA TENSION DE VAPEUR DE DIFFÉRENTS LIQUIDES UTILISÉS DANS LES MOTEURS SOLAIRES

ment serait un peu moindre que celui de l'appareil Mouchot, mais il faut remarquer qu'ici la section du faisceau de rayons solaires est inférieure à la surface récep-

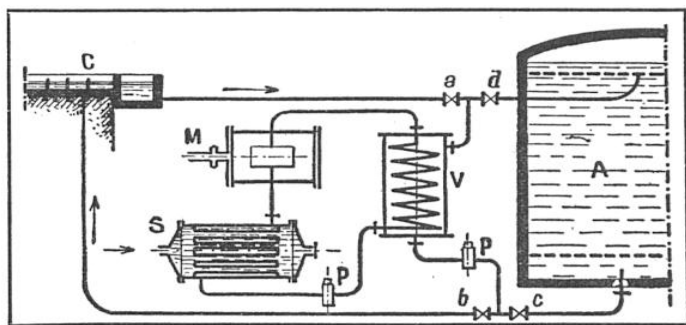


FIG. 9. — MOTEUR A ÉTHER AVEC ACCUMULATEUR

La chaleur recueillie pendant le jour et qui n'est pas utilisée dans le moteur s'accumule en chauffant l'eau d'un réservoir de grande dimension, où la température atteint 28° environ. Pendant la nuit, c'est cette eau chaude accumulée que le moteur, branché non plus sur les éléments de chauffage, mais sur le réservoir, utilise comme source chaude. (Voir le texte page 310.)

trice en raison de son obliquité variable avec la latitude, et que la chaudière n'a pas d'enveloppe vitrée. La ligne focale du réflecteur est orientée nord-sud ; il doit donc être incliné à chaque heure suivant la hauteur du soleil au-dessus de l'horizon : à cet effet, il est monté sur une armature en arc de cercle supportée par deux rangs de galets ; son mouvement de rotation lui est communiqué par le moteur au moyen de poulies de friction commandées par un régulateur à thermostat.

A Meadi, on donna aux absorbeurs une pente totale de 15 cm, l'eau d'alimentation prise au condenseur étant refoulée au point le plus bas. M. Berland, chef de la station hydrologique de Touggourt, conseille avec raison de disposer l'axe focal parallèle à l'axe de la terre, de telle sorte que les rayons solaires soient normaux à cet axe aux équinoxes, et de donner à l'absorbeur une section circulaire avec enveloppe de verre.

Vapeurs de liquides à bas point d'ébullition

En utilisant un liquide à bas point d'ébullition, on peut atteindre dans l'absorbeur d'assez fortes pressions. Le diagramme figure 8 indique les relations entre températures et pressions.

En 1907, à Tacony, Shuman réalisa une installation comportant une caisse à double vitrage de 10 m × 6 m. Un serpentin en fer de 20 mm était disposé à l'intérieur. Le liquide employé était l'éther. La vapeur pouvant atteindre la pression de 4 kg à la température de 80° dans l'absorbeur actionnait un moteur approprié, et le liquide condensé était refoulé dans le serpentin.

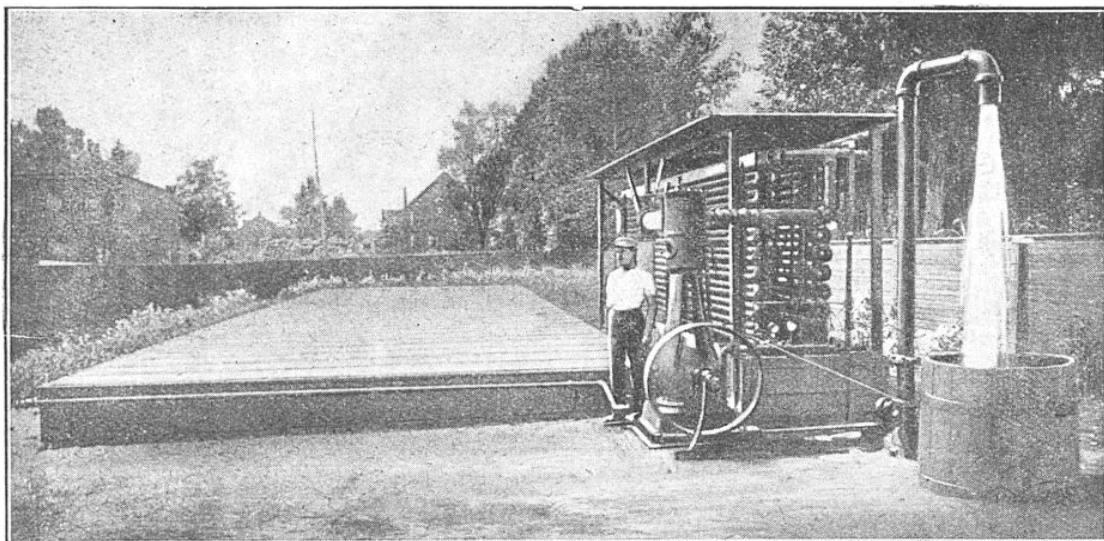


FIG. 10. — LE MOTEUR SOLAIRE INSTALLÉ A TACONY (AMÉRIQUE) PAR FRANK SHUMAN
C'était un moteur à éther sans accumulation de chaleur. Ici la lumière était utilisée sans concentration préalable, ce qui avait l'avantage de simplifier considérablement le dispositif et de le rendre moins fragile.

Dans les conditions les plus favorables, la puissance développée fut de 3,5 ch.

Les usines solaires ainsi constituées ne pouvaient fonctionner que huit heures par jour au plus et de façon irrégulière en raison des variations diurnes de la quantité de chaleur utilisée. F. Shnuman y remédia au moyen d'un accumulateur de chaleur constitué par une masse d'eau chauffée par le soleil. L'eau circule dans une caisse plate cloisonnée C (fig. 9) sur une épaisseur de 75 mm ; elle est recouverte d'une couche de paraffine de 1,5 mm. A l'extrémité l'écoulement est réglé automatiquement pour que sa température soit d'environ 98° ; elle se rend soit dans un réservoir accumulateur de chaleur A, soit dans un vaporisateur V, puis retourne à l'absorbeur C par une pompe de circulation P. L'éther vaporisé dans le serpentin travaille en circuit fermé : moteur M, condenseur à surface S et pompe de refoulement vers V.

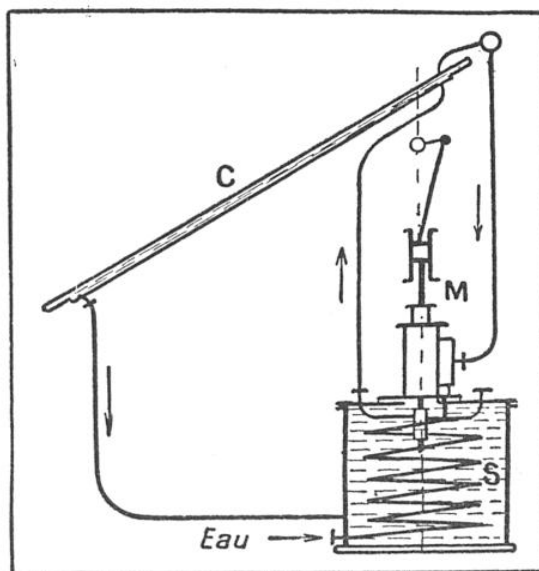


FIG. 11. — SCHÉMA D'UN MOTEUR A SOLUTION AMMONIACALE (VOIR LE TEXTE)

La nuit, on ferme les robinets a et b ; l'eau chaude prise à la partie supérieure de l'accumulateur passe par le vaporisateur et est refoulée en A au-dessous d'une plaque perforée. Au début et à la fin de la journée, a et b sont ouverts, c et a fermés ; l'eau passe directement au vaporisateur et retourne à la chaudière où elle récupère les calories perdues. Au milieu du jour, alors que le débit de la chaudière est, en général,

quadruplé, on ouvre partiellement c et d pour que la pompe aspire une partie de l'eau froide qui est remplacée par de l'eau chaude. Dans un accumulateur de capacité suffisante et bien calorifugé, la perte de chaleur ne dépasse pas 1 %.

Le moteur doit être réchauffé afin d'éviter la condensation de la vapeur avant qu'elle n'ait produit tout son effet. L'éther dissolvant les corps gras, un séparateur doit être prévu entre le moteur et le condenseur.

On pourrait employer tout autre li-

guide, tel que le chloroforme, moins inflammable ; mais l'éther est celui dont le point d'ébullition, 35° , présente le plus d'écart avec la température qu'on peut atteindre dans l'absorbeur et donne à cette température la pression la plus élevée.

Gaz liquéfiables

On a pensé également à faire appel à des gaz ayant une température d'ébullition bien inférieure à 0° , soit -10° pour l'anhydride sulfureux, -38° pour l'ammoniaque. Leur tension de vapeur est déjà très élevée aux températures ordinaires, ce qui justifie leur emploi comme fluide moteur. A 40° , la tension de vapeur de l'anhydride sulfureux est de $6,3 \text{ kg/cm}^2$, celle de l'ammoniaque $13,6 \text{ kg}$, mais sa chaleur de vaporisation est quatre fois plus élevée. Le gaz carbonique donnerait à 40° une pression de 93 kg/cm^2 ; mais, aux environs de 31° , température critique au-dessus de laquelle il ne peut être liquéfié, sa liquéfaction est difficile et son emploi ne semble pas devoir être envisagé dans les pays chauds.

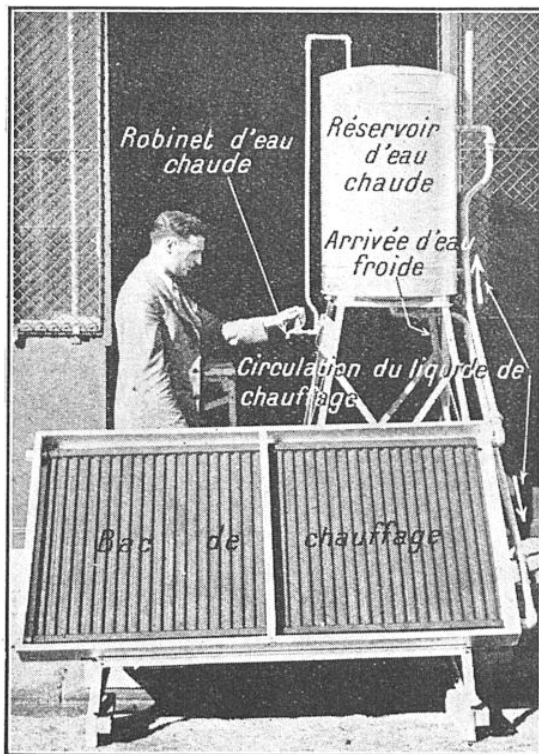
L'anhydride sulfureux n'a aucune action sur les métaux et fait office de lubrifiant ; sa chaleur de vaporisation est faible et l'abaissement de température produit par la détente n'est pas exagérée. L'ammoniaque attaque le cuivre, mais n'a pas d'action sur les huiles minérales.

Le cycle décrit par les gaz liquéfiables est le même que celui indiqué pour l'éther. La détente du gaz actionne le moteur au lieu d'être utilisée pour la production du

froid ; mais il faut réchauffer l'enveloppe pour atténuer le refroidissement qui réduirait la pression. Les difficultés que présentait l'établissement de tels moteurs sont aujourd'hui vaincues grâce aux progrès réalisés dans la construction des machines frigorifiques.

Dans son ouvrage *The Sun*, Abbot décrit deux moteurs solaires à gaz liquéfiables installés par Wilsee et Boyle : l'un, de 20 ch, à l'anhydride sulfureux, en Californie ; l'autre, de 6 ch, à l'ammoniaque, à Saint-Louis.

Partant d'un principe différent, Ch. Tellier utilisa l'affinité du gaz ammoniac pour l'eau qui en absorbe plus de mille fois son volume à 0° . Cette proportion diminue rapidement avec la température et est presque nulle à 60° . Le générateur est constitué par une série de plaques creuses C (fig. 11) formées de deux feuilles de tôle écartées de 10 mm. Le gaz, en se dégageant, atteint une pression de 2 à 3 kg/cm^2 et actionne le moteur. A l'échappement, il est de nouveau absorbé par la solution ammoniacale épuisée prise à la partie inférieure du générateur et refroidie par un serpentín S qui doit absorber en même temps la chaleur dégagée par la dissolution du gaz. La tige du piston prolongée en dessous refoule



(La thermique naturelle).

FIG. 12. — INSTALLATION DE CHAUFFAGE D'EAU PAR LA CHALEUR SOLAIRE

Le rayonnement solaire est recueilli sur un écran où la température s'élève jusqu'à 122° . Un liquide de propriétés physiques (viscosité, point d'ébullition et de congélation) convenablement choisies circule dans un bac plat et incliné au contact de cet écran, puis s'en va à un réservoir où il cède par contact sa chaleur à de l'eau, et revient ensuite au bac de chauffage. La circulation de ce liquide est assurée par thermosiphon. Le réservoir d'eau, soigneusement isolé au point de vue thermique, contient une quantité de liquide suffisante pour faire « volant » dans le cas où il y aurait plusieurs jours de mauvais temps, et l'appareil fonctionne même quand le soleil est caché derrière un voile de nuages. L'écran de chauffage peut être disposé sur le toit et le réservoir dans le grenier.

dans la chaudière la solution régénérée, tandis qu'un flotteur règle l'introduction du liquide épuisé. Il ne faut pas confondre ici la pression du gaz avec la tension maximum des vapeurs : il n'y a pas ici vaporisation et condensation, mais décomposition et re-

constitution successives d'une dissolution.

Ce moteur, avec une surface d'insolation de 20 m² sans vitrage a donné à Paris une puissance suffisante pour élever 3 000 litres d'eau à l'heure à 20 m de hauteur. Ch. Tellier, absorbé par ses travaux sur le froid, n'a pas poursuivi ses essais. La question est de nouveau à l'étude, mais il convient d'attendre les résultats pour juger de la valeur du procédé.

La cellule photo-électrique

Enfin, un appareil d'invention récente, et dont les applications se multiplieront dans l'avenir, fournira peut-être plus tard le mode le plus élégant d'utilisation de l'énergie solaire : c'est la cellule photoélectrique qui transforme en courant continu les oscillations électromagnétiques qui constituent la lumière.

Toutefois, le travail demandé à une cellule est incomparablement plus complexe que celui d'un simple redresseur, car les fréquences de la lumière s'étendent d'une façon continue depuis l'infrarouge jusqu'à l'ultraviolet.

La *General Electric Co* a essayé de construire des cellules qui fournissent, au lieu des faibles courants habituellement émis par ces appareils, des courants de puissance utilisable. C'est ainsi qu'elle a réalisé, il y a quelques années, un générateur électrique avec une cellule à oxyde de cuivre d'une superficie de 2 m², et qui produisait un courant continu d'une puissance de 1 W, c'est-à-dire avec un rendement qui n'était pas supérieur à 1/1 000. En employant, à la

place de l'oxyde de cuivre, le sélénure d'argent, la puissance eût été, d'après le professeur italien Amerio, de l'ordre de 100 W, soit un rendement de 1/10.

Naturellement, on ne peut songer à donner à une cellule au sélénure d'argent de telles dimensions, et on est ramené à concentrer la lumière sur une petite superficie. On pourrait, par exemple, prévoir la construction d'appareils

analogues à ceux de Shuman, où les tubes à eau chaude seraient remplacés par des cellules photoélectriques.

Ici, le volant qui serait chargé d'atténuer les variations de la puissance fournie pourrait être formé par des accumulateurs. Si l'on sait un jour faire des cellules photoélectriques d'un rendement de 25 à 30 %, le procédé aura une valeur pratique indéniable.

Cette rapide revue des divers essais d'utilisation de l'énergie solaire montre que ce problème n'a pas provoqué

toutes les recherches qu'il aurait mérités : nous vivons actuellement sur les réserves immenses d'énergie que constituent le charbon et le pétrole ; mais ces réserves doivent être ménagées et peuvent être employées à des usages plus rationnels que la simple combustion dans un moteur. Les expériences comme celle de Meadi prouvent que, dans certaines régions et en particulier dans notre Empire colonial, le moteur à chaleur solaire serait un important facteur de prospérité.

L. GENDRON.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 214, page 267.

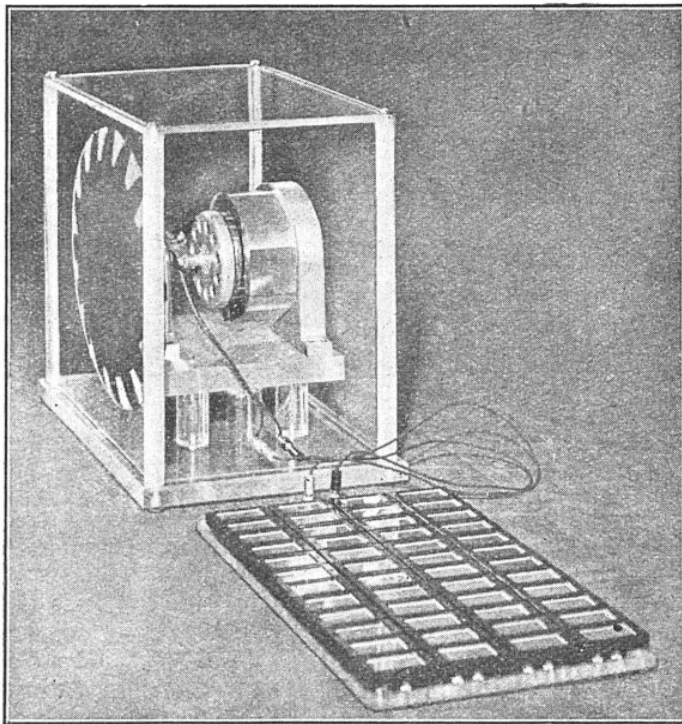


FIG. 13. — LE PLUS GRAND MOTEUR ÉLECTRIQUE QUI AIT JAMAIS ÉTÉ MU PAR DES CELLULES PHOTOÉLECTRIQUES (EXPOSITION DE NEW YORK)

Le moteur est alimenté par une batterie de 48 cellules photoélectriques à couche d'arrêt (1), débitant jusqu'à 10 milliampères. Il peut ainsi développer une puissance maximum de 0,01 W. Le volant visible à gauche mesure 30 cm de diamètre.

LES RECENTES DÉCOUVERTES SUR LES ULTRAVIRUS ET LA DEFINITION SCIENTIFIQUE DE LA VIE

par Jean LABADIÉ

Les admirables travaux de Pasteur ont conduit les biologistes à attribuer les maladies contagieuses à l'action d'organismes vivants unicellulaires, de structure rudimentaire, les microbes. Certains d'entre eux, dont les dimensions sont suffisantes, de l'ordre d'une fraction de micron et au-dessus, ont pu être observés au microscope. Pour d'autres, bien que leur taille réduite à l'extrême n'ait plus permis de les distinguer avec les instruments les plus puissants dont nous puissions disposer, nul ne songeait à mettre leur existence en doute. C'est à des « inframicrobes » vivants que l'on rattachait la virulence de produits morbides soigneusement filtrés à travers des matières poreuses capables de retenir tout corpuscule de la grosseur d'un microbe. On a démontré aujourd'hui d'une manière irréfutable que de nombreuses maladies infectieuses, s'attaquant à des végétaux et même à des animaux, ont pour cause, non pas un microbe de dimensions réduites, au sens habituel du terme, mais une protéine, c'est-à-dire un composé extraordinairement complexe que l'on a pu isoler à l'état pur et même, pour certaines, faire cristalliser. Quelle est la nature véritable de ces « virus-protéines » capables, à partir d'un germe unique, d'infecter tout un organisme et même plusieurs organismes en série comme le font les microbes ? S'agit-il encore de matière vivante sous sa forme la plus simple ou de molécules chimiques marquant la frontière entre le monde vivant et la matière inerte ? Tel est le problème capital du point de vue de la biologie générale qu'a soulevé la découverte du savant américain Stanley, à l'Institut Rockefeller de Princeton, et dont notre collaborateur expose ci-dessous les multiples aspects.

LORSQUE, en 1935, le biochimiste W. M. Stanley, des laboratoires Rockefeller de Princeton, signala que « l'agent pathogène » d'une maladie contagieuse des végétaux (« mosaïque » de la vigne et des solanées) n'était pas un microbe, ni une algue, ni un champignon microscopique, mais bien un corps chimique *cristallisable*, ce fut la plus grande surprise que les biologistes eussent éprouvée depuis les expériences de Pasteur sur les levures et les ferments. Et, quand le fait se trouva confirmé, la surprise fit place, comme toujours, à l'élan des chercheurs en vue de percer le mystère.

A l'heure actuelle, le mystère résiste toujours à la pénétration des expérimentateurs. Non que les expériences soient pauvres en résultats. Bien au contraire, elles sont d'une richesse déconcertante, puisque les faits, de plus en plus précis, qu'elles révèlent remettent en question la définition même de la vie — à supposer que la vie ait jamais reçu une *définition scientifique* vraiment satisfaisante. Et l'aura-t-elle jamais ?

Toutefois, pour le biologiste, tout être vivant semblait jusqu'ici pouvoir être caractérisé, avant tout, par un « organisme »,

dont la forme la plus élémentaire n'est autre que la « cellule ». Les microbes pastoriens sont, de ce point de vue, des cellules autonomes — encore qu'elles s'agencent parfois en chapelets (streptocoques), en couples (gonocoques), en agglomérats (staphylocoques). Or, le virus en question, puisqu'il est cristallisable, ne franchit pas le stade moléculaire. On le dissout dans l'alcool et dans l'acétone. Extrait à nouveau, par traitement chimique du solvant, il réapparaît, cristallisé, avec toute sa virulence primitive. On recommence quinze fois l'opération, sans atténuer sensiblement cette virulence !

Donc, pour la première fois depuis la fondation de la cristallographie (et Pasteur était cristallographe), on se trouve en présence de ce fait nouveau, d'une importance révolutionnaire : *on a sous les yeux des « cristaux » vivants !*

L'énigme, on le voit, est d'importance. Elle mérite d'être exposée dans toute son ampleur.

Les « ultragermes » déjà reconnus dans les maladies infectieuses animales

Rappelons, tout d'abord, que les « virus » infectieux dont on ne connaît pas les « mi-

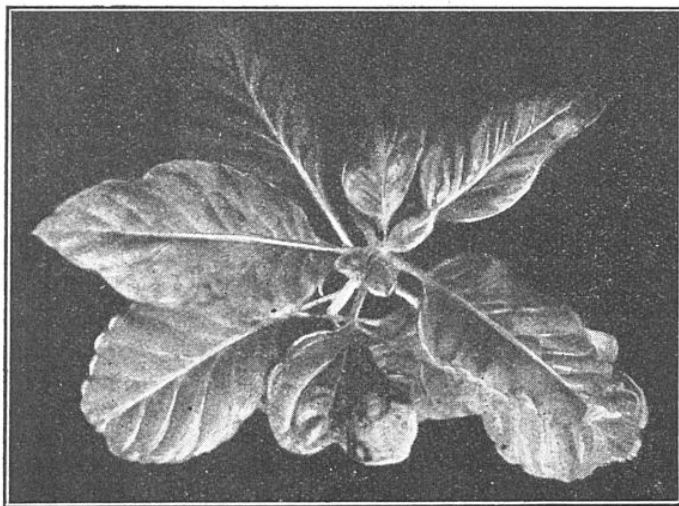


FIG. 1. — COMMENT SE PRÉSENTE LA MOSAÏQUE (MALADIE INFECTIEUSE A ULTRAVIRUS DU TABAC)

Les feuilles attaquées sont celles qui apparaissent ici visiblement rabougries. (D'après le Professeur Koehler.)

crobes » sont légion. Les premiers vitalistes dans la thérapeutique humaine se sont, du reste, trouvés d'emblée dans ce cas : Jenner en présence de la vaccine, Pasteur en présence du virus rabique. Aucun microscope n'a pu déceler l'organisme vivant — le « microbe » — qui « doit » être l'agent infectieux de la rage. Pasteur et ses disciples immédiats constataient que le filtre de porcelaine, inventé par l'un d'entre eux (Chamberland) ne pouvait retenir le microorganisme en question, dont, cependant, ils ne mettaient pas l'existence en doute. Attribuant son *invisibilité* et l'impossibilité de le *saisir physiquement* à son extrême petitesse, ils dénommèrent un tel virus : « filtrant ». Mais le fait de « filtrer » à travers les pores de la porcelaine donnait déjà une idée de ses dimensions *maxima* « possibles », la maille du filtre, naturellement, dont la mesure regarde le physicien.

Les virus responsables de maladies infectieuses *animales* qui, depuis, ont mérité cette qualification, se sont multipliés. Les virus des « encéphalites » et, d'une manière générale, les virus spécifiques du système nerveux sont « filtrants ».

Aujourd'hui, la technique du bactériologiste s'est perfectionnée : il y eut, d'abord, l'ultramicroscope et puis le microscope à lumière ultraviolette, qui permirent d'identifier quelques-uns des « virus filtrants » ou « ultragermes » — dits encore « ultravirus ».

Et les filtres primitifs, en porcelaine ou encore en « terre d'infusoires », ont cédé la

place aux filtres à membrane de collodion, qui retiennent les ultravirus en fonction d'une « porosité » de membrane qui peut se déterminer physiquement avec une grande sûreté.

La centrifugation à très grande vitesse est intervenue, d'autre part, qui permet d'obtenir une stratification périphérique des ultravirus. Conjuguant les deux techniques, Edford obtient des ultrafiltrages par l'effort de l'ultracentrifugeuse appliqué au filtre lui-même de collodion.

Enfin, les rayons X ont apporté à l'examen des ultravirus la technique que nous avons vu si bien réussir dans l'analyse des mailles cristallines.

De ce bref résumé, il ressort que le bactériologiste contemporain se trouve bien mieux armé que Pasteur pour découvrir les

« ultragermes » ou, tout au moins, pour mesurer leurs dimensions par déduction physique. Or, quel est le résultat d'une investigation aussi poussée ?

La réponse est nette : non seulement on n'a pas réussi à identifier les ultravirus sous forme d'*individus cellulaires* microbiens (ce qui, du reste, ne pouvait être espéré, en l'absence de toute visibilité formelle), mais encore les faibles dimensions qu'ils accusent les ramènent à la taille des grosses molécules du genre des « protéines », qui sont précisément les constituants normaux du protoplasma intracellulaire et,

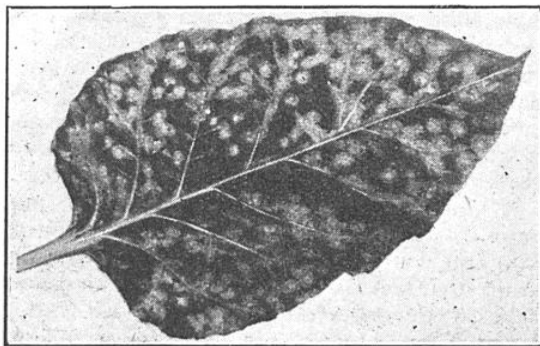


FIG. 2. — UNE FEUILLE DE TABAC INFECTÉE PAR L'ULTRAVIRUS D'UNE « MOSAÏQUE » (ULTRAVIRUS X) DE LA POMME DE TERRE

Le même virus est, en l'espèce, infectieux pour deux plantes différentes, du même genre, il est vrai (solanées). (D'après le Professeur Koehler.)

mieux encore, de « nucléoprotéines » qui sont spécialisées dans l'architecture de l'élément cellulaire central : le *noyau*. Le noyau, porteur des fameux chromosomes et, par suite, des *gènes* caractérisant la vie dans sa manifestation la plus mystérieuse : l'hérédité.

On conçoit, dès lors, toute la profondeur du problème : les ultravirus ne sont pas des organismes cellulaires puisqu'ils pourraient, théoriquement, servir à la construction moléculaire des cellules et, cependant, ils possèdent incontestablement d'autres caractères « d'êtres vivants » : ils se *reproduisent*, car leur « culture » prolifère ; et se nourris-

sent, qu'il atteint, à l'exclusion des autres espèces ; soit pour tel *tissu* de l'organisme réceptif ; soit pour certains *groupes de cellules* différenciés à l'intérieur même de ces tissus. C'est ainsi que, par exemple, les « neurones » de la moelle sont spécialement attaqués par le virus de la *poliomyélite* et que le *virus rabique* attaque non moins spécialement (autant que le révèle la phase *visible* du mal) les cellules de la « corne d'Ammon » dans la moelle épinière. Aussi bien, la moelle épinière (du lapin, en l'occurrence) *in vivo* est le seul milieu utilisable pour la préparation du vaccin antirabique.

Enfin, le seul fait qu'il donne lieu à la

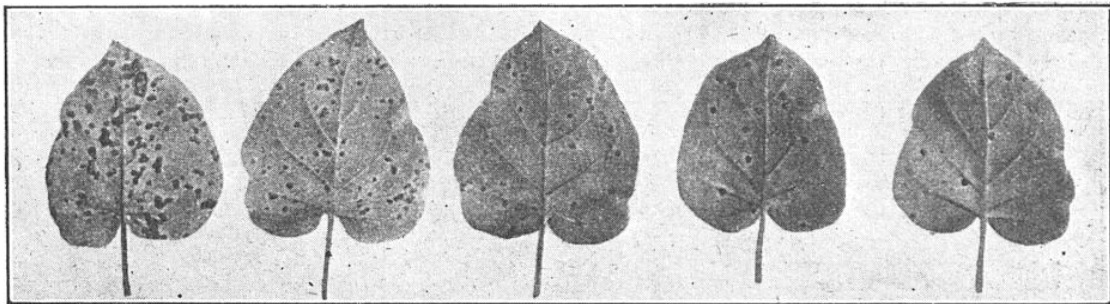


FIG. 3. — LÉSIONS LOCALES SUR FEUILLES DE « NICOTIANA GLUTINOSA » (VARIÉTÉ DE TABAC)
De gauche à droite, les attaques infectieuses apparaissent d'autant moins nombreuses que la dilution du virus est plus grande. Elles demeurent cependant toujours aussi nettement localisées.

sent, car ils *assimilent* le milieu vivant, qu'ils se sont précisément donné la mission de détruire.

Ils *s'adaptent* encore, très souvent, lorsqu'on les change de milieu ; de l'être vivant ils ont aussi la plasticité.

Seulement, ils ont ceci de très particulier : contrairement aux microbes qui peuvent proliférer *in vitro* (dans les coupelles et les boîtes du laboratoire), les ultravirus ne peuvent se développer qu'aux dépens d'une *substance vivante* ; ils n'acceptent comme milieu de prolifération aucune substance morte. En quoi ils sont, évidemment, *toujours* « pathogènes ».

Autrement dit encore, ce sont des « parasites obligatoires ».

Les affinités électives des ultragermes

Ceci posé, les ultravirus possèdent la même *individualité* que les microbes cellulaires : chacune des maladies qu'ils engendrent est attribuable à un élément rigoureusement individualisé et à un seul.

Chaque ultragerme révèle, d'autre part, une *affinité élective* soit pour l'espèce vivante

préparation efficace d'un tel vaccin montre que l'ultragerme provoque, de la part de l'animal contaminé, une réaction antigénique spécifique — c'est-à-dire la production d'*anticorps* non moins « électifs » dans leurs affinités que le microbe lui-même.

Dans ces conditions, rien n'empêche de concevoir des ultravirus qui choisiraient comme victimes de vrais microbes. Et les « maladies infectieuses » qu'ils infligeraient à des microbes « infectieux » seraient les bienvenues ! C'est justement une telle activité bienfaisante qui caractérise le « bactériophage » d'Hérelle (1), auquel nous avons consacré une étude ici. On peut concevoir le bactériophage (aux variétés très nombreuses) comme un véritable ultragerme vivant aux dépens de certaines bactéries (telle le bacille de Shiga) qu'il *parasite* et détruit en les « lysant ». Nous n'avons pas manqué de faire observer, dans notre étude, que le bactériophage, « être de raison », puisqu'il est invisible, posait déjà le problème (aujourd'hui parvenu à l'état aigu) d'une *vie moléculaire* et d'une vie qui, d'après

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 36.

les travaux de d'Hérelle, serait capable de *mutation* et d'hérédité, donc « d'évolution » malgré sa forme « non-organisée », comme le veut, du reste, la théorie de Charles Nicolle sur l'évolution des maladies infectieuses (1).

Le bactériophage lui-même ne peut vivre qu'aux dépens de ses hôtes vivants. Il n'accepte comme milieu de culture qu'une « culture microbienne ».

Et maintenant, examinons les « ultragermes » de maladies végétales, récemment découverts. Ce sont eux, nous le disions en commençant, qui ont donné au problème de la vie moléculaire son caractère si aigu.

Les ultragermes cristallisés

Ces nouveaux ultragermes poussent, avons-nous dit, leur contradiction des idées biologiques reçues encore plus loin que leurs

rimental se trouve accru. Et la conséquence de ces progrès récents n'est pas sans importance ; alors que les préparations originales de Stanley laissaient subsister des doutes quant à une *cristallisation* réelle de cet ultragerme — à cause des impuretés, des cendres — doutes que Stanley lui-même fut le premier à émettre, repoussant, tout d'abord, l'idée d'une cristallisation propre au virus, on n'en peut dire autant du virus « rabougrissant » (tomate), par exemple. Sa cristallisation n'admet plus d'échappatoire. Ce virus — et d'autres — *cristallise* autant que les méthodes optiques les plus raffinées permettent de déterminer un « état cristallin ».

Il est vrai que ce raffinement même remet en question bien des caractères par trop sommaires au moyen desquels se définissait

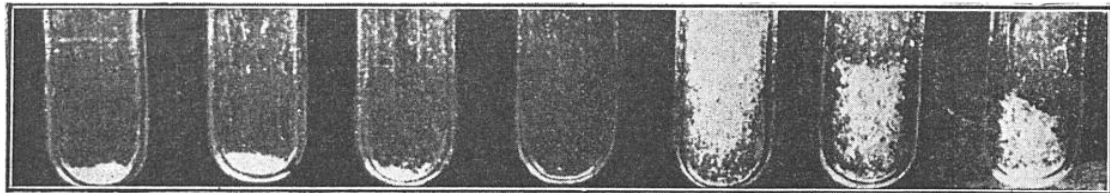


FIG. 4. — LES RÉACTIONS IMMUNOLOGIQUES IN VITRO DES ULTRAVIRUS DES MALADIES VÉGÉTALES (VIROSES)

Elles sont, chose curieuse, exactement les mêmes relativement aux sérums animaux sensibilisés que les réactions des toxines microbiennes. Au centre tube-témoin (le plus obscur) contenant de l'eau physiologique. Les autres tubes contiennent des solutions titrées d'ultravirus : à gauche, d'une virose du Bushy Stunt (tomates) ; à droite, de la mosaïque du tabac. Si l'on verse du sérum d'un lapin sensibilisé à la virose végétale étudiée, la solution titrée « floccule » d'autant plus intensément que son titre en virus est plus élevé. Ainsi les ultravirus des viroses végétales se révèlent posséder les mêmes qualités immunologiques que les cultures microbiennes du type pastorien.

cousins parasites d'animaux, et même que le bactériophage parasite de microbes. Leur virulence résiste, en effet, à la *cristallisation*, fût-elle renouvelée quinze fois après dissolutions dans l'alcool. Aucun ultravirus des maladies animales ne supporte un pareil traitement.

Les ultravirus parasites de végétaux ont maintenant atteint quelque diversité — indispensable à une étude d'ensemble — depuis la découverte initiale de celui de la mosaïque. On a isolé les virus de la « tache annulaire » (ringspot), du « rabougrissement » de la tomate, de la mosaïque latente de la pomme de terre et d'autres encore.

Mais en étudiant de plus près la mosaïque du tabac elle-même, Bowden et Pirie ont préparé sept virus différents de cette mosaïque. Ils ont encore isolé un virus X de la pomme de terre, un autre de la maladie des concombres, etc. Bref, le matériel expé-

naguère un cristal. Rien d'étonnant à ce que cette « remise en chantier » de la notion de cristal se produise à propos des « cristaux vivants » ; les rayons X n'ont-ils pas impliqué jusqu'aux cristaux minéraux dans une semblable aventure ? Ceci dit pour accentuer encore l'importance du problème et pour signaler un facteur dont on ne semble pas assez tenir compte dans les controverses touchant « l'organisation » ou la « non-organisation » des virus en question.

Les cristaux obtenus par Stanley l'avaient été par des procédés classiques. Ses cristaux « acidulaires » du virus de la mosaïque, isolés ainsi que les montre la microphotographie fig. 6, pouvaient être mesurés. Ils se présentent en aiguilles cylindriques typiques, effilées par les bouts, longues de 200 à 350 microns, larges seulement d'un demi-micron. Ces doubles cônes, effilés à l'extrême, ne rentrent guère dans les cadres de la cristallographie classique.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 227, page 356.

Aussi bien, le mode de formation des « cristaux » de Stanley méritait d'être étudié d'aussi près que possible. Bowden et Pirie se sont donc penchés sur ces « cristaux de Stanley » *en train de se former*, comme d'autres bactériologistes se penchent au microscope sur un microbe classique en train de proliférer. Grâce à la lumière polarisée, les savants anglais ont vu le liquide se séparer en deux couches distinctes d'une teneur différente en virus; puis, une agglutination de particules qui leur fait penser que la cristallisation définitive est « préparée » par un « gel » — c'est-à-dire par une coagulation préliminaire de caractère « colloïdal ». Ce « gel » se brise ensuite pour former les « cristaux » définitifs. Ce passage par l'état colloïdal — état

inéluçtable de toute matière vivante — est à retenir. D'autant que le « cristal définitif » révèle encore certaines particularités « non-cristallines » à l'examen par les rayons X.

Cet examen, dans sa forme classique (1), a été justement poussé à fond par Bernal et Fankuchen, collaborateurs des précédents auteurs. Or, ils ont prouvé que l'arrangement moléculaire cristallin classique — à trois dimensions — n'est pas celui qui assure la structure du « cristal de Stanley ». Ce cristal est formé de *molécules longues* par-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 239, page 362.

faitement ordonnées *autour* de l'« axe » du double cône, mais sans arrangement régulier apparent dans la direction normale, soit le *long* de ce même axe. C'est pourquoi, d'ores et déjà, on ne parle que du « paracristal » et non du « cristal » de Stanley.

Cette étude par les rayons X a permis de pousser très loin la connaissance de la structure des particules filiformes (alignées suivant l'axe). A les supposer « moléculaires », elles sont dix fois plus longues que larges, et composées de « sous-molécules » un peu moins grandes que les molécules de protéines ordinaires.

Mais Bowden et Pirie, à leur tour, ont obtenu d'autres cristallisations de virus, très différentes de celle de Stanley : le virus « Bushy Stunt », cristallisé en dodécaèdres, de tailles différentes

suivant qu'il s'agit d'une première ou d'une seconde cristallisation. Ces dodécaèdres (voir la figure 8) rappellent bien plus fidèlement les formes cristallines classiques.

Les ultravirus sont des « protéines »

La préparation cristallisée des virus de maladies végétales équivaut, en tout cas, à l'obtention de la substance à l'état pur — bien que cette pureté soit encore discutée. Dès lors, le chimiste a beau jeu pour l'identifier. Et cette identification — incertaine sur les viroses animales — ne

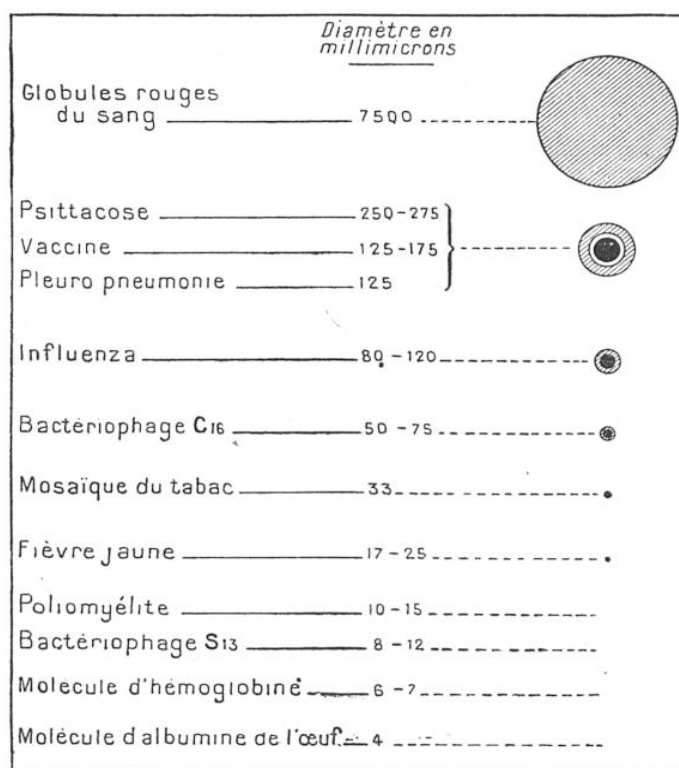


TABLEAU (DU A. M. LEVADITI) DONNANT UNE IDÉE DES DIMENSIONS QUE L'ON DOIT ATTRIBUER AUX DIFFÉRENTS ULTRAGERMES

Les diamètres sont pris en millimicrons. Le globule rouge du sang devrait être proportionnellement grossi dix fois. Le pouvoir séparateur des plus puissants microscopes laissant échapper tout objet d'un diamètre inférieur à 250 millimicrons, on voit que l'ultragerme le plus proche de la visibilité microscopique est celui de la psittacose. Le microscope à rayons ultraviolets permet d'avancer un peu ce seuil de visibilité (voir plus loin, fig. 9, le document concernant le germe de la vaccine).

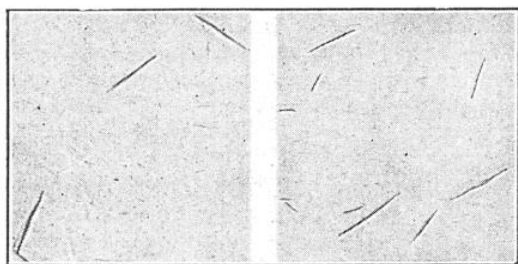


FIG. 6. — « CRISTAUX » DU VIRUS-PROTÉINE DE LA MOSAÏQUE DU TABAC (D'APRÈS STANLEY)

A gauche : le virus actif. A droite : le virus inactivé à l'eau oxygénée. Les « cristaux » semblent moins nets, et moins rigides. On remarquera la forme très spéciale de ces « cristaux » : ce sont de fines aiguilles coniques accolées par la base, d'un diamètre de quelques dixièmes de micron. Leur étude aux rayons X révèle qu'ils possèdent une texture interne « fibreuse » orientée suivant l'axe du double cône.

laisse, dans ce cas, plus de doutes. Ce sont bien des molécules-protéines et des nucléoprotéines en présence desquelles on se trouve, c'est-à-dire les matériaux de beaucoup les plus importants de toute matière vivante.

Les protéines, corps chimiques *quatérnaires* (composé d'hydrogène, d'oxygène, d'azote et de carbone) ont un poids moléculaire énorme.

Alors que la molécule d'albumine du blanc d'œuf ne pèse que 34 500, le virus protéine de la mosaïque accuse un poids moléculaire de 17 millions. Ce poids moléculaire est mis en évidence par la technique même de « l'ultracentrifugation » qui sert à isoler le virus. On conçoit en effet que, la force centrifuge étant proportionnelle à la masse, ces éléments centrifugés se stratifient, à la périphérie de l'appareil en rotation, en fonction de leur densité (1).

L'ultracentrifugation réalisée par divers systèmes (turbines pneumatiques d'Huguenard perfectionnées, turbines à huile, turbines électriques) est devenue technique courante.

Il était naturel que l'on appliquât aux « viroses » animales un procédé qui avait si bien éclairé les viroses végétales. On a donc centrifugé des filtrats, absolument purs de tout élément cellulaire, obtenus à partir des « jus » de tumeurs — du *papillome* du lapin, par exemple — dont l'inoculation équivaut à une propagation réellement « infectieuse » de cette tumeur maligne, de ce « cancer ». Beard et Wyckoff ont isolé

(1) Voir dans ce numéro, page 291,

de la sorte une protéine de poids moléculaire 20 millions, qui paraît bien être le virus pur de la maladie. *Mais non cristallisable.*

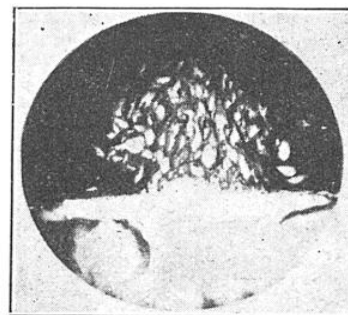
Tout de même, à partir de cultures microbiennes traitées chimiquement, de façon spéciale, Northrop a isolé une protéine extrêmement lourde (poids moléculaire : 300 millions) qui possède le pouvoir « lysant » d'un bactériophage. Ce résultat équivaudrait, en somme, à l'obtention d'un « virus synthétique », puisque ses propriétés diffèrent, et sont même inverses, des propriétés du corps microbien initial.

Malgré ces analyses physiques qui aboutissent à déterminer les poids moléculaires des protéines et, par conséquent, la taille de ces molécules — taille qui varie de 35 millièmes de millimètre (virus de la mosaïque) à 100 millièmes (protéine « phagique » de Northrop) ; malgré les analyses chimiques concomitantes, qui révèlent leurs teneurs respectives en hydrogène, oxygène, carbone et azote, les « molécules-protéines » ne peuvent être développées en formule. Leur complexité dépasse vraiment le schéma des formules classiques.

C'est donc, finalement, à leurs réactions biochimiques qu'il convient de demander tout éclaircissement supplémentaire concernant leur nature.

Comparés aux virus microbiens, les ultravirus — et, par-dessus tout, ceux des viroses végétales — apparaissent comme étant (suivant l'expression de Levaditi) d'une matière « plus rude » que la matière correspondante des cellules vivantes. Les nucléoprotéines créées par la prolifération des

FIG. 7. — MICROPHOTOGRAPHIE REPRÉSENTANT LE PHÉNOMÈNE DE CRISTALLISATION DU VIRUS DE LA MOSAÏQUE EN TRAIN DE S'EFFECTUER



Grâce à la lumière polarisée, Bowden et Pirie ont pu distinguer deux couches dans la solution du virus cristallisant. Une couche supérieure et une couche inférieure se distinguent qui montrent qu'avant d'atteindre l'état « cristallin » ou « paracristallin » (en bas), le virus passe par un état colloïdal (en haut), ce qui atténue, pour le biologiste, l'antonomie de la cristallisation d'un « corps » vivant.

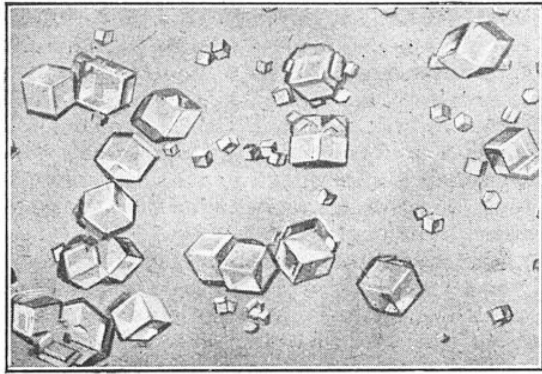


FIG. 8. — CRISTAUX DU VIRUS « BUSHY STUNT » (UNE VIROSE DES TOMATES)

Ce sont des cristaux en dodécaèdres, c'est-à-dire, en ce cas, d'une forme cristalline courante dans les composés minéraux.

ultravirus sont nettement différentes de celles qu'on extrait des cellules saines. Ainsi, malgré leur quasi-identité chimique, les ultravirus des maladies végétales et les gènes des cellules de ces mêmes végétaux ne sauraient être conçus comme des « entités » équivalentes. Du reste, la transmission des viroses végétales n'est pas héréditaire — ce qui serait si les « gènes » de la graine et le virus-nucléoprotéine correspondant pouvaient être mis en équivalence.

Il semble donc que les virus-protéines représentent une « matière vivante » située à un stade d'évolution *moins avancé*. Sont-ils des traces résiduelles, véritables « laissés pour compte » des premiers matériaux avec lesquels se sont construites sur le globe les premières cellules organisées ? Ou sont-ils des matériaux nés par génération spontanée, « trop tard, dans un monde trop vieux » pour atteindre à la vie organisée ? Ce sont là, pour l'instant, de pures vues de l'esprit.

Les hypothèses explicatives

Et pourtant, après toutes les lumières acquises en ces trois dernières années, la question demeure plus aiguë que jamais : les virus-protéines sont de la matière « vivante » *bien qu'inorganisée*.

Déroutés dans leurs conceptions les plus fondamentales, les biologistes sont encore nombreux qui ne désespèrent pas de sauver l'hypothèse d'un véritable germe organisé, d'un véritable ultragerme, insaisissable, dont les « cristaux » — déjà sujets à caution, avons-nous vu — ne seraient que les supports visibles.

D'autres ont avancé plus qu'une analogie, une véritable assimilation entre les ultravirus et les diastases (ou enzymes), ces corps *biocatalytiques* (1) sans lesquels nul être vivant ne pourrait se nourrir, puisque leur fonction est de rendre assimilable les matières alimentaires. Les hormones, les vitamines sont également des biocatalyseurs qui commandent tout le métabolisme des échanges desquels dépendent la croissance et même la reproduction de l'être vivant. Dans cette vue, les ultravirus seraient des « autocatalyseurs » qui, sitôt en contact avec les cellules réceptives, déclencheraient une décomposition, *à leur profit*, des matériaux cellulaires. Ainsi proliféreraient-ils aux dépens des matériaux *déjà en place* dans la matière vivante organisée.

De fait, on ne saurait trop y insister, si les ultravirus ont apparemment beaucoup des propriétés du « vivant », ils manquent de celle-ci, pourtant essentielle, que l'être vivant organisé se nourrit aux dépens du milieu inorganique. Encore faut-il observer que *seul* le végétal répond absolument à cette condition, car l'animal vit du végétal et le carnivore mange l'herbivore. Et nous savons (problèmes des vitamines) que cette consommation doit toujours se faire, au moins partiellement, à cru. Seul le végétal (parasites exceptés) peut être considéré comme vivant *in vitro* dans la nature. Il serait donc légitime de ne pas tenir rigueur

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 242, page 122.

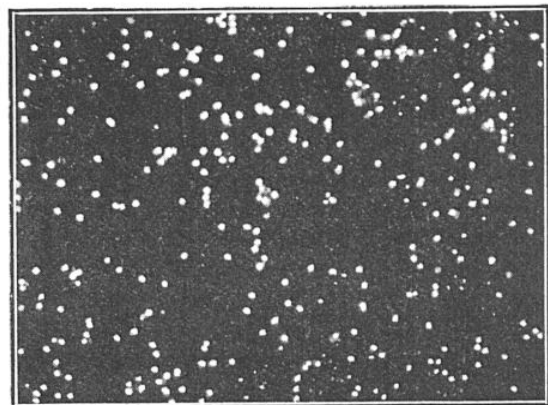


FIG. 9. — UN EXEMPLE D'ULTRAVIRUS D'UNE VIROSE ANIMALE (VACCINE), COUSIN GERMAIN DES VIRUS-PROTÉINES DES VÉGÉTAUX

Isolés par la méthode de l'ultracentrifugation différentielle, les corpuscules élémentaires du virus de la vaccine n'apparaissent nullement comme des cristaux. Aucun exemple n'existe jusqu'à présent de cristallisation dans les viroses animales.

aux ultravirus de ce qu'ils sont obligatoirement des *parasites de la cellule vivante*. Nous leur ressemblons à cet égard.

Développant cette idée de l'autocatalyse, certains ont rappelé cet exemple : la glande pancréatique sécrète une protéine, le *trypsinogène*, parfaitement inactive en elle-même, c'est-à-dire sans aucune fonction métabolique, digestive ou autre. Mais si on ajoute à ce trypsinogène de la *trypsine* (protéine active) *en si petite quantité que ce soit*, bientôt tout le trypsinogène se trouve activé et transformé en trypsine (1). Voilà donc de l'autocatalyse.

La trypsine a proliféré : elle n'est cependant pas un « microbe » ; ce n'est qu'une molécule-protéine, elle aussi. Et les méthodes chimiques sont impuissantes à trouver une différence quelconque entre la trypsine et le trypsinogène. Seule, la *physiologie* effectue leur discrimination par la notion « d'activité » *biologique*.

Mais alors, il faudrait concevoir que les cellules réceptives de virus-protéines possèdent, préparées d'avance, des substances « pro-virus » destinées à cette prolifération autocatalytique du virus. C'est bien invraisemblable, surtout dans le végétal. Quant à l'animal, notons, avec Gratia, que la trypsine de *porc* inoculée, à dose infinitésimale, au trypsinogène de *chien*, aboutit à la création de *trypsine de chien* et non de porc. Dans ce cas, la trypsine du porc a perdu son individualité. Or, les ultravirus pathogènes conservent, malheureusement pour l'hôte, leur individualité absolument intacte, nous l'avons souligné.

La prolifération par « autocatalyse » du genre « trypsine-trypsinogène » ne saurait donc être celle du type « ultravirus ». Si l'ultravirus fait de l'« autocatalyse », c'est aux dépens de *matières bien vivantes*, déjà « en fonction organisée », il les catalyse à son seul profit, non au profit de son hôte.

Le problème de la vie « moléculaire » des ultravirus (s'ils sont de vraies molécules *crystallisables*) reste donc entier.

La définition de la vie est remise en cause

Où commence l'organisation de la vie ? Entre molécules ou à l'intérieur de chaque molécule ?

Bowden et Pirie ont démontré, grâce aux rayons X, que les espaces intermoléculaires des ultravirus « cristallisés » restent constants, que ces virus soient en milieu liquide ou à l'état sec. Mais, d'autre part,

(1) Voir l'étude sur la biologie américaine dans la *Science et la Vie*, n° 264, page 470.

sans constituant *diffusible*, notamment sans *eau*, l'organisation « vivante » apparaît incompréhensible « entre molécules ».

Prend-on un autre biais ? On s'avise de comptabiliser *seulement* les molécules nécessaires à la formation d'un ultravirus. C'est ainsi que l'*unité* du virus aphteux pourrait, tous calculs faits, contenir de 10 à 20 molécules d'hémoglobine.

Une certaine comptabilité semble effectivement exister entre les plus petits « corps virulents » et le nombre de leurs molécules-protéines constituantes. Mais une « comptabilité » ne résout pas le problème de l'organisation vivante, ne peut le résoudre.

En sorte que Schultz se demande, en désespoir de cause, si « l'ultime *unité de vie* » est bien liée à l'absence ou à la présence de protéines. Gaskell renchérit : « La vie, suggère-t-il, ne serait-elle pas une quantité intra-atomique » ?

M. Levaditi nous met en garde, avec raison, de glisser, par de telles vues de l'esprit, « sur les pentes de la métaphysique ».

Nous sommes pleinement d'accord. La « vie » qui n'est pas « nombre » n'est pas davantage « quantité », (cela n'a pas de sens : où serait l'étalon ?), cette « quantité » fût-elle « intraatomique » — surtout au moment où le monde intraatomique des physiciens se quantifie par nombres entiers. Bien mauvaise métaphysique en effet.

Par contre, si l'on considère que, jusqu'ici, l'on n'a réussi à cristalliser *aucun ultravirus parasite de l'animal*, tant que ce résultat ne sera pas atteint, il restera bien des échappatoires à ceux qui refusent d'attribuer la « vie » à un pur cristal.

La « vie » des vrais cristaux « prolifère », en effet, en agglutinant sans *aucune transformation* le sel dissous dans son « milieu » naturel : la solution (1). De ce que le « paracristal » de Stanley prolifère en transformant la matière *vivante* qu'il « assimile », il faut bien conclure ou que ce n'est pas un cristal « comme les autres » ou qu'un facteur *sui generis* « vital », pour l'appeler par son nom, intervient dans cette opération. Et nous ne voyons pas qu'il soit nécessaire de loger ce facteur à l'intérieur de l'atome, déjà surencombré par les êtres de raison dont l'ont peuplé les physiciens.

Seulement, qu'un « facteur vital » doive intervenir *spécialement* tôt ou tard, en biologie, tout comme le facteur « valence » s'impose à la chimie et le facteur « électromagnétisme » à la physique, voilà qui ne semble pas de mauvaise « métaphysique ».

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 234, page 444.

Tout au contraire, c'est la meilleure dont nous disposons à l'heure actuelle pour « définir » la vie. Car toute définition *axiomatique* est chose *métaphysique*, y compris celles du nombre, du point, de la ligne droite, de l'étendue et de la durée, *matières premières* de tout travail intellectuel à commencer par celui de toute science. La biologie devra fatalement adopter des définitions « biologiques », autrement dit *vitalistes*, tout comme la chimie procède par définitions « chimiques » qui ne vont pourtant pas à l'encontre de celles de la physique. A preuve : toute la physique, même celle des quanta, reste subordonnée à la notion d'entropie. Pourtant, la *catalyse*, phénomène *essentiellement* « chimique », échappe — sans le contredire — au principe de Carnot (Le Châtelier y a insisté).

De plus, le phénomène catalytique, tant de fois signalé plus haut attend encore sa propre explication ! Or, tout le phénomène vivant n'est que « biocatalyse » !

Serait-il donc vraiment scandaleux que les catalyses — les « autocatalyses » avons-nous dit — mises en jeu par la vie dépassent la simple catalyse du chimiste, puisque celle-ci échappe au principe le plus général de la physique ? Dès lors, on aboutirait peut-être à une définition « biochimique »

de ces molécules vivantes que leur « poids moléculaire » (dépassant de plusieurs centaines de millions de fois celui de l'hydrogène) rend à jamais inaccessibles à toute « formule » chimique du type classique.

Dès lors interviendrait peut-être aussi une définition « biochimique » de ces cristaux-protéines qui ne ressemblent guère, avons-nous dit, à ceux du cristallographe.

Le problème de « l'organisation », de la matière vivante se trouverait alors résolu, au moins provisoirement, il va sans dire, sans qu'il soit nécessaire, pour expliquer la vie, d'en appeler à un « hasard » dont nous avons vu l'*improbabilité certaine* — puisque rappelons-le, il reste mathématiquement démontré (1) qu'il faudrait attendre des milliards de siècles pour que, dans une masse gazeuse d'un diamètre supérieur à celui de la Voie lactée, une première « molécule-protéine » puisse naître spontanément.

Encore rien n'assure que ce serait un « virus-protéine » — et, du reste, dans quelle « cellule vivante » pourrait-il, ce virus miraculeux, satisfaire ses affinités électives ?

JEAN LABADIÉ.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 266, page 153. N. D. L. R. — Les illustrations de cet article ont été, pour la plupart, extraites d'une étude de M. C. Laviditi, parue récemment dans la *Presse Médicale*.

Certains alliages d'aluminium, mis au point depuis une dizaine d'années, possèdent des caractéristiques mécaniques comparables à celles de l'acier. Tels sont, en particulier, les alliages aluminium-magnésium, dont les premiers essais remontent à 1930 et qui, question de prix mise à part, pourraient remplacer l'acier doux dans toute la construction navale. Leurs caractéristiques mécaniques sont égales à celles de l'acier et leur résistance à la corrosion est du même ordre et plutôt supérieure (voir Bulletin Technique du Bureau Veritas). Ces divers alliages, qui ont été rangés sous le nom général de « navalium », ont déjà reçu de nombreuses applications dans la construction navale. On peut citer, par exemple, parmi les réalisations des chantiers britanniques seulement, la vedette *Interceptor* de 20 m de long, construite en 1933 pour la police canadienne ; les superstructures de deux autres bâtiments de patrouille de 36 m de long construits en 1936 pour le même service ; les 22 canots de sauvetage du vapeur *Nieuw Amsterdam* et les 12 canots de l'*Awatea*. On compte, en outre, une centaine de canots et d'embarcations construits pour des particuliers ou des services privés. Aucun cas de corrosion n'a été constaté lorsque les précautions nécessaires pour la peinture ont été observées. Les peintures actuellement utilisées avec l'acier ne conviennent pas au « navalium », pour lequel il faut avoir recours aux peintures à l'aluminium qui assurent une protection complète contre la corrosion.

Rappelons que les premiers essais de construction de navires en alliage léger remontent déjà à une cinquantaine d'années. En 1895, le gouvernement français faisait construire aux chantiers Yarrow, en Grande-Bretagne, deux torpilleurs en aluminium. Mais l'aluminium pur possédait des caractéristiques mécaniques insuffisantes. Grâce aux recherches des métallurgistes, le « navalium » peut aujourd'hui concurrencer l'acier.

LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

Contrôle de timbre et intensité sonore

LORSQU'UN auditeur à l'oreille sensible et quelque peu éduquée étudie la qualité de reproduction musicale d'un excellent récepteur radiophonique, il ne manque pas de constater des différences appréciables entre deux auditions faites à deux « niveaux » sonores différents. Si, en effet, la reproduction faite à un « niveau » déterminé est d'excellente qualité, elle semble dépourvue de notes aiguës, et surtout de notes graves, lorsqu'on en réduit le niveau en manœuvrant le potentiomètre commandant le volume sonore. Le récepteur n'y est évidemment pour rien, puisque la manœuvre du potentiomètre a réduit dans le même rapport, pour chaque fréquence, la puissance mise en jeu par le haut-parleur et il faut chercher ailleurs l'origine de ce changement. Le phénomène constaté est purement physiologique; il est en entier imputable à l'oreille elle-même; on sait, en effet, que notre organe auditif est loin d'avoir une « caractéristique linéaire », en amplitude et en fréquence; il est fort bien connu que l'oreille peut entendre certains sons plus facilement que d'autres. La sensation produite sur l'oreille par un son de fréquence définie n'est pas proportionnelle à l'énergie acoustique mise en jeu, mais sensiblement proportion-

nelle au logarithme de cette énergie; de plus, pour une même sensation auditive, il faut mettre en jeu, suivant la fréquence considérée, une quantité d'énergie acoustique variable. Des mesures systématiques, faites il y a quelques années et portant sur un grand

nombre de sujets, ont permis de déterminer les valeurs des sensations acoustiques en fonction des fréquences et des « niveaux » énergétiques considérés. Le résultat de ces mesures est résumé par les courbes ci-jointes. (Les sensations acoustiques variant comme le logarithme des énergies acoustiques frappant l'oreille, les techniciens ont pris l'habitude de les chiffrer par rapport au « seuil » — ou limite inférieure — d'audibilité, considéré comme zéro à 1 000 p/s).

De l'examen même de ces courbes, il résulte qu'une audition musicale très bonne faite à un niveau moyen de 70 phons (1), — niveau

équivalant sensiblement à une exécution *mezzo forte* d'un orchestre réduit, — serait mutilée vers les fréquences aiguës et surtout vers les fréquences basses si, à

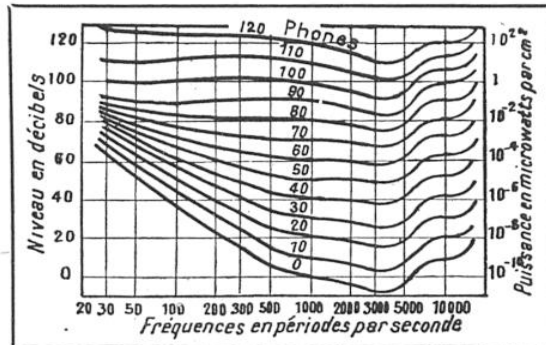


FIG. 1. — RÉSEAU DES LIGNES D'ÉGALES IMPRESSIONS SONORES POUR UNE « OREILLE MOYENNE »

Cette figure représente les courbes expérimentales donnant le niveau d'énergie requis pour une égale sensation auditive, en fonction de la fréquence et pour des sons purs; l'énergie frappant l'oreille s'exprime en valeur absolue en microwatts par centimètre carré. Ainsi chaque courbe correspond donc à une égale sensation auditive; cette sensation s'exprime généralement en phons; le seuil d'audibilité étant zéro phon.

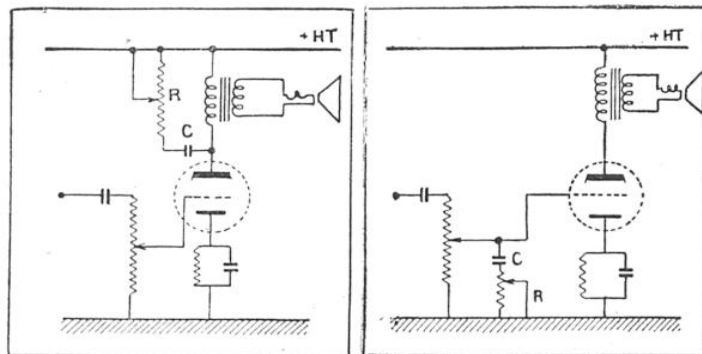


FIG. 2 ET 3. — DISPOSITIFS DE CONTRÔLE DE TIMBRE APPLIQUÉS À L'ÉTAGE FINAL D'UN RÉCEPTEUR POUR RENFORCER À VOLONTÉ LES NOTES GRAVES

(1) La sensation auditive étant proportionnelle au logarithme de l'énergie acoustique frappant l'oreille, chaque niveau de sensation fut arbitrairement choisi et défini par l'énergie correspondante à la fréquence 1 000 p/s. Cette énergie est, elle aussi, exprimée en unités logarithmiques par rapport au seuil d'audibilité, c'est-à-dire en décibels. En un mot, décibels et phons sont des termes équivalents à 1 000 p/s.

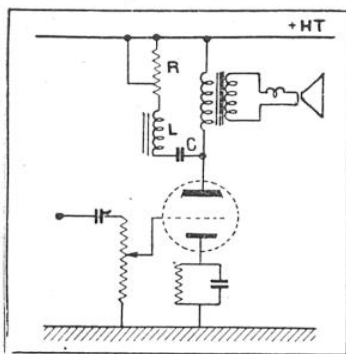


FIG. 4. — DISPOSITIF DE FILTRAGE POUR LE CONTRÔLE DE TIMBRE PERMETTANT D'AFFAIBLIR LES FRÉQUENCES MOYENNES (MEDIUM)

les mêmes nuances. Nous avons examiné dans un précédent article (1) la façon de rétablir, à la réception, les nuances ou contrastes d'une exécution musicale, que certaines nécessités purement techniques avaient conduit à « comprimer » à l'émission : ainsi, un récepteur radiophonique, équipé d'un «*expanseur de contraste*», donnera une reproduction correcte de la musique (s'il est bien établi), pour le même niveau sonore qu'à l'exécution ; ce n'est évidemment pas suffisant, car il est indispensable de pouvoir conserver toute la qualité d'une audition lorsqu'on en réduit le volume.

Un certain nombre de récepteurs américains très perfectionnés possèdent un dispositif de compensation sonore, associé à la commande de volume, de telle sorte qu'à chaque variation du «*niveau*» de sortie correspond une compensation automatique du timbre. La solution idéale consisterait à adjoindre à la partie basse fréquence des récepteurs un système de filtres réglables qui puisse, pour chaque niveau sonore

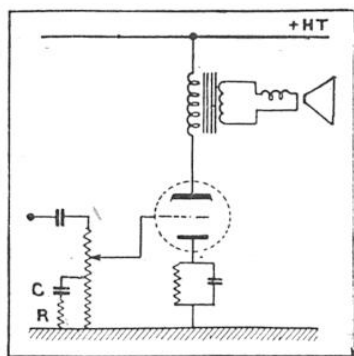


FIG. 5. — VOLUME-CONTRÔLE COMBINÉ AU CONTRÔLE DU TIMBRE

l'aide du potentiomètre de volume contrôle, on réduisait le niveau sonore à 50 phons — niveau correspondant au piano. En un mot, pour être correct, et si l'on ne recourt à aucun artifice, une reproduction musicale doit être faite au même «*niveau*» que l'a exécutée l'orchestre et avec

des mêmes nuances. Nous avons examiné dans un précédent article (1) la façon de rétablir, à la réception, les nuances ou contrastes d'une exécution musicale, que certaines nécessités purement techniques avaient conduit à «*comprimer*» à l'émission : ainsi, un récepteur radiophonique, équipé d'un «*expanseur de contraste*», donnera une reproduction correcte de la musique (s'il est bien établi), pour le même niveau sonore qu'à l'exécution ; ce n'est évidemment pas suffisant, car il est indispensable de pouvoir conserver toute la qualité d'une audition lorsqu'on en réduit le volume.

Jusqu'à présent, on n'a réalisé que des solutions approchées : les plus simples consis-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 77.

tent à négliger les fréquences aiguës et à renforcer relativement la reproduction des fréquences graves par rapport au médium, et cela d'autant plus que le volume sonore est réduit. Ce contrôle des graves peut se faire très simplement : soit à la sortie de l'amplificateur, immédiatement avant le haut-parleur, comme l'indique la figure 2 ; soit à l'entrée de l'amplificateur, ainsi que l'indique la figure 3.

On obtient déjà un bien meilleur résultat en affaiblissant le médium par un filtre approprié qui peut être, lui aussi, placé à l'entrée ou à la sortie de l'amplificateur basse fréquence (fig. 4).

Le contrôle des timbres peut aussi être solidaire du potentiomètre de commande de volume, et c'est là, certainement, la meilleure solution pour les récepteurs dotés d'un volume-contrôle automatique vraiment efficace (fig. 5) ; elle simplifie le réglage du récepteur et n'exige de l'utilisateur aucune connaissance spéciale de la musique, puisque la qualité de reproduction sera automatiquement maintenue pour tous les volumes sonores.

Du reste, certaines réalisations présentées récemment en France n'ont pas connu le succès qu'elles pouvaient espérer, en raison de leur complexité ; elles obligeaient à ajuster séparément les proportions relatives des sons graves, du médium et des sons aigus entrant dans la composition de la musique, ce qui est une opération délicate même pour un mélomane averti.

Quand on n'a pas prévu la prise de pick-up...

Le pick-up est relié à un petit émetteur bon marché à deux lampes auquel l'énergie est fournie par une simple prise de courant. Il suffit alors de régler son récepteur radiophonique sur la longueur



FIG. 6. — UNE DES DERNIÈRES NOUVEAUTÉS AMÉRICAINES : LE PICK-UP ÉMETTEUR

d'onde de cet émetteur pour entendre en haut-parleur l'exécution du disque. Le récepteur n'a besoin ni de prise pour pick-up ni de liaison matérielle avec le tourne-disque.

ANDRÉ LAUGNAC.

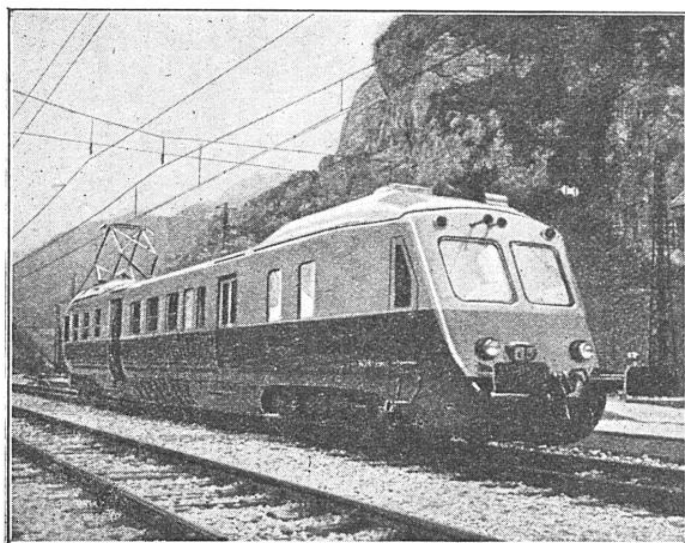


FIG. 2. — L'AUTORAIL « AMPHIBIE », DONT LES MOTEURS ÉLECTRIQUES DE TRACTION PEUVENT ÊTRE ALIMENTÉS SOIT DIRECTEMENT PAR LA LIGNE CATÉNAIRE SUR LES SECTIONS ÉLECTRIFIÉES, SOIT PAR DES GÉNÉRATRICES ENTRAÎNÉES PAR DES MOTEURS DIESEL SUR LES SECTIONS NON ÉLECTRIFIÉES

Pour résoudre ce double problème, M. Epinay, directeur de l'exploitation de la région Sud-Ouest de la S. N. C. F., a imaginé un autorail dit « amphibie » parce que ses moteurs électriques de traction peuvent être alimentés soit par un pantographe captant l'énergie sur la caténaire, soit par l'intermédiaire de génératrices actionnées par moteurs Diesel, selon qu'il circule sur une section électrifiée ou non.

L'autorail construit d'après ces directives générales (1) a fait ses premiers essais sur les lignes de la région pyrénéenne. Pesant 55 t à vide (2), il peut soit remorquer des voitures et wagons, soit être accouplé à d'autres autorails. Ainsi, deux unités « amphibies » sont prévues pour la marche en unité double. La conduite des deux autorails accouplés peut alors être assurée par un seul agent situé dans l'une quelconque des cabines extrêmes du couplage, aussi bien dans la marche en diesel que purement électrique.

La salle des machines comprend deux Diesel 6 cylindres à injection mécanique de 250 ch à 1 300 tours/mn actionnant chacun une génératrice de 150 kW à tension variable. Ils ont été étudiés en vue d'assurer le minimum d'entretien. Leur refroidissement est assuré au moyen de radiateurs et de quatre groupes moteurs-ventilateurs de 4,8 kW situés sous le châssis et placés de telle sorte que ni le sens de la marche, ni la présence de remorques ne puissent influencer sur le refroidissement.

Les génératrices alimentent les moteurs de traction qui peuvent également utiliser la tension de 1 500 volts des lignes caténaires.

La conduite de l'autorail s'effectue aisément,

(1) Par les Sociétés Alsthom (bogies et partie motrice) et Soulé (caisse et aménagement intérieur).

(2) Caractéristiques générales publiées par M. Garsonnin dans *Traction Nouvelle*.

le même manipulateur servant aux deux modes de fonctionnement. Un simple commutateur permet d'ailleurs de passer immédiatement de l'un à l'autre.

Aux essais, des vitesses de 140 km/h ont été atteintes sans que la tenue sur la voie ait révélé de défaillance. Il est à remarquer que les performances sur sections électrifiées ont été supérieures à celles de la marche en Diesel par suite de la surcharge de 50 % acceptée facilement par les moteurs électriques, alors que la puissance nominale du Diesel ne peut être dépassée.

Signalons encore que le chauffage de l'autorail « amphibie » et des voitures qu'il est susceptible de remorquer est assuré par une chaudière produisant de 100 à 120 kg de vapeur à l'heure.]

Le verre polarisant conditionne la lumière dans les voitures des chemins de fer américains

APRÈS le conditionnement de l'air dans les trains (1), voici qu'aux Etats-Unis une tentative est effectuée pour conditionner la lumière solaire dans

les voitures en vue d'éviter l'éblouissement fort gênant pour les voyageurs situés auprès des fenêtres. Dans ce but, le *Copper King*, voiture du train profilé de Los Angeles de l'Union Pacific Railroad, a été muni de vingt-neuf fenêtres de forme circulaire, de 286 mm de diamètre, chacune d'elles étant fermée par une glace de sécurité à l'extérieur et à l'intérieur par deux disques de *polaroid*, l'un fixe, l'autre pouvant tourner grâce à une poignée.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 218, page 89.



FIG. 3. — VOITURE AMÉRICAINE MUNIE DE FENÊTRES À VERRE POLARISANT

On sait que le *polaroid* est un verre spécial qui polarise la lumière, c'est-à-dire qui amène dans un plan invariable (plan de vibration) toutes les vibrations qui glissent sur le rayon lumineux, alors que dans la lumière ordinaire la vibration en un point peut prendre, dans le plan de l'onde, toutes directions possibles. Si le rayon ainsi polarisé rencontre un second polariseur (analyseur), celui-ci ne laisse passer que les vibrations parallèles à celles qu'il fournit lui-même. S'il reçoit des vibrations perpendiculaires, il ne les laisse pas passer.

Dès lors, il est possible, dans cette voiture, soit d'éteindre la lumière solaire polarisée par le premier disque, soit de la diminuer dans la proportion désirée.

Enfin, pour annuler les effets de la réverbération produite par la réflexion de la lumière solaire sur de grandes surfaces horizontales, comme celles des plans d'eau, on met en œuvre la caractéristique de cette lumière réfléchie, qui est, en grande partie, polarisée par la réflexion. Aussi le disque *face* de *polaroid* est-il orienté d'une façon définitive pour jouer le rôle d'analyseur par rapport à cette lumière réfléchie qu'il éteint sans que l'on ait à manœuvrer le disque mobile.

Un store qui éclaire

LES jalousies à lames mobiles ont sur les persiennes fixes l'avantage de permettre de régler à volonté l'inclinaison des lames et par suite la quantité de lumière qui les traverse. Toutefois, il faut convenir que la jalousie à lames de bois commandées par une chaînette ne possède pas un mécanisme sans défaillance et que, si elle arrête bien les rayons solaires, elle obscurcit exagérément la pièce ainsi protégée. Ce problème vient de recevoir une élégante solution que la figure ci-dessus permet de comprendre aisément. Les lames de la ja-

lousie, au lieu d'être en bois, sont en acier mince et souple et présentent deux courbures en sens inverse. Ainsi les rayons lumineux qui se réfléchissent sur une lame vont frapper la lame supérieure qui, à son tour, les diffuse dans la pièce. Le réglage de leur inclinaison assure d'ailleurs à la fois une bonne aération et permet de réduire à volonté la lumière. En outre, les lames, électro-galvanisées et laquées au four, réfléchissent les rayons chauds de sorte que la jalousie constitue un écran contre la chaleur. Enfin le dispositif de commande, entièrement protégé, est d'une conception vraiment mécanique (vis sans fin et roue dentée).

M. Kirsch, 72, rue des Archives, Paris (3^e).

Une voiture transparente

CETTE voiture, présentée à l'Exposition de New York par la General Motors, bien que destinée à mettre en valeur toutes les possibilités du Plexiglas (1), ne constitue pas simplement une curiosité.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 236, page 103.

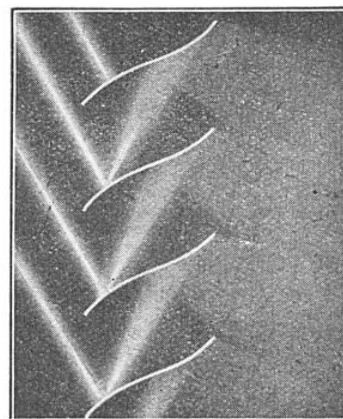


FIG. 4. — RÉFLEXIONS SUCCESSIVES DE LUMIÈRE (VENANT DE GAUCHE) SUR LES LAMES DE STORE

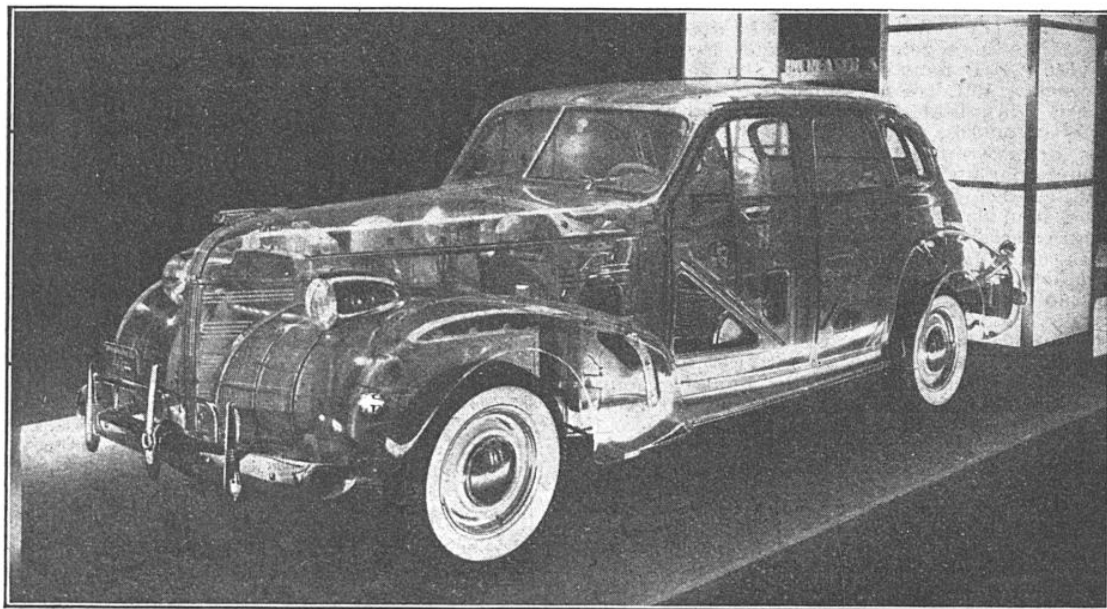


FIG. 5. — LA VOITURE EN PLEXIGLAS QUI FIGURE A L'EXPOSITION DE NEW YORK

Telle quelle, elle est, en effet, apte à prendre la route. Si, comme on le voit sur la figure 5, toute la carrosserie, caisse, ailes, capot sont en Plexiglas, c'est afin de montrer l'armature rigide en acier de la caisse et le système de ventilation sans courant d'air. Notons que les fenêtres sont munies de glaces, de même que le pare-brise, et que les portes s'ouvrent et se ferment normalement.

D'ailleurs, si un emploi aussi généralisé du Plexiglas n'est pas envisagé pratiquement, signalons que d'ores et déjà certaines voitures ont été munies d'un toit et de montants en Plexiglas, de manière à réaliser une carrosserie véritablement panoramique.

Le xylophone électrique

PARMI les curiosités scientifiques présentées à l'Exposition de New York figurait l'appareil ci-contre, instrument de musique analogue à un xylophone, mais où les marteaux qui frappent les lames métalliques, au lieu d'être actionnés à la main, sont mus par un dispositif électrique.

A cet effet, l'opérateur tient dans chaque main une lampe électrique dont il projette le faisceau lumineux sur l'une des cellules photo-

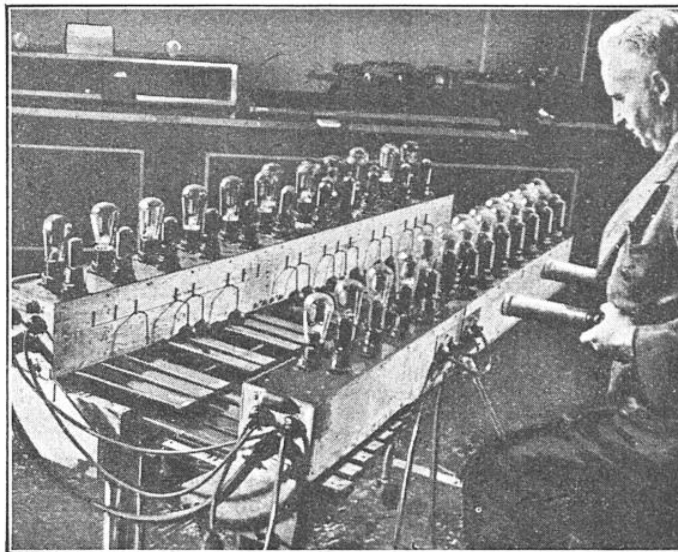


FIG. 6. — LE XYLOPHONE ÉLECTRIQUE

électriques situées devant l'appareil. Le courant ainsi créé est amplifié par des lampes à trois électrodes, puis alimente un relais électromagnétique actionnant le marteau qui frappe sur la lame métallique correspondant à la cellule éclairée, c'est-à-dire à la note désirée.

V. RUBOR.

CHEZ LES ÉDITEURS ⁽¹⁾

Corsaires de l'éther, par Michel Cacaud. Prix : France, 4 f 50 ; étranger, 7 f 50.

Cette petite brochure, pour laquelle M. Louis Marin a écrit une substantielle préface, s'adresse aux jeunes. Le lieutenant Cacaud leur apporte, comme dans ses précédents volumes, des récits sur la guerre aérienne ou plutôt des anticipations légèrement romancées. Comme autrefois le capitaine Danrit, dont les ouvrages sont encore fameux aujourd'hui, il ose imaginer ce que sera la guerre de demain, où seront mises en œuvre les conquêtes les plus récentes de la science et de la technique, dans tous les domaines. Il ne fait pas ainsi seulement œuvre de romancier, mais s'efforce de former l'enfance, la jeunesse — et les adultes aussi — en vue des dangers et des épreuves prochaines.

Annuaire statistique de la Société des Nations 1938-1939, publié par la Société des Nations, à Genève. Prix : 10 f suisses.

Ensemble considérable et varié de données statistiques sur les territoires et la population de tous les pays, la production, la consommation, le commerce, les changes, les finances publiques, pour ne citer que quelques sujets. C'est un aide-mémoire indispensable pour quiconque veut suivre les graves problèmes qui agitent actuellement le monde.

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration. Pour les ouvrages édités à l'étranger, prière de s'adresser directement aux éditeurs.

Les atomes, les hommes et les étoiles, par Rogers D. Rusk. Prix franco : France, 29 f 50 ; étranger, 32 f 50.

Ce volume, de la collection « L'avenir de la Science », que dirige M. Jean Rostand, est la traduction d'un ouvrage paru en anglais, sous le titre *Atoms, men and stars*. L'auteur est Américain, ce que l'on devinerait sans peine à la lecture, à voir la manière curieuse et originale dont les exposés scientifiques sont entremêlés d'anecdotes dont l'authenticité paraît souvent douteuse, et de réflexions philosophiques dont il ne semble pas que les traducteurs aient toujours parfaitement rendu le sens. Quoi qu'il en soit, les unes et les autres offrent l'avantage de distraire et de reposer l'attention du lecteur lorsque l'exposé, de par la nature même du sujet traité, devient trop aride. L'auteur s'est donné pour tâche de dresser du monde scientifique et de son évolution un tableau compréhensible par tout homme cultivé. Il y a fort bien réussi, sans exiger de ses lecteurs aucune connaissance spéciale, seulement un petit effort d'imagination. Voici les titres des chapitres, très évocateurs : Voir, c'est croire ; L'homme construit son univers ; Voir avec des rayons X ; L'ancienne et la nouvelle radioactivité ; L'eau lourde et l'histoire des isotopes ; La transmutation est devenue possible ; La légende d'Einstein ; Recréer le temps et l'espace ; L'univers en expansion ; Le « h » anarchiste ; L'incertitude et Eddington ; Le mystère des rayons cosmiques ; Le monde qui meurt.

Pour le photographe et le cinéma, par J. de Thellesme. Prix franco : France, 17 f 50 ; étranger, 20 f 50.

Recueil de recettes, procédés, formules, tours de main et « trucs » divers pour la photo et le cinématographe (amateur et professionnel).

Les Guêpes, par Lucien Berland. Prix franco : France, 20 f ; étranger, 23 f.

M. Lucien Berland, comme tous les entomologistes, est assez étroitement spécialisé. Le charme et l'attrait de ses ouvrages pour le grand public, viennent précisément de la sûreté de son information et de sa documentation, et surtout de l'absence de toute pédanterie dans leur présentation, ce qui fait qu'à la lecture, on oublie le spécialiste pour ne plus suivre que le guide disert et de bonne compagnie qui nous introduit dans un monde inconnu et merveilleux. M. Lucien Berland sait quand la précision est nécessaire, et quand elle va rebuter le lecteur ; il nous épargne les nomenclatures et les descriptions minutieuses et fastidieuses et, lorsqu'il emploie une appellation latine, pour désigner une variété, c'est bien parce qu'il est impossible de faire autrement. Encore prend-il la précaution, en quelques mots, de donner au lecteur les indications qui lui sont strictement nécessaires. M. Lucien Berland a une double spécialité, les araignées et les guêpes. Chacune a fait l'objet d'un volume de la belle collection des « Livres de nature » dont l'intérêt s'est, jusqu'ici, toujours renouvelé et à laquelle on peut seulement reprocher l'absence d'illustrations. Question de prix de revient, capitale pour des ouvrages qui veulent toucher le grand public. Nous avons eu l'occasion ici même de présenter le volume consacré aux araignées. Celui sur les guêpes en forme le digne pendant, puisque, aussi bien, les guêpes sont d'actives chasseuses d'araignées, comme aussi de mouches, de c.iquets, de sauterelles, de coléoptères, etc. Une guêpe écrasée sur le carreau d'une fenêtre, c'est 1.000 mouches et 1.000 chenilles en plus. Voilà pour réhabiliter un insecte si redouté pour sa piqure cuisante, mais le plus souvent sans danger, et qui, plusieurs milliers, sinon plusieurs millions d'années avant l'homme, a appris à fabriquer du papier à partir du bois. L'instinct constructeur et l'instinct paralyseur des guêpes sont des plus remarquables et leur explication soulève des problèmes biologiques et philosophiques dont la solution est encore bien lointaine.

La maison insonore, par Vl. Gavronsky. T. Kahan et Max Blumenthal. Prix franco France, 40 francs ; étranger, 43 francs.

Cet ouvrage est la traduction d'un volume publié en Allemagne sous les auspices de la commission professionnelle pour la Lutte contre le Bruit, de la Société des Ingénieurs allemands (V. D. I.). Voici un livre que tout propriétaire, avant de faire construire, devrait acheter à son architecte et à son entrepreneur. Il en retirerait le plus grand profit.

Mœurs et coutumes de la Malaisie, par Ph. Quanjier, ancien inspecteur de l'instruction indigène aux Indes Néerlandaises. Prix franco : France, 33 f ; étranger, 36 f.

Document de premier ordre et dépouillé de toute littérature, sur les mœurs et coutumes de ce monde extraordinairement complexe et mêlé, fort peu connu en France, que constitue la population de l'Insulinde, dont les soixante-cinq millions d'habitants ont conservé leur religion primitive et leurs coutumes ancestrales.

Les mammoth de Sibérie, par E. W. Pfizenmayer, ancien chargé de mission en Sibérie par l'Académie des Sciences russe. Prix franco : France, 49 f 50 ; étranger, 53 f.

La Sibérie présente pour l'étude des espèces aujourd'hui disparues et qui habiteront notre globe au cours des âges géologiques, des ressources extraordinaires, dues à la fois à l'abondance de la faune qui y vivait et à la rigueur de son climat. Chaque année, au commencement de l'été, les rivières, gonflées par la fonte des neiges, creusent leurs rives, ce qui produit l'éboulement des berges abruptes et met ainsi à nu les défenses de mammoth et les cornes de rhinocéros. La récolte de ces défenses est certainement une très ancienne branche de l'économie sibérienne, et il semble que les défenses de mammoth aient figuré depuis les temps les plus anciens, au moins depuis Alexandre le Grand, sur les marchés de l'Orient et y aient été travaillées. Plus tard, une partie importante de la récolte prit le chemin de l'Europe. En 1840, on estimait l'exportation annuelle d'ivoire fossile sibérien à 50 000 kg. Mais ce qui fait l'intérêt scientifique de ces trouvailles, c'est qu'il ne s'agit pas, la plupart du temps, de simples squelettes, mais bien de cadavres entiers, avec tous leurs organes, conservés admirablement dans cette sorte de frigorifique géant que constituent les crevasses de l'immense calotte glaciaire qui couvrait notre hémisphère au pleistocène et dont on a mis à jour des vestiges sous la maigre végétation de la toundra arctique. M. Pfizenmayer nous raconte, dans un récit très coloré, les deux plus fameuses découvertes de mammoth, dont l'un, qui se trouve aujourd'hui à Leningrad, est le plus complet, en chair et en os, qui ait pu être sauvé des dents des carnassiers, des carnassiers actuels, car cette chair est encore comestible. Chemin faisant, et ce n'est pas la partie la moins intéressante de cet ouvrage, l'auteur nous décrit ses rencontres avec les indigènes, chasseurs, pêcheurs, sorciers, et brosse une vaste fresque de ce pays d'avenir qu'est la Sibérie avec ses ressources illimitées pour l'agriculture dans sa partie centrale, pour l'élevage du bétail et le bœuf dans sa partie occidentale. Quant à la Sibérie septentrionale, elle possède des richesses incalculables, non seulement dans ses trésors minéraux inexploités, mais aussi dans ses fleuves extraordinairement poissonneux.

Le terreau de gadoues, par Eugène Rousseaux, ingénieur agronome. Prix franco : France, 14 f ; étranger, 16 f 50.

Le terreau de gadoues provient de la fermentation des gadoues, ou ordures ménagères, en cellules. Le produit obtenu en quelques semaines a, après triage et criblage, l'aspect du terreau. Il est pulvérulent et d'un épandage facile ; sa composition en éléments fertilisants est voisine de celle du fumier de ferme et il améliore à la fois l'état physique et l'état de fertilité des terres. La température au cours de la fermentation ayant détruit les germes de maladies et la faculté germinative des mauvaises graines, il ne provoque pas l'envahissement des cultures par les mauvaises herbes.

Ce traitement supprime les multiples inconvénients des décharges, c'est-à-dire des dépôts de gadoues que les municipalités sont contraintes d'accumuler aux abords des villes. Il satisfait donc à la fois les exigences de l'hygiène et les besoins de l'agriculture.

Ecole du Génie Civil

152, avenue de Wagram, Paris (17^e)

COURS PAR CORRESPONDANCE

MÉCANIQUE

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.
Contremaître : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Mécanique - Constructions mécaniques - Technologie - Dessin

Technicien : Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Physique - Chimie - Mécanique - Règle à calcul - Résistance des matériaux - Technologie - Constructions mécaniques - Dessin.

Ingénieur-adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique théorique - Règle à calcul - Mécanique appliquée - Electricité - Statique graphique - Machines et moteurs - Dessin.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Mécanique rationnelle - Résistance des matériaux - Thermodynamique - Chimie industrielle - Machines motrices - Electricité - Usinage - Machines-outils - Construction d'usines.

CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Technologie - Dessin - Notions d'aviation.

Dessinateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Mécanique - Technologie - Dessin - Aviation.

Technicien : Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie pratique - Physique - Chimie - Mécanique - Résistance des matériaux - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Aviation (moteur et avion) - Croquis coté et dessin.

Ingénieur-Adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Statique graphique - Mécanique appliquée - Outillage - Electricité - Construction d'avions - Aérodynamique - Dessin.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Chimie industrielle - Mécanique - Thermodynamique - Résistance des matériaux - Electricité - Construction d'avions.

ÉLECTRICITÉ

Monteur : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Electricité pratique - Dessin électrique.

Dessinateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Mécanique - Electricité industrielle - Dessin - Eclairage électrique.

Conducteur : Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Physique - Mécanique - Chimie - Règle à calcul - Technologie - Moteurs industriels - Electricité industrielle - Dessin électrique.

Ingénieur-Adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Règle à calcul - Mécanique - Résistance des matériaux - Electricité - Mesures - Eclairage - Bobinage.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique - Applications mécaniques - Hydraulique - Electrotechnique - Essais - Calculs - Mesures - Production et distribution - Appareillage électrique - Electrochimie.

Section spéciale de Radiotechnique

CHIMIE

Aide chimiste : Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Dessin - Chimie.

Préparateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Physique - Chimie - Manipulations chimiques.

Chef de Laboratoire : Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie - Physique - Electricité - Chimie - Manipulations chimiques - Analyse chimique.

Ingénieur-Adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Chimie générale - Electricité - Métallurgie - Analyse chimique.

Ingénieur : Mathématiques supérieures - Electricité - Chimie - Physique - Electrometallurgie - Chimie industrielle - Chimie du bâtiment - Chimie agricole - Chimie des parfums - Analyse qualitative et quantitative.

Section des Sciences mathématiques et appliquées

Etude et développement par correspondance des Sciences Mathématiques et Appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie - Mécanique - Cosmographie - Géométrie descriptive - Mathématiques générales - Calcul différentiel - Calcul intégral - Géométrie analytique - Physique - Chimie - Electricité - Résistance des matériaux.

PROGRAMME GRATUIT SUR DEMANDE. Joindre un timbre pour la réponse

L'OUTILERVÉ

Que de travaux attrayants et utiles n'exécuterait-on pas si l'on possédait l'outillage nécessaire ? Mais on recule devant les frais d'une installation coûteuse et toujours encombrante.

L'OUTILERVÉ
remplace tout un atelier.

Robuste et précis, il est susceptible d'exécuter les travaux les plus divers, grâce à la disposition judicieuse de tous ses accessoires. Son maniement est simple et commode. Pas d'installation ; il se branche sur n'importe quelle prise de courant.

L'OUTILERVÉ
est un collaborateur précieux
et un ami sûr et dévoué.

Son prix, extrêmement bas, le met à la portée de toutes les bourses.
Il est livré en un élégant coffret, avec tous ses accessoires.

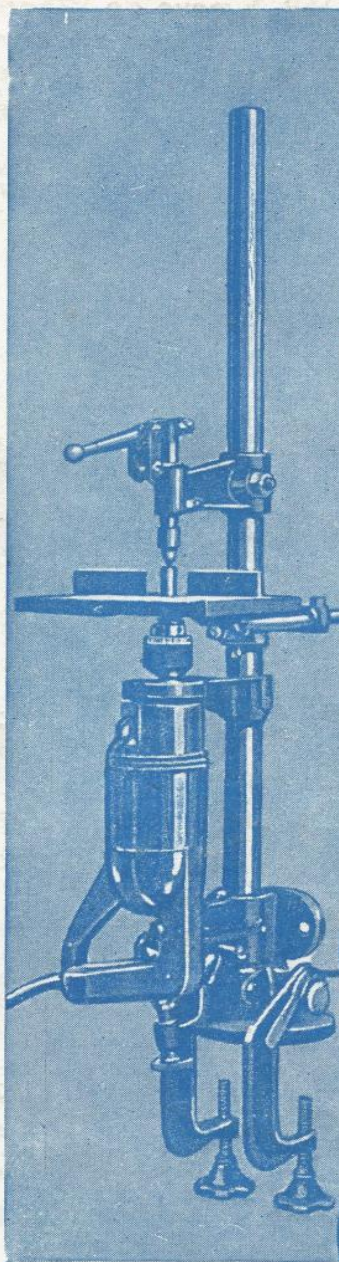
SIAME

Succ^{rs} de la S. A. RENÉ VOLET

Demander notices et tous renseignements à la

**SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'APPAREILLAGES
MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES**

74, rue Saint-Maur, PARIS-XI° — Téléphone : Roquette 96-50 (2 lignes groupées)



PUBL. G. BLOCH