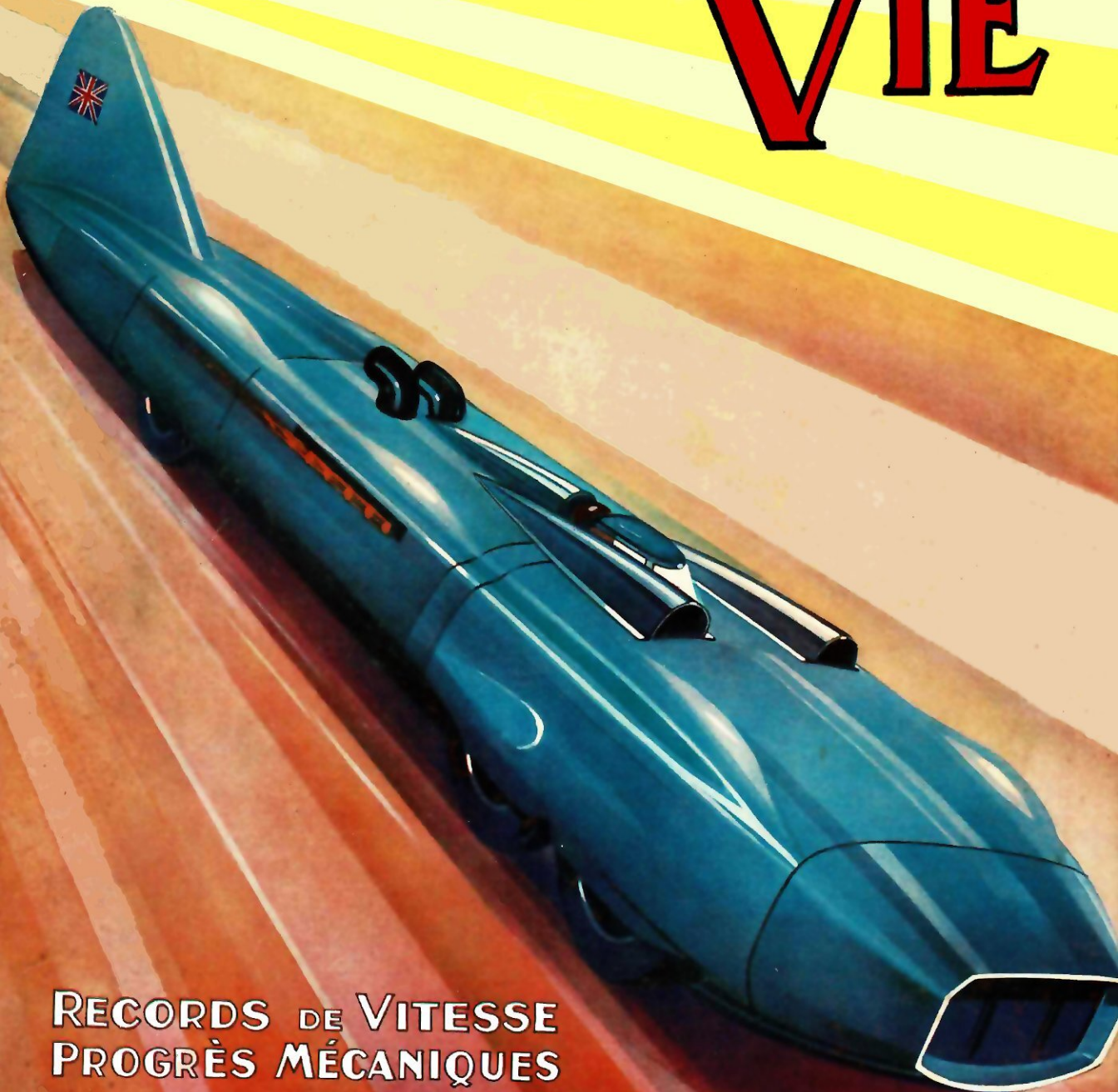


France et Colonies : 5 fr.

N° 249 - Mars 1938

LA SCIENCE ET LA VIE



RECORDS DE VITESSE
PROGRÈS MÉCANIQUES

"ALLO ...



**...mais oui, 7 centimes
par heure et par radiateur!"**

C'est ce que vous dépenserez vous
aussi — comme les centaines de milliers
d'usagers d'IDÉAL CLASSIC — si vous
adoptez la solution la plus agréable, mais
aussi la plus pratique et la plus économique :

LE CHAUFFAGE CENTRAL

"IDEAL CLASSIC"

★
GRATUITEMENT,
demandez la documentation,
à l'aide de ce coupon.

NOM :

RUE

VILLE

AF-2

COMPAGNIE NATIONALE DES RADIATEURS

149, Boulevard Haussmann, PARIS (8^e)

USINES à : AULNAY-sous-BOIS, DAMMARIÉ-les-LYS, DOLE, CLICHY, ST-OUEN, ARGENTEUIL, BLANC-MESNIL

ECOLE FRANÇAISE DE RADIOÉLECTRICITÉ

(Près Panthéon)
(Angle rue Lhomond)

10, rue Amyot - PARIS (5^e)

Téléphone :
PORT-ROYAL 05-95

Toutes les préparations complètes de la T.S.F.
COURS DU JOUR, DU SOIR, MIXTES ET PAR CORRESPONDANCE
INTERNAT — DEMI-INTERNAT — EXTERNAT

**SITUATIONS
DE PREMIER ORDRE**
pour **Jeunes Hommes**
et **Jeunes Gens**

**Préparations
DES RADIOS AUX ARMÉES**

Une documentation gratuite vous sera envoyée par retour du courrier :

- 1^o Sur les situations elles-mêmes ;
- 2^o Sur les programmes des examens ;
- 3^o Sur le fonctionnement de l'Ecole.



Un des groupes d'élèves-opérateurs à l'entraînement de la lecture au son.



Quelques élèves de la section industrielle au travail.

Le choix d'une **CARRIÈRE**
et d'une **ÉCOLE** est suffi-
samment **IMPORTANT**
pour mériter votre attention
et vous inciter à vous docu-
menter **COMPLÈTEMENT**
et **SÉRIEUSEMENT**.



Une visite **ABSOLUMENT**
LIBRE de nos Ecoles sera
pour vous la **MEILLEURE**
GARANTIE.



Demandez-nous les renseignements sur notre **COURS PRÉPARATOIRE** à l'année scolaire 1938-1939, établi en vue du classement d'entrée directe en 2^e année d'études. Ouverture de cette session sur place, **MARDI 19 AVRIL 1938.**

LES VERRES à DOUBLE FOYER

**DIACHROM**

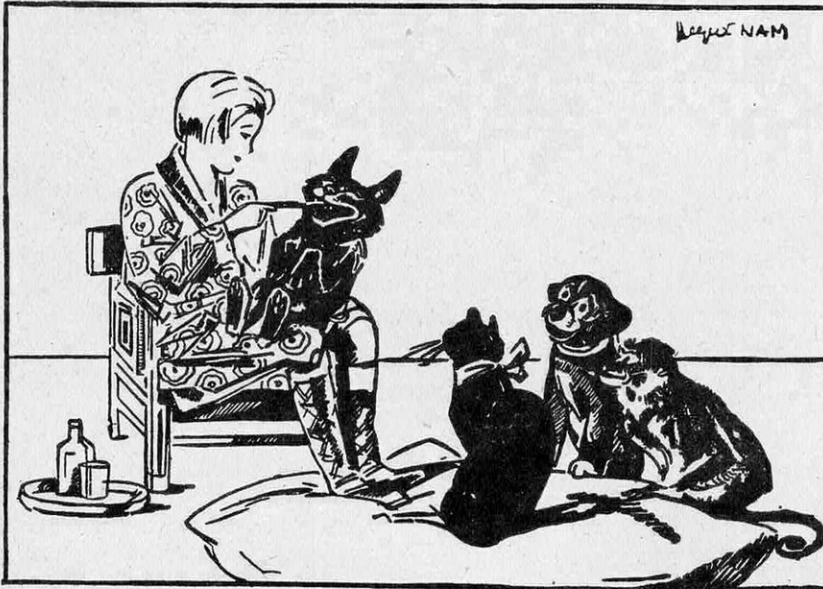
PERMETTENT AVEC UNE SEULE LUNETTE
DE VOIR AUSSI BIEN DE PRÈS QUE DE LOIN

Production de la SOCIÉTÉ DES LUNETIERS, dont la marque bien connue
est une garantie de fabrication scientifique parfaite.

Ils sont en vente chez les Opticiens Spécialistes (Prix imposé).

La Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, Paris, ne vend pas aux particuliers.

LE FAVORI



Quel veinard ! on lui lave les dents au "DENTOL".

D
E
N
T
O
L

DENTIFRICE
ANTISEPTIQUE

EAU - PÂTE
POUDRE - SAVON

Maison FRÈRE
19, r. Jacob, Paris

Echantillon gratuit sur
demande en se recom-
mandant de LA SCIENCE
ET LA VIE.

INVENTEURS

POUR VOS

BREVETS WINTHER-HANSEN
L. DENES Ing. Cons.
35, Rue de la Lune, PARIS 2^e

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S".

LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation
Scientifique et Industrielle

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

BULLETIN A DÉTACHER
 POUR COMMANDER LE GUIDE COMPLET
DES CARRIÈRES DE L'ÉTAT
 A L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION

28, Boulevard des Invalides, 28, PARIS (7^e)

En me recommandant de « La Science et la Vie », je vous prie d'envoyer le guide sus visé de 96 pages, in-8 coq., indiquant les Carrières masculines et féminines en France et aux Colonies, les traitements, les limites d'âge, les diplômes, les épreuves à subir, les suppléments, les différentes lois concernant les fonctionnaires, à l'adresse suivante :

Nom et prénoms.....

Rue et n^o.....

Ville et Département.....

Date de naissance (1).....

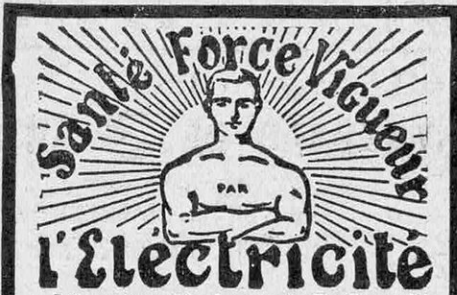
Diplômes le cas échéant (1).....

Lieu et date de nomination (1).....

Traitement désiré (1).....

(Cet envoi sera fait gratuitement et sans engagement pour moi.)

(1) Ces renseignements ont pour but d'obtenir des conseils plus précis.



L'Institut Moderne du Dr Grand à Bruxelles vient d'éditer un traité d'Électrothérapie destiné à être envoyé gratuitement à tous les malades qui en feront la demande. Ce superbe ouvrage médical en 5 parties, écrit en un langage simple et clair, explique la grande popularité du traitement électrique et comment l'électricité, en agissant sur les systèmes nerveux et musculaire, rend la santé aux malades, débilisés, affaiblis et déprimés.

1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.

Neurasthénie, Névroses diverses, Névralgies, Névrites, Maladie de la Moelle épinière, Paralyties.

2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.

Impuissance totale ou partielle, Varicocele, Pertes Séminalles, Prostatorrhée, Écoulements, Affections vénériennes et maladies des reins, de la vessie et de la prostate.

3me Partie : MALADIES de la FEMME

Métrite, Salpingite, Leucorrhée, Écoulements, Anémie, Faiblesse extrême, Aménorrhée et dysménorrhée.

4me Partie : VOIES DIGESTIVES

Dyspepsie, Gastrite, Gastralgie, Dilatation, Vomissements, Aigreurs, Constipation, Entérites multiples, Occlusion intestinale, Maladies du foie.

5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR

Myalgies, Rhumatismes divers, Goutte, Sciatique, Arthritisme, Artério-Sclérose, Troubles de la nutrition, Lithiase, Diminution du degré de résistance organique.

La cause, la marche et les symptômes de chacune de ces affections sont minutieusement décrites afin d'éclairer le malade sur la nature et la gravité de son état. Le rôle de l'électricité et la façon dont opère le courant galvanique sont établis pour chaque affection.

L'application de la batterie galvanique se fait de préférence la nuit et le malade peut sentir le fluide bienfaisant et régénérateur s'infiltrer doucement et s'accumuler dans le système nerveux et tous les organes, activant et stimulant l'énergie nerveuse, cette force motrice de la machine humaine.

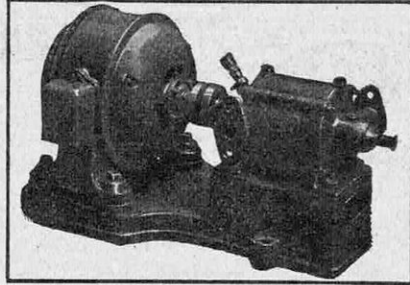
Chaque ménage devrait posséder cet ouvrage pour y puiser les connaissances utiles et indispensables à la santé, afin d'avoir toujours sous la main l'explication de la maladie ainsi que le remède spécifique de la guérison certaine et garantie.

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple carte postale à Mr le Docteur L. P. GRAND, 30, Avenue Alexandre-Bertrand, BRUXELLES-FOREST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'Étranger: Lettre 1.75. Carte 1 fr.

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS



ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression
par les groupes

DAUBRON

POMPES INDUSTRIELLES

tous débits, toutes pressions, tous usages

un ensemble
unique...

PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
GALVANOPLASTIE
CLICHERIE
PHOTOS
RETOUCHES

pour
illustrer vos
Publicités

Établissements

Laureys Frères

17, rue d'Enghien, Paris

UNIQUE EN FRANCE !!!

L'application nouvelle de notre

GARANTIE STANDARD DE 3 ANS

comprenant :

UN SERVICE D'ENTRETIEN
et 3 VÉRIFICATIONS GRATUITES par AN



ECHANGE

INSTANTANÉ

DE TOUS

CHASSIS

OU POSTES

QUELQUE SOIT
LA CAUSE DE L'ARRÊT

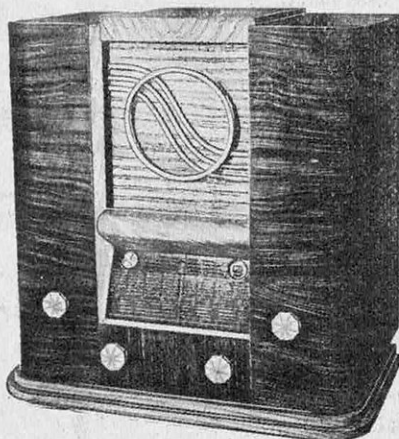
SÉCURITÉ - QUALITÉ - RENDEMENT

Notre dernière création **1938**

L'ULTRAMERIC IX TOUTES ONDES PUSH-PULL

Récepteur moderne 9 lampes à grande sensibilité par emploi de la nouvelle lampe 6 TH 8 TUNGSRAM. Haute fidélité et relief sonore par push-pull et contre-réaction BF.

- 9 LAMPES nouvelles à culot octal.
- TOUTES ONDES 17-2.000 M.
- ACCORD 472 KC.
- SÉLECTIVITÉ 8 KC.
- PUSH PULL PENTHODE avec contre-réact. appropriée.
- RÉGLAGE visuel par tréfile cathodique.
- ANTIFADING 100 % amplifié.



- CONTROLE DE TONALITÉ.
- BOBINAGES à noyau de fer.
- PRISE PICK-UP.
- CADRAN VERRE photographé, éclairage indirect et 4 jeux de signalisation.
- COMMUTATEUR ROTATIF à grains d'argent.
- DYNAMIQUE grand modèle exponentiel 25 cm.
- SECTEUR alter. 110-240 V.

PLUS de 130 STATIONS, ainsi que les ONDES COURTES sur antenne de fortune

PRIX DE RÉCLAME IMBATTABLE 995. »
pour châssis.

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

RADIO-SÉBASTOPOL

Téléphone : **100, boulevard de Sébastopol, PARIS** Téléphone : **TURBIGO 98-70**

EXPÉDITIONS IMMÉDIATES EN PROVINCE
EXPÉDITIONS CONTRE REMBOURSEMENT

COMPTE CHEQUES POSTAUX : PARIS 1711-28
VERSEMENT UN QUART A LA COMMANDE

FURNISSEUR DES GRANDES ADMINISTRATIONS — CHEMINS DE FER — ANCIENS COMBATTANTS — MUTILÉS DE GUERRE, etc.

MAISON DE CONFIANCE

ÉTUDES CHEZ SOI

Vous pouvez faire **CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RÉSIDENCE**, sans déplacement, sans abandonner votre situation, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le **MINIMUM DE DÉPENSES**, dans le **MINIMUM DE TEMPS**, avec le **MAXIMUM DE PROFIT**, quels que soient votre degré d'instruction et votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, dans tous les ordres et à tous les degrés du savoir, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper, ou pour changer totalement d'orientation.

Le moyen vous en est fourni par les **COURS PAR CORRESPONDANCE** de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE,

placée sous le haut patronage de plusieurs Ministères et Sous-Secrétariats d'Etat.

LA PLUS IMPORTANTE DU MONDE.

L'efficacité des méthodes de l'Ecole Universelle, méthodes qui sont, depuis 31 ans, l'objet de perfectionnements constants, est prouvée par

LES MILLIERS DE SUCCÈS

que remportent, chaque année, ses élèves aux examens et concours publics, ainsi que par les **milliers de lettres d'éloges** qu'elle reçoit de ses élèves et dont quelques-unes sont publiées dans ses brochures-programmes.

Pour être renseigné sur les avantages que peut vous procurer l'enseignement par correspondance de l'Ecole Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **votre adresse** et le **numéro de la brochure** qui vous intéresse, parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous la recevrez par retour du courrier, franco de port, **à titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptible de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement. Ces conseils vous seront fournis de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

BROCHURE N° 32.300, concernant les *classes complètes* de l'**Enseignement primaire et primaire supérieur** jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire*, au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

(Enseignement donné par des inspecteurs primaires, Professeurs d'E. N. et d'E. P. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc.)

BROCHURE N° 32.305, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel depuis la onzième jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux divers *baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 32.314, concernant la préparation à *tous les examens* de l'**Enseignement supérieur** : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers professorats, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 32.316, concernant la préparation aux concours d'admission dans **toutes les grandes Ecoles spéciales** : Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs, Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 32.321, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations et par des professeurs de l'Université.)

BROCHURE N° 32.328, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de la **Marine marchande** : Officier de pont, Officier mécanicien, Commissaire, T. S. F., etc.
(Enseignement donné par des officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc.)

BROCHURE N° 32.333, concernant la préparation aux carrières d'Ingénieur, Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de Chantier, Contremaître dans toutes les spécialités de l'Industrie et des Travaux publics : Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc.)

BROCHURE N° 32.336, concernant la préparation à toutes les carrières de l'Agriculture, des Industries agricoles et du Génie rural, dans la Métropole et aux Colonies. — Radiesthésie.
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

BROCHURE N° 32.344, concernant la préparation à toutes les carrières du Commerce (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe) ; de la Comptabilité (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de livres) ; de la Représentation, de la Banque et de la Bourse, des Assurances, de l'Industrie hôtelière, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc.)

BROCHURE N° 32.348, concernant la préparation aux métiers de la Couture, de la Coupe, de la Mode et de la Chemiserie : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 32.351, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 32.355, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 32.364, concernant l'étude de l'Orthographe, de la Rédaction, de la Rédaction de lettres, de l'Eloquence usuelle, du Calcul, du Calcul mental et extra-rapide, du Dessin usuel, de l'Ecriture, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

BROCHURE N° 32.368, concernant l'étude des Langues étrangères : Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Annamite, Portugais, Arabe, Esperanto. — Concernant, en outre, les carrières accessibles aux polyglottes et le Tourisme (Interprète).
(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 32.370, concernant l'enseignement de tous les Arts du Dessin : Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les Métiers d'art et aux divers Professorats, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques.
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

BROCHURE N° 32.375, concernant l'enseignement complet de la musique : Musique théorique (Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition), Musique instrumentale (Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la Musique et aux divers Professorats officiels ou privés.
(Enseignement donné par les Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

BROCHURE N° 32.382, concernant la préparation à toutes les carrières coloniales : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.
(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

BROCHURE N° 32.386, concernant l'Art d'écrire (Rédaction littéraire, Versification) et l'Art de parler en public (Eloquence usuelle, Diction).

BROCHURE N° 32.391, enseignement pour les enfants débiles ou retardés.

BROCHURE N° 32.392, concernant les carrières féminines dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 32.399, Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté.

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à MM. les Directeurs de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

PLUS de linge brûlé
PLUS de danger d'incendie
50 0/0 d'économie de courant

GRACE A

la Fiche automatique
THERMUS

qui transforme

tous les Fers électriques en
SUPER-AUTOMATIQUES

La Fiche automatique **THERMUS**
 est également utilisée comme
 sécurité sur bouilloires, cafetiè-
 res, théières, chauffe-lits, etc...

EN VENTE chez tous les quincailliers
 et Grands Magasins au prix imposé de

40 francs

Au cas où vous ne la trouveriez pas,
 envoi franco contre mandat ou chèque
 postal (707.54 PARIS) sur demande
 adressée à

LHOTELLIER -- DISTRIBUTEUR GÉNÉRAL --
 20, rue des Gravilliers, PARIS-3^e

BREVETÉE S. G. D. G.



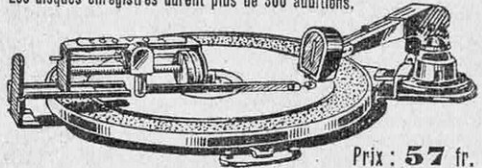
ENREGISTREZ VOUS-MÊMES...

les émissions que vous transmettent des mondes lointains vos postes favoris. Enregistrez votre voix, corrigez les défauts de votre diction dans la prononciation des langues étrangères. Enregistrez la voix de ceux qui vous sont chers, en adaptant sur votre phono ou sur le pick-up de votre récepteur

EGOVOX

L'ENREGISTREUR DU SON

LA SIMPLICITÉ MÊME caractérise le fonctionnement de l'*Egovoix*, ce qui n'est pas une des moindres raisons de son succès mondial. Les disques enregistrés durent plus de 300 auditions.

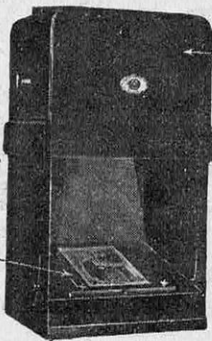


Prix : 57 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

Soc. REMO-EGOVOX, 1 r. Lincoln, Paris

Concessionnaire pour la BELGIQUE :
 Anc. Etab. E. DEBRAY, 12, place du Béguinage
 ERQUELINNES (Hainaut)



Boîte à Lumière
 contenant le Brûleur
 d'Ultra-violet

Support
 inclinable
 du Document
 à contrôler

*Une nouvelle Lanterne de Contrôle
 à la Lumière de Wood*

La nouvelle Lanterne de Contrôle à la Lumière de Wood, figurée ci-dessus, a été plus spécialement étudiée pour l'analyse et l'examen par fluorescence des Matières premières, Documents et Echantillons de toutes sortes. De forme et de dimensions appropriées à cet usage, elle est munie d'une Plaque mobile inclinable destinée à supporter les objets à examiner et d'une Boîte à Lumière absolument étanche. Grâce à l'immobilité de son Filtre et à la puissance de son Brûleur à Vapeur de Mercure elle peut être utilisée dans toutes les applications de la Lumière Ultra-Violette.

Pour tout ce qui concerne l'Ultra-Violet ;
 demander renseignements, catalogues et devis à

LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
 12, AV. du MAINE, PARIS, XV^e T. Littré 90-13



Situations DANS L'AVIATION

Le temps presse surtout pour les jeunes. Il ne s'agit pas de s'endormir. C'est donc vers l'Aviation qu'une partie des candidats à une situation d'avenir doivent tourner les yeux, d'abord parce que l'Aviation est une arme d'élite pour y faire son service militaire, ensuite, parce qu'en quittant le service, l'aviateur est toujours certain de trouver une situation civile.

AVIATION MILITAIRE. — Les jeunes gens n'ayant qu'une instruction primaire peuvent devenir : **Mécaniciens** en suivant les cours sur place ou par correspondance à l'Ecole de Navigation de Paris et à condition de faire un peu de travail manuel ; **Pilotes**, en préparant l'examen des bourses de Pilotage ; **Radios**, en suivant la préparation spéciale de l'Ecole.

Ceux qui ont l'instruction du Brevet élémentaire peuvent entrer à l'Ecole des **Mécaniciens de Rochefort** (2^e année), ou à l'Ecole des **pilotes d'Istres**, ou préparer un **brevet de radio**, toujours avec l'Ecole de Navigation.

Ceux qui ont l'instruction du Baccalauréat peuvent aspirer à l'Ecole de l'Air, qui forme les Officiers Pilotes, ou à l'Ecole des **Officiers mécaniciens**.

AVIATION CIVILE. — Enfin, ceux qui ont terminé leur service militaire pourront devenir **Agent technique, Ingénieur adjoint, Ingénieur, Radiotélégraphiste** au Ministère de l'Air.

Dans tous les cas, solde et traitements élevés — avancement — prestige — retraites.

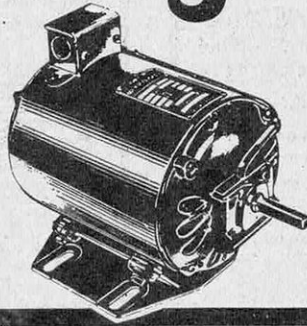
Jeunes gens, n'hésitez pas : allez vers l'Aviation.

Renseignements gratuits auprès de l'ÉCOLE DE NAVIGATION MARITIME ET AÉRIENNE, 19, RUE VIÈTE, PARIS (17^e).

*Partout où passe
le courant lumière*

...ET SANS INSTALLER
LA FORCE!..
vous pouvez brancher un

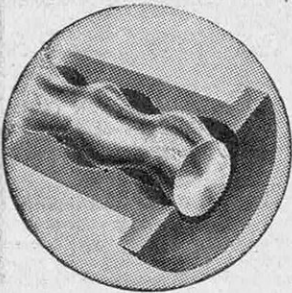
Ragonot- Delco



ETS RAGONOT

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

Pub. R.-L. Dupuy

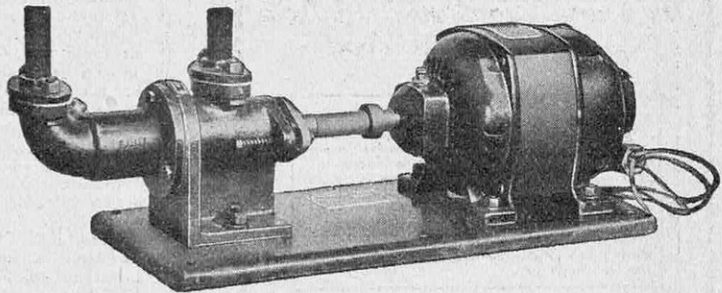


POMPES EN CAOUTCHOUC P.C.M.

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

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
- TOUS DÉBITS -
- TOUTES PRESSIONS -
FACILITÉ D'ENTRETIEN



POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
SOCIÉTÉ
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL MICHEL ET 3746



VOS POUMONS ont soif d'air pur

Toutes les 6 secondes un litre de sang vient y

chercher l'oxygène nécessaire à sa régénération.

SEUL...

un air riche en ozone et en oxygène naissant peut assurer la régularité de fonctionnement de l'organisme.

OZONAIR

ASSAINIT - Désodorise - Vitalise
électriquement l'atmosphère de tous locaux

Pour résister à la fatigue physique et intellectuelle, faites une cure de grand air à domicile.

Notice et références franco — Essai gratuit

BUREAUX ET CORRESPONDANCE :

PROCÉDÉS OZONAIR, 61, r. de Lancry, Paris (10^e)

Téléphone : Botzaris 24-10 et 24-11

MAGASIN DE VENTE ET D'EXPOSITION :

94, boul. de Courcelles, PARIS (17^e)

LE QUATRE-MINES

404

4couleurs



EN VENTE PARTOUT

L'AGRICULTURE NOUVELLE

Indispensable à tous ceux qui vivent de la terre ou s'intéressent aux choses de la campagne, *L'Agriculture Nouvelle* publie tous les samedis, dans un numéro de 16 pages, grand format, copieusement illustré, des articles pratiques et documentés sur le génie rural, l'agriculture générale, la viticulture, la cidrerie, le jardinage, l'arboriculture, la basse-cour, le rucher, l'élevage, la médecine vétérinaire, la chasse, la pêche, etc.

Ce numéro de 16 pages se présente, grâce au nombre, à la variété et à la beauté de ses illustrations, sous une forme attrayante et élégante.

Tous les quinze jours, *L'Agriculture Nouvelle* présente à ses lecteurs une revue des travaux et recherches scientifiques intéressant les productions de la terre et l'exploitation du bétail.

Dans les mêmes conditions, elle donne une énumération complète des lois et décrets, arrêtés, circulaires qui se rapportent aux professions agricoles. Une page féminine est consacrée aux choses de la mode, du ménage, de la famille et aux conseils du médecin.

Une page de lectures amusantes et instructives, des dessins humoristiques, un roman passionnant font de chaque numéro de *L'Agriculture Nouvelle* un journal complet, joignant l'utile à l'agréable.

Le prix du numéro est de **1 franc**. Celui de l'abonnement annuel aux 52 numéros, de **45 francs**. ADMINISTRATION : 18, rue d'Enghien, Paris (10^e).

Compagnie du Gaz de Paris

Société anonyme au capital de 150.000.000 fr.

SIÈGE SOCIAL :

6, rue Condorcet, 6 — PARIS (IX^e)

Téléphone : TRUDAINE 73-00 (10 lignes)

Avec
les nouveaux tarifs

Le GAZ

est
le combustible
le moins cher !

I. AU DELA D'UN MINIMUM DE CONSOMMATION :

0 fr. 70 le mètre cube pour les usages domestiques :

chauffage par radiateurs ;
production d'eau chaude ;
réfrigération ;
lavage et repassage du linge.

0 fr. 60 le mètre cube pour les usages industriels.

0 fr. 70 et même 0 fr. 60 le mètre cube pour les industries et commerces de l'alimentation.

II. POUR TOUTE LA CONSOMMATION :

0 fr. 60 le mètre cube pour le chauffage central ; la distribution générale d'eau chaude dans les immeubles à loyers (consommation minimum : 1.000 mètres cubes).

0 fr. 55 le mètre cube pour le chauffage des fours de boulangers.

Renseignez-vous à votre BUREAU DE QUARTIER ou au Service des Applications Industrielles du Gaz, 6, rue Condorcet, Paris (9^e). Téléphone : Trudaine 73-00.



Pour sa Santé !

Pour sa Ligne !

L'HOMME MODERNE

doit porter la

Nouvelle Ceinture

Anatomic

INDISPENSABLE à tous les hommes qui " fatiguent " dont les organes doivent être soutenus et maintenus.

OBLIGATOIRE aux " sédentaires " qui éviteront " l'empâtement abdominal " et une infirmité dangereuse : l'obésité.

Nos	TISSU ÉLASTIQUE — BUSC CUIR —	Haut. devant	COTE forte	COTE souple
101	Non réglable...	20 c/m	80 f.	100 f.
102	Réglable.....	20 c/m	100 f.	120 f.
103	Non réglable...	24 c/m	110 f.	130 f.
104	Réglable.....	24 c/m	130 f.	150 f.

Recommandé : 102 et 104 (se serrant à volonté).
Commande : indiquer votre tour exact d'abdomen.
Echange : par retour si la taille ne convient pas.
Envoi : rapide, discret, par poste, recommandé.
Port : France et Colonies : 5 fr - Etranger : 20 fr.
Paiement : mandat ou remboursements (sauf Etranger).
Catalogue : échantill. tissus et feuil. mesur. fco.

BELLARD - V - THILLIEZ

SPÉCIALISTES

24, Faubourg Montmartre, PARIS-9^e

SANS-FILISTES, avant d'acquérir 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. 65.)

ÉCOLE DES MÉCANICIENS DE LA MARINE et de l'AIR

19, rue Viète - PARIS

MÊME ÉCOLE

56, boul. Impératrice de Russie
NICE (Alpes - Maritimes)

MARINE DE GUERRE :

Ecole des Elèves-Ingénieurs, Ecoles de Sous-Officiers et Ecole des Apprentis-Mécaniciens, Ingénieurs-Mécaniciens de deuxième classe d'active et de réserve, Brevets simple et supérieur de Mécaniciens.

MARINE MARCHANDE :

Officiers Mécaniciens de première, deuxième et troisième classe. Diplôme d'Aspirant Mécanicien-Électricien.

AIR :

Agents techniques, Elèves-Ingénieurs, Dessinateurs, Sous-Ingénieurs et Ingénieurs Dessinateurs. Ecole des Apprentis-Mécaniciens de Rochefort et Ecole des Elèves - Officiers Mécaniciens.

PROGRAMMES GRATUITS

COURS SUR PLACE
COURS PAR CORRESPONDANCE

Éditeurs : FÉLIX ALCAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologne - AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT m. b. H., Leipzig - DAVID NUTT, Londres - G. E. STECHERT & Co., New York - RUIZ HERMANOS, Madrid - F. KILLAN'S NACHFOLGER, Budapest - GEORG & Co, Genève - F. MACHADO & Cie, Porto - THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

"SCIENTIA"

Revue internationale de synthèse scientifique
Paraissant mensuellement (en fascicules de 100 à 120 pages chacun)

Directeurs : F. BOTTAZZI, G. BRUNI, F. ENRIQUES
Secrétaire général : PAOLO BONETTI

EST L'UNIQUE REVUE à collaboration vraiment internationale - à diffusion vraiment mondiale - de synthèse et d'unification du savoir, traitant par ses articles les problèmes les plus nouveaux et les plus fondamentaux de toutes les branches de la science : philosophie scientifique, histoire des sciences, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, sciences biologiques, physiologie, psychologie, sociologie, droit, sciences économiques, histoire des religions, anthropologie, linguistique ; articles constituant parfois de véritables enquêtes, comme celles sur la contribution que les différents peuples ont apportée au progrès des sciences ; sur la question du déterminisme ; sur la relativité, la physique de l'atome et des radiations ; sur le vitalisme. « Scientia » constitue le premier exemple d'organisation internationale du mouvement philosophique et scientifique.

Les articles sont publiés dans la langue de leurs auteurs, et à chaque fascicule est joint un supplément contenant la traduction française de tous les articles non français. La revue est ainsi entièrement accessible même à qui ne connaît que le français. (Demandez un fascicule d'essai gratuit au Secrétaire général de « Scientia », Milan, en envoyant 3 francs en un seul timbre-poste de votre pays, à pur titre de remboursement des frais de poste et d'envoi.)

ABONNEMENT : Fr. 230.

Il est accordé de fortes réductions à ceux qui s'abonnent pour plus d'une année.

BUREAUX DE LA REVUE : Via A. De Togni 12 - Milano (116)

SOURDS



2 Inventions nouvelles :
le **CONDUCTOS INTÉGRAL**
ET LE
CONDUCTOS STABILISÉ
vous feront

ENTENDRE IMMÉDIATEMENT

Demandez le tableau-diagnostic du Docteur RAJAU à
DESGRAIS, 140, rue du Temple, Paris-3^e

POUR LE TOURISME

DEUX
MACHINES
PARFAITES
LE



VÉLOCAR 4ROUES (en famille)
2ROUES (en solo)
A PÉDALAGE HORIZONTAL
GRATUITEMENT
NOTICE
VÉLOCAR
68, Rue Roque-
de-Fillol,
PUTEAUX Seine



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)

de vraies Besançon

expédiées directement par le fabricant, avec garantie de provenance...

Choisissez la montre à votre goût dans une qualité sûre et durable parmi les 600 modèles pour DAMES et MESSIEURS présentés sur le nouvel Album MONTRES N° 38.65, envoyé gratuitement sur demande par les Etablissements SARDA, les réputés horlogers installés à BESANÇON depuis 1893.

Echanges et reprises de montres anciennes

SARDA
BESANÇON
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION

CONDITIONS spéciales aux lecteurs de "La Science et la Vie".

"DESSINEZ"

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT
même sans savoir dessiner, grâce à la

Chambre Claire Universelle

(2 modèles de précision) : 255 ou 395 francs
Port : France, 8 fr. — Etranger, 25 fr.

OU AU

Dessineur (Chambre Claire simplifiée) : 125 fr.

Port : France, 5 fr. — Etranger, 10 fr.

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

D'un seul coup d'œil,
sans connaissance du dessin, permettent d'AGRANDIR, RÉDUIRE, COPIER,

d'après nature et d'après documents : Photos, Paysages, Plans, Dessins, Po traits, Objets quelconques, etc.

P. BERVILLE
18, rue La Fayette
PARIS-IX^e

Ch. Post. : 1.271-92



ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F.

12, RUE DE LA LUNE, PARIS, 2^e



Fondée en 1919

Médaille d'or 1920

Médaille d'or 1931

PRÉPARATION AUX SITUATIONS

Ingénieur, sous-ingénieur, chef monteur, dépanneur radio. Officier radio de la marine marchande, Opérateur radio d'aviation, radiotélégraphiste des ministères, breveté supérieur de navigation aérienne, vérificateur des installations électromécaniques des P.T.T.

Service Militaire - T. S. F.

Génie — Marine — Aviation

Cours du Jour, du Soir et par Correspondance

Le placement et l'incorporation

sont assurés par l'École
et l'Amicale des Anciens Elèves

Depuis sa fondation l'ÉCOLE CENTRALE DE T.S.F. a préparé plus de 15.000 Elèves qui ont tous obtenu satisfaction. Elle est sans conteste :

La grande Ecole française de la Radio

Nouvelle Session de Cours : AVRIL 1938

FUEL BONNANGE



LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

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

Chèques postaux : N° 91-07 - Paris — Téléph. : Provence 15-21

RÉDACTION, ADMINISTRATION et PUBLICITÉ : 13, rue d'Enghien, PARIS-X°

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

Copyright by La Science et la Vie, Mars 1938 • R. C. Seine 116.544

Tome LIII

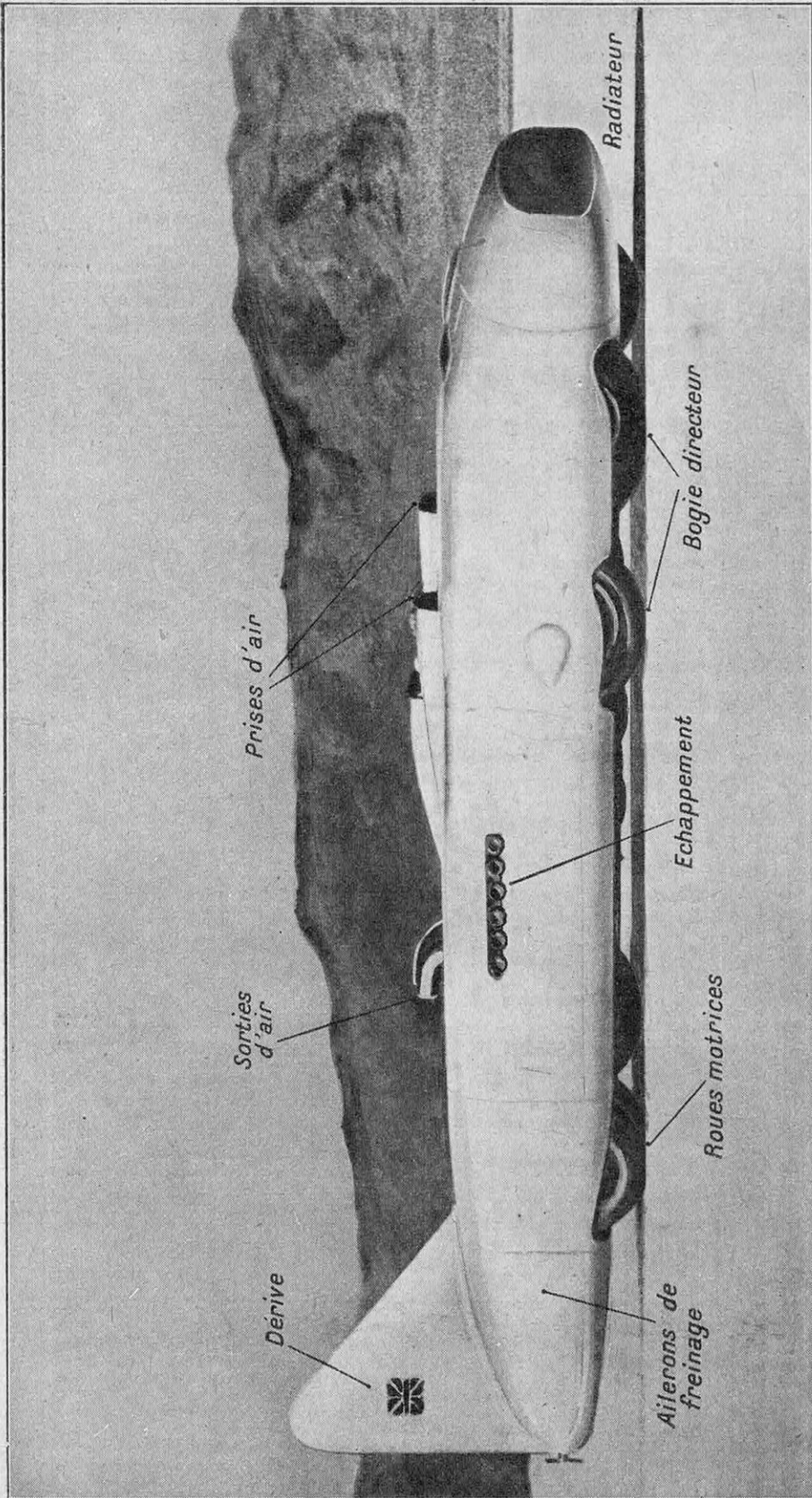
Mars 1938

Numéro 249

SOMMAIRE

- Comment on a pu réaliser la vitesse de 500 km/h en automobile.. . . . Charles Brachet. 167
L'Allemand Carracciola, avec 437 km/h, et l'Anglais Eyston, avec 502 km/h, ont établi, l'un sur autostrade, l'autre sur piste spéciale, les records de vitesse pure pour la locomotion mécanique sur terre. Cette recherche systématique de la plus grande vitesse absolue a soulevé de nombreux problèmes d'ordre mécanique (moteurs, formes aérodynamiques), dont l'étude a dû être poussée jusqu'à l'extrême limite de la résistance des matériaux employés dans la construction automobile.
- Vers le pôle du froid : à — 273°16 au-dessous du zéro centésimal .. . L. Houlléviqve... 177
Les phénomènes qui se manifestent au voisinage du zéro absolu contribueront à accroître nos connaissances sur la constitution de la matière.
- De l'antique médecine humorale à la conception moderne de l'état colloïdal. Jean Labadié. 183
La physiologie s'oriente maintenant vers l'étude de la constitution physique du « milieu intérieur » (sang, humeurs). C'est ainsi que certains savants admettent actuellement que la destruction de l'état colloïdal de ce milieu (floculation) entraîne la mort.
- La mécanique ondulatoire et les nouvelles méthodes de contrôle industriel J.-J. Trillat. 191
La mécanique ondulatoire, née du calcul, vérifiée au laboratoire grâce aux travaux de C.-J. Davisson et G.-P. Thomson (Prix Nobel 1937), passe aujourd'hui dans le domaine industriel (analyse électronique).
- L'étude des lames minces appliquée à la physique et à la biologie.. . . V. Jouglà 197
Adhérence entre corps solides, lubrification de surfaces en mouvements relatifs, catalyse des réactions chimiques, etc., voici quelques exemples d'applications particulièrement importantes pour la technique industrielle de ce qu'on appelle les « actions de surface ». L'étude des corps en lames infiniment minces nous en fournit aujourd'hui l'explication rationnelle.
- Notre poste d'écoute.. . . . S. et V. 206
- Quel est le potentiel de l'aviation italienne?.. . . . Armando Silvestri. 215
Aussi bien du point de vue civil que du point de vue militaire, l'Italie possède le matériel le plus moderne et le plus homogène, grâce à un plan d'ensemble judicieusement conçu et méthodiquement réalisé. L'aviation italienne détient aujourd'hui près de quarante records du monde.
- Commande automatique « dirigée » et changements de vitesse en automobile. Henri Petit 223
La manœuvre de la boîte de vitesse classique exige l'intervention constante et raisonnée du conducteur. L'automatisme intégrale dans la commande des combinaisons successives est réalisée dès maintenant en Europe et en Amérique.
- Les livres qu'il faut méditer G. Bourrey 232

En moins d'un demi-siècle, les perfectionnements du moteur à carburateur (ou à explosions) à essence ont permis de propulser à des vitesses de plus de 500 km/h et de plus de 700 km/h, et l'engin de locomotion terrestre, et l'engin de locomotion aérienne. C'est ainsi que l'automobile de compétition de l'Anglais Eyston, le « Thunderbolt » (représentée sur la couverture de ce numéro), étudiée du point de vue mécanique et aérodynamique pour la conquête des très grandes vitesses sur les pistes — uniques au monde — des Etats-Unis, détient aujourd'hui, avec 502 km/h, le record de vitesse pure sur terre. Les progrès de la science et de la technique appliqués à la construction des engins de locomotion mécanique sur terre ont autorisé une telle performance que les pronostics émanant des prophètes les plus autorisés de l'automobile considéraient — il y a seulement quelques années — comme à jamais irréalisable. (Voir l'article page 167 de ce numéro.)



VOICI, EN PLEINE VITESSE SUR LA PISTE DU LAC SALÉ DE L'UTAH, LE « THUNDERBOLT » D'EYSTON, L'AUTOMOBILE LA PLUS RAPIDE DU MONDE, QUI RÉALISA LA VITESSE RECORD DE 502,1 KM/H SUR LE KILOMÈTRE ET 501,2 KM/H SUR LE MILLE (1 609 M)

Le poids de ce véritable monstre mécanique, long de 10 m 20 et large de 2 m 50, est de plus de 7 tonnes. Il est équipé de deux moteurs d'aviation « Rolls-Royce » à compresseur, de 12 cylindres chacun, et d'une cylindrée unitaire de 36,5 litres, soit 73 litres au total. Ils développaient, à 3 200 t/min, plus de 4 700 ch. La voiture, dont le carénage a été réalisé par l'ingénieur français Andreat, reposait sur six roues, réparties en un bogie directeur à l'avant et deux roues motrices avec pneus jumelés à l'arrière. Chacune de ces roues avec son pneu spécial ne pesait pas moins de 102 kg.

COMMENT ON A PU RÉALISER LA VITESSE DE 500 KM/H EN AUTOMOBILE

Par Charles BRACHET

Les plus récents records du monde de vitesse « pure » en automobile ont été établis en 1935 par Campbell (484 km/h) et tout dernièrement, en décembre 1937, par Eyston (502 km/h). Ces vitesses, jusqu'alors inatteintes, l'ont été au moyen d'engins spécialement construits à cet effet, où tout a été sacrifié exclusivement à la vitesse : donc aucune considération ni d'endurance, ni d'économie. C'est pourquoi ces « machines » présentent peu de points communs même avec les voitures dites de « compétition » destinées aux courses internationales sur piste ou circuit routier. Cette recherche systématique de la plus grande vitesse absolue soulève de nombreux problèmes nouveaux d'ordre mécanique (moteurs, formes aérodynamiques). De leurs études poussées à l'extrême limite actuelle de nos connaissances et de la résistance de la matière, la locomotion courante pourra un jour tirer profit. Ainsi une diminution notable de la résistance au roulement a pu être obtenue sur la voiture d'Eyston, grâce à une augmentation de la pression des pneumatiques. Le pneu « ballon » à basse pression serait-il donc appelé à disparaître, du moins pour les voitures très rapides ? La préparation d'une qualité spéciale de caoutchouc offrant une solidité remarquable aux hautes températures, a déjà conféré aux pneus de course une résistance à l'usure jusqu'ici inégalée. C'est un problème capital si l'on songe que, sur le Thunderbolt d'Eyston, les roues tournent à plus de 2 800 t/mn et que chaque pneu supporte plus d'une tonne ! Dans ce domaine des très grandes vitesses, il s'agit, en effet, de réduire avant tout à son minimum la « traînée aérodynamique » (carénage permettant l'élimination des tourbillons d'air absorbant de l'énergie) tout en assurant la stabilité parfaite du véhicule, aussi bien dans le sens horizontal (emploi d'une « dérive » à l'arrière) que dans le sens vertical (choix judicieux du profil de la carrosserie pour accroître l'adhérence). La question du poids, elle aussi, intervient dans la stabilité de route, par suite de la répartition des masses ; elle joue, en outre, un rôle non négligeable dans l'usure et des pneus et de la piste. Celle-ci doit pouvoir supporter l'effet destructif intense auquel elle est soumise ; à ce titre, elle constitue un facteur essentiel qui limite encore actuellement la grandeur des records sur longue distance. Les deux meilleures pistes existant actuellement sont constituées par le lac Salé de l'Utah, aux Etats-Unis (21 km en ligne droite), et l'autostrade de Francfort-sur-le-Main, en Allemagne (piste rectiligne de 70 km). Malheureusement, un tassement inévitable de ses fondations peut la rendre un jour impropre à l'usage des voitures destinées à conquérir de nouveaux records. La limite de vitesse terrestre qu'il est possible de réaliser, paraît dépendre uniquement, du moins pour l'instant, du groupe moteur, des freins, des pneumatiques, du carénage. Il se peut que d'autres difficultés nouvelles se manifestent, comme en aéronautique, lorsque le véhicule terrestre atteindra des vitesses voisines de celle du son (1 100 km/h environ). Nous n'en sommes pas encore là ; mais, au point de vue de la mécanique, comme dans tous les domaines de l'activité créatrice, savoir, c'est prévoir.

LE 19 novembre 1937, le capitaine Eyston réalisait, sur la piste du lac salé de l'Utah, l'incroyable vitesse-record de 502 km/h, avec son « automobile », le *Thunderbolt*. Quelle est la signification technique, précise, d'un tel exploit ?

A cette question, nous allons apporter une réponse aussi éclairée que possible, en nous aidant des renseignements qu'a bien voulu nous fournir le technicien français Andreau, qui dessina la « carrosserie » de la monstrueuse voiture.

En tant que voiture, le *Thunderbolt* n'est,

en effet, pas autre chose qu'un monstre, c'est-à-dire une machine hors série, d'« espèce unique », comme diraient les biologistes, et parfaitement inapte à se « reproduire » industriellement.

Ce n'est même pas une « voiture de course » ! Car la « course » implique la *lutte simultanée* de plusieurs machines affrontées à des difficultés précises (courses sur piste, sur route, de côte, à départ non lancé) dont la variété explique suffisamment l'intérêt, toujours spécialisé, qu'y prennent les constructeurs de tous les pays.

L'exploit d'Eyston est, au contraire, strictement individuel et s'est accompli sur une piste unique au monde. Si le record de *vitesse pure*, qui en était le but, a suscité des « concurrents », ceux-ci ne se sont affrontés que successivement. C'est pour gagner 18 km sur la performance de Campbell (484 km/h), que le capitaine Eyston a fait construire son *Thunderbolt*.

L'émulation se trouve donc, en l'occurrence, dispersée dans le temps. En sorte que les concurrents ont pu méditer profondément, entre deux épreuves, les causes de leurs précédentes victoires et défaites.

Afin de bien saisir l'enseignement pratique de cet effort pour la vitesse pure, écoutons M. Andreau dans le récit de sa propre collaboration technique, telle qu'il l'apporta au capitaine Eyston, sur sa propre demande.

La résistance de l'air aux très grandes vitesses

Reprenant le flambeau des mains de sir

Malcolm Campbell, le capitaine Eyston avait, naturellement, « fait le point » sur la voiture de ce dernier, le *Blue Bird*, pour améliorer le véhicule qu'il destinait à battre son record.

Tout de suite, le problème était apparu comme essentiellement « aérodynamique ». Aux vitesses envisagées, le *coefficient de pénétration* du véhicule dans l'air prime, en effet, toutes les autres considérations et même il les commande, ainsi que nous le verrons.

Le capitaine Eyston vint donc, en septembre 1936, soumettre au spécialiste français un premier projet de châssis, carrossé suivant les données, obtenues dans les souffleries du *National Physical Laboratory* de Londres, sur les maquettes du *Blue Bird*. Eyston avait des doutes sur la valeur des coefficients attribués à ses propres maquettes par le même laboratoire. La méthode d'essais en soufflerie était effectivement entachée d'un vice fondamental que M. An-

dreau a bien mis en lumière... Le voici.

Une maquette d'avion s'expérimente par suspension au centre du tunnel aérodynamique dans les conditions les plus proches du vol réel.

Une maquette d'auto, par contre, semble devoir être présentée au vent du tunnel attachée à un plan fixe figurant le plan de la route. Pourtant, il n'en est rien. Voici pourquoi. Une maquette fixée à une planche ne représente pas du tout la réalité, dans laquelle l'auto et la route sont en mouvement relatif. Le courant d'air laminé contre le sol par le véhicule lancé s'agrippe, d'une part, au sol et, d'autre part, au plancher de la

voiture. Dès lors, la *contrainte de l'air* diffère totalement, sur la route, de ce qu'elle apparaît dans la soufflerie. Une méthode de rapprochement de la réalité en soufflerie existe cependant, comme l'a montré M. Andreau. On prend deux maquettes semblables de la voiture projetée. On les

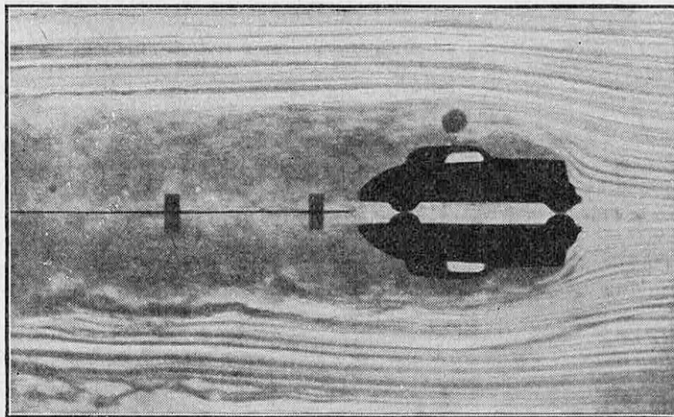


FIG. I. - COMMENT ON ÉTUDIE SCIENTIFIQUEMENT LA FORME AÉRODYNAMIQUE D'UNE CARROSSERIE A LA SOUFFLERIE, SUIVANT LA MÉTHODE DES MAQUETTES SYMÉTRIQUES

place symétriquement, l'une formant comme le *reflet* de l'autre, dans un miroir idéal, qui est le plan de la route. Et cet ensemble, exposé au vent de la soufflerie, rétablit, autant que faire se peut, la « relativité » du mouvement qui attend le véhicule en action. C'est la méthode des « images ».

Tenant compte de ces remarques, le capitaine Eyston recommença ses études en soufflerie et reparut chez M. Andreau, en mars 1937, avec un nouveau projet, sensiblement amélioré. Mais l'amélioration était loin d'être suffisante.

Entrons dans le cœur du problème.

La résistance d'un objet à l'avancement dans l'air dépend essentiellement de deux facteurs : de la *section* de l'objet prise à son maître couple et du *carré de la vitesse*, le tout multiplié par un *coefficient* qui dépend à son tour du profil général du corps en mouvement.

La vitesse, nul ne songe à la réduire : il n'est question que de l'accroître. Le maître-

couple de la carrosserie est astreint à des limites minima imposées par son contenu : moteurs, timonerie, habitacle du conducteur, cela regarde surtout le constructeur. Bornons-nous donc à considérer les phénomènes de résistance aérienne liés au profil et, mieux, à la « forme » de la voiture, qui est un corps à trois dimensions. Ceci nous conduit à examiner comment se comportent les *filets d'air* qui lèchent cette forme.

La mécanique des fluides nous enseigne

séparation de l'écoulement lisse (ou *laminaire*) et de l'écoulement *turbulent* est extrêmement net dans l'espace (fig. 6).

Passons à la carrosserie de l'automobile en marche. Tant que le produit *Vitesse* \times *Dimension* reste au-dessous d'une certaine valeur les filets épousent étroitement la forme de la caisse. C'est le régime laminaire. La résistance varie comme la vitesse.

Au delà de la valeur précédente, le régime d'écoulement est laminaire à l'avant

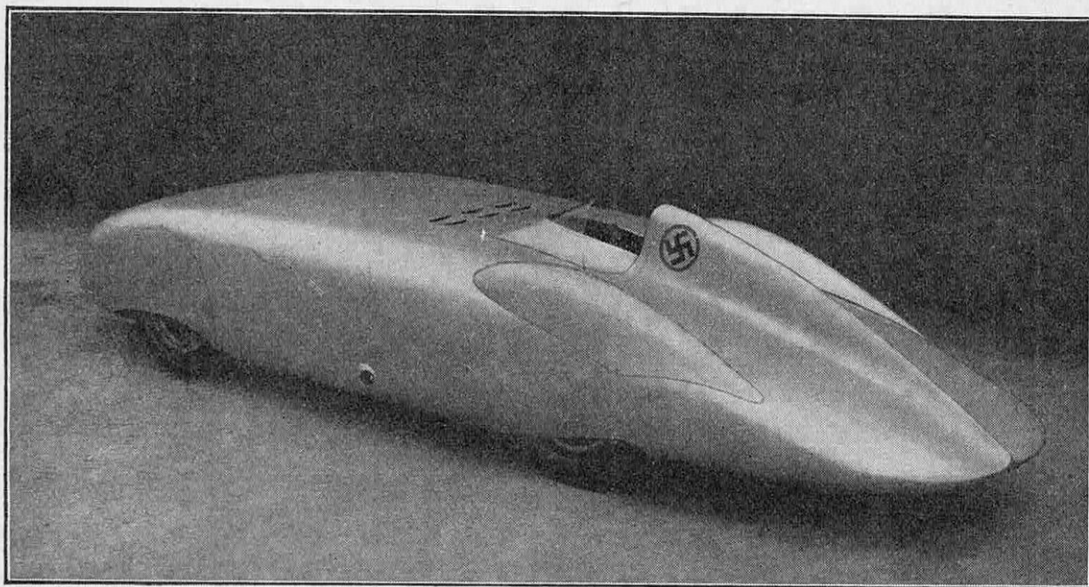


FIG. 2. — VOICI LA VOITURE DE COURSE ALLEMANDE « MERCEDES-BENZ », A CARROSSERIE AÉRODYNAMIQUE, AVEC LAQUELLE CARACCIOLA A ÉTABLI PLUSIEURS RECORDS INTERNATIONAUX SUR L'AUTOSTRASSE DE FRANCFORT-SUR-LE-MAIN (VITESSE MAXIMUM, 372,1 KM/H) Cette voiture, qui était exposée au Pavillon de l'Allemagne de l'Exposition de Paris 1937, pèse 1000 kg. Elle est équipée d'un moteur de 12 cylindres développant 600 ch. D'après le constructeur, la forme spécialement étudiée de la carrosserie donnerait à l'ensemble une « portance » négative, c'est-à-dire dirigée vers le bas, d'environ 500 kg pour une vitesse de 100 m/s (360 km/h), d'où une amélioration notable de l'adhérence et de la stabilité de route aux grandes vitesses (1).

que tous les « tourbillons » venant à se produire sur le parcours de ces filets sont l'équivalent d'un travail. Ce travail, c'est le moteur de la voiture qui doit le développer en fin de compte. *Le problème revient à éliminer le plus possible les tourbillons et les décollements.*

Pour réaliser ce qui a lieu dans le parcours des filets d'air contre la forme en mouvement, une image très vulgaire y suffit. Posez votre cigarette sur le bord d'un cendrier, dans une pièce à l'air calme. La fumée s'élève verticalement en un mince film bleuâtre. Au bout de quelques centimètres de parcours, le film, qui est, à sa base, bien lisse et vertical, se met à tourbillonner en volutes de plus en plus larges : le point de

et turbulent à l'arrière. La loi de la résistance est complexe et varie avec la forme.

Pour un produit encore plus fort, et c'est le cas d'une voiture genre Eyston, le régime laminaire est très réduit à l'avant, et le régime turbulent concerne la presque totalité de la voiture. La résistance est alors proportionnelle à la puissance 1,8 de la vitesse.

Puisque le régime d'écoulement ne dépend que du produit *Vitesse* \times *Dimension*, une partie de l'art du carrossier aérodynamicien revient à réduire autant que possible les décollements et les tourbillons stationnaires qu'ils engendrent.

(1) Une nouvelle « Mercedes » a atteint 437 km/h.

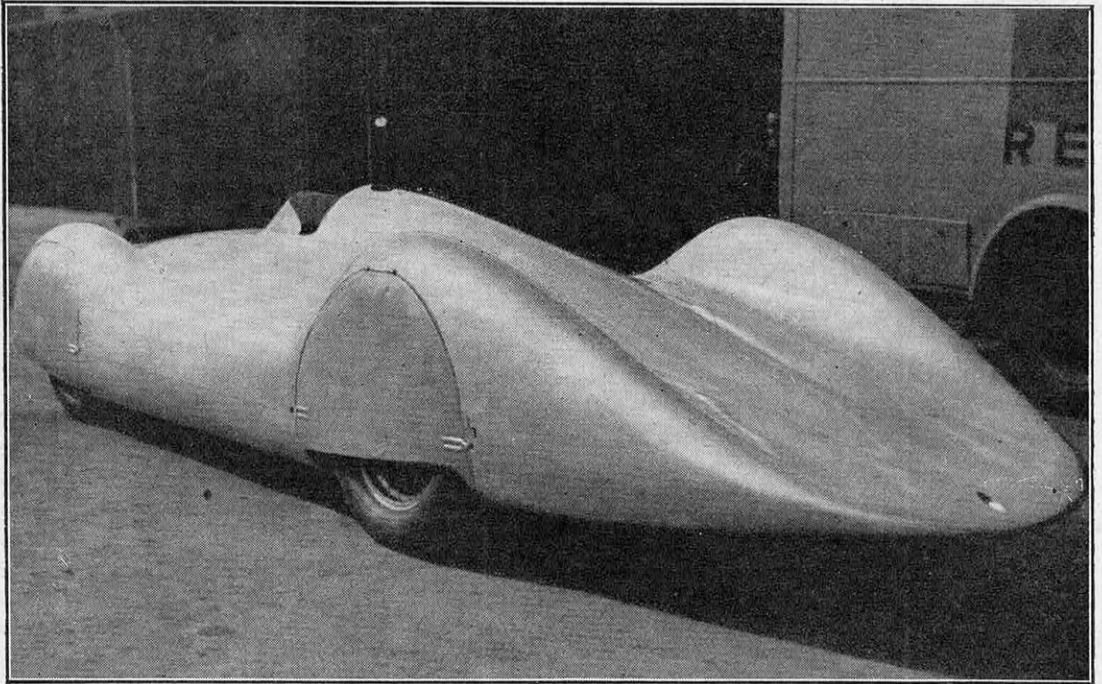
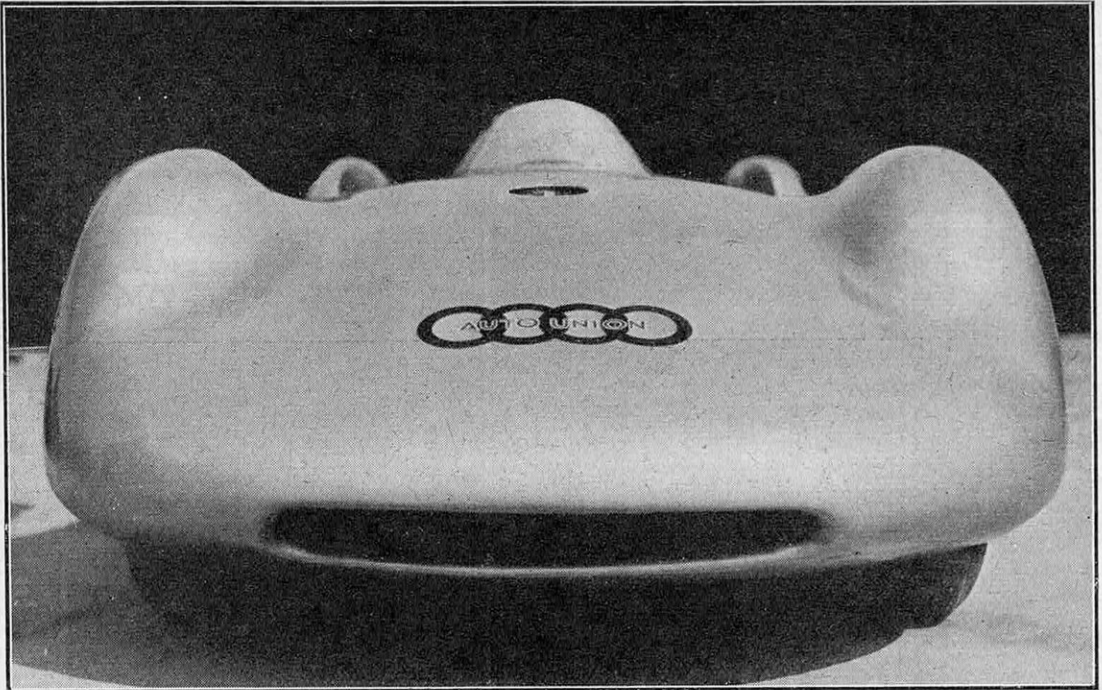


FIG. 3 ET 4. — LA VOITURE DE COURSE ALLEMANDE « AUTO-UNION » AVEC LAQUELLE ROSEMEYER A ATTEINT LA VITESSE DE 406,800 KM/H, SUR L'AUTOSTRADÉ DE FRANCFORT A STUTTGART
 La photographie en haut est une vue avant de la voiture, et celle du bas, une vue trois-quarts arrière. La carrosserie, recouvrant entièrement les roues, a été spécialement dessinée pour la conquête des records internationaux en octobre dernier. La voiture « Auto-Union » est équipée d'un moteur 16 cylindres à compresseur à l'arrière, le réservoir à combustible étant placé derrière le conducteur, au voisinage du centre de gravité du véhicule. Les 16 cylindres du moteur de 800 ch environ sont répartis en deux lignes de 8 cylindres faisant entre elles un V de 45°. On sait que, le 28 janvier 1938, Caracciola, sur une voiture « Mercedes » de 700 ch, 12 cylindres, atteignit 437 km/h, et que Rosemeyer se tua en voulant reprendre ce record.

L'habillage difficile d'un châssis trop bien garni

La nouvelle voiture que le capitaine Eyston soumettait à M. Andreau, en mars 1937, était considérablement modifiée, quant au châssis. Et celui-ci était déjà en construction en Angleterre.

Deux moteurs d'aviation « Rolls », Coupe Schneider, fournissaient ensemble 4 600 ch, dont 3 400 à la jante, y compris le rendement des transmissions, puissance déterminée après une première correction calculée en tenant compte de l'altitude et de la température de la région du lac Salé où la performance devait avoir lieu.

Poids de l'engin : 7 tonnes, réparties sur nombre de pièces dont le capitaine savait, par cœur, le poids détaillé ! Ceci indiquait combien le bilan des poids était soigneusement étudié.

Les pneus, étudiés par la maison Dunlop, comportaient à peine 1 millimètre d'épaisseur de gomme. La pression de gonflement proposée par les techniciens était de 6,5 kg. Le roulement, à 470 km/h, absorbait dans ces conditions 1 530 ch.

La nouvelle forme conçue par Eyston devait absorber de son côté 1 200 ch pour vaincre la résistance de l'air.

Et le record qu'on voulait battre était de 484 km/h ! Dans ces conditions, que pouvait le nouvel engin ? Atteindre le 490, en forçant l'accélérateur. Le jeu n'en valait pas la chandelle. Il fallait donc gagner de la puissance utile, coûte que coûte.

C'est ici que M. Andreau opéra — je l'ai montré en son temps (1) — de la même manière que son collègue Riffard, cherchant à vaincre, avec son premier avion *Rafale*, 300 ch, le fameux record aérien que détenait Webster avec 900 ch. Il allait reviser, l'un après l'autre, et l'un améliorant l'autre, tous

les facteurs encore disponibles, c'est-à-dire, en l'espèce, le poids, la pression de gonflement et, surtout, le carénage.

La pression des pneus, d'abord. Le roulement

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 22.

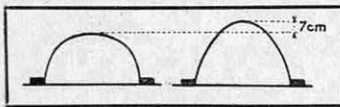


FIG. 5. — LA DÉFORMATION D'UN PNEU DE COURSE A GRANDE VITESSE

Les pneus de la voiture d'Eyston contenaient 2 kg d'air à la pression de 7 kg/cm². En course, sous l'effet de la force centrifuge, leur rayon s'accroissait de 7 cm. L'épaisseur de la bande de roulement ne dépassait pas 1 mm d'épaisseur de gomme.

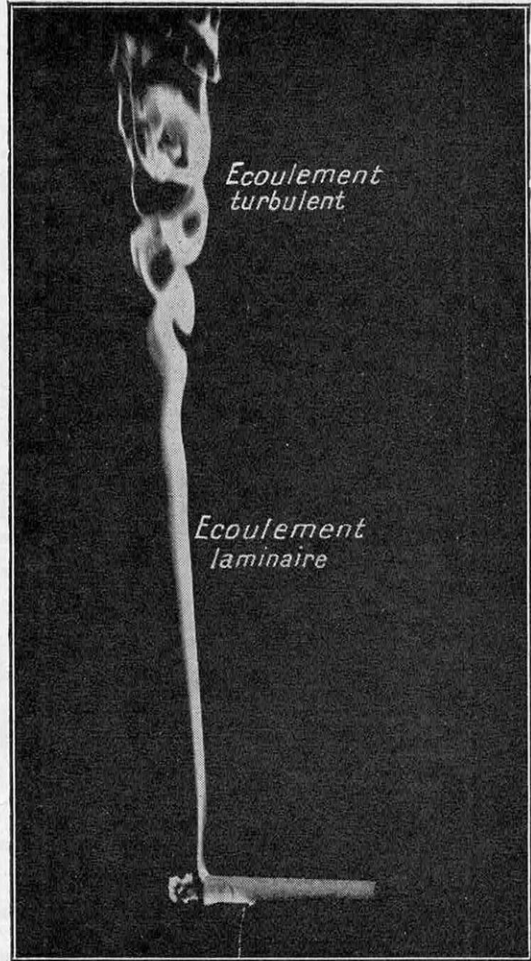


FIG. 6. — DANS L'AIR CALME, LE PASSAGE DE L'ÉCOULEMENT LAMINAIRE A L'ÉCOULEMENT TURBULENT MARQUE LE POINT OU LA FUMÉE ASCENDANTE ATTEINT SA « VITESSE CRITIQUE »

absorbe, en effet, plus de puissance que l'air. Eyston, sur les conseils d'Andreau, demanda à Dunlop de gonfler à 7,5 kg/cm². Courageuse prière, faite avec quel flegme ! Car un éclatement à 500 km/h, le capitaine Eyston en mesurait, mieux que tout autre, les conséquences. Les techniciens du pneu consentent 7 kg/cm², pas 1 gramme de plus.

L'allègement ? Le bilan des poids, avon-nous dit, était vu et revu, su par cœur. A quel organe s'adresser ? Un seul parut susceptible de révision : le radiateur. La maison Chausson étudia la chose, au plus serré, mais elle demanda qu'on assure aux surfaces de refroidissement un débit d'air minimum. Et comme c'était encore là un problème d'aérodynamique et de carénage, M. Andreau assura ce qu'on demandait. Les radiateurs prévus refroidiraient donc 100 ch par décimètre carré ! La solution faisait gagner

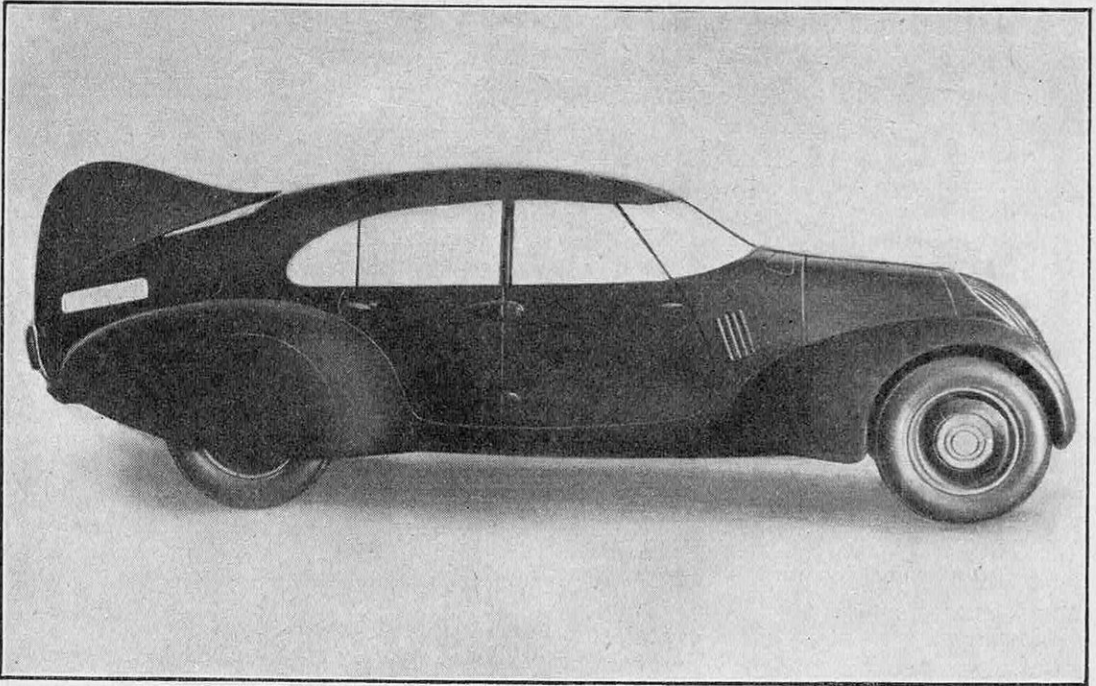


FIG. 7. — VOICI UNE VOITURE « AÉRODYNAMIQUE » CARROSSÉE PAR M. ANDREAU
Elle comporte une « dérive », nécessaire à sa stabilité de route dès que la vitesse atteint 120 km/h.

300 kg, sans rien perdre sur la résistance de l'air. L'entrée d'air s'effectue sous « capotage N. A. C. A. » et la sortie dans les zones de dépression maximum. A 500 km/h, la vitesse du vent relatif à l'intérieur du

radiateur fut de 750 km/h ! Tous ces calculs étant faits, il va sans dire, pour l'altitude du lac Salé où l'eau bout à 80° C, en tenant compte de ce que les radiateurs doivent marquer 60° C au démarrage.

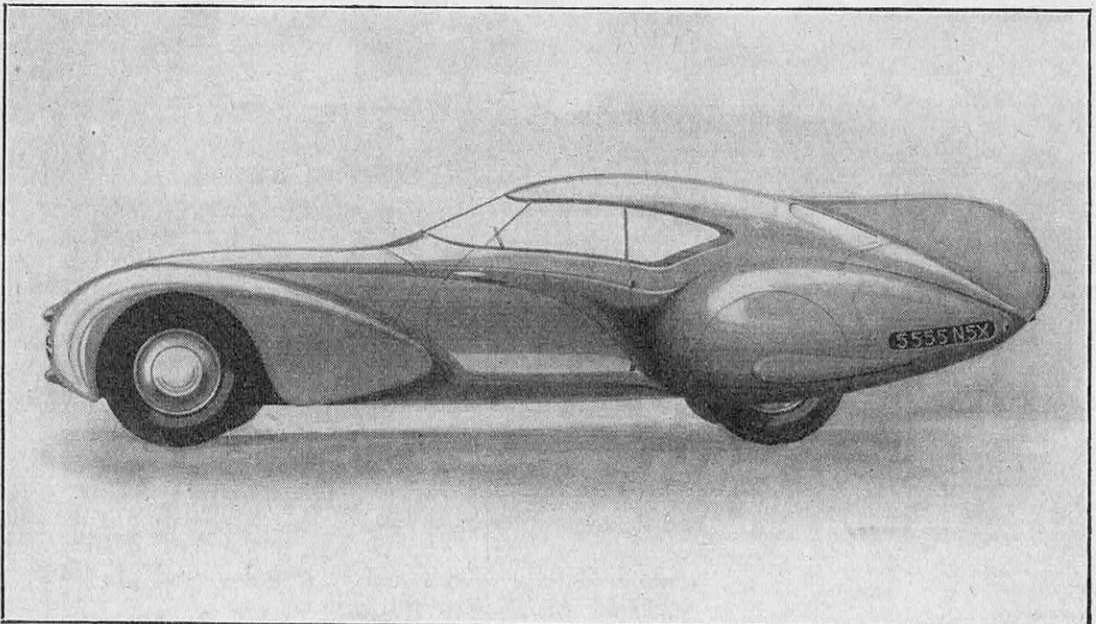


FIG. 8. — UNE VOITURE DONT L'« AÉRODYNAMISME » EST ENCORE AMÉLIORÉ
On remarquera la pointe de carénage du carter des roues qui se raccorde intimement à la carrosserie.

Le carénage, facteur capital

Mais tous ces gains n'étaient que brouilleries devant celui qu'allait réaliser M. Andraeu sur le carénage.

La construction étant en route, il n'y avait plus à discuter les dimensions. Il fallait seulement les habiller au mieux. La voiture proposée avait 10 m de long et son plancher, à fond plat, était prévu à 8 cm du sol. L'effet de laminage, expliqué plus haut, devait être considérable. Il pouvait être réduit, en rehaussant le plancher jusqu'à 18 cm. Ce fut fait.

tellement de la réalité, ne devient-elle pas inutile, sinon dangereuse? C'est pourquoi M. Andraeu préféra s'en tenir aux résultats que lui fournissaient directement ses méthodes de calcul.

Les calculs faits et le dessin réalisé promettaient 2 500 ch à la jante pour réaliser 500 km/h et 3 900 ch pour atteindre 550 km/h.

Etant donné la puissance des deux moteurs « Rolls », à 500 km/h, la voiture disposait encore de 900 ch à la jante. C'était donc plus qu'il n'en fallait pour battre le record : à 484 km/h, l'excédent de puissance

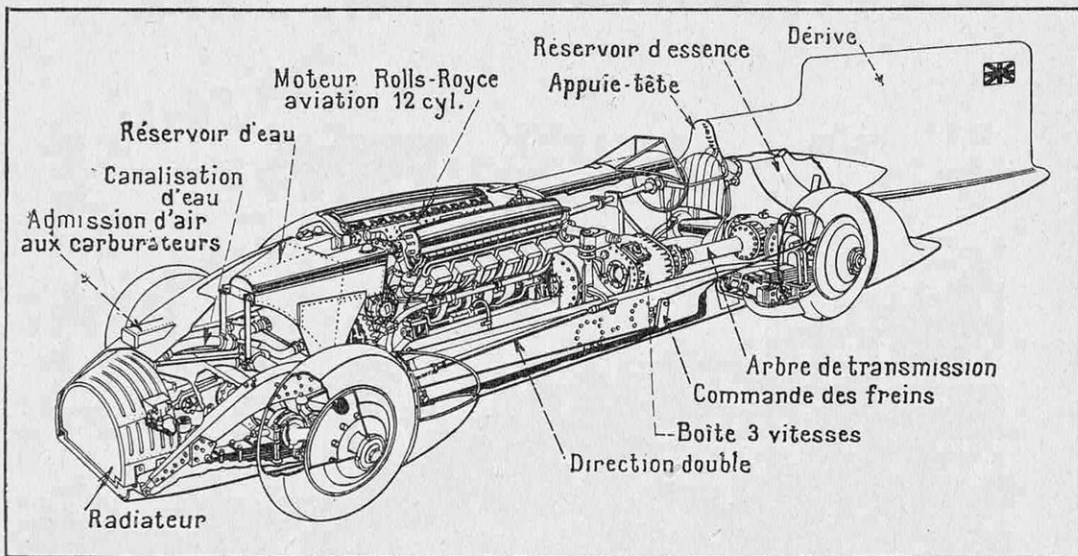


FIG. 9. — L'« OISEAU BLEU » DE L'ANGLAIS MALCOLM CAMPBELL, QUI A ATTEINT 484,619 KM/H Cette voiture, qui détient le record absolu de vitesse du 3 septembre 1935 au 19 novembre 1937, date à laquelle l'Anglais Eyston roula à 501,177 km/h, était propulsée par un seul moteur « Rolls Royce » (type aviation) de 2 500 ch, 12 cylindres en V (cylindrée totale, 36,5 litres), situé devant le conducteur.

Quant à la projection frontale (maître-couple) de l'engin, elle mesurait 2 m² 82, une fois dessinée la forme définitive.

La densité de l'air au lac Salé est très sensiblement inférieure à la normale. On en tint compte.

— Comment fut donc dessinée cette forme? Et quel laboratoire « essaya » la maquette?

— Aucun tunnel ne fut mis à contribution pour la bonne raison que M. Andraeu se dispensa de toute maquette. Par des considérations tirées de la mécanique des fluides, — que nous ne reproduirons pas, — il aboutit à cette conclusion que les données expérimentales obtenues sur maquettes au 1/10, dans une soufflerie classique (d'un vent de 108 km/h) auraient dû être extrapolées dans la proportion de 1 à 46 afin de répondre aux conditions réelles de la performance prévue. Quand une mesure expérimentale s'éloigne

serait de 1 300 ch. Le capitaine Eyston atteignit un maximum de 513 km/h. Il lui restait alors 650 ch inutilisés.

Si le capitaine Eyston, qui ne visait pas à dépasser 500, ne poussa pas davantage, c'est, dit-il, qu'il voulait laisser leur chance aux concurrents. Et puis, soit dit entre nous, il eut quelques difficultés avec ses embrayages, lors des essais préliminaires.

Les chiffres précédents montrent que, désormais, la résistance de roulement devient un obstacle plus grand que la résistance de l'air dans l'assaut au record. A 500 km/h, le roulement oppose à l'avancement deux fois plus de résistance que l'air; à 550 km/h, trois fois plus, les pneus restant à 7 kg de pression et les roues à 1,10 m de diamètre. Sur rail, le *Thunderbolt* pourrait atteindre 800 km/h.

Ceci nous explique pourquoi le premier

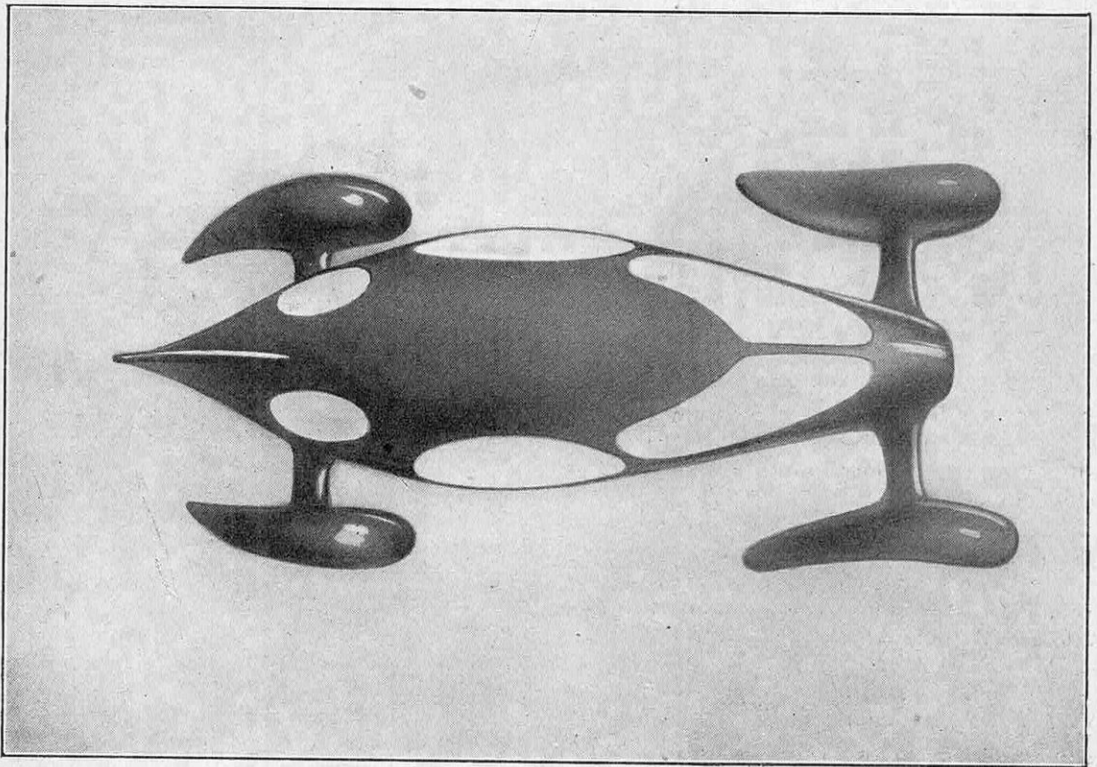
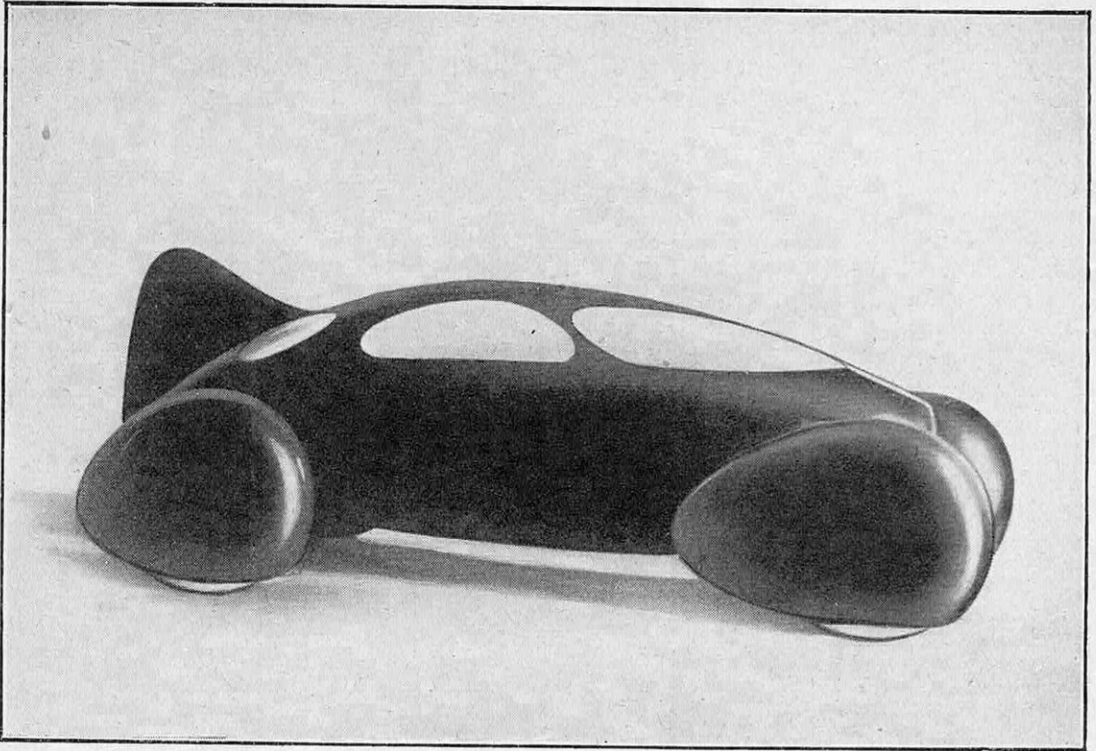


FIG. 10 ET 11. — CE QUE DOIT ÊTRE LE CARÉNAGE RATIONNEL D'UNE AUTOMOBILE RAPIDE
 Il exige que les essieux et les roues soient carénés indépendamment de la carrosserie. D'autant que
 l'empattement pose, à certaines vitesses, des exigences incompatibles avec le carénage des roues sous
 une aile fixée à la caisse. C'est la formule de « course » universellement adoptée.

record de vitesse, à 211 km/h, fut réalisé sur rail en 1911, sur la ligne électrique Berlin-Zossen.

La stabilité aérodynamique

Les voitures-record sont, plus que les autres, exposées aux dangers de ruptures mécaniques, d'éclatements de pneus, etc. La gravité de tels accidents est atténuée, à la condition que le véhicule possède une grande stabilité de marche. Cette stabilité doit être demandée à la force qu'il s'agit

le carénage primitif du *Thunderbolt* a-t-il été sensiblement modifié à l'arrière par M. Andreau. L'incidence restant de 3 degrés n'a pu être annulée totalement parce que le châssis avait été dessiné sans tenir compte de cet élément. Mais la portance résultante demeure insignifiante, même à 550 km/h.

La stabilité horizontale exige un organe spécial : un plan de dérive analogue à ceux qui forment l'empennage vertical des avions. Cette dérive, non prévue dans le devis primitif, fut amicalement imposée par M. An-

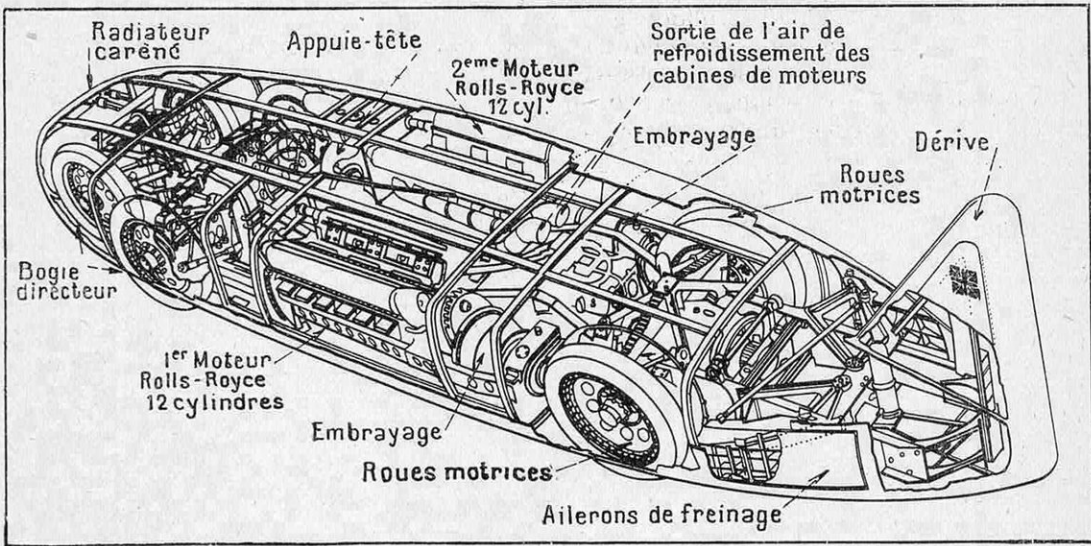


FIG. 12. — LE « THUNDERBOLT » DE L'ANGLAIS EYSTON, DÉTENTEUR DU RECORD DE VITESSE (501,177 KM/H) DEPUIS LE 19 NOVEMBRE 1937

Cette voiture diffère assez profondément de celle du major Campbell. On remarque notamment le bogie directeur avant à quatre roues et la place du conducteur, située devant les moteurs. C'est surtout la puissance qui a été considérablement accrue. Les deux moteurs « Rolls Royce » d'aviation, de 12 cylindres chacun, développaient, en effet, 4 600 ch (3 950 réellement utilisés) pour une cylindrée de 73 litres. Ainsi le gain de vitesse réalisé par Eyston, 16,558 km/h, a exigé 1 450 ch supplémentaires.

précisément de vaincre : c'est sur l'air que le véhicule ultra-rapide doit prendre appui.

Dans le sens vertical, d'abord. La voiture, qui est à fond plat, figure trop bien une « aile » pour n'avoir pas tendance à se soulever, soit de l'avant, soit de l'arrière. Le carénage doit offrir, par conséquent, à l'action de l'air une incidence telle que sa « portance », comme disent les avionneurs, soit rigoureusement nulle. Cela, sous peine d'une perte d'adhérence au sol. C'est pour corriger une portance positive, que Campbell dut lester son *Blue Bird* de 300 livres à l'arrière. C'est encore à cause d'une portance positive, que, récemment, une voiture allemande, pilotée par un camarade de Rosemeyer, s'est retournée à 400 km/h. L'avant a probablement décollé. Aussi bien,

dreau au capitaine Eyston, comme condition *sine qua non* de sa collaboration. Et le capitaine s'en est bien trouvé, car, lancé à 513 km/h, ses lunettes s'en allaient, emportées par le vent. Il les rattrapa d'une main, tout en conduisant de l'autre, sans que *Thunderbolt* déviât de sa ligne. De plus, le capitaine Eyston a déclaré n'avoir ressenti aucune fatigue, alors que sir Malcolm Campbell avoua être rompu à la fin des deux trajets que comporte la course. Le volant pesait outre mesure à ses bras. Il n'aurait pas pu, certainement, piloter d'une seule main, si ses lunettes avaient fait mine de s'envoler. Et c'était alors le dérapage... la catastrophe peut-être. Cette impression d'instabilité latérale fut pour beaucoup, paraît-il, dans la décision de Campbell d'abandonner la lutte.

Autre service aérodynamique : le *freinage*.

La piste du lac Salé est, certes, plus vaste que la plage de Dayton Beach, mais non pas illimitée. Il faut prendre l'accélération nécessaire pour passer la ligne de départ au maximum de la vitesse (513 km/h) et puis, la ligne d'arrivée franchie, il faut « décélérer ». A 500 km/h, on ne peut freiner sérieusement sur des pneus de 1 mm d'épaisseur ; ils éclateraient. C'est pourquoi M. Andreau a installé sur *Thunderbolt* des freins aérodynamiques, — c'est-à-dire des volets latéraux de 1,27 m² de surface qui s'épanouissent (sur commande hydraulique) entre les roues arrière et la dérive. Grands ouverts, ces volets multiplient par 5,35 la résistance à l'avancement et, de ce fait, en 3 500 m, la voiture descend de 500 à 250 km/h. Après quoi, on peut compléter le freinage par l'adjuvant des freins classiques.

La raison d'être du « Thunderbolt » et de ses semblables

J'ai comparé le travail de M. Andreau, aérodynamicien de l'auto, à celui de M. Rifard, aérodynamicien de l'avion. Cependant la voiture du capitaine Eyston (7 tonnes) apparaît comme un « monstre », comparée à sa concurrente allemande de Rosemeyer, laquelle ne pèse que 1 200 kg. Au lieu de se s'alléger, le *Thunderbolt* s'alourdit pour gagner 18 ou 20 km à l'heure.

A cela, je répondrai que M. Andreau s'est trouvé en présence d'un problème tout posé (sans qu'on lui ait demandé conseil) par un châssis donné. Mais encore il s'agit de savoir si l'expérience du capitaine Eyston n'est pas aussi pleine d'enseignements que celle de Rosemeyer. L'une et l'autre sont également utiles, mais « évoluent sur des plans différents ».

D'abord le *poids par cheval* des deux véhicules est sensiblement le même. Les 1 200 kg de Rosemeyer sont mus par 800 ch (1). Les 7 tonnes de Eyston sont mues par 4 600 ch. Dans les deux cas : 1,5 kg par ch. Mais si Rosemeyer avait couru sur le lac Salé, au lieu de l'autostrade allemande rectiligne de 70 km, unique au monde pour l'instant — il lui aurait fallu 2 800 ch pour égaler Eyston.

Nous nous plaisons enfin à penser que si les moyens de construire de toutes pièces une troisième voiture concurrente avaient été offerts au technicien français, ce troi-

(1) La puissance de la voiture de Rosemeyer n'a pas été indiquée par le constructeur. M. Ch. Faroux l'a évaluée par le calcul à 650 ch, chiffre qui est sans doute un peu au-dessous de la vérité.

sième larron se serait peut-être adjugé le record si convoité de vitesse pure.

L'Angleterre a reçu, d'autre part, d'un de ses techniciens le reproche de ne cultiver sérieusement que ce genre de performance : la vitesse pure, sensationnelle, certes, et sportive à l'excès, excellente réclame à tapage pour l'exportation, mais incapable de suppléer à l'expérience plus générale des courses de toutes catégories dans lesquelles excellent les Allemands et les Italiens.

Le reproche paraît fondé, — et nous, Français, devons en recueillir notre part, — car si les voitures lancées à la poursuite du record de supervitesse posent, d'une manière impérieuse, des problèmes mécaniques jusqu'ici imprévus, tels que l'établissement d'un pont arrière de 4 600 ch ou le passage de 2 300 ch dans un embrayage léger, ce passage brutal « aux limites », tout plein d'enseignements qu'il puisse être, ne constitue pas à *lui seul* toute l'école de la course. On ne transpose pas, sans paliers intermédiaires, les acquisitions techniques du *Thunderbolt* — banc « d'essai » roulant de premier ordre — aux voitures courantes. Cependant, d'ores et déjà, le problème de la résistance de roulement en fonction du gonflement des pneumatiques, celui du refroidissement aérodynamique, celui des bénéfices sur la résistance aérodynamique, trouvent dans la performance d'Eyston des indications que M. Andreau ne craint pas de déclarer *pratiques* dès aujourd'hui.

Le « pneu ballon », solution paresseuse de la suspension, aurait, d'après lui, ses jours comptés.

Mais d'autres problèmes, qui concernent notamment le *moteur* (le moteur idéal d'un *Thunderbolt* n'est pas un « Rolls » d'aviation, qu'il n'adopte que parce qu'il le trouve *tout fait* sur le marché) ou encore la *direction* et la *suspension* elle-même, dont le pneu dur, revivifié, exige justement le perfectionnement, ces problèmes exigent d'être traités, eux aussi, « aux limites » sur des voitures de course spécialisées dans d'autres performances que la vitesse pure.

Et puis, il y a la route — l'autostrade allemande qui servit à Rosemeyer présente la supériorité de n'être pas due, comme la piste de sel du lac de l'Utah, à un caprice de la nature.

La question généralisée de l'utilité des courses mérite une étude d'ensemble. Nous y reviendrons.

CH. BRACHET.

VERS LE POLE DU FROID :

A — 273°,16

AU-DESSOUS DU ZÉRO CENTÉSIMAL

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Les méthodes mises en œuvre pour atteindre les très basses températures reposent toutes sur la transformation de l'énergie calorifique d'un corps, soit en travail (par détente brusque adiabatique), soit en énergie interne (par fusion, vaporisation, désaimantation, etc.). A toute disparition partielle de l'énergie calorifique correspond évidemment un abaissement de température. La conquête de quelques dizaines de degrés vers le pôle du froid (— 273°,16) a coûté plus d'efforts que celle de 100° à partir du zéro centésimal; c'est qu'en effet, au voisinage du zéro absolu, un écart de 1° correspond à des variations de propriétés considérables, alors que dans les régions moyennes de l'échelle thermométrique tous les degrés, du point de vue physique, se valent sensiblement. La liquéfaction de l'hélium, réalisée par Kamerling Onnes en 1908 au laboratoire cryogène de Leyde (1), a permis, en évaporant ce liquide sous des pressions de plus en plus réduites, d'obtenir des températures inférieures à 1° absolu (ou 1° K, initiale du grand savant anglais lord Kelvin). C'est ainsi qu'on a pu atteindre successivement 0°,82 K et 0°,7 K. Pour descendre encore plus bas, on s'est alors adressé à un autre phénomène : la désaimantation spontanée de certains sels paramagnétiques, qui s'accompagne d'une absorption d'énergie considérable et a donné 0°,003 K. Mais les ressources du physicien sont loin d'être encore épuisées. Les savants qualifiés estiment, en effet, qu'il est d'ores et déjà possible de s'approcher à moins d'un dix-millième de degré du zéro absolu en utilisant le « moment » magnétique des noyaux atomiques. A d'aussi basses températures, l'agitation moléculaire, dont les degrés thermométriques chiffrent l'énergie, se ralentit considérablement; alors apparaissent des phénomènes nouveaux, normalement masqués par cette agitation thermique désordonnée. Ils sont d'un enseignement précieux parce qu'ils sont susceptibles de fournir de nouvelles et précises indications sur la constitution intime de la matière dont ils apparaissent comme une manifestation directe.

Le zéro absolu de température

EXISTE-T-IL un zéro absolu, c'est-à-dire une température au-dessous de laquelle il n'y aurait rien? Les physiciens nous l'affirment avec une telle unanimité, que nous n'en saurions douter, et cependant ils se posent un problème qui devrait conduire au doute, lorsqu'ils se demandent si la matière et l'énergie sont essentiellement distinctes, ou bien si elles sont réductibles l'une à l'autre; dans cette dernière hypothèse, il n'y a pas de raison décisive pour qu'un corps cesse jamais de posséder de l'énergie thermique, c'est-à-dire représentée par l'agitation moléculaire; si, au contraire, on se rallie aux idées classiques, d'après lesquelles l'énergie et la matière sont indépendantes, on doit admettre l'existence d'un zéro absolu: tout corps possède une provision limitée d'énergie, comme il a une

masse limitée; lorsqu'elle diminue, la température s'abaisse, et lorsqu'elle est complètement épuisée, la température a atteint sa limite inférieure.

C'est dans cet esprit que les physiciens ont défini diverses échelles thermiques, entre lesquelles l'échelle centésimale s'est imposée pour des raisons de simplicité et de commodité. Adoptons-la, et considérons un gaz, comme l'azote, l'hydrogène ou l'hélium; enfermons-le dans un récipient R (fig. 1), de volume invariable, et faisons varier sa température t en mesurant la pression p correspondante; la relation entre les deux variables se représente par un segment de ligne droite AB ; en opérant sur un autre gaz, ou sur une masse différente du même gaz, on obtient d'autres lignes droites $A'B'$, $A''B''$... qui, toutes, suffisamment prolongées, coupent l'axe des températures en un même point correspondant à $t = -273°$. Ce résultat, qui traduit la loi de Gay-Lussac,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 180, page 439.

définit en même temps la position approchée du zéro absolu ; mais il appelle deux observations importantes :

La première, c'est que cette graduation, arbitraire puisqu'elle résulte des définitions choisies pour l'échelle des températures, risque de nous donner une idée erronée de la rapidité avec laquelle se modifient les propriétés des corps ; tant que l'on se tient dans les régions moyennes de cette échelle, il semble que tous les degrés se valent, c'est-à-dire que les propriétés évoluent en fonction à peu près linéaire de la température ; ainsi, la chaleur spécifique d'un solide reste sensiblement constante dans cet intervalle ; mais, lorsqu'on approche du zéro absolu, elle diminue rapidement, et chaque degré en moins correspond à la perte d'une quantité décroissante de chaleur.

Toutes les propriétés de la matière donnent lieu à des remarques analogues ; ainsi, lorsqu'on liquéfie l'air atmosphérique, on se trouve en présence d'un mélange dont l'un des constituants, l'oxygène liquide, bout à -183° , tandis que l'autre, l'azote, a son point d'ébullition à -195° ; la différence n'est donc que de 12° , moitié moindre que pour un mélange d'eau et d'alcool ; mais on se ferait une idée très imparfaite des propriétés de l'air liquide si on concluait de là que ce mélange peut se conserver aisément, car ces 12° représentent tout autre chose à froid qu'à la température ordinaire ; les volatilités des deux constituants de l'air sont, en fait, tellement différentes, que l'azote se gazéifie presque immédiatement, et qu'il ne reste plus dans le vase Dewar que de l'oxygène liquide. Il faut donc se représenter qu'un écart de 1° , au voisinage du zéro absolu, correspond à des variations de propriétés considérables, et ceci nous permettra de comprendre, tout à l'heure, pourquoi la conquête de quelques dixièmes de degré, vers le pôle du froid, a coûté plus d'efforts que celle de 100° à partir de la glace fondante ; tout se passe comme si cette température limite était placée sur une asymptote dont on ne peut que s'appro-

cher sans la rejoindre ; d'ailleurs, ce point de vue est conforme à celui que Nernst a exposé, et qu'on considère généralement, à l'étranger, comme le troisième principe de la thermodynamique.

Une seconde remarque, c'est que la construction graphique de la figure 1, ou les raisonnements équivalents, ne peuvent donner qu'une valeur approchée de la température centésimale correspondant au zéro absolu ; toutes les lignes AB , $A'B'$, $A''B''$...

ne concordent pas exactement au même point, et chacune d'elles ne peut être tracée que jusqu'au point où le gaz se liquéfie. C'est pour cette raison que la température centésimale n'est définie légalement que pour les valeurs supérieures à -240° C, par les variations de pression du thermomètre à hydrogène ; au-dessous de cette température, il faut considérer un gaz fictif, dont les propriétés sont déduites de celles que possèdent les gaz réels sous pression réduite.

Il y a une dizaine d'années, le zéro absolu avait été fixé, par ce moyen, à $-273^{\circ},09$ C ; des mesures plus précises, effectuées surtout au laboratoire cryogène de Leyde, font adopter aujourd'hui la valeur $-273^{\circ},16$ C. Ce nombre représente donc le point de départ dans l'échelle Kelvin des températures absolues ; une température T° K, mesurée à cette échelle, est donc égale à la température, t° C, de l'échelle centésimale, accrue de $273,16$.

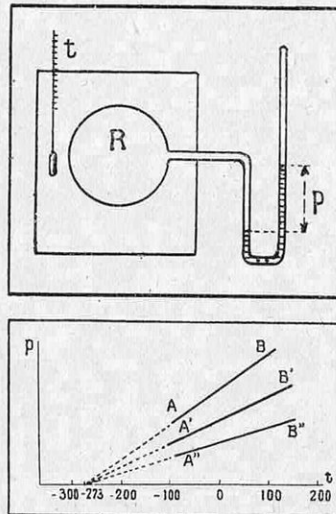


FIG. 1. — COMMENT ON PEUT DÉFINIR LE ZÉRO ABSOLU

En mesurant la température t et la pression p de gaz situés dans un ballon R de volume constant, on peut tracer les courbes AB , $A'B'$, $A''B''$ (lignes droites). Ces lignes prolongées coupent l'axe des températures au point -273° C, qui est le zéro absolu ou Kelvin (0° K). En ce point, la pression serait nulle.

Les méthodes et les étapes dans la conquête du froid

Puisque la température des corps varie dans le même sens que leur énergie cinétique moléculaire (pour les gaz parfaits, la température absolue est proportionnelle à cette énergie), on devra, pour les refroidir, diminuer la vitesse qui anime les molécules, et cela peut se faire de deux façons : soit en trouvant un autre emploi à cette énergie, soit en la faisant passer sur un autre corps ; ce transport s'effectue spontanément, par conductibilité, lorsqu'on dispose d'une température plus basse, et c'est bien ainsi qu'on opère dans la vie courante, mais on peut

aussi faire passer la chaleur, par force, sur un corps plus chaud, en dépensant du travail ; ce procédé est appliqué dans les machines frigorifiques.

En fait, les méthodes qui ont été mises en œuvre pour atteindre les basses températures reposent toutes sur la transformation de l'énergie calorifique en énergie interne ou en travail ; les changements d'état sont précisément caractérisés par cette transformation, et ils ont été employés successivement, à commencer par la fusion des mélanges réfrigérants : lorsqu'on associe, dans des proportions convenables, la glace pilée et le sel marin, on réalise un « eutectique » dont le point de liquéfaction est à -23°C ; sa fusion exige un certain nombre de calories qui seront empruntées au corps plongé dans ce mélange ; la température pourra donc s'abaisser jusqu'à la limite que je viens d'indiquer.

De même, lorsqu'on force un liquide à se vaporiser, l'accroissement d'énergie interne qui correspond à ce changement d'état est emprunté à la chaleur sensible, et le système se refroidit. Enfin, l'aimantation est aussi un changement d'état aussi réel que la fusion ou la vaporisation, bien qu'il ne soit pas perceptible à nos yeux ; les aimants élémentaires, qui sont orientés en tous sens dans le corps non aimanté, s'alignent et coordonnent leurs effets lorsque ce corps est placé dans un champ magnétique, entre les pièces polaires d'un électro-aimant ; inversement, lorsque le corps aimanté repasse à l'état neutre, son énergie interne s'accroît et ce changement s'accompagne d'une absorption de chaleur.

La détente brusque (on dit encore *adiabatique*) d'un gaz fournit un autre moyen de réduire son énergie calorifique en la transformant en travail ; ainsi, un gaz parfait qui se détend adiabatiquement depuis

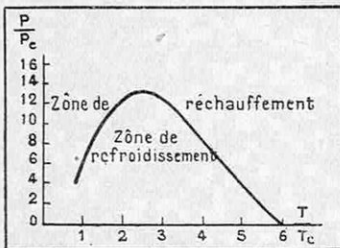


FIG. 2. — CETTE COURBE DÉFINIT LES CONDITIONS DANS LESQUELLES UN GAZ DOIT SE TROUVER POUR QUE SA DÉTENTE ENTRAÎNE SON REFROIDISSEMENT

10 atmosphères jusqu'à la pression atmosphérique normale, voit sa température s'abaisser depuis $+20^{\circ}\text{C}$ jusqu'à $-121^{\circ},3\text{C}$. Ce procédé, employé pour la première fois en 1896 par Cailletet pour provo-

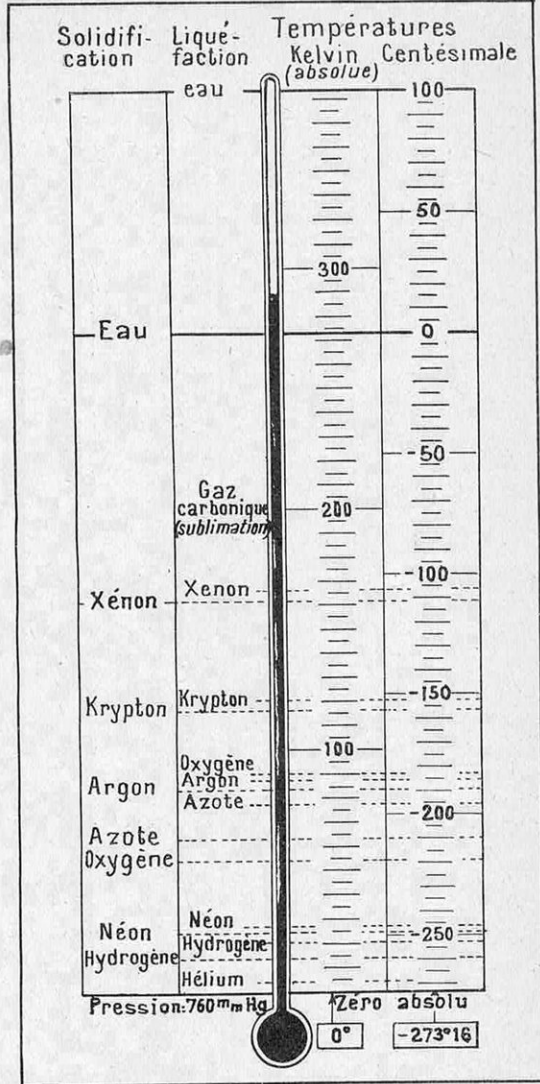


FIG. 3. — ÉCHELLE DES TEMPÉRATURES (ABSOLUES ET CENTÉSIMALES) DE LIQUÉFACTION ET DE SOLIDIFICATION DE QUELQUES GAZ

quer la liquéfaction de divers gaz, a reçu de M. Georges Claude une application industrielle méthodique qui est trop connue pour que je la décrive ici.

Mais on peut aussi utiliser la détente des gaz dans des conditions différentes, lorsque le courant gazeux se décomprime à travers une cloison poreuse ou par un conduit étroit ; on a affaire alors à ce que les physiciens appellent la « détente adiabatique irréversible Joule-Thomson » ; elle est caractérisée par ce fait que l'énergie calorifique est transformée, comme dans les changements d'état, en énergie interne. Mais cet effet peut changer de sens suivant les conditions : si le gaz est plus dilatable que ne

l'indique la loi de Gay-Lussac, la détente produit un refroidissement ; dans le cas contraire, c'est un échauffement qui apparaît ; ainsi, pour un même gaz, on peut produire à volonté l'un ou l'autre phénomène, et la courbe de la figure 2 indique, en fonction de la température absolue critique T_c et de la pression critique P_c , les conditions dans lesquelles il faut se trouver pour obtenir du froid ; ce sont celles dans lesquelles Hampson, en Angleterre, et Linde, en Allemagne, se sont placés pour liquéfier l'air atmosphérique ; depuis lors, ce même effet Joule-Thomson a été mis en œuvre pour obtenir l'hydrogène et l'hélium liquides.

Tels sont les principes sur lesquels les physiciens se sont appuyés pour réaliser des températures de plus en plus basses ; contentons-nous de noter brièvement les grandes étapes de cette marche au pôle du froid.

Jusqu'au début du XIX^e siècle, il a fallu se contenter des mélanges réfrigérants, et la limite du refroidissement ainsi obtenu peut être placée entre -20 et -30° C. Mais la liquéfaction du chlore, réalisée en 1823 par Faraday, allait doter la science d'un moyen de réfrigération plus puissant : dès 1835, Thilorier produisait la neige carbonique, par détente du liquide, et Faraday, en faisant le vide sur un mélange de ce solide avec l'éther, atteignait 163° K (-110° C). Pourtant, les gaz dits « permanents » refusaient encore de passer à l'état liquide ; ce n'est

qu'en 1860 que les expériences de Cagniard de Latour et d'Andrews établirent l'existence d'une température critique au-dessous de laquelle, seulement, le gaz pouvait être liquéfié ; mais ces températures ne pouvaient être atteintes, pour certains gaz, par les moyens alors en usage ; Cailletet montra

qu'elles pouvaient être réalisées par une détente brusque ; cette possibilité une fois établie, la liquéfaction de l'oxygène et de l'azote fut obtenue, en 1883, par Wroblewski et Olszewski ; en 1885, ce dernier physicien atteignait, par évaporation de l'azote liquide, la température de 48° K (-225° C).

En 1895, l'emploi de la détente Joule-Thomson permettait de réaliser la liquéfaction industrielle de l'air atmosphérique, que Claude rendait plus économique par l'emploi de la détente avec travail extérieur ; la réfrigération ainsi obtenue permettait à Dewar, en 1898, à Travers en 1900, d'obtenir des quantités appréciables d'hydrogène liquide et, par son évaporation, d'atteindre 14° K (-259° C) ; ces résultats furent utilisés à Leyde par Kamerlingh Onnes qui parvint, en 1908, à liquéfier l'hélium.

Depuis lors, les efforts des laboratoires cryogènes ont porté sur l'amélioration des procédés qui opèrent sur ce dernier gaz ; d'ingénieux dispositifs ont été réalisés par Meissner en Allemagne, par Simon et par Kapitza en Angle-

terre (1) ; ce dernier physicien, en appliquant à l'hélium les méthodes de détente avec travail extérieur, dues à M. Georges Claude, a réalisé un appareil très pratique dont la figure 4 montre le principe ; le travail extérieur est celui d'un plongeur hydraulique ; comme toute lubrification est impossible à ces températures, on s'est contenté de laisser un intervalle étroit entre le piston et le cylindre, et d'ac-

croître la vitesse du mouvement alternatif ; le gaz est amené par détente à 10° K et ce froid est utilisé pour liquéfier, par une détente partielle, une fraction de l'hélium.

Grâce à ces facilités de production de l'hélium liquéfié, on a pu, en l'évaporant

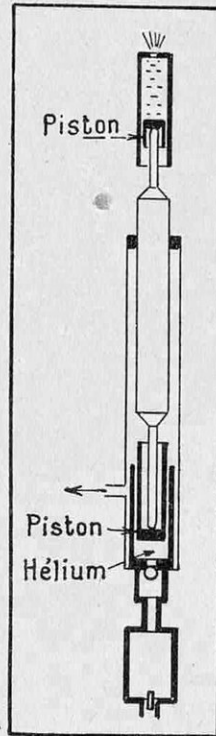


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA MACHINE DU PROFESSEUR KAPITZA POUR LA LIQUÉFACTION DE L'HÉLIUM

Le professeur Kapitza a appliqué à la liquéfaction de l'hélium la méthode utilisée pour la première fois par Georges Claude pour la liquéfaction de l'air. Il a construit une petite machine à piston dans laquelle l'hélium peut se détendre et se refroidir d'une manière continue. Cette machine de Kapitza fonctionne d'une manière satisfaisante sans graissage à des températures très basses, environ 10° K (-263° C). A cet effet, un petit espace est ménagé entre le piston et le cylindre, de sorte qu'ils ne sont jamais au contact ; ce mouvement du piston est si rapide que le gaz ne s'échappe qu'en très petite quantité. Le piston entraîne un plongeur hydraulique au sommet, produit ainsi du travail et refroidit l'hélium qui sort à 10° K. Ce liquéfacteur est capable de produire 2 litres d'hélium liquide à l'heure.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n^o 200, page 117.

sous des pressions de plus en plus réduites, reculer les limites de température. C'est ainsi que Kamerlingh Onnes a pu atteindre $0,82^{\circ}$ K ; cette limite a même été abaissée à $0,7^{\circ}$ K par Keesom, son successeur au laboratoire cryogène de Leyde. Mais ces résultats, obtenus à grand-peine, marquent une limite qui paraît pratiquement infranchissable, et on s'accorde à fixer à 1° K la température qui peut être atteinte au moyen des gaz liquéfiés.

Un dernier pas vers le pôle

On en était là, et apparemment au pied d'une muraille infranchissable, lorsque, presque simultanément, Debye et Giaque proposèrent, pour pousser plus avant, d'utiliser le refroidissement produit par la désaimantation spontanée de certains sels paramagnétiques, comme le sulfate de gadolinium, l'alun d'ammoniaque et de fer, ou l'alun de chrome et de potassium. Ces corps suivent de très près la loi établie par Curie, d'après laquelle l'aimantation varie en raison inverse de la température absolue ; on comprend, en effet, que les aimants élémentaires peuvent s'aligner parallèlement lorsque l'agitation thermique est supprimée, c'est-à-dire au zéro absolu ; ils deviennent alors aussi magnétiques qu'un barreau de fer ou d'acier ; mais à peine a-t-on cessé de faire agir le champ qui les aimantait, ils retournent à l'état neutre en absorbant une énergie considérable ; il était donc intéressant de s'adresser à ces corps soumis à la loi de Curie,

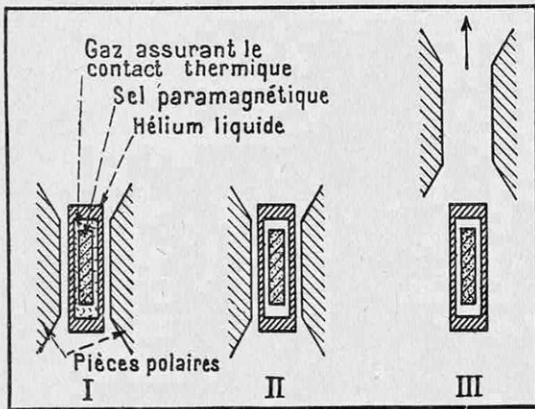


FIG. 5. — COMMENT ON S'APPROCHE AU VOISINAGE DU ZÉRO ABSOLU PAR DÉSAIMENTATION D'UN CORPS PARAMAGNÉTIQUE

I. Le sel paramagnétique placé entre les pôles d'un électroaimant est entouré d'hélium liquide. — II. Le gaz assurant le contact thermique est pompé pour isoler thermiquement le sel. — III. L'électroaimant étant éloigné, le sel est brusquement désaimanté et sa température s'abaisse à $0,003^{\circ}$ K.

puisque c'est avec eux qu'on pourra obtenir, à basse température, les plus grandes variations magnétiques.

Pour comprendre le principe de l'opération, reportons-nous à la figure 5, qui, sous une forme schématique, en représente les trois temps successifs :

1^{er} TEMPS. — Le corps paramagnétique, séparé d'un bain d'hélium liquide par une atmosphère d'hélium gazeux, est porté à 1° K, grâce à l'évaporation du liquide réfrigérant ; il est placé entre les pôles d'un électro-aimant et aimanté à saturation ; la chaleur produite par cette aimantation est éliminée par l'intermédiaire de l'hélium gazeux ; en moins d'une minute, sa température de 1° K est rétablie ;

2^e TEMPS. — L'atmosphère d'hélium gazeux est enlevée par une pompe à vide, et le corps aimanté est, par suite, isolé thermiquement ;

3^e TEMPS. — On éloigne alors l'électroaimant ; le champ magnétique étant supprimé, le sel mis en expérience se désaimante, ce qui exige l'absorption d'une quantité de chaleur égale à celle qui avait été dégagée pendant l'aimantation. Cette chaleur ne peut être empruntée qu'au sel lui-même, qui, en conséquence, se refroidit. En faisant l'expérience, on note avec étonnement la lenteur avec laquelle se produit, ensuite, le retour du sel à la température de l'enceinte ; cette lenteur tient principalement à la perfection du vide produit par le froid lui-même dans l'enceinte où se trouve l'hélium gazeux raréfié ; d'après les calculs du docteur Simon, la pression dans cette enceinte ne dépasse pas 10^{-25} mm de mercure, c'est-à-dire qu'elle doit être inférieure aux plus grands vides existant dans les espaces interstellaires.

En se désaimantant, le sel doit donc se refroidir ; mais comment en aura-t-on la preuve, et par quel moyen pourra-t-on éva-

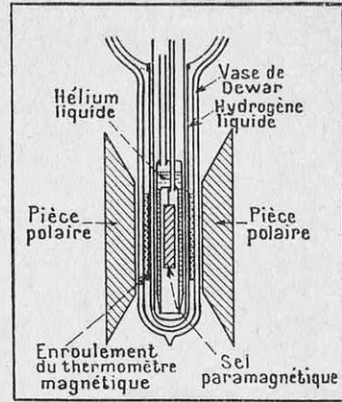


FIG. 6. — DÉTAIL DE L'APPAREIL PLACÉ ENTRE LES POLES DE L'ÉLECTROAIMANT POUR PROVOQUER ET MESURER LE REFOUDDISSEMENT PAR DÉSAIMENTATION BRUSQUE

luer l'abaissement de température, puisque le thermomètre à gaz ne peut plus fonctionner ? On devra mettre à profit une propriété qui varie encore à cette température ; cette propriété, c'est la *susceptibilité magnétique* du sel en expérience, c'est-à-dire le rapport de son aimantation au champ excitateur ; on peut mesurer cette susceptibilité par le moyen de deux bobines (fig. 7) enroulées autour du corps paramagnétique, dont l'une porte le courant magnétisant et l'autre le courant induit ; on comprend sans calcul que l'intensité de ce courant induit croît avec la susceptibilité du sel qui forme le circuit magnétique de ce transformateur. Le dispositif a été gradué en degrés pour les températures supérieures à $0,1^{\circ}\text{K}$, et on se reconnaît le droit d'en extrapoler les indications au-dessous de cette limite, de telle sorte que, grâce à cette indispensable convention, le sel mis en expérience devient à

ces températures son propre thermomètre.

Cette méthode a été mise en œuvre par Giaque et ses collaborateurs, en Californie, par de Haas et Wiersma au laboratoire cryogène de Leyde, par Kürti et Simon à Oxford ; plus récemment, ces deux derniers physiciens, avec la collaboration de MM. Rollin et Lainé, ont renouvelé ces expériences en France, en profitant du grand électroaimant de Bellevue, qui permet d'obtenir un champ de 40 000 gauss dans un entrefer de 3 cm, suffisant pour y placer les appareils dont une coupe est représentée sur la figure 6 ; on y remarquera que l'hélium liquide doit lui-même être protégé par une chemise d'hydrogène liquéfié. En opérant ainsi avec l'alun de fer et d'ammoniaque, Simon et Kürti ont atteint $0,01^{\circ}\text{K}$; mais le record paraît appartenir, avec $0,003^{\circ}\text{K}$, à de

Haas et Wiersma, employant l'alun de chrome et de potassium ; il faut noter pourtant que les températures ainsi appréciées ne sont pas sûrement comparables entre elles, puisque le corps thermométrique est différent pour chacune d'elles.

A ces températures exceptionnellement basses, on ne peut pas constater que la matière ait été dépouillée de toute énergie, car elle laisse apparaître encore des propriétés inattendues : c'est ainsi que la conductibilité calorifique exceptionnelle de l'hélium liquide a été un sujet d'étonnement pour les physiciens ; de même encore, le passage à

l'état supraconducteur (du courant électrique) a été constaté, pour le zirconium à $0,78^{\circ}\text{K}$, pour le cadmium à $0,54^{\circ}\text{K}$, et pour le hafnium à $0,35^{\circ}\text{K}$.

On peut donc admettre, actuellement, que le pôle du froid a été atteint à un centième de degré près. Et ceux qui, avec une curiosité sympathique, suivent les efforts poursui-

vis pour aller plus loin, peuvent encore se demander si la science n'est pas, cette fois, au bout de ses ressources ; non, répond alors le docteur Simon : l'analyse de la structure hyperfine des spectres atomiques a montré que les noyaux possèdent un certain moment magnétique ; ce paramagnétisme nucléaire, peu sensible aux températures supérieures à $0,1^{\circ}\text{K}$, doit se développer considérablement au-dessous de cette limite ; le développement de cette nouvelle propriété doit, suivant le docteur Simon, permettre de poursuivre la marche au pôle jusqu'à $0,0001^{\circ}\text{K}$. Mais la réalisation de ce projet est, naturellement, réservée à l'avenir, et rien ne fait prévoir qu'on parvienne jamais à dissocier complètement la matière et l'énergie.

L. HOULLEVIGUE.

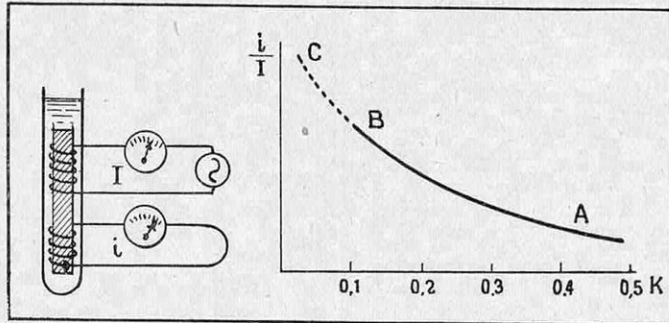


FIG. 7. — COMMENT ON ÉVALUE AUJOURD'HUI DES TEMPÉRATURES INFÉRIEURES A $0,1^{\circ}\text{K}$.

Un premier circuit, enroulé autour de l'échantillon paramagnétique, reçoit un courant sinusoïdal dont l'intensité efficace I est indiquée par un ampèremètre ; un second circuit recueille le courant induit dont l'intensité efficace i est pareillement mesurée ; on représente par une courbe AB les valeurs mesurées de i/I pour différentes températures supérieures à $0,1^{\circ}\text{K}$; cette courbe, prolongée en BC, permet d'évaluer par extrapolation les températures inférieures à cette limite.

DE L'ANTIQUE MÉDECINE HUMORALE A LA CONCEPTION MODERNE DE L'ÉTAT COLLOIDAL

Par Jean LABADIÉ

La doctrine pastoriennne — telle que l'ont établie les disciples de l'école de Pasteur — considérait les maladies infectieuses comme dues uniquement à l'action d'un agent microbien. La célèbre formule : « Le terrain n'est rien, le microbe est tout » en concrétisait alors le principe. Pour lutter contre le microbe, le praticien intervenait alors tant par le vaccin préventif que par le sérum curatif. L'école de Claude Bernard affirmait au contraire : « Le microbe n'est rien, le terrain est tout. » Ainsi fut mis en évidence le rôle essentiel du terrain. C'est ce que les biologistes appellent le « milieu intérieur » (le sang, les humeurs). Son pouvoir régulateur intervient en effet pour rétablir l'équilibre rompu par le jeu des « métabolismes » (1) microbiens. Cependant, il y a de nombreuses maladies dont la cause n'apparaît ni sous l'aspect d'un microbe, ni sous celui d'une « dysfonction » organique (trouble fonctionnel). L'origine peut donc, dans ce cas, être attribuée à une rupture générale ou locale de l'équilibre physico-chimique de ce même « milieu intérieur » ; par exemple, le passage de l'état de suspension colloïdale à celui de floculat. Pour M. Auguste Lumière, c'est cet état colloïdal qui détermine la vie et assure la santé, alors que c'est la destruction de cet état (floculation) qui entraîne la mort. C'est en tenant compte de ces considérations que la physiologie moderne s'oriente peu à peu vers l'examen non plus seulement de la composition chimique brute des liquides organiques et du dosage minutieux de leurs éléments constitutifs, mais de l'étude de la constitution physique de ces suspensions colloïdales et de leurs particules unitaires. Ces particules vont des micelles visibles au microscope aux molécules isolées des albuminoïdes et protéines, « matières premières » de tous les corps vivants. Sans vouloir, comme certains savants, chercher la première manifestation de la vie dans la molécule chimique, on peut penser cependant que la détermination exacte de l'architecture de ces molécules élémentaires et surtout des dissymétries dans la répartition de leurs atomes, constitue le problème-clé — effroyablement complexe à vrai dire — qui, seul, pourra nous fournir l'explication vraiment rationnelle de l'action des produits biologiques tels que les vitamines ou les hormones, ainsi que des phénomènes — malgré tout encore mystérieux — de sensibilisation et d'immunité aux maladies infectieuses.

Au Palais de la Découverte, nous avons terminé sur l'œuvre de Pasteur notre Tour d'horizon de la Médecine, considérée dans son magnifique épanouissement présent (2). Nous avons montré qu'en appuyant le diagnostic sur l'auscultation, Laënnec avait inauguré la voie par laquelle toute la Physique devait accourir progressivement, pour aider le médecin à dépister le mal. Puis, c'est la Biochimie, dont Claude Bernard est le père, qui ouvrit une seconde dimension au monde médical : commencée aux diastases, la chimie des produits spécifiquement biologique aboutit maintenant à l'immense problème des « hormones », produits de la *sécrétion interne* (3). Enfin, par sa découverte du monde microbien, Pasteur

nous est apparu comme ayant tracé encore une voie nouvelle, la dernière, semblait-il, que le médecin puisse désormais espérer.

Grâce aux théories pastoriennes, chaque maladie infectieuse est, en effet, attribuée ou attribuable à un microbe, connu ou inconnu. Par la vaccination comme par la sérothérapie (1), le médecin est aujourd'hui capable de neutraliser les « toxines » de la plupart des microbes connus, responsables de ces infections. Et l'on peut raisonnablement espérer que, pour les maladies infectieuses dont le microbe est repéré (telles que la tuberculose), le vaccin préventif ou le sérum curatif seront tôt ou tard découverts, s'ils ne le sont pas encore. Ainsi la thérapeutique pastoriennne semblait prolonger et clore le chapitre de la biochimie médicale. Les diastases ont été, dès l'origine, assi-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 416.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 411.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 214, page 301.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 200, page 97.

milées à des «ferments» solubles. La «fermentation» nocive en quoi consiste le développement d'une maladie infectieuse trouve, dans le vaccin ou dans le sérum *immun*, les agents biochimiques qui neutralisent ses effets, soit en immunisant le bien portant, soit en aidant le malade à vaincre l'infection.

Eh bien ! quels que soient le génie de Pasteur et l'immensité de ses découvertes, ils ne sauraient marquer le summum du progrès ; celui-ci ne connaît pas de frontières. De la thérapeutique pastoriennne des maladies infectieuses sont nés des problèmes que Pasteur ne pouvait prévoir, qu'il serait le premier à reconnaître et qu'il aiderait à résoudre de toutes les forces de son intelligence, s'il vivait encore.

Ce sont ces problèmes que nous allons examiner en nous aidant des travaux de M. Auguste Lumière, correspondant de l'Académie des Sciences et de l'Académie de Médecine. Ses théories neuves et, par conséquent, controversées comme le furent celles de Pasteur, ses recherches de laboratoire et, finalement, ses résultats cliniques ont, depuis longtemps, captivé l'attention du monde savant.

La pensée de M. Auguste Lumière est d'ailleurs en accord avec un mouvement général de la médecine contemporaine que l'on peut intituler : *la médecine physico-chimique* et, dont voici l'esprit.

Le microbe n'est pas toute la maladie : la lésion organique, pas davantage

Il ne s'agit pas, comme on l'a tant de fois, et bien à tort, répété, d'une «réaction» contre Pasteur. Nul ne conteste que des millions de vies humaines ont été sauvées par la médecine pastoriennne. Il s'agit seulement de savoir d'abord si le microbe représente à lui seul *toute la cause* des maladies infectieuses.

Et puis, il y a tant de maladies qui ne sont pas infectieuses, mais résultent seulement d'une «dysfonction» organique. C'est ainsi que le trouble fonctionnel du pancréas engendre le diabète ; on guérit le diabète en administrant non plus un sérum mais la sécrétion (l'hormone) d'un pancréas normal emprunté à un animal quelconque. Car les sécrétions internes ont les mêmes propriétés dans l'ensemble du règne animal ; c'est pourquoi

le pancréas de bœuf, entre autres, fournit l'*insuline*, en quantité industrielle, comme remède souverain aux cliniciens du diabète. Et c'est là une thérapeutique «physiologique».

Il existe enfin des maladies, le cancer, par exemple, dont l'*étiologie* (la causalité, si vous préférez) demeure, jusqu'ici, totalement mystérieuse.

Il n'y a *peut-être* pas (d'aucuns disent «probablement» ou même «certainement»

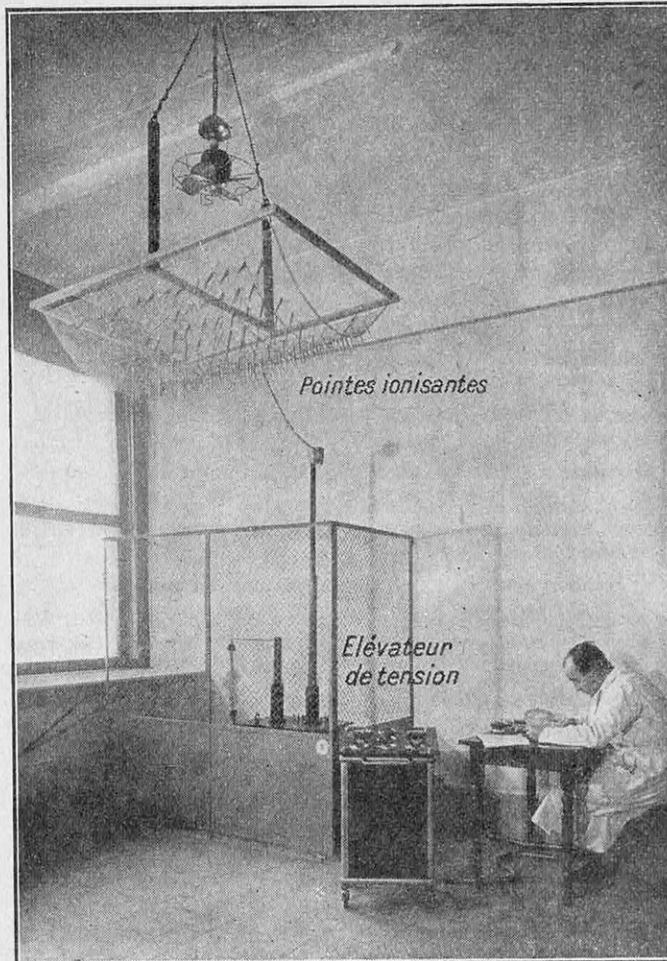


FIG. 1. — SALLE D'APPLICATION D'UNE MÉTHODE NOUVELLE DE TRAITEMENT : L'IONISATION NÉGATIVE

L'atmosphère de la pièce est chargée d'électricité négative par les effluves jaillissant des pointes métalliques de l'écran à très haut potentiel suspendu au plafond.

pas) d'agent microbien du cancer. On n'a pas davantage identifié l'« hormone » précise dont la carence éventuelle expliquerait le cancer. Où et comment, dans ce cas terrible, faut-il chercher la cause de la maladie? Faut-il limiter nos espoirs aux théories pastorienne et physiologique, et attendre une découverte miraculeuse dans le cadre de ces théories? Solution paresseuse.

Autre exemple : l'asthme. La cause immédiate est, ici, d'origine nerveuse : mais l'explication ne peut en rester là. Il faut découvrir la cause de l'excitation nerveuse qui provoque la crise asthmaticque. Nous en dirions autant de la crise épileptique et d'une infinité d'autres malaises.

Dans tous ces exemples, la cause morbide n'apparaissant sous l'aspect ni d'un microbe, ni d'une dysfonction organique, il ne reste plus qu'à tenter de la situer dans l'équilibre physico-chimique de ce que les biologistes dénomment le « milieu intérieur » ou, suivant le mot vulgaire : *les humeurs*.

La renaissance de la médecine « humorale »

Et nous voici revenus, semble-t-il, à la vieille « médecine humorale », celle qui, du fond du moyen âge — et même de l'anti-

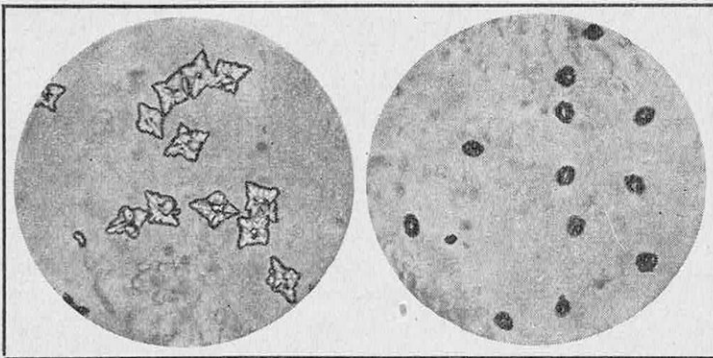


FIG. 2. — SULFATE DE BARYTE NORMAL ET, A DROITE, PRÉCIPITÉ EN PRÉSENCE D'HYPOSULFITE DE MAGNÉSIUM. Le premier, administré par injection cardiaque à un cobaye, le tue. Le second ne modifie en rien sa circulation sanguine. Les microphotographies ci-dessus montrent que le sulfate normal (à gauche) apparaît sous forme de cristaux « agressifs » pour les terminaisons nerveuses des vaisseaux capillaires. Le sulfate précipité (à droite) a ses cristaux enrobés d'hyposulfite qui émousse leurs pointes.

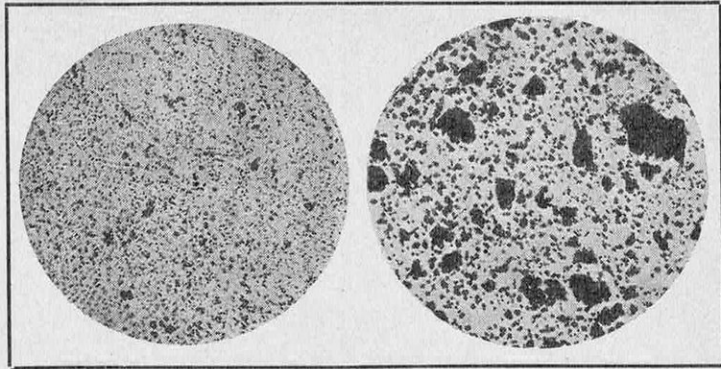


FIG. 3. — DEUX PRÉPARATIONS DIFFÉRENTES D'UN MÉTAL A L'ÉTAT COLLOIDAL (FER)

A gauche : la préparation ne révèle, au microscope, que de rares grains métalliques dont le diamètre atteint 5 microns (millièmes de millimètre) avec une majorité de grains dont la taille oscille entre 1 demi-micron et 1 dixième de micron. A droite : la préparation révèle des grains métalliques énormes (supérieurs à 100 microns, soit 1 dixième de millimètre), avec des tailles décroissantes jusqu'à 1 micron. On conçoit que, dans un traitement par injection intraveineuse, il soit capital de vérifier avec précision l'état granulaire d'une telle préparation, ou de ses analogues.

quitte, — aboutit, avec les médecins de Molière, aux remèdes universels bien connus : *purgare, saignare, repurgare*. Plus récemment, toutefois, des médecins contemporains ont pratiqué l'« humorisme » en recherchant très scientifiquement les perturbations survenues dans les propriétés physiques ou dans la composition chimique du « plasma sanguin » et des liquides organiques. On mesure l'acidité, l'alcanilité, la viscosité, la tension superficielle, l'indice réfractométrique de ces liquides. On dose leurs éléments constitutifs tels que :

sels, protéines diverses, lipoides, urée, pigments, glucoses, diastases et, finalement, les éléments étrangers, anormaux.

Mais ces mesures, aujourd'hui d'une grande précision, ne peuvent fournir que des indications, fort précieuses, mais incapables de révéler la cause précise d'un malaise donné. Les doses chimiques, les indices physiques indiquent l'effet de la maladie sur la composition des humeurs, mais non la cause de la maladie. A preuve : injectons à un individu sain toutes les substances, appropriées et dosées, qui reproduisent exactement les altérations humorales constatées au cours

d'une maladie déterminée. Il ne s'ensuit nullement que l'individu contracte, par cette injection, la maladie en question. Aucun symptôme grave n'apparaît. L'organisme élimine plus ou moins vite les produits injectés. Et tout est dit.

Cette expérience montre bien que l'étude des effets n'est pas suffisante, en médecine, pour découvrir la cause de ces effets.

L' « anaphylaxie », ce sphinx nouveau venu des phénomènes morbides

Par contre, voici un phénomène morbide, hélas ! très commun et qui apparaît comme un défi au dosage « logique » des poisons.

Il existe des personnes qui sont « sensibles » à l'ingestion de certains aliments tels que les moules. Ordinairement, elles ont eu une première indigestion de moules. Après quoi, *un seul* de ces coquillages suffit à déclencher ultérieurement le renouvellement *aggravé* du malaise. On dit que le malade est, dans ce cas, « sensibilisé » aux moules. Ce phénomène de la « sensibilisation » a été découvert par deux maîtres, Charles Richet et Portier. Voici leur expérience, aujourd'hui classique : on injecte à un chien une dose assez importante d'extrait d'*actinies de mer*. Le chien la supporte. Quinze jours plus tard, on injecte au même chien une dose *minime* de ce même extrait : le chien succombe, comme sous l'effet d'un choc. C'est le choc *anaphylactique*.

Richet et Portier interprétèrent cette expérience en considérant le produit injecté comme un « poison » : la première dose, *massive et cependant bénigne*, aurait donc comme effet, suivant ces auteurs, de préparer l'action ultérieure *foudroyante* de la seconde dose, *extrêmement réduite*. Ainsi interprété, le phénomène de *sensibilisation* serait strictement l'inverse du phénomène de *immunité* dans la « vaccination ». L'injection des toxines *atténuées* vaccinales constitue, en effet, un préservatif contre

les toxines *virulentes* du microbe éventuel. La sensibilisation anaphylactique, tout au contraire, préparerait, par une première dose de poison, forte et inoffensive, l'action morbide d'une dose minime ultérieure.

Mais, dans l'anaphylaxie, s'agit-il bien réellement d'un « poison » ? L'interprétation de Richet et Portier est d'ailleurs celle du public, qui admet, sans discussion, que les moules « empoisonnent ». Or, la sensibilisation anaphylactique se produit *avec n'importe quelle « protéine »*. Les Cosaques du Don se nourrissent de cheval. Quand, pour une cause quelconque, en cas de diphthérie par exemple, il faut les traiter au sérum de cheval, on déclenche des chocs anaphylactiques en série. Tant et si bien qu'il a fallu préparer à leur intention le sérum antidiphthérique sur un autre animal que le cheval. Dans ce cas d'anaphylaxie, la viande de cheval serait, à elle seule, un poison ! Absurde.

M. Auguste Lumière s'élève

donc, avec raison, contre l'interprétation classique de l'anaphylaxie... Il réclame et propose une autre théorie de la « sensibilisation ».

Et, par la même occasion, s'il a raison pour la *sensibilisation* anaphylactique, il a bien des chances d'avoir encore raison lorsqu'il demande, exactement, pour les mêmes motifs, la révision de la théorie de l'*immunité*, — c'est-à-dire de la vaccination — puisque, nous venons de le voir, on peut considérer les deux phénomènes comme inverses l'un de l'autre.

Et, de ce dernier point de vue — qui est celui des maladies infectieuses — est-on bien assuré que les « toxines » microbiennes agissent comme des poisons définis par une formule chimique ? Je rappellerai qu'ici même nous avons montré que, sur les quatre « pneumocoques » connus, un seul de ces microbes était infectieux pour les poumons, parce que, semble-t-il, le « sucre », dont il se fait une cuirasse, est *sénestogyre* — pola-

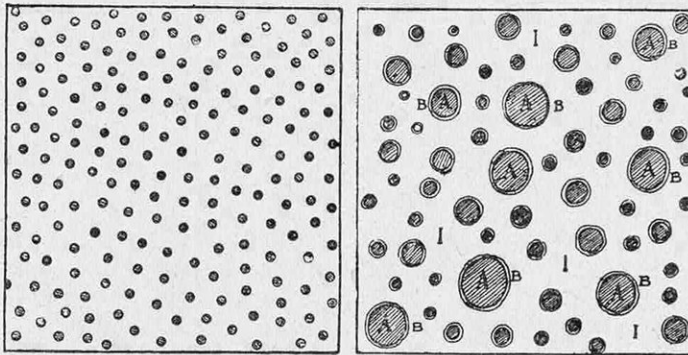


FIG. 4. — COMMENT SONT CONSTITUÉS UN COLLOÏDE MOLÉCULAIRE ET UN « MICELLOÏDE »

A gauche : colloïde moléculaire ; à droite : colloïde micellaire avec, en A, des granules et B les couches périgranulaires dont l'ensemble forme une micelle baignant dans le liquide I.

risant la lumière à gauche, — tandis que les sucres dont s'enroberent ses congénères sont *dextrogyres* — polarisant à droite (1). Cette observation, effectuée à l'Institut Rockefeller, montre bien que la « formule chimique » (la même, cependant, pour les quatre sucres) ne domine pas forcément la notion de toxicité.

Et que dire de la *compatibilité sanguine* (2) d'après les « groupes » de Landsteiner? Non seulement on ne rencontre pas, dans l'accident de l'agglutination sanguine (par mélange de sangs différents) de corps chimiques nocifs, mais encore ceux qu'on étiquette « agglutinines » et « agglutinogènes » demeurent sciemment hypothétiques, inexistantes en tant que composés chimiques.

matière que l'on (1) a reconnu depuis longtemps comme inséparable de la vie et comme figurant la condition primordiale de son développement, de son fonctionnement : l'état colloïdal.

Tout ce qui vit, toutes les cellules, le plasma qu'elles renferment, les humeurs qui les baignent et les nourrissent, les produits qu'elles sécrètent, bref, toute matière jouant un rôle dans le fonctionnement d'un être vivant apparaît au physicien comme étant un colloïde, c'est-à-dire une substance comportant un solvant (en majeure partie composé d'eau) et des corps non pas « dissous », mais *en suspension* sous forme de particules distinctes. Ces particules sont toujours électrisées, et c'est pourquoi, char-

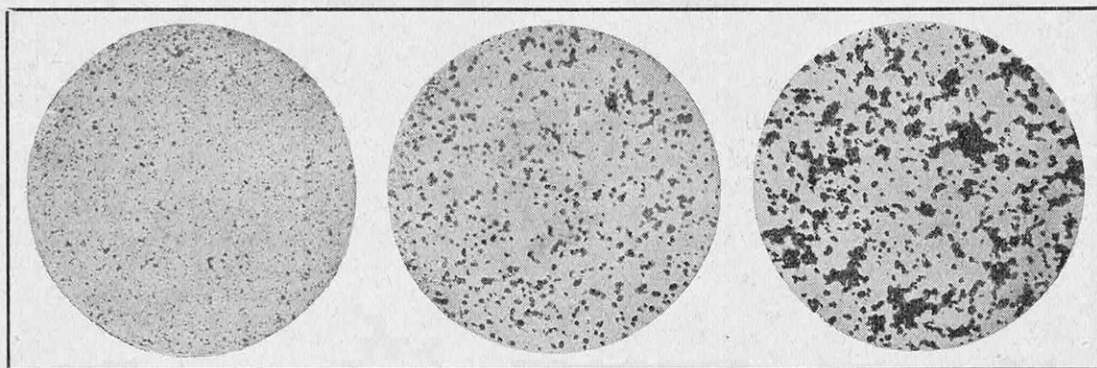


FIG. 5. — GROSSISSEMENT PROGRESSIF DU GRAIN D'UNE ÉMULSION DE BROMURE D'ARGENT JUSQU'À CESSATION DE L'ÉTAT DE SUSPENSION ET À LA FLOCCULATION

Toutes ces observations, et bien d'autres encore, conduisent à rechercher une loi de causalité nouvelle pour les phénomènes de plus en plus nombreux dont elles se prévalent. La théorie pastorienne et la théorie physiologique étant non pas renversées mais *impuissantes* devant certains faits, c'est à une théorie physico-chimique du « milieu intérieur », des humeurs — et, pour tout dire, de la matière vivante elle-même, considérée sous tous ses aspects — qu'il convient de demander les explications nécessaires pour éclaircir les divers phénomènes que nous venons de signaler.

Le principe d'Auguste Lumière : l'« état colloïdal » détermine la vie et la santé ; sa destruction entraîne la mort

La nouvelle médecine humorale ne procédera pas par « dosages » chimiques. Elle portera son attention sur un « état » de la

gées de même signe, elles se repoussent.

Si elles viennent à perdre leur charge électrique, elles s'agglomèrent : le colloïde se coagule ; l'état colloïdal disparaît. Cette coagulation s'effectue par *flocculation* de plus en plus accentuée. L'état colloïdal comporte en effet des degrés : les particules en suspension, ou *micelles*, peuvent être de grosseurs très variables dans une même suspension colloïdale. Les micelles peuvent atteindre 100 μ . de diamètre ; elles peuvent descendre à 0,5 μ . et plus bas encore. Et, finalement, échappant au microscope, même à l'*ultra-microscope*, la micelle peut — tout autorise à le croire — se limiter à une seule molécule isolée, quand la molécule est très grosse — ce qui est précisément le cas des « protéines » et des « albuminoïdes », matières premières de tous les corps vivants. On est alors en présence d'un « colloïde moléculaire », que M. Auguste Lumière distingue

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

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 118.

(1) Le grand biologiste allemand Jacques Loeb notamment, qui demeure l'une des gloires de l'Institut Rockefeller.

expressément des « colloïdes micellaires » ou « micelloïdes » (fig. 4).

On peut même aller plus loin et considérer que certaines dissolutions *salines* dont les molécules dissoutes sont très grosses, révèlent des propriétés qui les rapprochent des colloïdes. Lorsque, par conséquent, on objecte à M. Auguste Lumière, chimiste-né, qu'il existe des « humeurs » contenant des protéines à l'état dissous, et que ces humeurs n'étant plus, en fait, des colloïdes, échappent à ses théories, l'objection en question témoigne simplement de l'ignorance de ce fait, aujourd'hui reconnu, qu'il n'existe pas de frontière tranchée entre l'état colloïdal et l'état « cristalloïde » (1).

L'affirmation de M. Lumière que toute la matière vivante est « colloïdale » ne souffre donc aucune exception.

Ceci posé, quelle est la théorie biologique et pathologique tirée par M. Lumière de la notion chimique des « colloïdes »? Elle se résume d'une phrase que j'emprunte textuellement à l'auteur: *L'état colloïdal détermine la vie et la santé. La destruction de cet état, ou floculation, détermine la mort.*

Entre la santé et la mort, la « floculation » peut prendre des intensités extrêmement nuancées; elle peut également se localiser dans des organes ou sur des humeurs extrêmement variés. On conçoit donc, par là même, que ce phénomène physico-chimique de la floculation puisse déterminer des maladies et des malaises variés dans les mêmes proportions.

La conséquence médicale de la thèse biologique de M. Auguste Lumière est immédiate: toute thérapeutique doit tendre à empêcher la floculation des matériaux vivants, afin de maintenir ceux-ci dans l'état colloïdal

(1) L'analyse électronique comme celle des rayons X, appliquée aux huiles lubrifiantes (colloïdes s'il en fut), révèle que leurs molécules sont ordonnées comme celles d'un cristal, quand on prend le film lubrifiant en lame mince. (Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 109.)

qui est, ainsi que nous venons de l'exposer, leur état naturel de santé.

Les conséquences pathologiques de la « floculation »

— Comment, demanderez-vous, cette thèse si simple se relie-t-elle aux phénomènes morbides cités plus haut, à commencer par la sensibilisation anaphylactique?

C'est très simple. Dans le cas du « choc » anaphylactique, la cause du mal — le « corps du délit », comme dit M. Lumière —

n'est autre que le « floculat », c'est-à-dire le grumeau plus ou moins volumineux, plus ou moins compact, qui résulte de la floculation colloïdale.

Le floculat, produit par l'agglutination des micelles, est emporté dans le torrent de la circulation sanguine. Il parvient aux vaisseaux capillaires et, là, irrite plus ou moins (suivant sa nature, sa densité, sa grosseur) les terminaisons nerveuses « endovasculaires », c'est-à-dire les extrémités ramifiées du système sympathique qui viennent s'épanouir dans les parois artérielles.

Comme tous les or-

ganes de la vie végétative sont tributaires de l'alimentation sanguine, et comme ils sont tous réglés par l'action du système sympathique, nous concevons (sans entrer dans le détail des réactions physiologiques) que l'intervention de la mitraille des floculats à travers les capillaires provoque un choc général — ou même spécialisé sur tel ou tel organe.

Voici maintenant la contre-épreuve de laboratoire. Si l'on injecte, dans les veines d'un animal, un précipité d'un corps « non toxique », de sulfate de baryte par exemple (ce précipité étant du même ordre de finesse, dans ses grains solides, que les floculats colloïdaux), cette injection provoque des accidents pathologiques tels que *hoquet, prurit, hémorragies, urticaire, baisse de tension artérielle, vomissements, diarrhées, altération des rythmes respiratoire et circulatoire,*

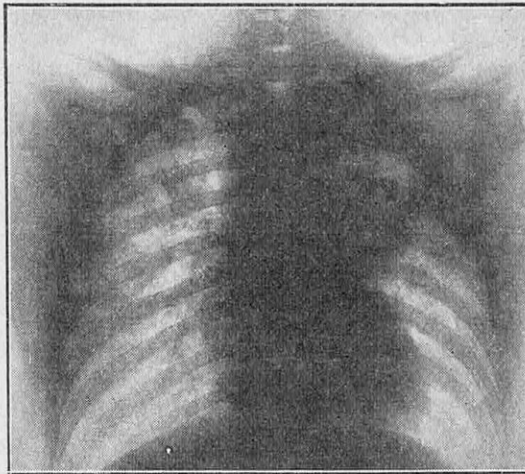


FIG. 6. — RADIOGRAPHIE D'UNE LÉSION TUBERCULEUSE « MUELTE »

Il n'est pas besoin d'être spécialiste pour distinguer les « voiles » caractéristiques des lésions à droite et à gauche de la région centrale (très sombre, afférente aux viscères). Cependant la maladie, nettement diagnostiquée, n'évolue pas. Dans d'autres cas, analogues, la maladie bien qu'existant réellement n'est même pas soupçonnée.

troubles endocriniens, paralysies, que l'on rencontre précisément dans le choc anaphylactique — et dont le fameux « empoisonnement par les moules » nous a fourni l'exemple.

Conséquences pratiques bienfaisantes de l'anaphylaxie

Si la floculation est un désastre en tant qu'éroulement de l'architecture colloïdale, en tant que facteur de destruction de l'équilibre humoral, elle offre exactement la même contrepartie que la vaccination, infection bénigne, relativement à la maladie, infection virulente. Autrement dit, la sensibilisation anaphylactique peut apporter avec elle l'immunité, l'auto-défense.

Supposons, en effet, que, par infection « inapparente » — suivant le terme désormais classique de Charles Nicolle (1) — ou encore par vaccination, une protéine microbienne soit venue imprégner et sensibiliser le milieu humoral d'un sujet. Cette sensibilisation, du seul fait que la maladie ne s'est pas déclenchée, se retourne contre les protéines qui constituent le microbe lui-même et ses excréments toxiques. C'est aux dépens du corps microbien, lorsqu'il se présentera, et de ses toxines que s'effectuera donc la floculation destructrice. Ainsi la théorie de M. Lumière explique la « vaccination ».

Il en déduit, par exemple, qu'en présence de l'immense diffusion du bacille de Koch en Europe la « presque totalité » de ses habitants ont été imprégnés dès leur jeune âge par le bacille. En sorte que nous

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 227, page 356.

sommes tous immunisés en principe (1). Les sujets qu'atteint la forme virulente du mal sont des sujets que leur instabilité humorale met en état de moindre résistance. Et cette instabilité résulte d'une préparation « héréditaire » ou d'autres causes secondes. Ainsi, la tuberculose ne serait pas contagieuse au sens strict du mot.

Mais n'entrons pas dans cette controverse de la « non-contagion » de la tuberculose.

Ce n'est pas notre rôle d'y participer. N'entrons pas davantage dans l'étiologie du cancer, telle que la présente M. Auguste Lumière en déduction parfaitement cohérente de sa théorie colloïdale.

Restons dans la ligne générale de notre exposé et constatons simplement ceci : puisque la « sensibilisation anaphylactique » n'a pas que des conséquences regrettables, et puisque le floculat, emporté dans le torrent sanguin, apparaît, suivant l'expression précise de M. Lumière,

comme le « grand moteur du sympathique », il est évident que, d'agent pathogène, le floculat peut devenir agent thérapeutique, moyen de guérison.

Ainsi apparaît une nouvelle méthode de traitement : la « granulothérapie », qui consiste à lancer dans le torrent circulatoire, sous forme de précipités solides, l'équivalent physique des floculats colloïdaux. C'est ainsi que l'injection intraveineuse de carbone, de Rubiazol, corps non-bactéricides, constitue cependant des médications

(1) C'est pourquoi la recherche du « vaccin » antituberculeux est si décevante et c'est pourquoi ce vaccin (Calmette) n'a pu être obtenu que pour les nouveau-nés.

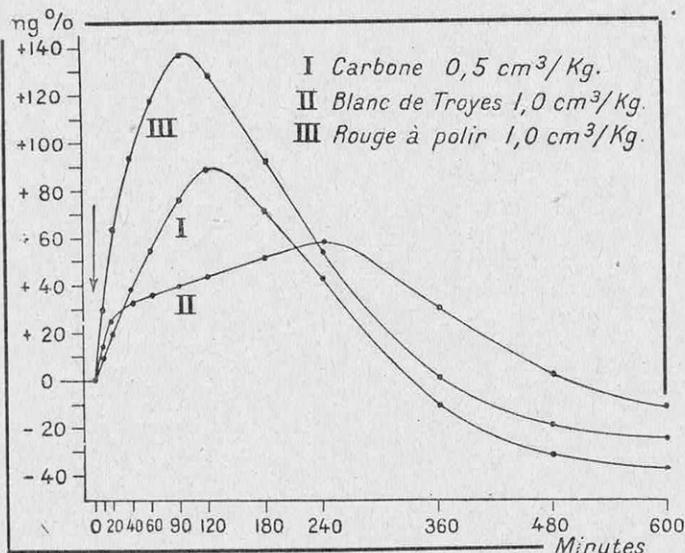


FIG. 7. — ACTION DES PARTICULES SOLIDES (INJECTÉES) SUR LA GLYCÉMIE

La teneur du sang en sucre (glycémie) représentée en ordonnées, est modifiée par l'injection intraveineuse des corps pulvérulents inertes. Le problème se posait de savoir si cette modification provenait d'une action directe sur le foie ou d'une irritation du système sympathique qui commande les glandes rénales et surrénales. Notre texte expose comment M. Lumière l'a résolu par la seconde affirmation. Les courbes ci-dessus montrent l'énorme influence de la forme des granules inertes injectées : le fer (rouge à polir), le carbone, la craie ont, chacun, une activité « hyperglycémique » très différente.

efficaces contre les infections à streptocoques.

M. Lumière estime que des méthodes analogues, ayant pour effet de modifier préventivement le milieu intérieur et de le rendre inapte au développement du microbe, doivent tôt ou tard, avoir raison de la tuberculose.

En attendant, l'« imprégnation tuberculeuse », toute « vaccinnante » qu'elle est vis-à-vis du bacille de Koch, imprégnation quasi universelle en Europe, demeure, suivant M. Lumière, la responsable d'une foule de maladies dont elle prépare l'éclosion : la goutte, l'asthme, le rhumatisme chronique, la démence précoce, la maladie de Basedow, etc.

On comprend que le problème de la tuberculose ainsi élargi ait suscité d'âpres controverses dans ce monde

« irritable » et « sensibilisé » entre tous à l'innovation scientifique qu'est le corps médical.

La médecine humorale doit s'aider d'« analyses » exactes et non procéder d'examen cliniques pratiqués en série

La nouvelle médecine humorale, dont M. Auguste Lumière nous a ouvert la perspective par un laborieux effort qui s'échelonne sur quarante années d'études dans l'admirable établissement qu'il a fondé à

Lyon, cette médecine prend un aspect singulièrement humain.

La médecine ainsi comprise prend comme point de départ, pour tous ses diagnostics, le tableau général — une « fiche d'ensemble » — des données objectives, des mesures physi-

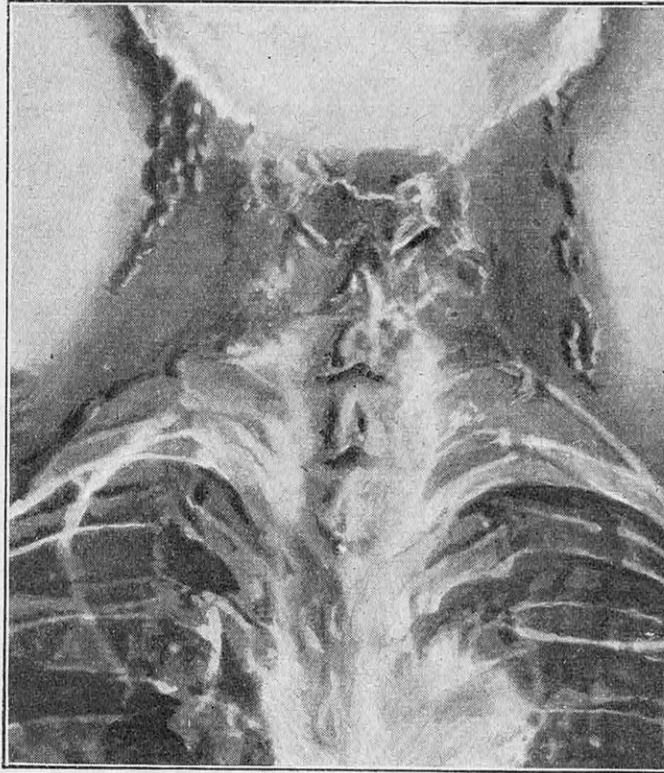


FIG. 8. — RADIOGRAPHIE SPÉCIALE (OBTENUE PAR DES MÉTHODES STÉRÉOSCOPIQUES) QUI MONTRE, EN LES EXAGÉRANT, LES DÉPÔTS CALCIFIÉS RÉALISÉS SUR UN MALADE AU NIVEAU DES VERTÈBRES CERVICALES

cochimiques, afférentes à chaque malade et qui lui sont particulières. L'acquisition de ces données exige une installation scientifique à grande échelle, un « centre d'analyses » à compartiments nécessairement spécialisés. Cette installation dépasse les facultés du médecin privé. Par contre, une fois acquises les données en question, c'est au *médecin de la famille*, au docteur qui possède une vue d'ensemble sur l'« idiosyncrasie » (comme on disait jadis) de sa clientèle, qu'il ap-

partient d'interpréter ces données. Comme on voit, le *centre d'analyses* est tout autre chose que le *centre clinique*, dans lequel défilent, devant le « médecin de service », une série de sujets totalement inconnus de lui. Cette « socialisation » de la médecine est honnie, avec juste raison, nous semble-t-il, par le savant éminent qui a lui-même prêché d'exemple en fondant à Lyon l'établissement qui porte son nom.

J. LABADIÉ.

La production du naphte dans le monde a dépassé pour la première fois en 1937 2 milliards de barils, soit en poids 270 millions de tonnes. L'extraction du pétrole s'accroît donc constamment : elle a doublé en moins de quinze ans. C'est dans le Proche-Orient (Iran, Irak, Bahrein) que cette extraction a crû le plus rapidement : elle est double de ce qu'elle était il y a seulement cinq ans.

COMMENT LA MÉCANIQUE ONDULATOIRE A ENGENDRÉ DE NOUVELLES METHODES DE CONTROLE INDUSTRIEL

Les travaux de C.-J. Davisson et G.-P. Thomson
(Prix Nobel 1937)

Par J.-J. TRILLAT

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BESANÇON

Le prix Nobel de physique récemment décerné (1937) a été attribué aux physiciens C.-J. Davisson, Américain, et G.-P. Thomson, Anglais, pour leurs travaux sur la diffraction des électrons. La Science et la Vie (1) a déjà exposé à ce sujet les recherches théoriques du savant français Louis de Broglie, créateur de la Mécanique ondulatoire, ce qui lui valut le Prix Nobel de 1929. Comme toute théorie qui vise à rassembler des phénomènes d'apparence contradictoires sous un ensemble cohérent de lois générales, cette synthèse, à la fois audacieuse et géniale, s'appliquant aux conceptions corpusculaires et ondulatoires, ne révéla toute sa portée qu'à partir du jour où les physiciens parvinrent à imaginer et à réaliser des expériences — particulièrement minutieuses et laborieuses — capables de la justifier. Le prix Nobel décerné en 1937 pour la Physique récompense ainsi les deux savants qui, les premiers, parvinrent à apporter cette justification des théories relatives à la mécanique ondulatoire en réalisant précisément l'expérience fondamentale de la diffraction des électrons par les cristaux. Un tel phénomène peut être considéré comme présentant une analogie certaine avec la diffraction de la lumière par un réseau. Ce fait nouveau renseigne immédiatement le physicien sur la disposition des atomes dans les lames cristallines qui le provoquent. C'est là l'un des moyens parmi les plus puissants pour explorer le domaine de l'intime structure de la matière. On a pu ainsi établir récemment, par voie de conséquence, une méthode d'analyse électronique qui s'est imposée dans les laboratoires industriels de recherche et de contrôle, au même titre, par exemple, que le procédé des rayons X dont les applications sont aujourd'hui multiples. L'analyse électronique est maintenant en voie de rendre à la science appliquée des services comparables.

Conceptions corpusculaires et conceptions ondulatoires de la matière

COMME l'ont écrit Maurice et Louis de Broglie, « tout le développement de la Physique depuis une trentaine d'années a été dominé par la lutte des conceptions ondulatoires et corpusculaires ». Peu à peu, un peu confusément d'abord, plus clairement ensuite, s'est dégagée l'idée d'un lien profond entre l'image des corpuscules élémentaires et celles des ondes, lien où le « quantum d'action » joue un rôle essentiel.

Cette idée a trouvé son plein épanouissement dans l'éclosion de la mécanique ondulatoire, dont le postulat fondamental est qu'à toute particule indépendante de matière ou de rayonnement doit être associée la propagation d'une onde, l'intensité de

l'onde représentant en chaque point et à chaque instant la *probabilité* pour que la particule associée révèle sa présence en ce point à cet instant. La découverte cruciale, qui a établi sur une base expérimentale solide cette vue de l'esprit, est celle de la diffraction des électrons par les cristaux (1).

Selon les idées de Louis de Broglie, tout point matériel en mouvement est accompagné d'une onde qui occupe tout l'espace dont il est une singularité ; par conséquent, toute particule matérielle animée d'une certaine vitesse, doit être considérée comme liée à un système d'ondes associées.

Sans vouloir discuter ici en détail cette difficile question, bornons-nous à dire qu'en un certain sens l'onde « guide » le mouvement du corpuscule (électron par exemple) de telle façon que la probabilité de trouver

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 151, page 21.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 325.



CLINTON-J. DAVISSON
Physicien américain,
Prix Nobel de Physique 1937.

Là où l'onde a un maximum d'intensité se manifestera la présence d'un grand nombre de corpuscules, tandis que là où l'intensité de l'onde est faible ou nulle, il y aura peu ou pas de corpuscules. Cette correspondance statistique entre la distribution des intensités de l'onde dans l'espace et la répartition des particules associées est exactement celle qu'il est nécessaire d'admettre dans le cas d'une onde lumineuse et des photons associés pour rendre compte à la fois de la structure discontinue de l'énergie radiante et de l'existence de phénomènes d'interférences.

La nouvelle Mécanique ondulatoire, fondée sur l'union des idées d'ondes et de corpuscules, a été conduite à associer à un corpuscule (un électron, par exemple) de vitesse v et de masse m une longueur d'onde : $\lambda = h/mv$ ($h =$ constante universelle de Planck $= 6,55 \cdot 10^{-27}$). Pour des électrons qu'on peut notamment employer dans les expériences, les longueurs d'onde sont de l'ordre de l'angström (10^{-8} cm) ou d'une fraction d'angström, c'est-à-dire qu'elles sont comparables aux longueurs d'ondes des rayons X ordinaires ou très pénétrants.

Puisque la relation qui doit exister entre les corpuscules matériels et les ondes associées doit être la même que celle qui existe entre les photons de rayons X et l'onde associée, on est naturellement conduit à penser que l'on doit pouvoir obtenir avec des particules matérielles des phénomènes de diffraction par les cristaux tout à fait analogues à ceux que l'on obtient avec les rayons X (1) ;

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 239, page 358.

le corpuscule en un point est toujours égale à l'intensité de l'onde en ce point. Si l'on considère non plus un seul corpuscule, mais un grand nombre de corpuscules, la répartition dans l'espace de ces individus sera donc représentée statistiquement par la répartition des intensités dans l'onde.

c'est la vérification de cette prévision toute théorique, pour les électrons, qui constitue la *preuve expérimentale essentielle* sur laquelle repose la Mécanique ondulatoire, et il n'était donc que juste de récompenser par la haute distinction que constitue un prix Nobel les deux savants qui, les premiers, réussirent, par des expériences délicates, à apporter cette consécration définitive.

Le physicien américain Clinton Davisson réalise la diffraction des électrons lents

La marche suivie indépendamment par les deux chercheurs fut assez différente, bien que conduisant au même résultat.

Dès 1927, le physicien américain C. Davisson, associé à L.-H. Germer, réussit l'expérience fondamentale qui devait confirmer les lois de Louis de Broglie, et établir également l'existence pour les électrons d'un indice de réfraction ainsi que leur possibilité de diffraction, ce qui établissait d'une façon indiscutable la réalité des ondes associées.

Pour cela, C. Davisson fit des expériences analogues à celles qu'on peut réaliser en optique avec des réseaux ordinaires. On sait, en effet, que si l'on fait tomber sur un réseau formé de traits gravés sur verre un pinceau de lumière monochromatique, ce pinceau se trouve diffracté suivant certaines directions qui dépendent de la longueur d'onde et du nombre de traits par millimètre.

Il ne peut être question ici d'employer des réseaux gravés, si fins soient-ils : la théorie montre, en effet, que les longueurs d'ondes associées même à des électrons lents sont beaucoup trop petites.

Heureusement, les cristallins constituent, eux aussi, des réseaux parfaits, dans lesquels les traits sont formés par la juxtaposition régulière des atomes ; il est vrai que ces réseaux sont à trois dimensions au lieu de l'être à une ou à deux, mais le phénomène de



G.-P. THOMSON
Physicien anglais,
Prix Nobel de Physique 1937.

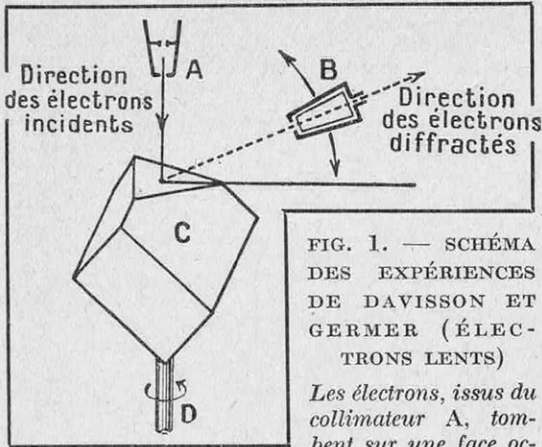


FIG. 1. — SCHEMA DES EXPERIENCES DE DAVISSON ET GERMER (ELECTRONS LENTS)

Les électrons, issus du collimateur A, tombent sur une face octaédrique d'un cristal cubique de nickel C, qui peut tourner autour d'un axe D. Les électrons sont diffractés suivant certaines directions privilégiées, que l'on repère au moyen d'une chambre d'ionisation B mobile. Chaque fois que celle-ci se trouve dans la direction exacte d'un rayon diffracté, on enregistre un fort accroissement du courant de la chambre d'ionisation.

diffraction ne différera pas essentiellement surtout si l'on ne considère que la surface ou plan naturel de clivage d'un cristal, qui forme un réseau à deux dimensions ou réseau croisé.

Les ondes émises par les divers atomes régulièrement disposés dans l'espace sont susceptibles, au point de vue de la théorie ondulatoire classique, d'interférer dans certaines directions, si l'on éclaire le réseau avec une onde définie. C'est ce qui a lieu, par exemple, avec les rayons X, et c'est ce qui a permis l'étude de la structure des

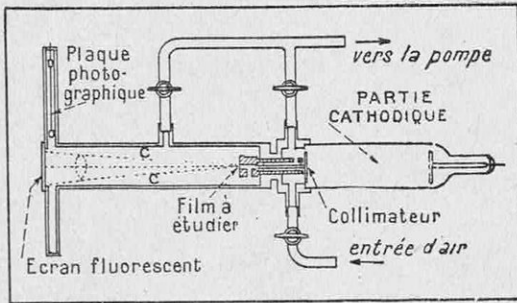


FIG. 2. — SCHEMA DE L'APPAREIL ORIGINAL DE G.-P. THOMSON POUR SES EXPERIENCES SUR LA DIFFRACTION DES ELECTRONS

Les électrons produits dans la partie cathodique traversent le collimateur et tombent à la sortie sur le film cristallin à étudier, où ils sont diffractés suivant certaines directions (C C). On peut observer leur trace sur l'écran fluorescent ou l'enregistrer sur la plaque photographique. On a indiqué, en C C, le cône de diffraction et, au centre, le trajet des électrons non déviés.

cristaux et une quantité d'autres applications dont beaucoup sont même rentrées maintenant dans le domaine industriel.

Davissou et Germer firent l'expérience suivante. En envoyant sur une face d'un cristal de vitesse v , ce pinceau se trouve dévié ou diffracté dans certaines directions seulement, que l'on peut déceler en déplaçant une « chambre d'ionisation » suivant des angles progressivement croissants. Chaque fois que cette chambre d'ionisation passe dans une région où se trouve un faisceau d'électrons diffractés, elle enregistre un courant électrique que l'on mesure directement. Ailleurs, elle n'enregistre rien.

Connaisant ainsi les angles pour lesquels apparaissent ces faisceaux diffractés ainsi que l'espace des atomes du nickel (c'est-à-dire la « constante » du réseau), Davissou et son collaborateur montrèrent que les

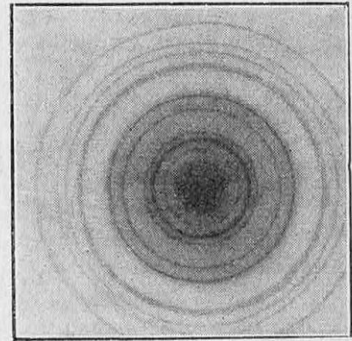


FIG. 3. - DIAGRAMME ELECTRONIQUE D'UNE FEUILLE D'OR

Ce diagramme met en évidence une structure microcristalline confuse, les cristaux étant répartis absolument au hasard. La feuille d'or en question a été obtenue par dépôt électrolytique.

faisceaux diffractés n'apparaissent que dans les régions que l'on pouvait déterminer par le calcul basé sur la formule de Louis de Broglie. Autrement dit, tout se passe exactement comme si les électrons étaient bien associés à une « onde pilote » donnée par la formule : $\lambda = h/mv$, et ceci par des considérations absolument analogues à celles utilisées en optique ondulatoire. Ainsi se trouvait vérifiée l'exactitude des théories de Louis de Broglie et se trouvait établi expérimentalement qu'un faisceau matériel, constitué par des grains matériels, peut être diffracté comme des ondes. Les expériences mémorables de Davissou n'ont pu être réalisées que grâce à la grande habileté de l'expérimentateur. De plus, les travaux de Davissou, effectués avec des électrons relativement lents, ont donné lieu à une série d'applications dans des voies imprévues ; la très faible profondeur de pénétration

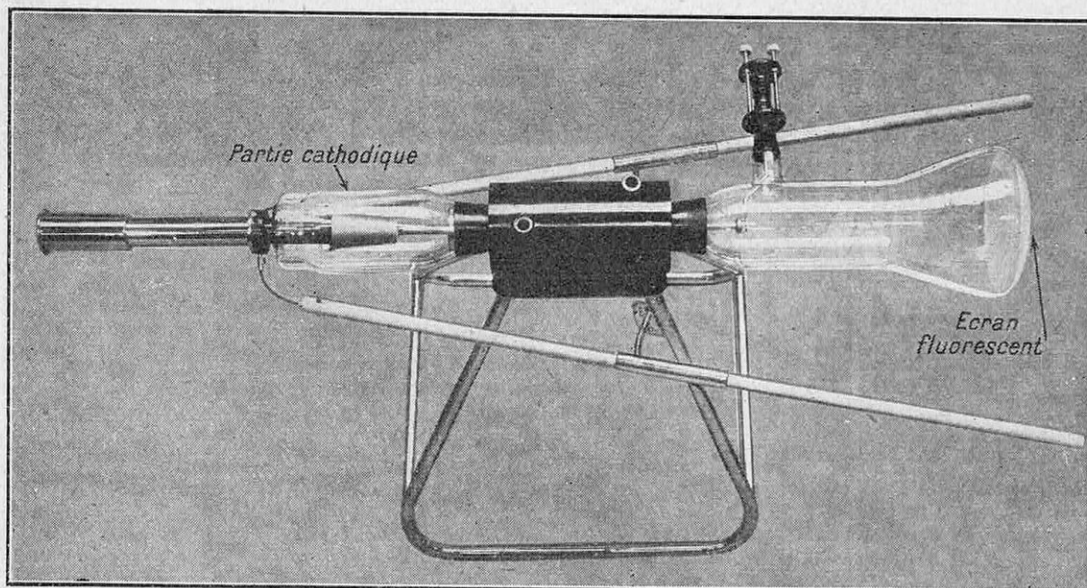


FIG. 4. — APPAREIL DE DÉMONSTRATION DE M. J.-J. TRILLAT POUR LA DIFFRACTION DES ÉLECTRONS, TEL QU'IL ÉTAIT EXPOSÉ AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE

des électrons lents a en effet suggéré l'idée d'utiliser la diffraction de ces particules pour l'étude des surfaces. Un des plus intéressants résultats a été l'étude, par Davisson, de la structure de surfaces métalliques ayant adsorbé des gaz : tout se passe comme si les atomes du gaz adsorbé se disposaient régulièrement entre les interstices des atomes du métal, en prenant, en quelque sorte, une structure « cristallisée » à deux dimensions. Cela permet d'apporter une explication nouvelle à des phénomènes physico-chimiques importants, comme la catalyse ou l'adsorption.

Le physicien anglais G.-P. Thomson met au point une méthode nouvelle pour explorer la structure intime de la matière

G.-P. Thomson — le fils de l'illustre physi-

icien anglais J.-J. Thomson — a opéré, lui, d'une façon beaucoup plus directe et peut-être encore plus probante, en utilisant une méthode calquée exactement sur la méthode la plus courante de sa spectrographie des rayons X, dite « méthode de Debye-Scherrer » ou « méthode des poudres » (1).

Le principe en est le suivant : on produit tout d'abord, dans une enceinte où règne un vide poussé, un faisceau très fin d'élec-

trons animés d'une vitesse constante (fig. 2) ; ce faisceau est obtenu par passage à travers un canal étroit, ou collimateur. Les électrons sont accélérés par une différence de potentiel constante de l'ordre de 30 à 60 000 V ; ce qui correspond, d'après Louis de Broglie, à une longueur

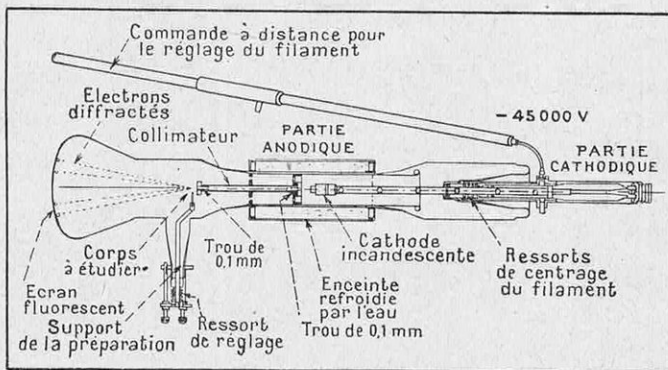


FIG. 5. — COUPE SCHÉMATIQUE DE L'APPAREIL CIDESSUS MONTRANT LA DISPOSITION DE SES ORGANES. Les électrons sont libérés dans la partie cathodique. Au centre, dans le corps de l'appareil, refroidi par une masse d'eau, est ménagé un canal définissant un fin pinceau d'électrons monocinétiques. A gauche, la préparation à étudier est portée à l'extrémité d'un support réglable de l'extérieur. Tout cet ensemble fonctionnait au Palais de la Découverte d'une façon entièrement automatique par le jeu d'un seul bouton.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 239 page 364.

d'onde associée de l'ordre de 0,07 à 0,06 angströms.

Le pinceau électronique traverse ensuite une très mince feuille composée d'un nombre considérable de petits cristaux, par exemple une feuille métallique d'or, de platine ou d'aluminium, dont l'épaisseur est de l'ordre du cent-millième au dix-millième de millimètre. Dans ces conditions, on sait que des ondes de longueur d'onde suffisamment courte seront déviées, ou diffractées, par les divers réseaux constituant les petits cristaux suivant certaines directions définies par les lois de l'optique ondulatoire. Si ces cristaux ont toutes les orientations possibles, le phénomène sera de révolution, c'est-à-dire que l'on obtiendra des cônes de diffraction centrés sur la direction du faisceau incident (fig. 2).

En intercalant sur leur trajet une plaque photographique, on obtiendra des séries d'anneaux concentriques tels que ceux représentés sur la figure 3 ; nous avons déjà indiqué dans d'autres articles (1) les renseignements nombreux que l'on pouvait tirer de ces diagrammes, et nous n'y reviendrons pas ici. Mais, ce qui est particulièrement intéressant, c'est que l'on peut rendre ces phénomènes visibles en recevant les cônes de diffraction non plus sur une plaque photographique, mais sur un écran fluorescent au sulfure de zinc ; celui-ci s'illumine vivement aux points où il est frappé par ces cônes.

Le professeur G.-P. Thomson a montré — et c'était là un point de la plus haute importance — que les faisceaux ainsi déviés ou cônes de diffraction étaient constitués non par des ondes, mais bien par des électrons, particules matérielles électrisées. En effet, en disposant un aimant sur le trajet des

faisceaux diffractés, il constata que ceux-ci étaient déformés et déviés par le champ magnétique, ce qui, évidemment, n'aurait pu se concevoir s'il s'était agi seulement d'ondes électromagnétiques. Cette expérience montre donc que l'« onde associée » n'agit en réalité que comme « onde pilote », dont le rôle est de diriger les électrons suivant les directions prévues en considérant la longueur d'onde de Louis de Broglie.

C'est en 1927 que G.-P. Thomson, assisté de R. Reid, réalisa ses premières expériences à l'Université d'Aberdeen, ouvrant

ainsi la voie aux innombrables applications dont on peut dire qu'il fut vraiment le promoteur. Dans l'ordre d'idées qui nous occupe, G.-P. Thomson, faisant varier la vitesse des électrons par variation du voltage accélérateur, constata que plus le voltage était faible, plus les anneaux de diffraction se dilataient, ce qui correspond exactement à ce que l'on peut

prévoir de la combinaison de la formule de Louis de Broglie, avec la formule des interférences par un réseau à trois dimensions (formule de Bragg).

L'activité de G.-P. Thomson ne s'est d'ailleurs pas bornée à cette expérience, d'ailleurs fondamentale. Il sut tout de suite voir l'intérêt que présentaient ces phénomènes tout nouveaux comme moyen d'investigation de la Matière, et il fut vraiment à la base de toutes les applications si importantes qui devaient en découler, et que j'ai eu déjà l'occasion de résumer pour les lecteurs de *La Science et la Vie* (1). Nommé professeur à l'*Imperial College of Science and Technology*, à Londres, il devint bientôt le chef d'une école qui consacra son activité à la mise en œuvre de cette technique nouvelle ; innombrables sont les travaux qui

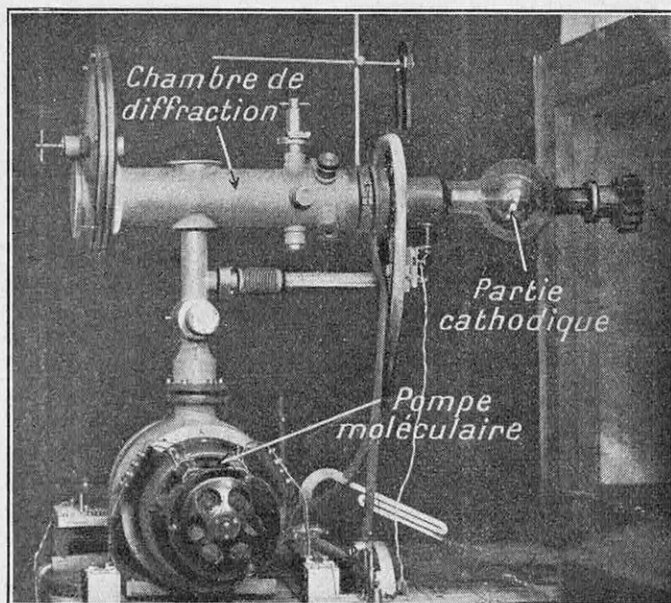


FIG. 6. — RÉALISATION D'UN APPAREIL POUR LA DIFFRACTION D'ÉLECTRONS RAPIDES (J.-J. TRILLAT)

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 325.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 32.

sortirent de ce laboratoire, et qui lui acquirent, ainsi qu'à son chef, une réputation justement méritée. Dans tous les pays, des chercheurs se sont, à la suite de G.-P. Thomson, consacrés à ces études, et les résultats obtenus sont maintenant tellement nombreux qu'il faudrait un gros volume pour les citer tous ; la nouvelle méthode, perfectionnée et améliorée chaque jour, a même acquis maintenant un droit de cité dans l'industrie, où elle est utilisée, concurremment aux rayons X, pour la recherche et le contrôle.

Les visiteurs du Palais de la Découverte ont, d'ailleurs, pu faire fonctionner eux-mêmes un appareil réalisé par l'auteur de ces lignes, et qui montrait, par le simple jeu d'un bouton, l'apparition de ces magnifiques phénomènes dont on a pu dire qu'ils constituaient la plus belle expérience de la Physique moderne (fig. 5) ; c'était la première fois qu'une telle démonstration était réalisée en public, et ceci d'une façon entièrement automatique.

**La mécanique ondulatoire
a reçu la sanction de l'expérimentation ;
mais l'analogie entre lumière et matière
a une limite**

L'ensemble des expériences réalisées par G.-P. Thomson et par C. Davisson apporte donc une confirmation éclatante aux théories de la Mécanique ondulatoire, et, à ce titre, les deux savants méritaient largement la haute distinction qui vient de leur être accordée.

Si les expériences de diffraction des électrons montrent la grande ressemblance qui existe entre le comportement des particules matérielles et celui de la lumière, il ne faut pas toutefois abandonner complètement l'idée de particule pour n'en voir que le côté ondulatoire. Cette notion de particule, nous

la retrouvons dans le fait que les cônes de diffraction sont constitués d'électrons de même vitesse que les électrons incidents, et qu'un champ magnétique dévie les rayons diffractés, alors qu'il serait sans action sur les ondes. Comme l'a remarqué G.-P. Thomson, dans une conférence faite à la *Royal Society*, « l'électron, par son côté ondulatoire, est une entité largement étendue qui, en un sens, occupe toute la région où on pourrait le trouver. Il est comme un habile général qui occupe une vaste région des rumeurs de sa présence, mais qui, lorsqu'il frappe, frappe avec toute sa force ».

Aucune analogie n'est parfaite ; en particulier, l'analogie entre la lumière et les particules matérielles a une limite. Les électrons subissent l'action des champs électriques et magnétiques ; la lumière, non. De plus, les ondes électroniques ont, en quelque sorte, une réalité moindre que les ondes lumineuses ; si l'on ne peut observer la fréquence de la lumière visible, on peut suivre directement celle-ci dans le cas des très longues ondes de T. S. F., et la différence entre les deux n'est qu'une question de degré. Or, en l'état actuel de nos connaissances, la fréquence des ondes électroniques est tout à fait impossible à observer, et c'est toujours la longueur d'onde que l'on mesure. Seule, l'intensité de l'onde électronique a une signification physique, qui est la probabilité pour qu'un électron apparaisse à l'endroit en question.

Les deux façons d'envisager un corpuscule en mouvement, soit comme une onde, soit comme une particule, sont, en réalité, des symboles dont chacun contient une part de vérité. C'est cette dualité d'aspect que la Mécanique ondulatoire et les expériences de Davisson et Thomson ont mise en évidence d'une façon irréfutable.

J.-J. TRILLAT.

Dans la marine militaire, la recherche du navire optimum pour chaque catégorie conduit à l'accroissement continu des déplacements, qui favorise la réalisation des grandes vitesses. La puissance en chevaux nécessaire par tonne (1) de déplacement pour atteindre une vitesse donnée diminue alors que le déplacement augmente. Voilà pourquoi les bâtiments de combat, dans chaque catégorie, sont de plus en plus grands. Le contre-torpilleur *Volta* de 1937, propulsé par 114 000 ch, dépassera la vitesse-record du *Terrible* de 1935, qui a réalisé celle de 45 nœuds. Cette loi de la construction navale s'est imposée à tous les ingénieurs de la marine, y compris ceux de notre génie maritime, qui ne sauraient être surclassés par aucun des ingénieurs des services techniques des marines étrangères.

(1) Les déplacements sont évalués en tonnes Washington (tonnes anglaises de 1 016 kg).

COMMENT L'APPLICATION DIRECTE DES PHÉNOMÈNES DES LAMES MINCES ENRICHIT NOS CONNAISSANCES EN PHYSIQUE ET EN BIOLOGIE

Par Victor JOUGLA

Molécules et atomes échappent à l'observation directe. A défaut d'une molécule unique, une lame faite d'une seule couche de molécules pressées les unes contre les autres peut être directement perceptible. Tels sont, par exemple, les voiles ténus, dont l'épaisseur est de l'ordre du millionième de millimètre et qui s'étendent à la surface de l'eau quand on y verse de l'huile, par exemple, en donnant naissance aux irisations dues à des phénomènes bien connus d'interférence (1). Cet étalement de l'huile à l'état de traces sur l'eau peut se comparer, jusqu'à un certain point, à la vaporisation d'un liquide, mais à une vaporisation dans deux dimensions seulement, les molécules d'huile étant assujetties à demeurer à la surface de l'eau. Par des méthodes subtiles imaginées et sans cesse perfectionnées par M. Henri Devaux, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, ce savant a démontré que les couches monomoléculaires qui constituent un tel espace à deux dimensions peuvent présenter tour à tour les caractères d'un gaz, d'un liquide, d'un solide. Cette observation a permis d'isoler — par une véritable distillation à deux dimensions — des substances infiniment subtiles, comme les essences des fleurs. Jusqu'ici, la physique était demeurée impuissante à obtenir un tel résultat. L'étude de l'orientation des molécules dans les lames minces, pour laquelle l'analyse électronique (2) s'est révélée comme l'un des plus puissants moyens d'investigation dont dispose le physicien, a fourni, en outre, une explication rationnelle de certains phénomènes résultant de ce qu'on appelle les « actions de surface » ; telles sont, par exemple, l'adhérence entre corps solides, la lubrification des surfaces en mouvements relatifs, etc. (3). Cette technique, aussi originale que délicate, permettra également de pénétrer plus intimement dans le domaine — si complexe — des réactions biochimiques. Il s'agit, en effet, d'y préciser non seulement l'action des agents catalytiques (vitamines, hormones, etc.) soit sur la structure moléculaire, soit sur la disposition des particules élémentaires de la matière vivante, mais encore de déterminer le rôle — encore insuffisamment connu — de ces membranes polarisées qui existent dans toutes les cellules et à travers lesquelles s'effectuent précisément les échanges indispensables à la vie.

CONSIDÉREZ UN assemblage quelconque de pavés ; vous n'ignorez pas combien peut varier la structure d'une telle mosaïque, dont les formes élémentaires peuvent différer à l'extrême, mais non, cependant, à l'infini (4).

Toute matière solide ou liquide est recouverte superficiellement d'un semblable carrelage dans la structure duquel chaque molécule joue en quelque sorte le rôle d'une brique à trois dimensions.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 245, page 394.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 34.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 109.

(4) La géométrie nous enseigne, en effet, que l'espace ne peut être divisé en plus de 230 sortes de « mailles ».

Le physicien américain Langmuir a fait la théorie mathématique de cette conception.

Les laboratoires possèdent aujourd'hui de nombreux moyens pour inspecter ce pavage infinitésimal de la matière ; pour vérifier son état, ses déchirures, ses flottements, ses tensions — car les molécules superficielles sont soumises à des forces dont on est loin d'avoir percé tout le mystère.

Nous savons comment l'analyse électronique permet, par exemple, de vérifier l'orientation des grosses molécules d'huile d'un lubrifiant étalé à la surface d'un métal (1). Nous avons vu comment, par la mesure de la « tension superficielle » d'un

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 325.

colloïde dont il fait varier la concentration, Lecomte du Nouy parvient à noter les instants précis où les « briques-molécules » du pavage superficiel d'une solution d'oléate viennent se souder l'une contre l'autre en se juxtaposant soit en hauteur, soit de champ, soit à plat (1) : les trois positions correspondant chacune à une dimension de la molécule sont déduites par l'ingénieux physicien, de la concentration de la solution d'oléate au moment où se produisent les discontinuités observées dans la tension superficielle.

Mais voici que le père de ces méthodes subtiles, celui qui les inventa au début du siècle et qui n'a jamais cessé de les perfectionner, M. Henri Devaux, professeur à la Faculté des Sciences de Bordeaux, vient de réaliser, grâce à elles, un véritable chef-d'œuvre de technique expérimentale. Il a réussi à isoler l'essence odorante des fleurs dans sa pureté la plus grande, par condensation — en lames minces, d'épaisseur « moléculaire », — à la surface du mercure. Et c'est là comme une opération de distillation de la matière mais dans un espace à deux dimensions seulement.

Comment une bulle de savon met en évidence la tension superficielle des lames minces

Cette physique des lames minces, nos lecteurs se souviennent peut-être d'y avoir été initiés par l'éminent professeur Jean Perrin (2) qui nous a expliqué, à leur propos, le mécanisme des colorations irisées des bulles

de savon. Le savant physicien nous a montré que la paroi d'une bulle de savon, tout irisée d'arcs-en-ciel, était faite de couches moléculaires se superposant par *nombres entiers*. En sorte que, si les couches les plus éloignées du centre de la bulle viennent à se déchirer, la paroi persiste et demeure constituée

par les couches inférieures. Celles-ci apparaissent à travers les trous des précédentes et cette juxtaposition rend compte *ipso facto* des jeux colorés de la lumière incidente sur l'« escalier » des molécules. Enfin, si toutes les couches moléculaires sont trouées sauf *une* (la plus profonde), celle-ci apparaît tellement *mince* qu'elle ne réfléchit plus la lumière, son épaisseur étant inférieure à la plus petite longueur d'onde visible.

L'œil aperçoit alors sur la bulle une *tache noire*. Cette *plage* n'est autre chose qu'une lame « monomoléculaire », la plus petite que l'on puisse obtenir du liquide savonneux (smectique) dont on s'est servi. Cette lame ultra-mince est analogue à un filet tendu dont chaque maille serait formée (et remplie) par une seule molécule. Le carrelage évoqué tout à l'heure peut,

dans ce cas, être imaginé comme une *voûte* résistant à la poussée de l'air contenu dans la bulle, à l'état comprimé. Si vous ne tenez bouché du doigt le pipeau sur lequel la bulle est « soufflée », celle-ci se dégonfle à la manière d'un ballon de caoutchouc, tandis que l'air *fuse*, avec une pression très sensible. Cette expérience toute simple démontre que la paroi sphérique est *élastique* et *tendue*. Il existe donc une tension « superficielle » des lames minces enveloppant le gaz sous

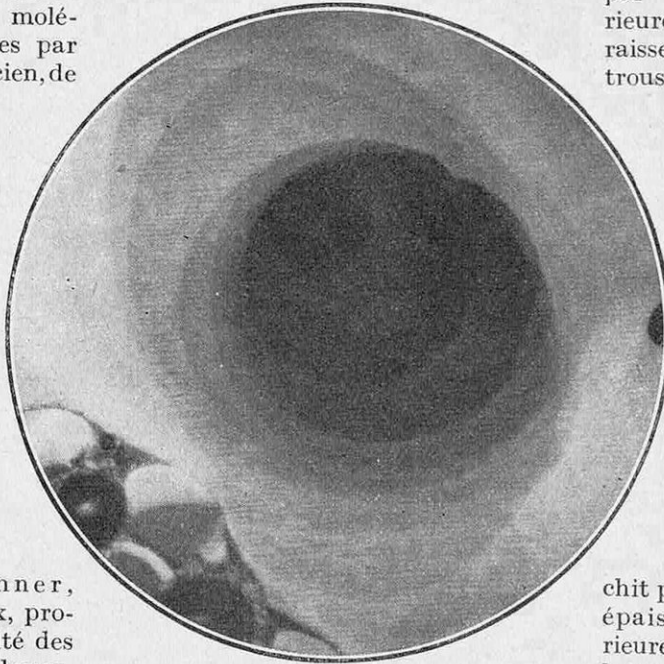


FIG. 1. — COMMENT APPARAÎT LA CON-TEXTURE, EN « LAMES MINCES » SUPER-POSÉES, D'UNE BULLE DE SAVON

Cette photographie représente une « tache noire » d'une bulle de savon obtenue par des procédés optiques spéciaux. On aperçoit l'éta-gement des couches monomoléculaires suc-cessives (lames minces) dont la superposition constitue la paroi de la bulle. Au fond de ce cratère en miniature, une tache nettement noire : c'est l'aspect que prend la lame rigoureusement monomoléculaire qui supporte toutes les autres. Elle ne reflète plus aucune lumière, par suite de son extrême minceur qui est inférieure à toute longueur d'onde visible ou « photographique ».

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 212, page 151.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 90, page 471.

pression. Et cette tension fait précisément *équilibre* à cette *pression* — tant que la bulle ne crève pas.

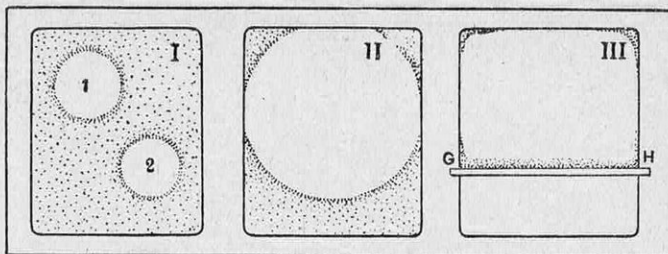
Nous voici donc conduits à la notion de *tension superficielle* d'une lame mince.

Nous allons voir quel parti le physicien a pu tirer de cette notion.

Les molécules liquides diffusent en surface comme les molécules gazeuses en volume

Délaissions l'artifice des bulles gazeuses pour offrir aux *lames minces* un support plus adéquat à leur étude systématique. Les solutions savonneuses ne sont pas seules à adopter une structure de couches moléculaires. Et toutes les lames minces ne peuvent d'autre part s'organiser en bulles.

Considérons, par exemple, une tache d'huile répandue sur une nappe d'eau. Ici encore, nous observons des irisations. Et, ici encore, ces irisations s'atténuent en un blanc de plus en plus pâle à mesure qu'on approche du



(Schémas Henri Devaux.)

FIG. 3. — L'EXPANSION, L'ÉQUILIBRE ET LA COMPRESSION DE TACHES D'HUILE A LA SURFACE DE L'EAU

Les gouttes d'huile sont obtenues par contact d'un fil capillaire huilé avec une surface d'eau saupoudrée de talc très finement broyé. L'huile en expansion semble repousser le talc, ce qui rend la tache visible. — I. Deux taches placées à une distance suffisante ne s'influencent pas, une fois que l'une et l'autre ont atteint leur extension maximum. — II. Une tache parvenue à son maximum d'extension. — III. La même tache comprimée par une bande d'étain G H que l'on pousse vers le bord opposé de la cuvette. Les grains de talc se rapprochent tandis que s'effectue cette compression à deux dimensions. Puis ils conservent leurs distances : c'est le point « critique » où la tache est constituée par une seule couche de molécules d'huile. Si l'on comprime davantage, apparaissent quelques gouttelettes d'huile, véritables « condensations » à deux dimensions.

contour périphérique. L'escalier des couches moléculaires atteint, en effet, sur les bords de la tache flottante, des épaisseurs inférieures aux plus courtes longueurs d'ondes de la lumière visible.

Mais tandis que, sur les bulles, l'escalier des lames descendait, concentriquement, dans un trou, ici les couches moléculaires forment un monticule. Et ce monticule (*la tache d'huile*) tend à s'élargir sans cesse en s'étalant sur l'eau. Cette tendance à la dilatation superficielle d'une goutte d'huile n'est pas une force négligeable, puisqu'il suffit d'un tampon de filasse huilé suspendu à l'étrave d'un navire pour que les minces feuillets d'huile issus de cette éponge grossière empêchent les vagues de déferler. Un litre d'huile suffit pour calmer la mer, durant une journée, sur les flancs du navire.

L'extension d'une goutte d'huile à la surface de l'eau n'est pourtant pas indéfinie : elle s'arrête précisément quand toutes les molécules de la goutte sont parvenues à ne former qu'une seule couche. La lame « monomoléculaire » ainsi réalisée présente d'ailleurs, à cet instant, une « épaisseur critique ». Nous allons comprendre toute la signification de cette expression en montrant comment M. Henri Devaux a procédé, pour mesurer cette épaisseur, et en considérant tout d'abord les causes de l'étalement.

L'extension de l'huile sur l'eau ressemble

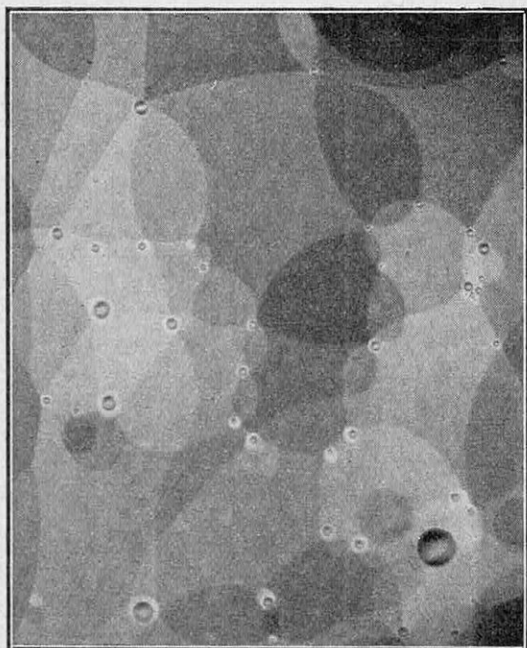


FIG. 2. — BULLE DE SAVON PHOTOGRAPHIÉE DE MANIÈRE A MONTRER LES ILOTS MONOMOLÉCULAIRES FORMÉS A CHAQUE NIVEAU. On aperçoit également des gouttelettes qui représentent des condensations moléculaires locales.

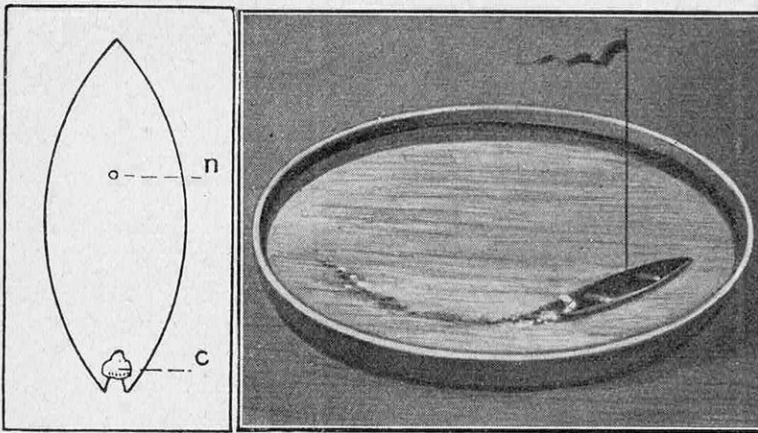


FIG. 4 ET 5. — SCHEMA ET RÉALISATION DU BATEAU A « RÉACTION SUPERFICIELLE » DE M. HENRI DEVAUX

Une feuille de métal légèrement cuvelée, taillée comme l'indique la figure 4 (c'est-à-dire carénée à deux dimensions), porte à son arrière une échancrure évasée. Un morceau de camphre C est placé au fond de cette échancrure. Les vapeurs de camphre adsorbées par la surface liquide modifient la tension superficielle de l'eau. Il en résulte une « réaction » du bateau plat qui se met à avancer en sens inverse de l'évaporation du corps volatil C.

à celle d'un gaz dans une enceinte libre; elle semble être une dilatation spontanée. Mais il n'y a là qu'une apparence car, en réalité, l'eau est indispensable, ou plutôt la surface libre de l'eau, car c'est la tension superficielle de l'eau qui agit. Dès qu'on met une goutte d'huile sur cette surface tendue, elle tire sur l'huile et l'étend parce que la tension superficielle propre de l'huile est moins puissante que celle de l'eau. L'eau se recouvre ainsi d'huile et, finalement, la surface huilée est moins tendue que celle de l'eau libre.

La découverte fondamentale de Devaux a été de démontrer qu'il y a une limite à cet étalement forcé. Devaux en a donné la démonstration d'une manière très simple. Comme les couches d'huile à étudier sont trop minces pour être visibles, il saupoudre l'eau avec une poudre très fine de talc. Dès qu'on touche la surface talquée avec un fil de verre portant une trace d'huile, le talc s'écarte autour du point de contact; l'huile, en s'épandant, semble le repousser. En réalité, l'eau se rétracte et étend l'huile en un cercle. Mais s'il y a trop, peu d'huile, ce mouvement d'extension s'arrête brusquement, le talc s'immobilise suivant une

circonférence. A ce moment, la tension superficielle de l'huile incluse dans le cercle est identique à la tension superficielle de l'eau, considérée hors du cercle: c'est la tension superficielle de l'eau pure.

On peut obtenir ainsi, sur une même surface liquide, plusieurs taches circulaires stables, qui ne s'influencent pas l'une l'autre. La surface de chacune est proportionnelle à la masse d'huile qu'elle contient.

Sont-ce là les couches monomoléculaires dont nous venons de parler? Les méthodes expérimentales de M. Devaux vont nous en informer.

L' « épaisseur critique » d'une lame mince « monomoléculaire »

Les taches circulaires, en extension maximum, sont sans aucune cohésion. Le moindre soufflé suffit à les disloquer.

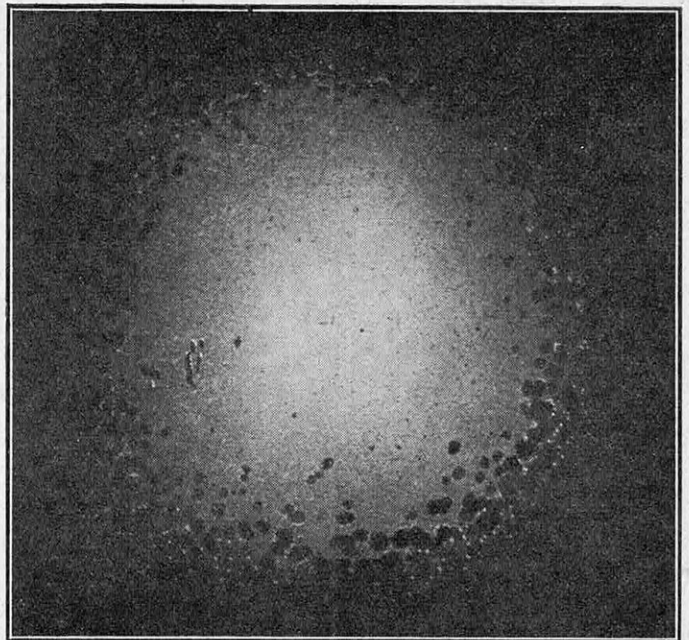


FIG. 6. — TACHE D'HUILE D'OLIVE SUR L'EAU, PHOTOGRAPHIÉE UNE SECONDE APRÈS SA FORMATION

La périphérie de la tache seule est à l'état de lames minces c'est-à-dire de couches moléculaires superposées (et, pour cela, irisées à la manière des bulles de savon).

Réalisons une semblable tache suffisamment grande. Appuyons contre sa circonférence une bande d'étain ou de plomb, couchée sur le liquide, et poussons cette bande de manière à comprimer la tache contre les bords de la cuvette ; elle cesse d'être ronde et le talc qui l'entoure marque, par ses mouvements, cette déformation.

A l'état comprimé, la lame d'huile résiste au souffle : elle ne se rompt plus. L'huile possède donc, en cet état, une *cohésion caractéristique*, exactement comme lorsqu'elle est prise en masse tridimensionnelle.

Or, M. Devaux saisit avec une grande précision le moment où l'on passe de l'*extension libre* à cet état de « cohésion ». L'opération de compression superficielle oblige, en effet, les grains de talc à se rapprocher, puisque ces grains sont pris entre la bande d'étain et la frontière invisible

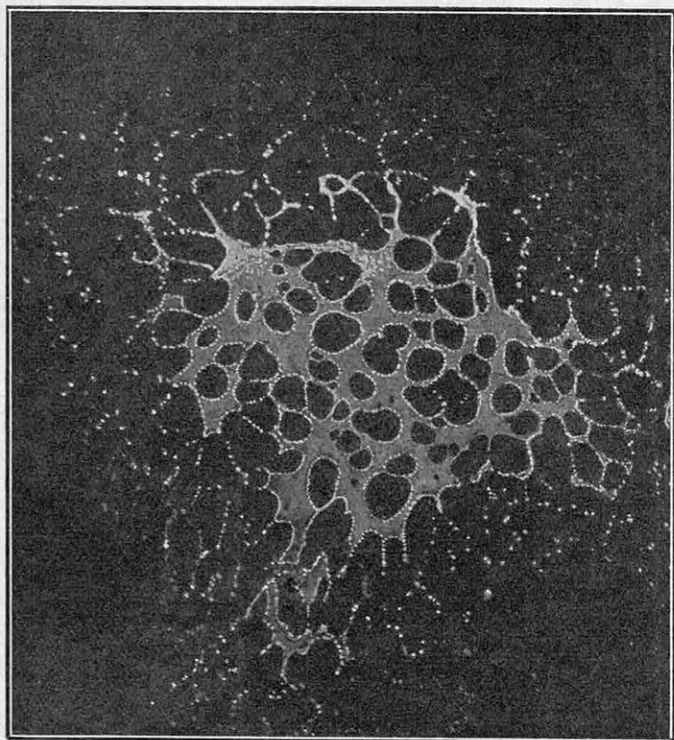


FIG. 7. — LA TACHE D'HUILE DE LA FIGURE 6, AGÉE DE 12 SECONDES, EN PLEINE ÉVOLUTION

Touchant à sa phase d'extension maximum, la tache se déchire. Dans cet état, les molécules d'huile tendent à se disjoindre et à se condenser en fines gouttelettes sous forme de points blancs.

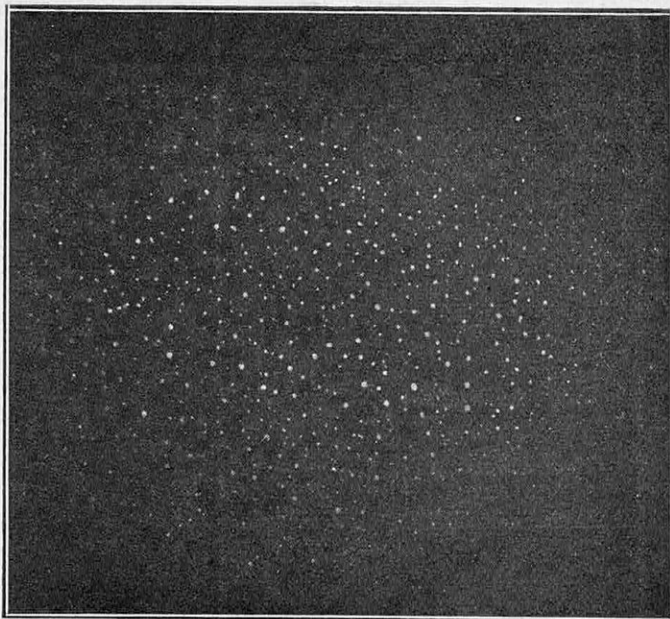


FIG. 8. — VOICI ENFIN LA MÊME TACHE D'HUILE, AGÉE DE 15 SECONDES, QUI A ATTEINT SON ÉTAT « CRITIQUE »

La tache est parvenue à son point d'extension maximum. Elle est invisible et ne possède qu'une seule couche de molécules. Le moindre souffle (haleine) suffit à la déchirer. Les points brillants indiquent des centres de condensation superficielle de molécules d'huile (qui n'ont pas suivi le mouvement général d'extension de la tache).

de la tache d'huile. Tant que celle-ci cède sous la pression, en se retrécissant, les grains de talc avancent devant la règle. Dès que la lame d'huile résiste, les grains ne peuvent plus ni avancer ni reculer. La règle, continuant d'avancer, oblige les grains à venir au contact. Cet instant critique très perceptible marque donc le point où les molécules de la lame d'huile sont parvenus à leur maximum de concentration. Leur pavage n'offre plus aucune lacune. Si l'on continuait de comprimer la lame, les molécules seraient contraintes de chevaucher les unes sur les autres — et l'on verrait apparaître des « gouttelettes » de condensation superficielle.

Nous voici donc en présence de ce que M. Devaux appelle l'*épaisseur critique* d'une lame mince. Elle marque la frontière

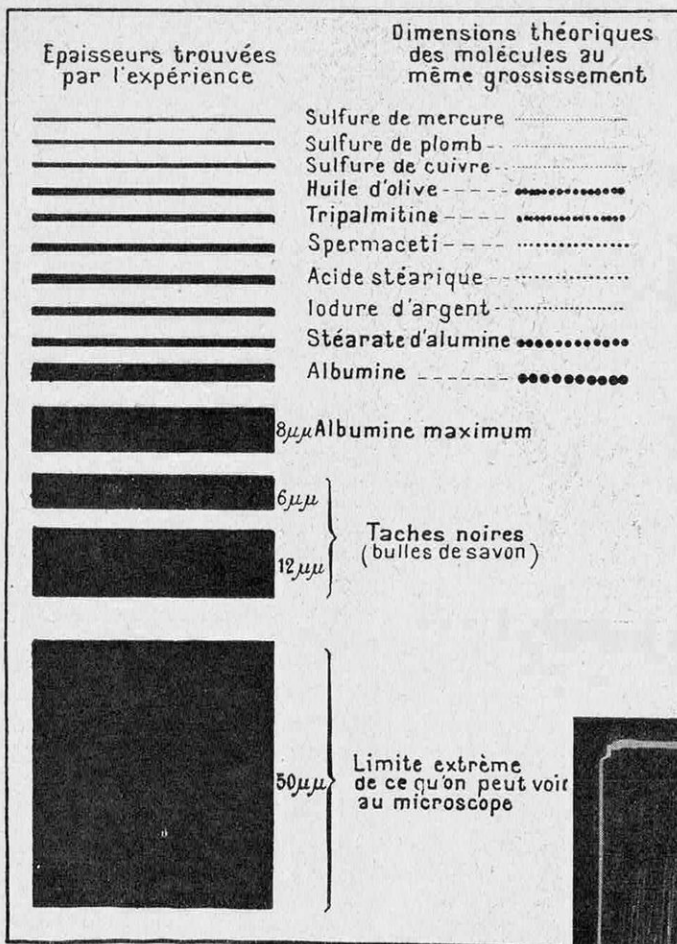


FIG. 9. — TABLEAU MONTRANT LES ÉPAISSEURS TROUVÉES EXPÉRIMENTALEMENT POUR LES LAMES MINCES « MONOMOLÉCULAIRES » OBTENUES AVEC DIFFÉRENTES SUBSTANCES. Le grossissement utilisé dans ce schéma est tel que 1 millimicron $\mu\mu$ (millionième de millimètre) y apparaît à la grandeur approximative de 0,5 millimètre (grossissement 500 000).

entre un état moléculaire superficiel (extension libre), que l'on pourrait comparer à l'état gazeux ou plutôt à l'état dissous, et un état de cohésion qui peut s'appeler liquide. Dans le premier état, les molécules sont encore « libres » de circuler : leur espace à deux dimensions n'est pas entièrement occupé. Dans le second, elles ne peuvent que glisser les unes autour des autres : elles remplissent totalement l'espace plat qui leur est concédé.

Les lames solides et leurs molécules orientées

Mais il y a plus. Si, au lieu d'huile, c'est une solution, par exemple, de cire dans le benzène que nous répandons sur du mercure, nous obtenons encore des lames minces,

monomoléculaires. Mais ces lames ne sont plus liquides ; elles sont solides, à la manière du silicate pris en masse.

Comprimées, de telles lames monomoléculaires se cassent littéralement. Les molécules gonflent comme les briques du carrelage rigide déjà évoqué.

Et c'est ici que les choses se compliquent encore, merveilleusement. L'orientation des molécules, perpendiculairement à ces lames minces et « solides », est loin d'être indifférente. Les molécules sont « polarisées ». Qu'est-ce à dire ?

Réalisons par les méthodes de M. Devaux une couche monomoléculaire de sulfure de cuivre, en envoyant de l'hydrogène sulfuré sur une lame de verre mouillée avec une solution titrée très faible de sulfate de cuivre

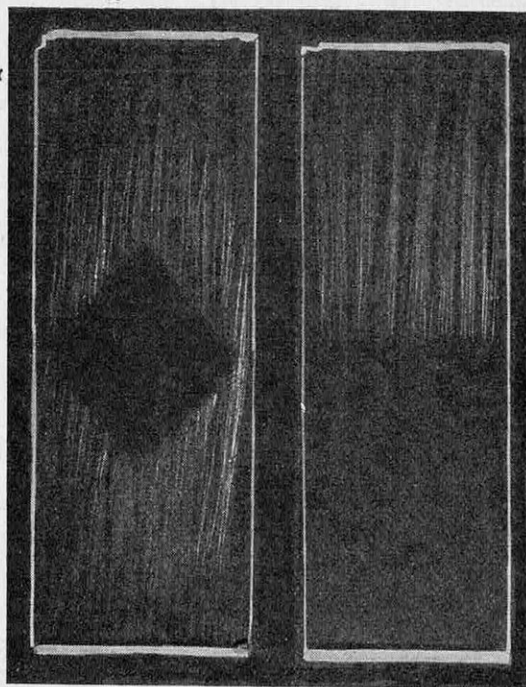


FIG. 10. — UN EXEMPLE DE L'IMPORTANCE DES LAMES MINCES EN MÉCANIQUE

Si l'on frotte violemment deux lames de verre préalablement flambées, donc parfaitement pures, l'adhérence du verre contre le verre produit des rayures caractéristiques. Mais si l'on interpose, entre les deux lames, une lame mince de cire, le frottement laisse intactes les parties protégées par le corps gras. La partie protégée se figure ici par un losange et par un rectangle.

Si nous plongeons verticalement cette préparation dans l'eau, nous voyons aussitôt la lame mince de sulfure se détacher de la plaque et s'étaler à la surface de l'eau. C'est que la lame monomoléculaire de sulfure n'est « mouillable » par l'eau que d'un seul côté. Ses molécules, orientées normalement à la surface, adhèrent à l'eau par une de leurs extrémités, mais non par l'autre. Et c'est pourquoi la lame mince vient flotter sur l'eau, avec sa face « mouillable » tournée naturellement du côté du liquide, l'autre face « non mouillable » regardant l'air extérieur.

Avec les lames « hémi-mouillables », nous sommes en présence d'un phénomène moléculaire de première importance. Car cette propriété de l'adhérence polarisée des molécules d'un corps vis-à-vis d'un autre corps se généralise. Elle est valable pour d'innombrables substances, inorganiques et organiques. Et nous savons comment, grâce à l'analyse électronique, l'on peut déceler l'orientation des molécules d'huile déposées sur un métal : la lame formée par leur juxtaposition évoque un véritable « tapis-brosse » (1).

L'adhérence des corps solides mis en contact dépend également de la polarité de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 111.

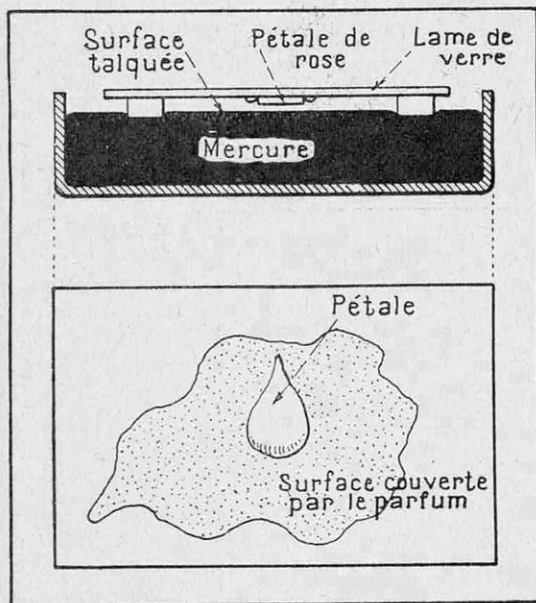


FIG. 11. — LA FIXATION D'UN PARFUM EN LAME MINCE A LA SURFACE DU MERCURE

Le pétale de rose est attaché par deux bandes de papier gommé au revers d'une lame de verre que l'on pose (sur deux flotteurs) à la surface du mercure. Celle-ci est talquée. Le parfum dégagé par l'élément végétal s'étend en lame monomoléculaire sur la surface du mercure.

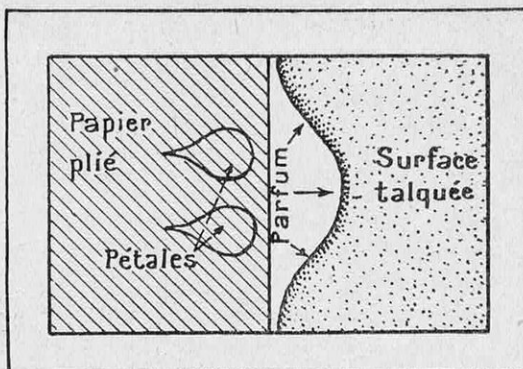


FIG. 12. — AUTRE MODALITÉ DE RÉALISATION DE L'EXPÉRIENCE PRÉCÉDENTE

Si les pétales de rose sont enclos dans un papier buvard plié, posé sur du mercure talqué, la vapeur d'eau dégagée est absorbée par le buvard qui laisse néanmoins filtrer le parfum proprement dit. Celui-ci s'étend alors en tache comme l'indique la figure.

leurs couches moléculaires superficielles : tout le mystère du frottement trouve là sa clé. Et l'on comprend qu'il suffise d'intercaler une lame d'huile monomoléculaire entre deux corps solides pour réduire considérablement leur frottement. En s'interposant entre leurs molécules rigides, la lame lubrifiante change du tout au tout la « polarisation » mutuelle des deux corps solides.

D'autre part, le lubrifiant liquide révèle une adhérence qui peut se mesurer — par exemple pour le verre — par l'équivalent d'une pression de 2 000 kg par cm².

Telles sont les actions de surface dont le professeur Devaux, grâce à l'étude systématique des lames minces, a livré la clé aux physiciens.

Les méthodes de mesure de M. Devaux, extrêmement simples comme on a pu le constater, lui ont permis de calculer des épaisseurs moléculaires de l'ordre du millionième de millimètre. L'analyse superficielle électronique (ou par rayons X) ne pousse sa précision qu'exceptionnellement jusqu'à l'Angstrôm (dix-millionième de mm). Nous donnons un tableau des épaisseurs comparées de diverses lames minces monomoléculaires.

De plus, M. Devaux, a montré que les lames minces étudiées conservent les propriétés mécaniques de ces mêmes corps pris en masse : les lames de sels métalliques sont cassantes ; celles de suif, de cire, de colophane sont molles ; celles de caoutchouc sont élastiques.

Ces travaux démontrent, par conséquent, que les propriétés physiques de la matière sont bien attachées à ses molécules mêmes, non à des agrégats de molécules.

Par sa condensation en lames minces, le parfum des fleurs se « matérialise »

L'espace moléculaire « à deux dimensions » que représentent les couches *monomoléculaires* peut donc présenter tour à tour l'aspect d'un gaz, d'un liquide, d'un solide.

Aussi bien, la tension superficielle peut s'utiliser comme agent moteur, au même titre que la pression d'une vapeur ou d'un gaz. Nous n'insisterons pas sur cette réalisation curieuse: M. Devaux a imaginé un véhicule dont la propulsion est assurée par un petit morceau de camphre placé à l'arrière d'un navire-miniature *plat*; les vapeurs de camphre déposées sur l'eau à l'arrière du navire entraînent une diminution locale de la tension superficielle, d'où résulte par dissymétrie un effort de traction vers l'avant. L'on a même poussé l'analogie jusqu'à monter une machine alternative « à

vapeur superficielle de camphre » : il suffit d'encadrer la lame de camphre entre trois côtés fixes d'un rectangle et un troisième côté *mobile* glissant intérieurement sur les deux côtés parallèles. On dispose ainsi d'un « piston » plat mobile à l'intérieur d'un « cylindre » plat. Avec une distribution convenable (admission et échappement) de la vapeur superficielle de camphre au système « cylindre-piston », la tension de surface imprime à ce dernier un va-et-vient moteur, dont le travail se mesure effectivement.

Ces analogies physiques sont curieuses. Mais voici comment elles deviennent fé-

condes pour la connaissance de la matière. Puisque les lames minces se transforment de l'état gazeux à l'état liquide, et même à l'état solide, ne pourraient-elles servir de truchement à la distillation de matières infiniment subtiles dont la présence est évidente à nos sens, mais insaisissable aux mesures physiques les plus fines ?

Voici, par exemple, une personne qui entre

dans une salle obscure où plusieurs autres sont assemblées. Elle porte une touffe de jasmin. Tout le monde aussitôt, sans en être averti, déclare *sentir* le jasmin. Aucun physicien ne peut déceler la substance qui cause cette sensation générale et qui flotte, par conséquent, à l'état ultra-dilué, à travers la salle. Et, d'abord, cette « substance » existe-t-elle dans un état chimique caractéristique ? Autrement dit, le « parfum » de jasmin a-t-il une formule rigoureuse ? Le « parfum » ne serait-il pas

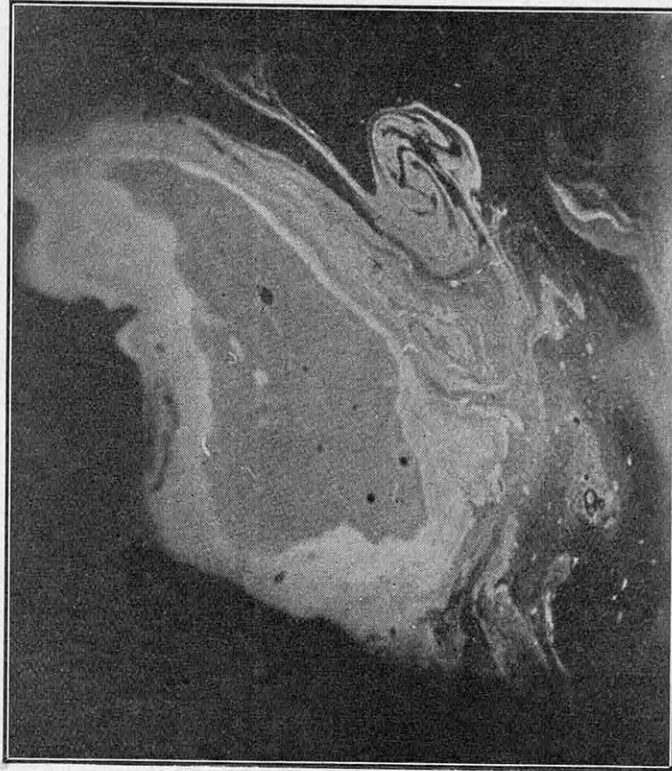


FIG. 13. — PHOTOGRAPHIE D'UN PARFUM MATÉRIALISÉ A LA SURFACE D'UN BAIN DE MERCURE

On aperçoit les lames minces superposées du « parfum de rose ». Comprimées superficiellement (voir schéma initial fig. 3), les taches dégagent le parfum dans la troisième dimension de l'espace. Et le parfum devient perceptible à l'odorat.

au contraire une interprétation toute subjective de notre sens olfactif ?

M. Henri Devaux vient de répondre, cet été, à cette question demeurée en suspens, et sa réponse est péremptoire. Il a demandé au mercure de fixer en lames minces superficielles les *parfums* du jasmin, du lis, de la rose, du trône, du tabac, du sureau. Et le mercure a obéi. Une substance organique, *de poids moléculaire mesurable*, est venue se condenser à la surface du mercure. Elle représente le parfum pur *matérialisé*. Grâce aux méthodes de M. Devaux, l'œil peut s'en repaître en même temps que le nez.

Où le physicien commande à l'évaporation d'un parfum

Il a fallu, naturellement, tâtonner avant d'aboutir. L'expérience qui réussit est figurée dans notre schéma figure 11. Le pétale de la fleur étudiée est appliqué (par des bandelettes de papier gommé) sous une plaque de verre que l'on pose ensuite, en manière de couvercle, au-dessus d'une cuve à mercure. (La surface mercurielle a été soigneusement nettoyée et talquée.) Aussitôt le talc s'écarte en surface. C'est la preuve que l'huile essentielle odorante se condense sur le mercure. Elle y forme une tache de plus en plus vaste.

Le phénomène se produit même si le pétale est entouré d'un papier buvard. En dix minutes d'exposition, sept pétales de roses ont ainsi produit une « tache superficielle » de 170 cm². Cette couche monomoléculaire de « parfum de rose », à l'état probablement « sur-étendu », s'offrait donc comme un gaz à deux dimensions.

Ce gaz bidimensionnel s'évaporait à son tour au nez du physicien, qui pouvait ainsi relier sensoriellement la tache visible à l'effet « parfum ». Mais bientôt (en trente minutes) l'effet senti disparaissait ; l'odorat ne percevait plus le parfum. Cependant la tache persistait à l'œil. M. Devaux appliqua à la tache sa méthode de compression superficielle. Immédiatement, le parfum, de nouveau condensé en surface, reprenait son évaporation dans la troisième dimension de l'espace. L'odeur de rose réapparaissait.

Ainsi de suite, jusqu'à extinction totale de l'odeur. Le physicien avait épuisé les possibilités de diffusion de la matière.

Il résulte de ces expériences que la rose débite plusieurs milligrammes de parfum en vingt-quatre heures, par gramme de pétale. Le jasmin débite quotidiennement 10 mg de parfum par gramme de pétale — soit 1 centième de son propre poids!

Ajoutons que si l'on touche la surface liquide (eau ou mercure) avec le pétale de la fleur, l'effet d'écartement est beaucoup plus violent. Du pollen de lis jeté sur le mercure talqué y produit une véritable « explosion » surperficielle, tellement le talc témoin est repoussé avec violence.

L'immense portée des méthodes moléculaires du professeur Devaux

La méthode de détection moléculaire Henri Devaux ne s'en tient pas, du reste,

à l'étude des parfums, corps organiques essentiellement volatils. Elle permet de déceler les vapeurs émises par certains corps inorganiques, non odorants et longtemps considérés comme fixes, c'est-à-dire dénués de toute volatilité. L'acide picrique, par exemple, réduit en poudre et jeté sur une surface de mercure talquée, y fait naître de petits tourbillons. Chaque grain d'acide émet des vapeurs superficielles, qui s'étendent avec violence. Il suffit de souffler un peu de buée (avec l'haleine) pour mettre en évidence ces mouvements. La buée, dans ce cas, joue par condensation le rôle d'un « révélateur » en se condensant sur la tache.

Ce n'est pas sans justesse que l'on a pu comparer des méthodes, aussi simples que savantes, avec celle de la « chambre de condensation », grâce à laquelle C.-T.-R. Wilson (1) révèle la trajectoire des corpuscules électrisés qui laissent une trace de brouillard dans une atmosphère humide.

D'ailleurs, il est un domaine dans lequel l'expérience Wilson ne saurait avoir d'utilité et que l'expérience Devaux peut, au contraire, éclairer d'une manière singulière : c'est « l'analyse biochimique ». On sait que les agents biochimiques (diastases, hormones, vitamines) ne sont autres que des catalyseurs. Or, la catalyse est, avant tout, une « action de surface », aucun chimiste ne le conteste. On peut donc raisonnablement espérer éclaircir le mystère de la catalyse et de la biocatalyse, par l'étude directe des actions superficielles. Ajoutez à cela que la vie procède par échanges à travers des membranes polarisées (dont les membranes cellulaires sont les prototypes), et vous comprendrez que la méthode d'examen de M. Devaux, appliquée aux produits biologiques, puisse devenir d'une fécondité inattendue.

D'ores et déjà, l'auteur a pu provoquer certaines réactions superficielles de produits spécifiquement biologiques, qui démontrent que le phénomène « vie » commence aux molécules organiques elles-mêmes (protéines). Ces molécules se présentent toujours polarisées, orientées le long des surfaces vivantes.

Il est élégant, en tout cas, d'avoir commencé par analyser, dans cette voie, le produit biologique végétal le plus subtil : le parfum, jusqu'ici insaisissable, d'un simple pétale et dont certains prétendaient discuter la « personnalité »!

VICTOR JOUGLA.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 180, page 453

PRENONS L'ÉCOUTE

OU EN EST L'AVIATION TRANSATLANTIQUE EN 1938 ?

En 1938, la compagnie allemande *Lufthansa* poursuit activement ses expériences pour la traversée aérienne de l'Atlantique-Nord. *La Science et La Vie* a exposé (1) comment, grâce à l'emploi conjugué de navires-relais et d'hydravions, elle avait effectué une série de vols d'essais avec des appareils d'un poids total avoisinant 9 t et capables de franchir (sans escale) 5 000 km à la vitesse de croisière de 225 km/h. Ainsi eurent lieu des voyages aériens, aller et retour, entre les Açores et la côte de New York, les uns avec escales aux Bermudes et en Nouvelle-Écosse, les autres directement sans aucune escale. L'Allemagne possède actuellement quatre navires-bases pour *catapulter* et *recevoir* des appareils pesant jusqu'à 20 t. Le plus moderne de ces navires-relais a été mis en service au printemps de 1937. C'est, du reste, le mieux équipé et le plus vaste (6 500 t, 140 m de long, vitesse 16 nœuds). Les hydravions qui participent aux vols d'essais sont du type tout récent *Ha-139* ; ils sont entièrement métalliques et comportent une aile surbaissée cantilever. Le carburant est logé dans un longeron tubulaire, complètement étanche, d'une contenance de 6 000 litres. Cet hydravion peut aussi emporter au total 10 000 litres en utilisant deux réservoirs auxiliaires, de 2 000 litres chacun, disposés à l'intérieur des flotteurs. La propulsion en est assurée par ces fameux moteurs Diesel à huile lourde qui ont fait depuis longtemps leurs preuves sur toutes les lignes de la *Lufthansa*. Au nombre de quatre, ils peuvent développer une puissance totale qui doit avoisiner 3 500 ch. Ils sont disposés à l'avant du bord d'attaque et équipés d'hélices tripales. Ainsi équipés et pesant 16 t en charge, ils ont déjà dépassé 330 km/h, tout en réalisant une autonomie de l'ordre de 5 000 km. C'est ainsi que l'un de ces hydravions a déjà franchi en 17 h 30 mn la distance Açores-New York (soit 3 700 km environ). C'est certainement, au début de 1938, ce que l'on a fait de mieux en hydraviation transatlantique. Il est juste de rappeler qu'aux États-Unis l'hydravion *Boeing-314*, lors de récents essais, a enlevé un poids total de 38 t environ, grâce à quatre moteurs d'une puissance totale de près de 6 000 ch. Il est destiné à transporter 70 passagers assis (40 couchés), avec escales à Port-Washington, Botwood, Foynes, Açores. Des appareils du même type seraient même d'ores et déjà prévus pour accomplir sans escale la traversée Atlantique-Nord en leur donnant la possibilité de franchir 8 000 km (sans vent), à 225 km/h. D'autres constructeurs américains achèvent également des prototypes pour répondre aux mêmes problèmes de navigation, dont l'un consiste à naviguer à une altitude de l'ordre de 10 000 m (stratosphère). On sait aussi que la Grande-Bretagne poursuit la construction de ses hydravions analogues au type *Empire*, mais pesant 36 t en charge et capables de franchir la distance Portsmouth-New York à la vitesse de croisière de 280 km/h. L'Italie (2), elle aussi, aurait actuellement à l'étude un *Savoia* (hydravion *S-77*) destiné à être essayé sur l'océan Atlantique-Nord. Son rayon d'action serait de l'ordre de 5 000 km, sa vitesse de croi-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 54.

(2) Les avions italiens *S-79*, trimoteurs, ont récemment (24 et 25 janvier 1938) relié Guidonia à Dakar (4 500 km) à plus de 400 km/h, et Dakar à Rio de Janeiro (5 000 km) à près de 350 km/h.

sière dépasserait 300 km h. Quant à la France, elle ne possède encore que le *Lieutenant-de-Vaisseau-Paris* (1), pesant plus de 40 t au décollage ; il est trop lent et de conception trop ancienne ; il ne saurait, par suite, être comparé aux hydravions modernes précités (2).

POUR UNE VOIE MARITIME D'EUROPE VERS L'ASIE

Les missions scientifiques organisées par le gouvernement de l'U. R. S. S. dans les régions arctiques voisines du pôle nord ont, ainsi que l'a exposé *La Science et la Vie* (3), des buts lointains, mais bien définis. Parmi ceux-ci figurent et l'exploration et la prospection des richesses du sous-sol, qui présentent un réel intérêt économique. Mais c'est aussi l'étude de la physique du globe (magnétisme), de la météorologie, qui gagnerait surtout à ces expéditions polaires, car elles peuvent permettre de se rendre compte des possibilités de réaliser — un jour — la liaison maritime la plus courte entre l'océan Atlantique et l'océan Pacifique. Autrement dit, on se préoccupe d'établir la route la plus directe d'Europe vers l'Asie. C'est précisément dans ce but que le nouvel « Institut Arctique », sous la direction d'Otto Schmidt (3), a commencé d'explorer méthodiquement toute la région polaire sibérienne. Plusieurs voyages d'expériences entrepris par la navigation marchande avaient déjà permis de constater qu'entre Arkhangel (mer Blanche) et Vladivostock (mer du Japon), il était possible d'acheminer, à notre époque, des bâtiments de commerce en moins de soixante jours, alors qu'il y a cinquante-huit ans (expédition Nordenskiöld), le trajet par voie de mer exigeait encore près de deux années ! Ceci explique suffisamment pourquoi l'U. R. S. S. poursuit inlassablement des études confiées à des spécialistes des régions polaires où, récemment encore, quatre savants russes furent abandonnés sur la banquise à la dérive. A ce propos, les océanographes ont émis plusieurs hypothèses, plus ou moins vraisemblables, en vue de déterminer les causes du déplacement de la masse glacière au nord de la Sibérie et d'examiner les conséquences qui peuvent en résulter, surtout au début de la période hivernale polaire septentrionale, sur ces immenses champs de glace alors « en travail » de par le fait même du mouvement de transgressions océaniques au voisinage du « pôle du froid ». Nous étudierons ultérieurement ces problèmes océanographiques d'un réel intérêt scientifique et plus tard d'une portée économique.

L'ITALIE COMPTE SE PROCURER SUR SON SOL 80 % DE SES BESOINS EN CARBURANTS D'ICI 1939

Le gouvernement italien, au cours de cette année, compte développer sa production d'essence de synthèse et de carburants de remplacement au moyen de ses ressources nationales, et aussi des pétroles albanais dont il dispose. Ce programme, en cours d'exécution, doit fournir au total l'équivalent d'environ 600 000 t par an. C'est à l'hydrogénation catalytique sous pression des pétroles d'Albanie, des huiles d'asphalte, de schistes bitumineux, de lignites que l'on va demander la majeure partie de ces carburants, soit 400 000 t environ évaluées en essence. Les territoires de Sicile, des Abruzzes renferment notamment des gisements de matières premières convenant à l'hydrogénation ; ils sont, en effet, assez abondants en huile minérale (soit 6 % en moyenne). En distillant au préalable les asphaltes, on peut,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 214, page 317.

(2) La *Pan American Airways* aurait déjà fixé les conditions à réaliser par de futurs hydravions transatlantiques destinés à transporter 100 personnes (passagers et équipage). Les plus réputés des constructeurs américains : Douglas, G. Martin, Boeing, Curtiss, Sikorsky, V. Aircraft, C. Aircraft, N. A. Corp., ont été pressentis pour établir de tels appareils pour 12 t de charge utile et pouvant atteindre 300 km/h (croisière) avec une autonomie de l'ordre de 9 000 km. Une condition particulière a été spécifiée pour que la vitesse maximum atteigne 450 km/h à la hauteur de 1 000 m. La *P. A. A.* compte pouvoir obtenir des hydravions d'un confort jamais atteint à ce jour et réalisant les conditions techniques précitées, et cela pour moins de 30 millions de francs — dollar au change de 30 francs (voir page 213).

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 242 page 81.

d'autre part, obtenir au moins 75 000 t d'essence annuellement. Avec les lignites de Toscane, les pétroles albanais (qui sont de qualité inférieure), les huiles de schistes, on a également à sa disposition une quantité de matières premières pour l'hydrogénation qu'on peut évaluer à 325 000 t. Afin de réaliser industriellement ces opérations, les usines de Bari et de Livourne (en voie d'achèvement) doivent fournir chacune 120 000 à 125 000 t d'essence pour aviation et, en outre, 25 000 t au moins de produits lubrifiants convenant spécialement à l'aviation. D'autres ressources sont encore mises à contribution : l'alcool carburant, susceptible de remplacer annuellement à peu près 100 000 t d'essence naturelle. On peut y ajouter 5 % d'éther pour obtenir un bon carburant analogue à l'essence provenant de la distillation du naphte. Les gaz naturels, assez répandus en Italie, seront de même captés et utilisés pour en extraire (procédé dit du « charbon actif ») de l'essence (environ 12 000 t par an). Les gaz non utilisés, une fois comprimés (à 200 atmosphères) dans des récipients résistants et légers en acier spécial ou en acier fretté, peuvent encore remplacer également 12 000 t d'essence. Enfin, les carburants forestiers (charbon de bois surtout) ont permis aux Italiens de développer l'emploi des véhicules à gazogènes : un millier d'autos-gazogènes circulent déjà. Les Italiens préfèrent employer le charbon de bois spécialement préparé pour cet usage plutôt que le bois, car ils auraient, paraît-il, éprouvé de sérieux mécomptes à cause de l'encrassement des filtres par les goudrons provenant du bois (pyrogénéation) et de la résine, de la corrosion des appareils par suite de formation d'acide acétique. Les autorités italiennes estiment trouver là encore au moins 80 000 t d'essence (annuellement), grâce à l'emploi de véhicules à gazogènes (gaz des forêts). A ce propos, M. Berthelot a fait judicieusement remarquer que la France peut s'inspirer de ce plan d'ensemble, car elle aussi n'a pas à sa disposition en abondance la houille (comme l'Angleterre ou l'Allemagne) pour la transformer par hydrogénation. Déjà le Japon, qui se trouve à ce point de vue dans une situation comparable, a cherché à mettre, lui aussi, en pratique des principes analogues. Nous avons vu (1) que la Grande-Bretagne — qui, par contre, possède en grande quantité (pour l'hydrogénation) un charbon d'excellente qualité — cherchait, elle aussi, à répartir ses efforts pour l'obtention des carburants en dispersant les installations de synthèse pour les soustraire, autant que possible, aux bombardements aériens. Elle les dissémine actuellement dans des régions plus difficilement accessibles par voie aérienne à l'ouest et au nord de son territoire. Le Reich — qui, lui aussi, dispose en abondance de houille de différentes qualités, de lignites excellents (Saxe) particulièrement désignés pour alimenter ses usines d'hydrogénation en matières premières — reporte ces usines dans les régions les plus éloignées de ses frontières. En France, malheureusement, nos bassins houillers sont à proximité de nos limites territoriales. Si on repousse nos usines vers le sud-ouest, par exemple, alors, dans ce cas, le combustible fait défaut et leur approvisionnement soulève de sérieuses difficultés (transports, prix de revient, etc.). De plus, il paraîtrait qu'on ne peut encore trouver dans notre pays les grands tubes d'hydrogénation *directe*, nécessaires à la fabrication des carburants de synthèse, qui sont couramment employés par les Anglais et les Allemands (hydrogénation de la houille en *phase liquide*). C'est pourquoi l'Italie a fort bien compris qu'il ne fallait pas se lancer dans l'hydrogénation des houilles ou des lignites qui lui font défaut, mais, au contraire, dans le traitement des huiles minérales comme nous l'avons indiqué plus haut. Ce sont les pétroles albanais, véritables *résidus* pétroliers, les huiles ou goudrons primaires provenant des asphaltes, les schistes bitumineux que l'on traite pour obtenir les carburants. Ces huiles seront hydrogénées en *phase vapeur*, pour obtenir simultanément un carburant à plus de 80 d'octane ; c'est donc un super-carburant et un super-lubrifiant : deux produits recherchés par l'aviation. Or, pour appliquer ce procédé, l'Italie peut se passer

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 246, page 456.

des métallurgistes anglais et allemands, car elle trouve dans son industrie des tubes d'hydrogénation en phase vapeur qui sont, ceux-là, de petites dimensions et peuvent être plus aisément fabriqués en dehors des spécialistes. Mais, pour les tubes d'hydrogénation en phase liquide préparés par les Anglais et les Allemands, en dehors d'eux il ne faut pas songer actuellement à se les procurer dans d'autres pays industriels. Les célèbres usines de Leuna sont donc particulièrement équipées pour traiter en phase vapeur les goudrons primaires fournis par la prédistillation des riches lignites de Saxe (usines de Bohlen). Quoi qu'il en soit, en ce qui concerne les nations comme la France, l'Italie, le Japon, — pour ne citer que de grandes puissances militaires, — il est beaucoup plus indiqué d'hydrogéner des *pétroles résiduaires* (la France en dispose d'environ 1 million de tonnes par an) et des huiles minérales (schistes, lignites, etc.) que d'avoir recours à la houille, pour des raisons de disponibilités suffisantes que n'autorisent pas leurs industries charbonnières. Mais, par contre, il s'agit pour ces pays dépourvus (partiellement) de charbon de s'organiser pour tirer de leurs ressources en huiles et goudrons primaires des carburants appropriés à leurs besoins, puisque ces produits sont précisément à la base des procédés de synthèse par hydrogénation (1). Une telle opinion ne sera sans doute pas partagée par toutes les compétences, mais l'autorité de certaines d'entre elles, particulièrement désintéressées, suffit à nous confirmer dans cette manière de voir, et cela dans l'intérêt même de l'économie et de la défense nationales.

LA SIDÉRURGIE ALLEMANDE EN YUGOSLAVIE

L'Allemagne se classe maintenant comme la première nation sidérurgique du monde après les Etats-Unis. Cet essor de sa métallurgie améliorera certainement sa balance commerciale au cours des prochains exercices. Ne vient-elle pas encore de s'assurer récemment, en Yougoslavie, des avantages économiques exceptionnels ? La Société Krupp a pris, en effet, une part importante dans l'exploitation industrielle du pays (industries minière et sidérurgique). L'inauguration des magnifiques aciéries Jesonitse, équipées par les Allemands, en est un probant témoignage. Or, le territoire serbe, notamment, renferme d'abondants et riches minerais, en particulier de fer, dont les métallurgistes allemands sauront tirer le meilleur parti grâce à leurs installations modernes et à leur outillage perfectionné qui amélioreront le rendement actuel. Jusqu'ici, la Yougoslavie achetait à l'extérieur ses fontes et aciers pour les besoins de ses différentes industries et, en particulier, pour celles intéressant sa défense nationale. Mais, depuis deux ans, l'extraction de minerai s'est déjà notablement accrue ; aussi son exportation a-t-elle progressé, ne fût-ce qu'à cause des importants achats du III^e Reich. Le règlement de ces fournitures s'effectua évidemment en marchandises allemandes, suivant le procédé habituel du « troc ». Le gouvernement de Belgrade s'est félicité publiquement de cette politique économique, qui lui permet désormais d'accroître la puissance de ses armements grâce à une exploitation rationalisée des usines travaillant pour la guerre sous la direction de techniciens allemands. Du reste, l'essor économique du pays s'est transformé en moins de dix ans : la Yougoslavie, ainsi qu'on a pu s'en rendre compte en visitant son pavillon à l'Exposition de 1937, s'industrialise de plus en plus. Elle possède maintenant environ trois mille entreprises industrielles, dont près de sept cents établissements agricoles pour l'alimentation et l'élevage, les produits laitiers, etc., une centaine d'exploitations minières et au moins cent cinquante pour la métallurgie, autant pour l'industrie chimique, sans omettre trois cents textiles et deux cent cinquante usines pour la production de l'électricité et ses applications diverses. Les résultats de 1937, non encore publiés, confirmeront cette évolution. Soulignons que, dans ces domaines de l'activité productrice yougoslave, le concours de l'Allemagne s'est manifesté presque exclusivement, que ce soit pour construire ce magnifique pont

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 302.

sur le Danube ou pour fournir le matériel ferroviaire. Nous craignons que les récents accords commerciaux signés avec la France ne modifient pas sensiblement cette situation si favorable à l'industrie germanique et à la pénétration des techniciens et des commerçants allemands, qui fournissent à la Yougoslavie la plupart des objets manufacturés, machines et outillages, matériaux dont elle a tant besoin.

BATAILLE DU BLÉ ET AUTARCIE

Dans tous les pays, — et surtout ceux à tendances autarciques, — les gouvernements ont livré la bataille du blé, en vue de se procurer sur leur propre sol la céréale qui (avec le riz) constitue la base essentielle de l'alimentation des peuples. Ainsi, l'ancien empire ottoman, bien qu'à structure agricole, était jusqu'ici importateur de froment. Mais le gouvernement d'Ankara se préoccupa, dès le début du nouveau régime politique, de remédier à cette situation paradoxale afin de ménager ses finances publiques en réduisant les importations payables en devises appréciées, c'est-à-dire en or. Ainsi la Turquie — qui, il y a une quinzaine d'années encore, achetait à l'étranger pour plus de 19 millions de livres turques (soit environ 250 millions de francs) de blé et de farine — a non seulement, dès 1933, su trouver sur son propre sol les céréales dont elle avait besoin, mais elle est devenue à son tour exportatrice de blé. C'est à partir de 1930 que la situation s'est ainsi retournée, et, à partir de 1933, le tonnage de froment a successivement atteint 30 000 t (environ), puis plus de 85 000 t en 1934 et dépassé 70 000 en 1935-36. De même, le gouvernement portugais avait entrepris semblable politique dès 1926 et, aujourd'hui, cette nation — jadis importatrice de céréales — non seulement se suffit à elle-même, mais, elle aussi, elle est devenue à son tour exportatrice de blé. Quant au riz, qui tient une place importante dans l'alimentation portugaise, la même politique a abouti à des résultats comparables. Le Portugal — qui possède un riche domaine colonial — se procure déjà une grande partie du riz dont il a besoin pour sa consommation intérieure et a réduit d'autant ses importations d'Extrême-Orient et ses sorties de devises (sterling).

Ceci explique notamment comment les finances, sous le gouvernement de M. Salazar, se sont si rapidement et si considérablement améliorées depuis la révolution de 1926. Là encore l'économie, sagement dirigée, a permis de réduire au strict minimum les « sorties » d'or pour régler les fournisseurs étrangers, de moins en moins mis à contribution. Ainsi le budget étant en équilibre et aucune mesure de restriction ne s'opposant plus, depuis fin 1937, à la circulation des capitaux (le contrôle des changes ayant été supprimé), ceux-ci, trouvant dans leur propre pays la sécurité et les apaisements nécessaires, y demeurent et ne cherchent plus à s'évader vers des refuges considérés comme plus sûrs pour les « avoirs » placés à l'étranger.

Quant à l'Italie, on sait, depuis le récent discours de M. Mussolini en janvier 1938, qu'elle compte se libérer, dès la prochaine récolte, de toute importation de blé en provenance de l'étranger (d'où une économie d'au moins 2 milliards et demi de liras qu'il fallait convertir en devises étrangères pour régler ces achats).

LA CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE MARCHANDE EN ANGLETERRE

L'Angleterre poursuit actuellement un effort considérable pour équiper de matériels modernes ses forces militaires aériennes. Mais elle se préoccuperait aussi, paraît-il, de développer sa construction aéronautique pour les transports commerciaux qui ne trouvent plus à l'étranger la faveur de jadis, car elle y a perdu la quasi-totalité des marchés étrangers. Même en Afrique du Sud (contrôlée par la Grande-Bretagne), les appareils allemands sont les plus répandus avec quelques avions américains. Bien mieux, au Canada, sur une soixantaine d'avions immatriculés, sept seulement sont de construction britannique ! Le réseau aérien canadien comporte quatre lignes (sur cinq) qui n'utilisent aucun appareil anglais. Cela tient à ce

que la politique commerciale anglaise dans le domaine de la construction aéronautique n'a pas su donner satisfaction aux pays acheteurs d'Europe Orientale ou d'Amérique du Sud, qui exigeaient des livraisons *rapides* de matériels. Elle s'est en outre heurtée à la concurrence américaine, mieux placée quant aux prix et aux délais de livraison sans oublier la supériorité indiscutable des grands constructeurs aux Etats-Unis. Jusqu'à la Belgique, si voisine cependant de la Grande-Bretagne, qui n'est plus sa cliente et qui, depuis longtemps, avait abandonné la France. Les transports aériens belges comptent, en effet, dix-huit avions hollandais, trois allemands, sept italiens. Sur trois douzaines environ d'appareils tchécoslovaques, il y en a un seulement d'origine britannique ! Inutile d'ajouter qu'en Allemagne *tous* les appareils qui équipent son réseau aérien sont exclusivement allemands. En France, rappelons que la flotte de la compagnie actuellement exploitante comporte une grande majorité d'avions français et seulement une vingtaine de fabrication hollandaise, et pas même une demi-douzaine de provenance américaine. L'Italie, en plein essor aéronautique, dispose d'un excellent matériel de fabrication nationale, mais a fait cependant appel (pour atteindre plus vite son but) aux industries allemande et américaine. Quant à la Suisse, à la Pologne, à la Chine, leurs principaux fournisseurs sont l'Allemagne et l'Amérique. Mais, pour l'aviation militaire chinoise, c'est l'U. R. S. S. qui a livré presque tous les avions de type moderne actuellement en service dans les armées chinoises. Si, en 1935, la Grande-Bretagne n'avait pas entravé l'exportation de ses fabrications d'aviation, il est probable que ses principaux concurrents (Allemagne, Etats-Unis) n'auraient jamais pris aussi aisément la place prépondérante qu'ils occupent aujourd'hui sur tous les marchés du monde. Quand on pense qu'un constructeur américain livre deux fois plus vite son matériel et que celui-ci est le plus souvent vendu à moitié prix par rapport aux autres nations (exception pour le Reich qui a su obtenir certaines commandes, même vis-à-vis des Etats-Unis, grâce à ses procédés commerciaux) ! Pour le matériel militaire, il faut faire remarquer que, à côté de l'Allemagne et de l'Amérique, l'Italie comme la Hollande ont su également affirmer une certaine maîtrise (bombardiers pour la première, chasseurs pour la seconde) : aussi, plusieurs nations leur ont commandé des avions pour équiper leurs forces aériennes en formation ou en réorganisation.

Devant cette situation de fait, le gouvernement britannique a réagi : depuis peu, les types d'avions militaires, même retenus par les services de la *Royal Air Force*, peuvent être maintenant proposés aux acquéreurs étrangers. C'est ainsi que, récemment, la Turquie a pu traiter avec des constructeurs anglais. De même, l'industrie aéronautique anglaise s'efforce de fabriquer des appareils d'école très étudiés et bien mis au point, des avions de sport déjà très appréciés et même, tout dernièrement, des avions de combat (légers). Mais, là encore, les Anglais se trouvent en face des Allemands qui ont su prendre une supériorité indiscutable, notamment dans le domaine de l'aviation de sport. Les Américains, eux aussi, se proposent d'offrir à la clientèle étrangère des modèles d'exportation pour l'aviation militaire légère. Rien ne dit cependant que la construction anglaise, qui possède une réputation justifiée (moteurs et cellules), ne parvienne pas rapidement à rétablir la situation à son profit. Si elle réussit des appareils impeccables au point de vue *technique* (comme elle a su le faire aussi bien en aviation qu'en automobile), elle sera en mesure, au point de vue commercial, de reprendre bien des clients, ne fût-ce qu'en mettant à profit son immense influence politique dans le monde, ce qui lui permettrait d'obtenir des accords commerciaux particulièrement avantageux pour elle. Nous estimons, du reste, que l'Angleterre sera mieux placée pour vendre des appareils de combat que pour fournir les compagnies étrangères d'avions de transport. Mais, n'oublions pas que l'Allemagne, l'Amérique et même l'Italie ont l'avantage d'être déjà dans la place et de donner entière satisfaction à leurs clients. Une lutte des prix (même désastreuse pour la Grande-Bretagne) ne parviendrait peut-être même pas à lui

rapporter un jour les sommes ainsi engagées pour affronter « à bas prix et à qualité égale » la redoutable concurrence de ces grandes puissances aéronautiques. Cependant la Grande-Bretagne vient de créer, dans cet esprit, un prix de 150 000 sterling pour récompenser le *meilleur* constructeur anglais qui sera classé premier au concours de l'« avion idéal » pour 40 passagers ? Cette initiative mérite que l'on y revienne lorsque les concurrents, spécifiquement anglais, se seront mis à l'ouvrage...

TENDANCES NOUVELLES DE L'ÉCONOMIE MODERNE SUIVANT LE PROFESSEUR WAGEMANN

Il existe depuis 1925, en Allemagne, un Institut de Conjoncture fondé à Berlin, et que dirige un professeur éminent de l'Université, ancien directeur de l'Office Statistique du Reich, le docteur Wagemann, dont certaines conférences récentes ont été consacrées à l'économie moderne, à la conjoncture, à la stratégie économique. A en croire le docteur Wagemann, le « dirigisme » constituera sans doute la forme future de l'économie moderne du monde, puisque tous les Etats, même libéraux, interviennent déjà directement ou indirectement dans l'orientation et la réglementation des différentes branches de l'activité nationale dite « privée ». Le savant allemand a, du reste, fait remarquer que si l'économie politique est de plus en plus à l'ordre du jour, il n'existe pas encore de véritable doctrine à ce sujet : on ne trouve, en effet, aucune théorie scientifiquement et économiquement construite de l'intervention de l'Etat dans l'économie d'un pays. Le professeur Ernst Wagemann doit faire lui-même à ce sujet une conférence à Paris, au « Centre Polytechnicien d'Etudes Economiques », dont nous aurons l'occasion de reparler ici.

L'INGÉRENCE DE L'ALLEMAGNE DANS L'ÉCONOMIE BRÉSILIENNE

Le coup d'Etat survenu, à la fin de 1937, au Brésil a entraîné la suspension du service de la dette brésilienne vis-à-vis des pays prêteurs d'Europe. Cette défaillance a exercé une fâcheuse répercussion sur l'opinion anglaise et sur le marché de Londres. Cette décision unilatérale et inattendue d'un Etat aussi riche et aussi grand que l'Europe, sauf l'U. R. S. S. (1), d'après certains économistes serait due — partiellement du moins — à la politique économique du III^e Reich qui cherche à se procurer par tous les moyens les matières dont l'industrie allemande a besoin : en particulier, le fer des riches minerais brésiliens. Il serait question, en effet, d'équiper les territoires miniers du Brésil, non encore pourvus de réseau ferré, afin de les relier à un port d'embarquement sur l'Atlantique et de là vers l'Europe. L'exploitation des gisements de minerais de fer brésiliens (Bello-Horizonte, déjà relié à la côte, et Itabira, encore isolé) est loin, actuellement, d'être rationnellement poussée. Elle deviendrait ainsi rémunératrice et contribuerait efficacement à ravitailler largement l'Allemagne, qui en exercerait en quelque sorte le contrôle. Ainsi le Brésil, « techniquement » équipé par le Reich, deviendrait de plus en plus industrialisé, et cela grâce aux techniciens et à l'outillage allemands, seuls capables de mettre en valeur les ressources si précieuses de son sous-sol (fer, manganèse, etc.). Ajoutons, d'après un écrivain qui connaît bien le Brésil, que ses échanges avec le III^e Reich sont dès maintenant basés uniquement sur le troc, ce qui prive aujourd'hui l'Etat brésilien d'au moins 50 % des « changes » que lui procuraient normalement ses exportations avant l'intervention allemande dans ses affaires intérieures. La moitié environ de ces exportations va, en effet, désormais à l'Allemagne, sans procurer au Brésil de devises appréciées. Ainsi, le Reich tient aujourd'hui le premier rang parmi ses fournisseurs, après avoir pris habilement et progressivement la place des Etats-Unis d'Amérique, grâce à un récent traité, dit de « compensation », signé entre les gouvernements de

(1) A l'Exposition de 1937, le Pavillon de la République des Etats-Unis du Brésil était certainement le mieux présenté et le plus important des nations de l'Amérique du Sud. Ses graphiques économiques, en particulier, étaient fort instructifs.

Rio et de Berlin. Une politique économique analogue avait été tentée par les autorités d'Empire du III^e Reich vis-à-vis de l'Argentine, mais l'Angleterre sut y mettre efficacement le holà de 1932 à 1936. Dans le domaine commercial international, l'Angleterre sait toujours faire prévaloir ses intérêts, même quand elle se heurte à une puissance aussi « expansionniste » que l'Allemagne, qui peut, à ce point de vue, rivaliser même avec le Japon.

POUR LES TRAVERSÉES TRANSATLANTIQUES, L'HYDRAVION COUTE MOINS CHER QUE LE PAQUEBOT ET LE DIRIGEABLE

Les Etats-Unis feront-ils construire par leurs services transatlantiques un grand paquebot genre *Normandie*? Adopteront-ils des dirigeables type *Zeppelin*, ou enfin des hydravions géants? Tels sont les problèmes soumis à la Commission de la Marine des Etats-Unis récemment. Voici les résultats d'une enquête économique poursuivie à ce sujet par M. Grover Lœning, en prenant les bases de comparaison suivantes : un paquebot géant (traversée en 100 h) effectuant un service hebdomadaire ; deux dirigeables de 360 000 m³ (traversée en 60 h) emportant 200 passagers et assurant un service quadrihebdomadaire en été, bihebdomadaire en hiver ; six hydravions (traversée en 20 h) de 50 t ou de 125 t pouvant transporter respectivement 40 et 150 passagers. Les amortissements annuels entrant évidemment en ligne de compte dans le calcul des frais d'exploitation ont été calculés en supposant logiquement qu'on construisît un nombre de dirigeables ou d'hydravions ayant la même capacité de transport annuel qu'un grand paquebot comme *Normandie*. Dans ces conditions, le paquebot revenant actuellement à 50 millions de dollars, la flotte de dirigeables coûterait le même prix, tandis que la flotte d'hydravions ne coûterait que 18 millions de dollars seulement ! Pour les paquebots, l'amortissement a été calculé sur vingt années ; pour les dirigeables sur huit années ; pour les hydravions sur cinq ans (hydravions de 25 t) et huit ans (hydravions de 125 t). Si on calcule l'énergie consommée par passager, elle peut être évaluée, d'après le rapport de M. Lœning, à 8 800 ch/h pour le paquebot, à 1 692 ch/h pour le dirigeable et au chiffre (sensiblement équivalent) de 1 680 ch/h pour l'hydravion. En ce qui concerne les frais d'équipage, le nombre d'heures de travail par passager est beaucoup plus faible pour l'hydravion que pour les autres modes de locomotion, étant donné la « brièveté » de la traversée. Ces trois éléments du prix de revient (amortissement, combustible, équipage) peuvent donc être présentés ainsi : Pour un paquebot type *Normandie* : 800 f (amortissement) + 800 f (combustible) + 470 f (équipage), soit 2 070 f par passager transporté ; pour un dirigeable de 360 000 m³ emportant 200 passagers : 770 f (amortissement) + 530 f (combustible) + 230 f (équipage), soit 1 530 f par passager (1) ; pour un hydravion de 125 tonnes emportant 150 passagers : 650 f (amortissement) + 230 f (combustible) + 330 f (équipage), soit 1 210 f par passager (2). Il apparaît donc que l'hydravion géant — qui reste encore à réaliser, mais dont la conception est déjà assez avancée dans les bureaux d'études de certains constructeurs américains — réalisera le mode de locomotion à la fois le plus rapide et le plus économique pour la traversée régulière de l'Atlantique-Nord (3).

(1) Pour un dirigeable de 320 000 m³ seulement, capable de transporter 100 passagers, les frais par voyageur s'établiraient ainsi : 2 100 f (amortissement) + 700 f (combustible) + 1 200 f (équipage), soit 4 000 f, ce qui semble alors prohibitif.

(2) Pour les hydravions de 50 t comportant 40 passagers (tels qu'il y en aura bientôt en service sur l'Atlantique-Nord), les frais par passager seraient notablement plus élevés. On les évalue à : 1 240 f (amortissement) + 570 f (combustible) + 450 f (équipage), soit 2 260 f. Cette somme serait à peine supérieure à celle se rapportant à un paquebot géant.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 245, page 333.

QUEL EST LE POTENTIEL DE L'AVIATION ITALIENNE ?

Par Armando SILVESTRI

De tous les pays européens engagés dans la guerre 1914-1918, le premier qui a cherché à dégager une politique générale de l'Air est l'Italie. Les visions du général Douhet (1) se sont trouvées longtemps à l'avant-garde des spéculations auxquelles a donné lieu dans toutes les nations l'emploi de l'aviation dans la bataille. L'expérience a démontré depuis que les idées de Douhet avaient surtout une valeur d'avertissement. Elles ont stimulé — et ce sera peut-être avant tout le grand mérite du général italien au regard de l'Histoire — l'imagination des Etats-Majors un peu trop enclins à se cantonner dans un jeune conformisme issu de l'expérience de la Grande Guerre. Le gouvernement italien, avec une sage prudence, s'est bien gardé d'adopter toutes les idées du général Douhet, mais il s'est appliqué, avec une constance et une intelligence remarquables, à faire aux moindres frais une aviation homogène et de qualité. Les moyens employés par lui n'ont rien de mystérieux. Ils tiennent avant tout dans l'unité de direction et sa stabilité, enfin dans un plan d'ensemble méthodiquement réalisé. Les résultats sont là. L'aviation italienne détient aujourd'hui les plus beaux records du monde : ceux de la vitesse pure sur le kilomètre, les 100 km, les 1 000 et 2 000 km. L'aviateur Agello a atteint la vitesse de 709 km 209 sur la base; l'ingénieur Furio Niclo, sur les 100 km, a volé à la moyenne de 554 km 350. L'effort italien s'est harmonieusement développé dans tous les domaines de l'aéronautique : militaire, civile et de tourisme. Quelques chiffres vont permettre d'en juger. Selon les propres déclarations du général Valle, l'Italie dispose de vingt-sept régiments d'aviation métropolitaine et de vingt-huit unités indépendantes de première ligne. Ne rentre pas dans ces chiffres l'aviation utilisée aux colonies. Celle-ci est constituée en un groupe mi-à-à mi autonome, composé d'avions de reconnaissance et de bombardement. Combien d'appareils représentent ces formations ? Il est difficile de donner un chiffre exact; celui de 1 500 appareils modernes doit s'approcher de la vérité.

Le budget de l'aéronautique militaire est en augmentation de 250 millions de lires sur le précédent. Voici comment l'Italie a réparti ses crédits à l'aéronautique. Budget général : 1 milliard 250 millions de lires, dont 1 107 030 000 sont destinés à l'aviation militaire. Les principaux postes du budget de guerre prévoient ainsi les dépenses : matériel volant, 300 millions; carburant, 150 millions (en augmentation de 75 millions); aéroports nouveaux, 25 millions; exploitation, 40 millions; écoles de pilotage, 12 millions; académies (deux au lieu d'une), 4 500 000. Voici maintenant le budget de l'aéronautique commerciale : subventions, 70 800 000 lires; télécommunications et infrastructure, 15 millions. Comme on le voit, ces chiffres sont relativement faibles. Ils le sont d'autant plus, dans le cas de l'aviation civile, que les lignes italiennes ne cessent de se multiplier. L'exercice de juin 1937 montre que l'étendue du réseau est passée de 24 412 km à 30 millions 093 km. Parallèlement, le nombre des passagers a crû de 50 948 à 75 458; celui du fret, de 350 235 à 569 230 kg; celui des bagages, de 808 250 kg à 1 million 181 520 kg; celui du courrier enfin, de 375 265 à 385 232 kg. En 1936-1937, le nombre de kilomètres parcourus a été de 7 970 508 kilomètres alors que l'exercice précédent accusait 5 617 132 km. Les recettes, comme on l'imagine, ont crû dans de semblables proportions. Elles sont passées de 30 millions 712 471 lires à 61 millions 226 980 lires. Les subventions gouvernementales représentent actuellement un peu plus de la moitié des recettes totales. Les résultats commerciaux obtenus ont permis la distribution d'un dividende de 5 % au capital-actions de 18 millions de lires. Il faut noter que si de nouvelles lignes ont été créées, quelques-unes ont disparu. Ont été supprimées : Athènes-Stamboul; Benghazi-Alexandrie-Asmara-Assaoua, Rome-Paris. En revanche une ligne a été créée, qui relie Rome-Pollenza (île de Majorque), Melilla-Cadix. Cette ligne est certainement l'amorce du service Sud-Atlantique en ce moment à l'étude. Notons encore les nouvelles liaisons aériennes Trieste-Brindisi, Rome-Palerm, Venise-Prague et le prolongement des lignes Rome-Tunis jusqu'à Tripoli, Rome-Asmara jusqu'à Addis-Abbeba, et enfin un nouveau service : Asmara-Djibouti-Addis-Abbeba. Le

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 175.

matériel utilisé sur ce réseau commercial dérive en général des types militaires. Il est donc inutile d'en faire l'éloge. La liste des records détenus par l'aéronautique italienne en dispense.

Il faut signaler toutefois une évolution de la fabrication. L'Italie, jusqu'ici, avait marqué une inclination très prononcée pour la construction en bois. La raison? On la devine. C'est la pénurie relative de matières premières et la nécessité de les importer. Or, les services techniques italiens viennent de prendre la décision de construire entièrement en métal les appareils de gros tonnage, comme les trimoteurs du type Cant Z.-506. Il ne serait pas impossible que le rapprochement politique Berlin-Rome ait influé sur cette décision. Elle sera vraisemblablement provisoire. Le gouvernement italien a manifesté le désir de procéder à un vaste reboisement dans les zones préalpines et aussi à l'exploitation du sol de la Sardaigne, qui lui permettra peut-être un jour de diminuer ses importations de matières premières et de revenir à une construction en bois généralisée et plus économique. Telle qu'elle est, l'aéronautique italienne figure au premier rang des aviations mondiales. Le chiffre de ses exportations ne cesse d'augmenter. Le Chili a passé commande à l'Italie de 65 Breda de chasse et de 9 Nardi-305 (biplan d'entraînement à la chasse); la Chine a pris livraison de 4 appareils italiens pour essais, l'Afghanistan a acheté 16 avions de reconnaissance Romeo, 3 avions-écoles Breda-25 et 3 avions d'acrobatie Breda-28. La Roumanie a commandé 30 biplaces d'entraînement à la chasse Nardi-305, 7 trimoteurs Savoia S.-73; la Belgique a acheté la licence du trimoteur Savoia S.-73.

Ces chiffres dispensent de commentaires. Sur le marché mondial, l'Italie lutte à armes égales avec l'Allemagne et les Etats-Unis.

J. LE BOUCHER.

EN dehors du célèbre record de vitesse pure, 709,209 km/h, détenu par l'hydravion *Macchi-Fiat* depuis le 23 octobre 1934, les ailes italiennes en possédaient, au 1^{er} janvier dernier, un nombre important (37) parmi les nombreuses et diverses catégories établies pour rendre comparables entre eux les résultats obtenus. Si ces performances démontrent l'excellente qualité, au point de vue construction et propulsion, des appareils volants de compétition, les tendances générales de l'aviation italienne — civile et militaire — se sont dégagées avec plus de netteté au récent Salon Aéronautique de Milan. On sait que l'Italie, comme la France, organise tous les deux ans un tel salon international, où le matériel d'origine nationale tient cependant la plus large place.

Remarquons tout d'abord que, jusqu'à la fin de 1935 (année du 1^{er} Salon de Milan), le budget relativement modeste de l'aviation fasciste n'avait pas permis à l'Italie de poursuivre une rénovation rapide de son matériel. C'était alors l'époque des sanctions économiques et le début de la guerre éthiopienne. En même temps se dessinait la menace d'un conflit européen. Dans de telles conditions, tandis que le matériel existant était envoyé en partie sur le front d'Abyssinie, où, quoique ancien, il démontrait son efficacité dans les opérations auxquelles l'aviation prit part, les escadrilles de la métropole durent être constituées et accrues avec du matériel neuf.

Ce sont les tendances de la construction de ce matériel que le II^e Salon de Milan a synthétisées.

Construction mixte (bois, toile, métal) et construction métallique

Si tous les modes de construction ont été essayés en Italie, c'est cependant la construction mixte (bois, toile et métal) qui emporte la majorité des suffrages, surtout pour des raisons d'ordre économique, l'Italie n'étant pas grosse productrice de métaux (autres que les métaux légers). D'une façon générale, nous trouvons donc des appareils dont les ailes ont une ossature en bois revêtu de toile ou de succédanés de la toile, dont le fuselage comporte une charpente métallique (généralement en tubes d'acier) recouverte de bois, de toile ou de tôle mince. La technique aéronautique est orientée vers les fortes charges alaires (et, par suite, une plus grande vitesse) et les appareils de moyen tonnage (aucun avion ou hydravion de fort tonnage n'a été réalisé en Italie, bien que certains aient été étudiés). La construction métallique marque cependant un certain progrès, grâce à l'emploi des alliages légers et résistants que l'Italie produit en abondance (1). La construction métallique où l'acier tient la plus faible place demeure donc compatible avec l'effort de toute la nation vers l'autarcie économique. D'ailleurs, le travail du bois a été notablement perfectionné. C'est ainsi que la *S. I. A. I.* (2) a pu réaliser des ailes d'une seule pièce et que les fuselages monocoques, en bois de la *Cant* (3) démontrent les principaux progrès réalisés. Quant à la construc-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 242, page 129.

(2) *Società Idrovolanti Alta Italia (Savoia)*.

(3) *Cantieri Riuniti del Adriatico*.

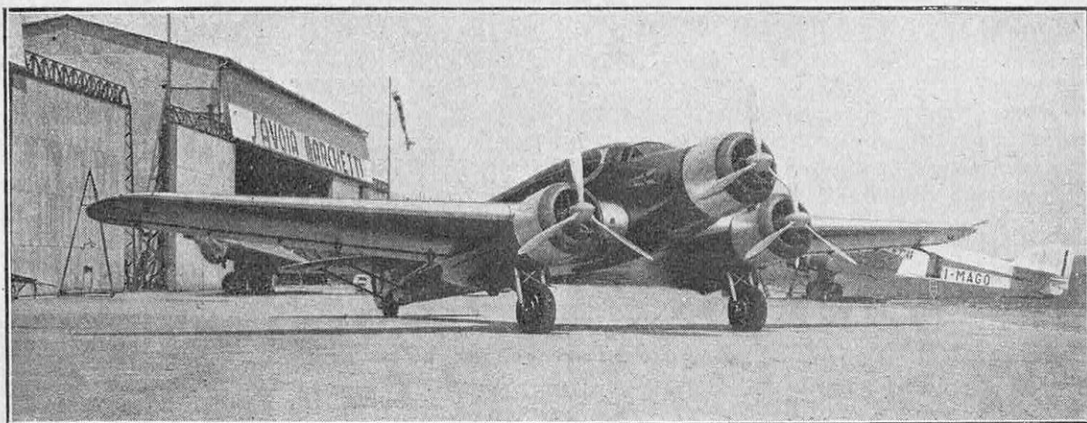


FIG. 1. — LE TRIMOTEUR DE BOMBARDEMENT « S.-79 » A GRANDE AUTONOMIE

Propulsé par trois moteurs de 750 ch (à 3 400 m d'altitude), cet avion peut emporter 7 000 kg de charge utile (bombes). Sa vitesse maximum est de 450 km/h (à 4 000 m), et sa vitesse de croisière, 400 km/h (à 5 000 m).

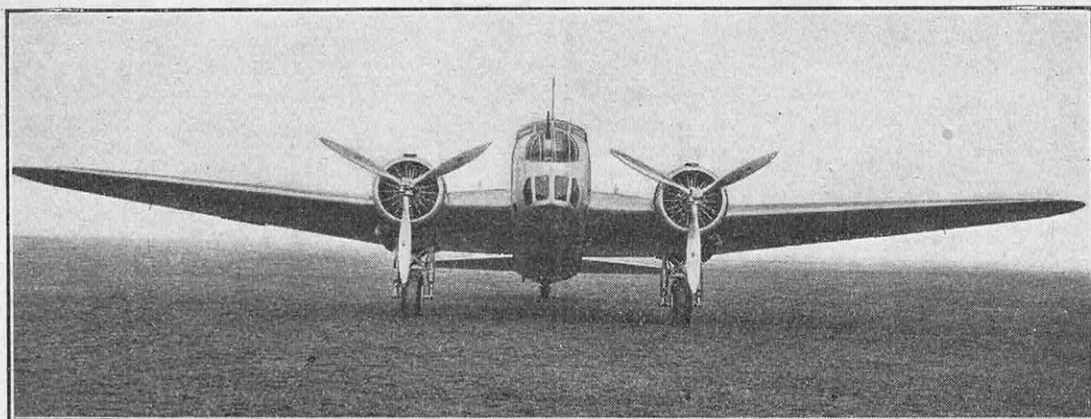


FIG. 2. — LE BIMOTEUR FIAT « B.R.-20 », DE BOMBARDEMENT, ENTIÈREMENT MÉTALLIQUE

Il est équipé de deux moteurs de 1 000 ch (à 4 000 m), peut emporter 3 500 kg de bombes et atteint 440 km/h (à 4 000) m. Son plafond est de 9 000 m, et son autonomie de 2 500 km.

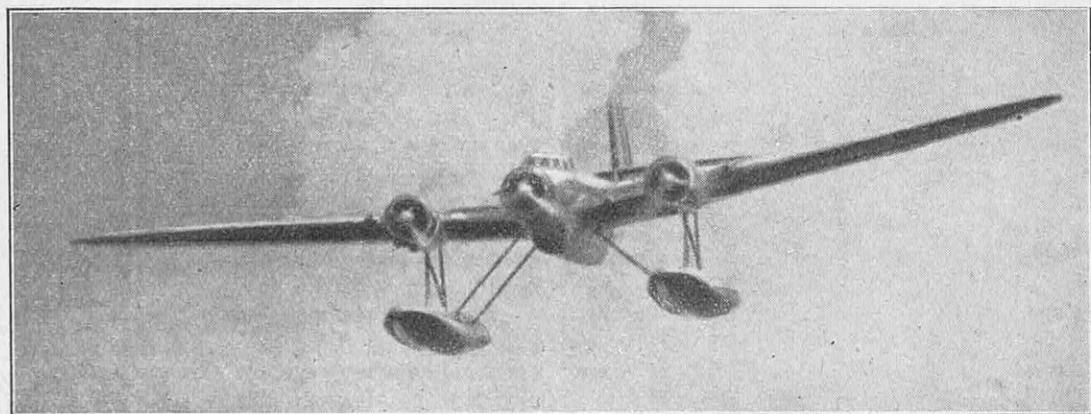


FIG. 3. - L'HYDRAVION « CANT 506-B », TRIMOTEUR ENTIÈREMENT EN BOIS (SAUF LES FLOTTEURS)

Cet appareil de bombardement, qui détient presque tous les records pour hydravions, est propulsé par trois moteurs de 740 ch (à 3 400 m) à une vitesse de 390 km/h (à 3 000 m). Sa charge utile est de 4 000 kg; il monte à 4 000 m en moins de 11 mn et son plafond atteint 10 000 m.

tion métallique, elle fait appel soit au rivage, soit à la soudure électrique par points avec apport de métal. En résumé, les méthodes de construction restent donc classiques. Voyons maintenant à quels types remarquables de « plus lourds que l'air » elles ont abouti pour l'aviation militaire et civile.

L'aviation militaire

Bombardement, reconnaissance, chasse et combat constituent, dans tous les pays,

n'apparaît, aussi bien en ce qui concerne la construction des appareils que leur propulsion particulièrement préférée : construction mixte ou métallique, bimoteurs et trimoteurs sont également à l'honneur. C'est ainsi que pour les avions, nous trouvons des trimoteurs (*Savoia S.-81* et *S.-79*) et des bimoteurs (*B.R.-20* et *Savoia S.-79 B*). D'autres types présentés au Salon de Milan, comme le *Bréda Ba.-82*, les *Caproni Ca.-310* et *Ca.-135* et le *P.-32*, tous bimoteurs,

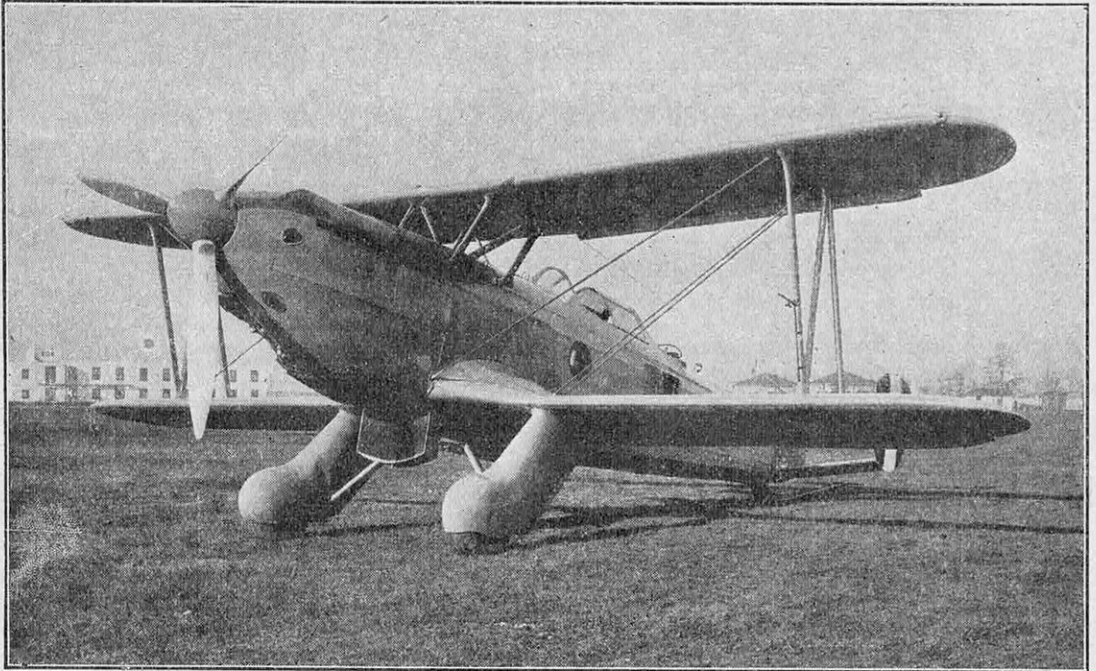


FIG. 4. — LE « CA.-134 », BIPLAN MONOMOTEUR DE RECONNAISSANCE EN BOIS, TOILE ET MÉTAL
Cet appareil à deux places, propulsé par un moteur de 813 ch à l'altitude de 4 500 m, possède une autonomie de 1 100 km. Sa vitesse maximum atteint 390 km/h (vitesse de croisière, 345 km/h). Il peut s'élever à 5 000 m en 13 mn 30 s et son plafond est de 7 000 m.

les quatre grandes classes d'appareils de l'armée de l'air. Chacune d'elles est aujourd'hui pourvue, en Italie, d'appareils vraiment modernes.

Bombardement

La guerre éthiopienne, en consommant une grande quantité de matériel (par suite du climat et du travail pénible de reconnaissance et de transport en Afrique Orientale), a nécessité un renouvellement complet des bombardiers, renouvellement qui se poursuit sans cesse par la mise en service de types de plus en plus poussés. Vitesse, altitude, capacité d'enlever des lourdes charges, telles sont les qualités requises pour ces machines. Aucune solution générale

ne sont pas encore adoptés pour équiper les escadrilles. Parmi ces appareils précédents, remarquons le *B.R.-20* entièrement métallique et le *P.-32* entièrement en bois. Tous les autres sont de structure mixte : bois, toile et métal. Mais si, du point de vue du nombre des moteurs, on ne peut constater de règle générale, il faut remarquer cependant que tous ces appareils sont des *monoplans* dont les ailes occupent, par rapport au fuselage, des positions diverses selon les constructeurs : ailes basses dans les *S.-81*, *S.-79*, *S.-79 B*, *P.-32*, *B.R.-20*; ailes médianes pour les *Ba.-82*, *Ca.-310* et *Ca.-135*. L'adoption de trains d'atterrissage escamotables est également généralisée avec logement des roues relevées dans le carénage

des moteurs. Seul le *S.-81*, le plus ancien, fait exception à cette règle.

En ce qui concerne l'armement, en dehors du chargement utile (bombes) qui atteint 7 000 kg pour le *S.-79* et dépasse 3 000 kg pour les autres, les recherches ont été poussées pour assurer la défense dans toutes les directions par la suppression des angles morts. Des mitrailleuses orientables sont situées à l'avant du fuselage (par moitié au-dessus et au-dessous) étudié spécialement pour réaliser le maximum de visibilité, notamment sur les bimoteurs. Dans certains types,

vraiment remarquable équipe les escadrilles de bombardement à grande distance et peut être utilisé pour le torpillage (1). Citons encore le *Cant Z.-508*, monoplan trimoteur à coque centrale, à ailes surélevées, dont la charge utile atteint 6 200 kg, la vitesse maximum 315 km/h (vitesse de croisière 260 km/h) et le plafond 8 000 m. Enfin, le bimoteur *M.C.-99*, monoplan à aile haute, à coque, de construction mixte comme les précédents, dont les moteurs sont surélevés. Il peut emporter 4 600 kg à la vitesse de 272 km/h ; plafond, 4 900 m.

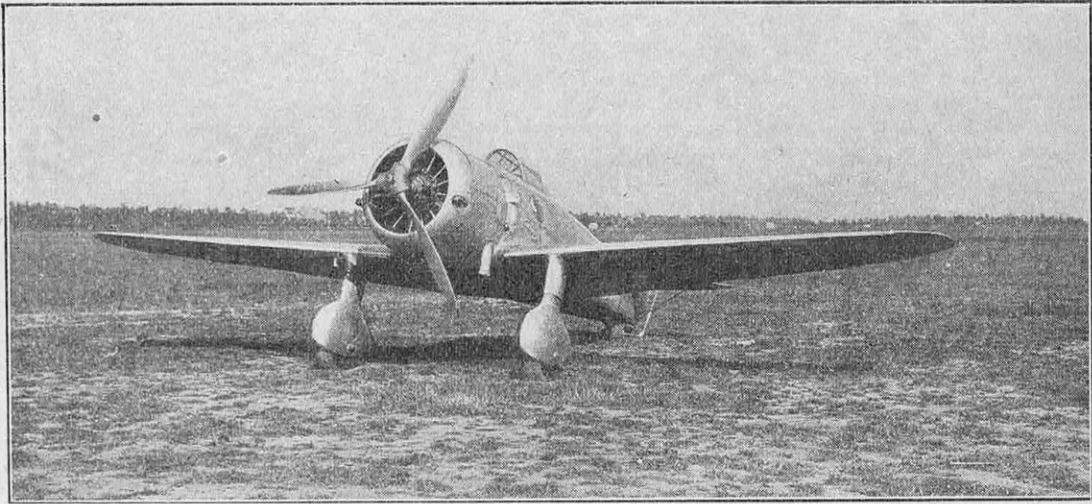


FIG. 5. — L'AVION DE CHASSE « RO.-51 » DE CONSTRUCTION MIXTE, A TRAIN FIXE

Les performances de cet avion, équipé d'un moteur de 850 ch (à 3 800 m), dépasseraient celles des autres appareils de chasse italiens, tel que le *G.-50* dont la vitesse maximum atteint 460 km/h et la vitesse de croisière 420 km/h (à 4 000 m), qui s'élève à 5 000 m en 5 mn 20 s et dont le plafond se situe à 9 000 m. Aussi le gouvernement italien les a-t-il tenues secrètes jusqu'à aujourd'hui.

les plans verticaux de direction de la queue ont été dédoublés en vue de permettre l'installation d'une mitrailleuse mobile à l'arrière et d'élargir son champ de tir.

L'aviation de bombardement italienne compte également des *hydravions* qui, bien qu'un peu éclipsés par les possibilités des avions terrestres, occupent encore la première place dans ce domaine. C'est ainsi que le *Cant Z.-506 B* détient, aussi bien avec le modèle militaire qu'avec le modèle civil, presque tous les records pour hydravions. Sa vitesse maximum atteint 390 km/h, il monte à 4 000 m en 10 mn 57 s et son plafond n'est pas inférieur à 10 000 m. Enfin, sa charge utile est de 4 000 kg. C'est un grand monoplan trimoteur (26,50 m d'envergure), à ailes médianes, à flotteurs, construit entièrement en bois, sauf les flotteurs en alliage léger rivé. Cet hydravion

Reconnaissance, chasse, assaut

Le progrès réalisé dans les appareils de reconnaissance apparaît moins nettement que pour les bombardiers, car leurs missions n'exigent pas d'aussi grands perfectionnements. Citons les avions *Romeo 37* et *Caproni-134*, et l'hydravion *Cant Z.-501*, qui se substituent actuellement au vieux matériel encore en service. Les premiers sont des biplans — qui demeurent en faveur pour cette application — d'architecture classique. Ils doivent leurs excellentes caractéristiques à l'augmentation de la puissance (550 et 813 ch) et à l'étude poussée de leur carénage. Ils peuvent s'élever rapidement (3 000 m en 13 mn 30 s pour le *Ca.-134*) et ont une autonomie de 1 400 et 1 100 km. L'hydravion *Cant Z.-501* est, par contre,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 173, page 393.

un monoplan à coque, à aile haute, qui, par deux fois consécutives, conquiert le record de distance en ligne droite pour sa catégorie. Tous ces appareils sont de construction mixte (bois, toile et métal).

L'évolution de l'aviation de chasse italienne peut être considérée comme complète. Naguère encore, elle était fidèle au biplan dont le type *CR.-2* a affirmé, dans de nombreuses occasions, ses qualités militaires. Au Salon de Milan figurait aussi le biplan *Romeo Ro.-41*, de construction récente, mais dont les performances ne sont

outre d'effectuer des opérations de « petit » bombardement (1). Un seul modèle nouveau est à signaler, le *Bréda Ba.-65* (vitesse, 392 km/h) s'élevant à 4 000 m en 11 mn et destiné à remplacer le *Ba.-64* et le *A. P. I.* équipant actuellement les escadrilles. C'est un monoplan à aile basse, avec train escamotable, entièrement métallique. Son armement est remarquable : quatre mitrailleuses d'ailes et une en tourelle (2). En résumé, c'est donc avant tout l'aviation de bombardement qui présente, en Italie, l'évolution la plus marquée depuis deux ans.

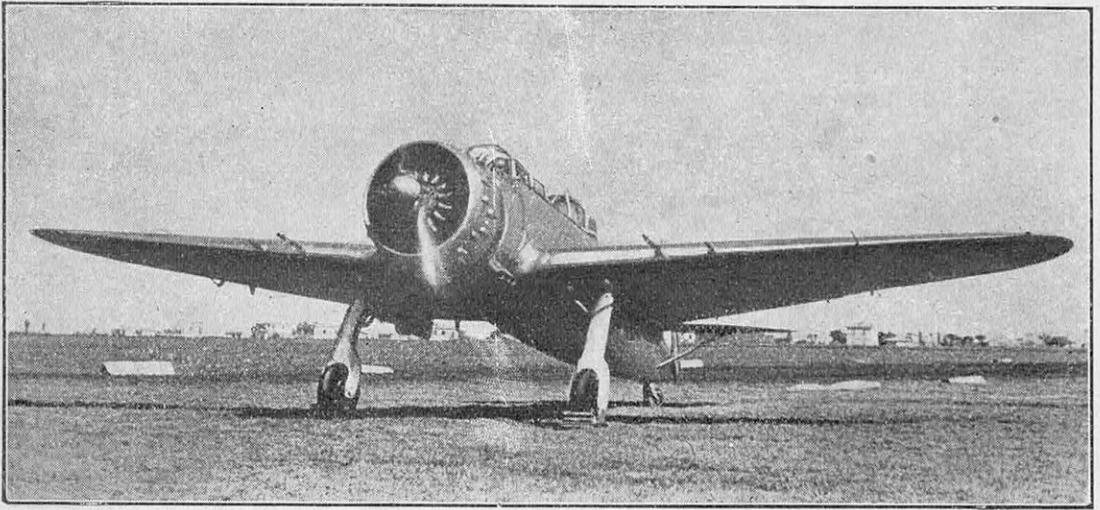


FIG. 6. — LE « BA.-65 », UN DES PLUS RÉCENTS AVIONS D'ASSAUT ITALIENS

Cet appareil monomoteur (770 ch), dont la vitesse atteint 392 km/h (à 5 000 m), est remarquablement armé : quatre mitrailleuses d'ailes, deux de 12,7 mm, deux de 7,7 mm nettement visibles sur la photographie et une mitrailleuse en tourelle pour le tir vers l'arrière. Cet avion peut emporter soit 200 bombes de 2 kg (contre le personnel), soit 4 bombes de 100 kg (contre le matériel).

pas très éloignées de celles des machines plus anciennes (vitesse, 340 km/h ; plafond, 9 000 m). Les biplans n'autorisent pas, en effet, les très grandes vitesses aujourd'hui exigées des avions de chasse. Aussi, le monoplan a-t-il conquis la première place. Deux appareils, le *G.-50* et le *Romeo Ro.-51* témoignaient à Milan de cette tendance (vitesse, 460 km/h). Le premier est entièrement métallique, à train escamotable ; le second est de construction mixte, à train fixe. La vitesse ascensionnelle du *G.-50* est vraiment remarquable (5 000 m en 5 mn 20 s), de même que sa maniabilité. Quant aux performances du *Ro.-51*, elles sont encore tenues secrètes.

Les appareils de combat et d'assaut (1), d'emploi relativement récent, ne sont que des variantes des avions de chasse, capables en

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 135.

L'aviation civile

Ici encore, nous devons distinguer les appareils de transport et ceux de tourisme.

Bien que la situation de l'aviation de transport italienne fût déjà privilégiée en

(1) L'aviation d'assaut a pour mission de mitrailler et de bombarder les objectifs terrestres en volant à très faible altitude. Son but est donc surtout tactique, tandis que celui de l'aviation de bombardement à grande distance relève de la stratégie.

(2) Le *Ba.-65*, qui peut être propulsé par un « K.-14 » de 770 ch à 3 750 m, ou par un Fiat « A.-80 RCI », est revêtu de duralumin, sauf le bord postérieur des ailerons, recouvert de toile. Son fuselage est formé de tubes d'acier au chrome molybdène soudés à l'autogène ; il est fixé par soudure à la partie centrale de l'aile. Il faut citer aussi le *Caproni A. P. I.*, biplace à moteur Alfa « 126 RC » de 770 ch à 3 400 m, de structure mixte (ailes en bois, revêtues de contreplaqué entre les longerons sur le bord antérieur et les extrémités, de toile sur les autres parties) ; fuselage en tubes d'acier au chrome-molybdène (revêtement de toile). Sa charge utile est de 900 kg.

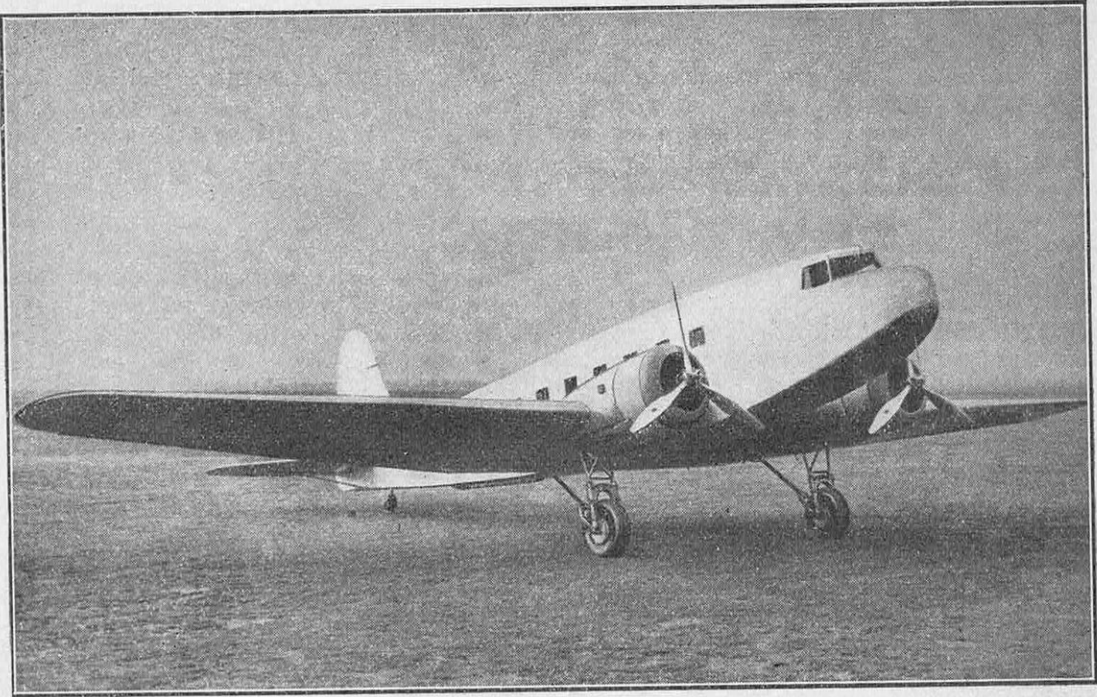


FIG. 7. — LE BIMOTEUR DE TRANSPORT «G.-18 V», ENTIÈREMENT MÉTALLIQUE

Cet appareil, qui vient de voler de Milan à Paris en deux heures (330 km/h de moyenne), est équipé de deux moteurs de 1 000 ch (à 4 000 m). Vitesse maximum : 400 km/h ; plafond : 8 700 m. Il peut emporter dix-huit passagers. L'aviation civile italienne compte déjà six avions de ce type.

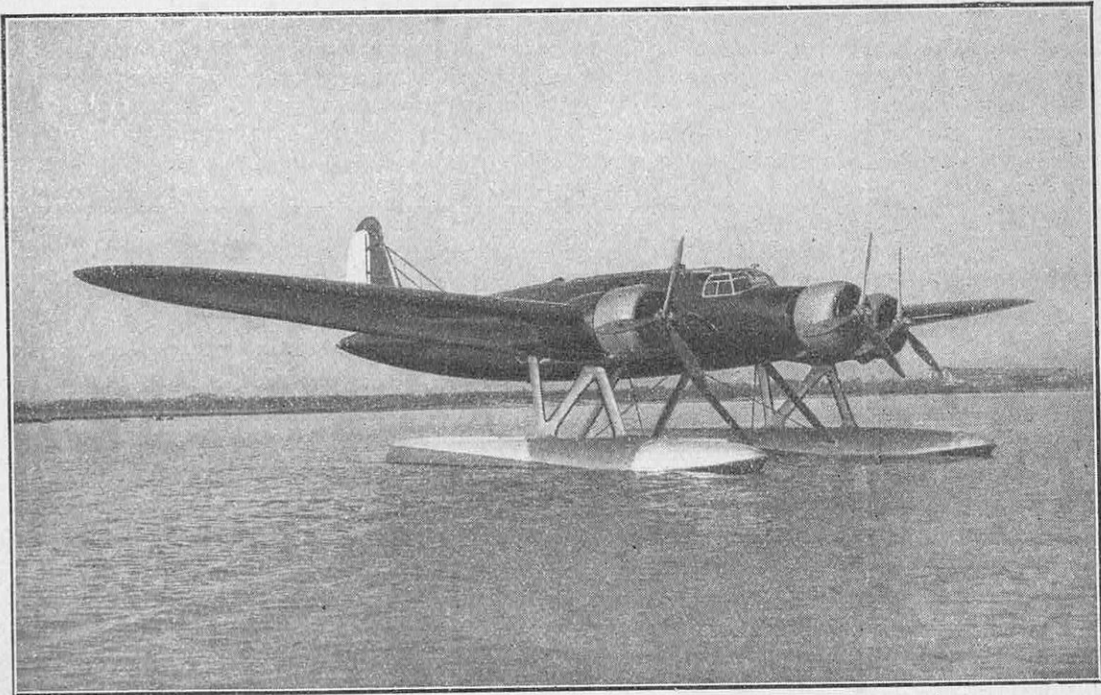


FIG. 8. - TRIMOTEUR DE TRANSPORT «CANT Z.-506», DÉRIVÉ DU BOMBARDIER «CANT Z.-506 B»

De construction mixte et de conception spécifiquement italienne, cet appareil est propulsé par trois moteurs de 770 ch (à 3 400 m). Il peut emporter quinze passagers (3 300 kg de charge utile) à la vitesse de croisière de 310 km/h (à 4 000 m) ; vitesse maximum : 380 km/h ; son autonomie atteint 1 300 km.

1935, avec les *Savoia S.-73*, *S.-74*, *A. P. R.-2* et *S.-66*, qui dérivait des conceptions les plus modernes et étaient entièrement neufs à cette date, les progrès réalisés en deux ans n'en sont pas moins remarquables. C'est surtout vers l'accroissement de la vitesse que les efforts ont été orientés. Une grande augmentation du nombre de passagers n'a pas été, en effet, reconnue nécessaire, étant donné les caractères particuliers des lignes rayonnant à partir de l'Italie, dont aucune ne nécessite un très grand rayon d'action.

Citons, parmi les avions les plus nouveaux, le *G.-18 V* (dérivé du *G.-18* déjà utilisé sur les lignes régulières), le *Savoia S.-83* (adaptation du bombardier *S.-79*) et l'hydravion à flotteurs *Cant Z.-506* (dérivé du *Cant Z.-506 B*). Les deux derniers sont des trimoteurs de construction mixte et de conception spécifiquement italienne. Par contre, le *G.-18 V*, bimoteur, entièrement métallique, s'apparente aux types les plus modernes des autres aéronautiques. Le *G.-18* et le *S.-83* sont à train escamotable. Le premier peut emporter 18 passagers à 400 km/h.; le second, 10 passagers à 425 km/h.; le troisième, 15 passagers à 380 km/h. Ces vitesses sont vraiment remarquables pour une exploitation régulière des lignes aériennes.

Voici enfin le *tourisme* aérien. Peu développé en Italie, pour des raisons d'ordre économique, il n'a pas retenu l'attention des grands avionneurs. Aussi trouve-t-on de nombreux modèles établis par de petits constructeurs, très différents les uns des

autres, et il n'est guère possible de dégager une tendance générale parmi la douzaine d'avions présentés à Milan. Leur construction est mixte, avec ailes en bois et toile. Seuls, les plus petits sont entièrement en bois. Bornons-nous donc à citer le *Ba.-79 S*, le *C. N. A.-15*, le *C. N. A.-25* et le *S. A. I.-25*; puis le *Lombardi L/B* avec empennages portés par les poutres de queue, train à trois roues, carlingue spacieuse, moteur arrière et hélice propulsive; le *S. S.-3*, planeur à moteur; le *Colibri*, le plus petit (6 m d'envergure seulement); le *Pedaliante B. B.*, appareil sans moteur dont l'hélice propulsive est mue par le pilote lui-même au moyen de pédales. Enfin, l'appareil d'entraînement *Nardi F. N.-304. D*, à grande autonomie (6 000 km), de construction mixte.

Ainsi, d'une façon générale l'effort de l'aviation italienne apparaît dirigé dans deux directions : vitesse et charge utile accrues grâce à l'augmentation de la puissance de la charge alaire, de la finesse aérodynamique minutieusement étudiée dans les centres aéronautiques comme Guidonia (1), et aussi à l'emploi de dispositifs hypersustentateurs. Si, dans le domaine du tourisme, la recherche tend avant tout à l'économie (puissance faible) et à la sécurité (faible vitesse d'atterrissage), c'est surtout dans l'aviation militaire de bombardement et dans l'aviation civile de transport que les progrès réalisés placent les ailes italiennes au premier plan parmi les nations européennes.

ARMANDO SILVESTRI.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 149.

La Grande-Bretagne vient de mettre en service le bassin de radoub de Seletar (à 150 km de Singapour). Cet aménagement n'aurait en soi qu'un intérêt documentaire si ce bassin — le premier au monde — n'était pas susceptible de recevoir des bâtiments d'un tonnage de 50 000 t. Or, il n'existe encore dans les flottes modernes aucun navire de combat de cette importance. De plus, un dock flottant pouvant recevoir des bâtiments déplaçant jusqu'à 55 000 t a été mouillé dans la base de Singapour, qui sera désormais à même de recevoir simultanément des navires de ligne quels qu'ils soient. En 1940, au plus tard, Seletar formera donc le point d'appui le plus puissant situé à l'est du canal de Suez. Ainsi, le « dispositif » de Singapour deviendra, en quelque sorte, une formidable base pour la flotte anglaise du Pacifique en Extrême-Orient, où la Grande-Bretagne pourra concentrer ses forces navales et aériennes en vue d'assurer la défense des Indes. L'Amirauté du Royaume-Uni ne s'arrêtera pas, du reste, en si bonne voie pour sauvegarder son vaste empire : dans les mers de Chine, Hong-Kong sollicite à son tour toute son attention, car cette position paraît maintenant singulièrement menacée depuis les récents événements d'Extrême-Orient. Il ne suffit pas, en effet, de « fermer » le détroit de Malacca au moyen du système défensif de Singapour pour être à l'abri de tout danger dans l'état actuel de répartition des forces d'un ennemi éventuel.

VERS LA COMMANDE AUTOMATIQUE « DIRIGÉE » DES « CHANGEMENTS DE VITESSE » EN AUTOMOBILE

Par Henri PETIT

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Le moteur à explosions (ou à carburation à essence) et le moteur à combustion interne (à injection d'huile lourde, genre Diesel) présentent, pour la locomotion routière ou ferroviaire, deux graves inconvénients : ils ne démarrent pas « sous charge » et ne fonctionnent économiquement qu'entre des limites assez étroites de vitesses de rotation. C'est pour remédier à ce manque de souplesse que l'on a été conduit, dès l'origine de l'automobile, à interposer entre le moteur et la transmission deux organes essentiels : l'embrayage, qui permet de supprimer et de rétablir à volonté la liaison entre le moteur et tout le reste du mécanisme ; l'appareil de changement de vitesse, grâce auquel, par des combinaisons d'engrenages appropriées, on « multiplie » suivant le profil de la route le couple transmis aux roues motrices en réduisant dans le même rapport leur vitesse de rotation. Les progrès accomplis depuis quelques années dans la fabrication et dans la taille des dentures des engrenages, dans la qualité des matériaux mis en œuvre (aciers spéciaux à grande résistance à l'usure et à la déformation), ainsi que la pratique — aujourd'hui généralisée — de la synchronisation des vitesses (qui consiste à amener à la même vitesse de rotation les deux éléments à relier avant de les mettre en prise), ont permis d'améliorer considérablement le fonctionnement des « boîtes » classiques à trains baladeurs. Et cela tant au point de vue de la facilité de manœuvre que de la suppression des bruits. Mais la commande de tels appareils pour changement de vitesse — comme, du reste, celle des boîtes planétaires — exigeait, il y a quelques années encore, l'intervention constante et raisonnée du conducteur. Déjà, la présélection a réduit sensiblement le nombre des opérations à effectuer à la main lors d'un changement de vitesse. Aujourd'hui, c'est l'automatisme dans la commande que l'on cherche à réaliser en Europe comme en Amérique. Cette automatisme peut être soit absolue (c'est-à-dire régie uniquement par la vitesse de la voiture ou bien par une combinaison de la vitesse de la voiture et de la charge du moteur), soit — et ceci paraît préférable — « dirigée » ; le conducteur conserve dès lors la possibilité d'intervenir pour faire varier à sa guise (suivant les conditions d'utilisation) la loi de commande des vitesses. Tel est le cas de l'appareil à commande automatique « corrigée » conçu par un ingénieur français (Fleischel) ; tel est aussi le cas de la boîte de vitesse semi-automatique américaine (« Oldsmobile ») de construction récente. C'est, en effet, la première du genre construite en série dans l'industrie automobile.

LA première fois que l'on a utilisé un moteur à explosions pour faire marcher une voiture automobile, on a senti la nécessité d'interposer entre le moteur et la transmission deux appareils essentiels : l'embrayage, d'une part ; l'appareil de changement de vitesse, d'autre part. La nécessité de ces appareils provient uniquement d'imperfections dans le principe même du fonctionnement du moteur automobile et sa constitution ; l'un et l'autre sont destinés à parer à ces imperfections. On pourrait s'en passer — et on s'en passe effectivement — si on utilisait un autre moteur que le moteur

à combustion interne, tel, par exemple, le moteur à vapeur ou le moteur électrique.

Le moteur à combustion interne se caractérise, en effet, pour l'objet qui nous occupe, par deux points essentiels :

1° Il ne démarre pas sous charge ;

2° Sa puissance est limitée à une valeur qu'il ne peut jamais dépasser, quoi qu'il arrive ; et, en même temps, il ne peut être utilisé d'une façon économique et agréable qu'entre certaines limites de vitesse de rotation. Pour ce dernier point, indiquons tout de suite que le moteur actuel se manifeste comme très supérieur au moteur d'autre-

fois qui, lui, manquait absolument de souplesse et ne fonctionnait pratiquement qu'à un régime déterminé ou aux environs immédiats de ce régime.

Pour permettre au moteur d'être mis en marche et, ultérieurement, de faire démarrer la voiture, il faut donc prévoir une coupure dans la transmission qui le libère au moins momentanément de la charge que lui impose l'entraînement de la voiture : c'est l'embrayage qui est chargé de ce rôle. Nous le signalons sans plus nous en occuper, puisque la présente étude est consacrée exclusivement à l'appareil de changement de vitesse.

C'est précisément cet appareil qui est destiné à parer à la seconde infirmité du moteur à explosions, soit son manque de souplesse et la limitation étroite de sa puissance.

L'appareil de changement de vitesse permet de réaliser, entre l'arbre du moteur et l'arbre qui attaque plus ou moins directement les roues motrices de la voiture, un certain nombre de combinaisons d'engrenages qui multiplieront le couple transmis en réduisant, naturellement, la vitesse de rotation dans le même rapport.

L'appareil de changement de vitesse — c'est ainsi qu'il s'est appelé au début — a vu son nom se transformer en se simplifiant. Certains constructeurs, comme De Dion-Bouton, l'appelaient tout simplement *l'appareil*.

Chez d'autres, c'était la *boîte de changement de vitesse* ou, par abréviation, la *boîte de vitesse*, ou simplement la *boîte*.

C'est le terme de *boîte de vitesse* qui a prévalu actuellement.

Dans l'étude des boîtes de vitesse, on doit distinguer deux parties essentielles : d'une part, la disposition des organes intérieurs de la boîte, qui permettent de réaliser les différentes combinaisons dans les rapports des vitesses de rotation de l'arbre primaire (côté moteur) avec l'arbre secondaire (côté roues motrices), et, d'autre part, les dispositifs de commande de ce mécanisme, dispositifs mis sous la main du conducteur qui agira sur eux pour mettre en jeu les organes constitutifs de l'appareil.

Les différents systèmes de changements de vitesse

Vouloir décrire tous les systèmes de changements de vitesse qui ont été imaginés et même appliqués depuis que l'automobile existe serait une tâche formidable. Nous nous garderons bien de l'entreprendre, nous contentant de parler ici des dispositifs, dont l'usage a sanctionné la valeur, qui ont été ou

sont utilisés à l'heure actuelle. Il nous restera d'ailleurs ainsi un large champ d'exploration.

Après quelques essais éphémères de dispositifs à courroie ou à friction, les systèmes par engrenages ont été et sont encore à peu près exclusivement utilisés. Ils ont peu à peu remplacé tous les autres systèmes : c'est uniquement d'eux que nous parlerons ici.

N'omettons pas, en passant, de rappeler qu'il y a eu les appareils hydrauliques qui, dans certains cas particuliers, paraissent présenter des avantages : ils ne sont utilisés qu'à de rares exemplaires et plutôt comme embrayages que comme changements de vitesse.

On devait penser également aux changements de vitesse électriques, qui semblent fournir une solution idéale autant par la facilité de leur construction que par l'aisance de leur manœuvre. Malheureusement, leur faible rendement, leur prix et leur poids élevés les ont fait rejeter après quelques essais, prolongés d'ailleurs pendant plusieurs années.

Dans les changements de vitesse à engrenages, nous allons trouver naturellement une assez grande variété de réalisations. Deux d'entre elles se dégagent immédiatement par l'importance de leurs applications : ce sont les boîtes de vitesse à trains baladeurs et les boîtes de vitesses dites « planétaires ».

Un appareil de changement de vitesse peut établir, entre l'arbre d'entrée et l'arbre de sortie, un nombre défini et limité de combinaisons ou, au contraire, peut réaliser entre ces deux arbres des démultiplications en nombre indéfini, qui varient progressivement depuis zéro jusqu'à la valeur maximum ; les premiers sont dits « changements de vitesse discontinus », les autres, « changements de vitesse continus ».

La réalisation de changements de vitesse continus, qui a fait l'objet d'innombrables recherches, apparaît comme très difficile, si l'on en croit au moins l'expérience. Aucun n'a encore reçu la sanction de la construction de série. L'un d'entre eux, présenté il y a deux ans en Belgique, l'appareil « Robin Van Roggen » (ou, par abréviation, R.V.R.) en est encore à la période des essais (1).

Les organes de manœuvre

Un appareil de changement de vitesse peut être manœuvré de diverses façons qui sont indépendantes, dans une certaine mesure tout au moins, de la disposition même des organes de l'appareil.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 313.

Au lieu d'effectuer, comme on le fait d'habitude, le choix de la combinaison à prendre au moment précis où on va faire la manœuvre, on peut, avec certains appareils, faire choix de cette combinaison à un moment quelconque, tout en continuant à laisser fonctionner la boîte sur la combinaison précédente. L'appareil est alors dit « présélectif ». Le prototype, c'est le changement de vitesse « Wilson » (qui est à trains planétaires). Il est d'ailleurs facile de concevoir et d'exécuter une commande présélective pour n'importe quel système à changement de vitesse.

Au lieu d'obliger le conducteur à effectuer manuellement le changement des combinaisons fournies par la boîte, on peut prévoir un dispositif qui réalise automatiquement, dans des conditions bien déterminées à l'avance, le changement de multiplication, et l'on a ainsi des changements de vitesse à *commande automatique*.

Cette commande automatique peut être *absolue*, c'est-à-dire que, pour une vitesse déterminée du moteur ou de la voiture, par exemple, le changement se produira automatiquement et inexorablement. Mais on peut aussi laisser au conducteur une part de responsabilité et d'initiative dans la manœuvre, en lui permettant de faire varier les conditions dans lesquelles le système automatique fonctionne : on a alors la *commande automatique corrigée*.

Enfin, dans un appareil de changement de vitesse, il peut y avoir une commande

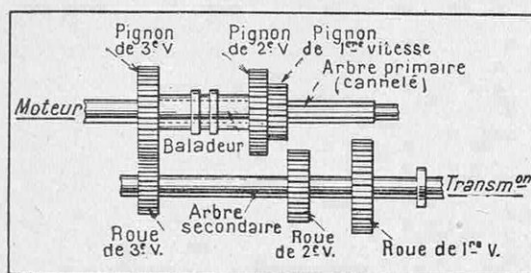


FIG. 1. — SCHEMA D'UN CHANGEMENT DE VITESSE A TRAIN BALADEUR SANS PRISE DIRECTE (BOITE A TROIS VITESSES)

Les pignons de 1^{re}, 2^e et 3^e vitesse forment un ensemble dénommé « baladeur » qui peut coulisser sur l'arbre primaire, lequel est cannelé de telle sorte que l'arbre entraîne ces pignons quelle que soit leur position (l'arbre primaire est en relation avec le moteur par l'intermédiaire de l'embrayage). L'arbre secondaire, en relation avec les roues motrices de la voiture, porte trois roues dentées fixes calées sur lui. En faisant coulisser le baladeur, on met en prise les engrenages qui conviennent pour la multiplication que l'on désire.

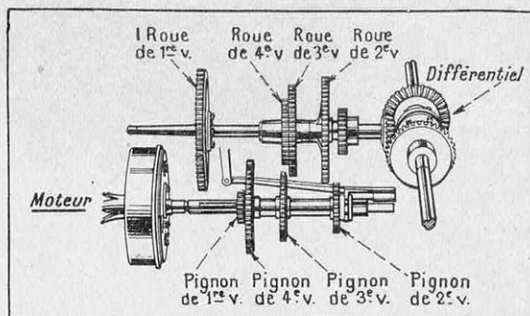


FIG. 2. — LE CHANGEMENT DE VITESSE « PANHARD » A QUATRE VITESSES, TEL QU'IL A ÉTÉ RÉALISÉ SUR LES PREMIÈRES VOITURES DE CETTE MARQUE

Ce changement de vitesse comportait une marche arrière réalisée par un inverseur, de telle sorte que la voiture avait quatre vitesses de marche avant et quatre vitesses de marche arrière.

manuelle pour choisir des combinaisons d'une certaine classe ou celles d'une autre classe, alors que le passage d'une combinaison à l'autre dans une classe déterminée se fait automatiquement : c'est la commande semi-automatique. Nous la retrouverons, par exemple, dans une réalisation entre toutes moderne de boîtes de vitesse : la boîte « Oldsmobile ».

Il y a un troisième paragraphe que nous devons consacrer à la façon dont la manœuvre est transmise depuis la manette, ou le levier, qui est entre les mains du conducteur jusqu'à l'appareil de changement de vitesse lui-même : c'est ce qu'on pourrait appeler, s'il n'y avait pas la crainte d'une confusion, la transmission de la commande, ou simplement la commande : c'est ainsi, par exemple, qu'un appareil de changement de vitesse quelconque, qu'il soit planétaire ou à trains baladeurs, peut être commandé mécaniquement (c'est le cas général), électriquement ou par un fluide comprimé. Nous trouvons, dans la pratique, des applications de ces trois systèmes : quand le levier, ou la manette de commande, est relié par des organes mécaniques à l'appareil de changement de vitesse lui-même, nous avons naturellement l'appareil mécanique, cas général pour les boîtes à baladeurs et certaines boîtes à planétaires.

Le coulisement des baladeurs d'une boîte de ce système, ou la manœuvre des freins et des embrayages dans une boîte à planétaires, peuvent être réalisés mécaniquement, comme nous venons de le dire, ou bien électriquement ; ce sont alors des électroaimants qui agissent : nous avons alors la commande électrique.

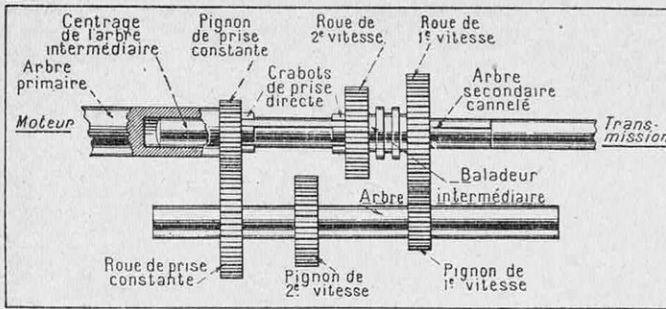


FIG. 3. — SCHEMA D'UN CHANGEMENT DE VITESSE A TRAIN BALADEUR ET A PRISE DIRECTE (A TROIS VITESSES)

L'arbre moteur porte, calé sur lui, un pignon qui engrène d'une façon constante avec une roue calée sur l'arbre intermédiaire. Cet arbre porte deux pignons également fixes. Dans le prolongement de l'arbre primaire (mais pouvant tourner indépendamment de lui) se trouve l'arbre secondaire, en relation avec les roues de la voiture. Cet arbre, qui est cannelé, porte un baladeur comportant deux roues (1^{re} et 2^e vitesse). En faisant coulisser le baladeur, on peut réaliser soit la 1^{re} vitesse (position représentée par la figure), soit la 2^e vitesse en mettant en prise les engrenages fixes, soit enfin la prise directe en engageant les crabots portés, d'une part, par le pignon de prise constante et, d'autre part, par la roue de deuxième vitesse.

Ces électro-aimants peuvent agir directement sur l'organe lui-même (commande électrique directe) ; mais, dans certains cas, ils agissent sur un véritable servo-moteur commandé soit par l'air comprimé, soit par le vide, soit par la pression d'huile combinée avec l'action d'un ressort. Il y a alors commande électrique mixte. Tel est le cas, par exemple, de l'appareil de commande des boîtes de vitesse à baladeurs « Bendix », connu sous le nom de « doigt électrique », où la commande est électrique et agit sur des servo-moteurs à vide qui, à leur tour, font coulisser les baladeurs.

La commande par air comprimé, qui n'est pas utilisée sur les véhicules routiers, est, par contre, de règle sur beaucoup d'automotrices. Elle présente l'avantage de pouvoir s'exercer à une grande distance et d'agir directement, sans intermédiaire de servo-moteur, puisqu'on dispose d'une puissance pratiquement illimitée avec l'air comprimé.

Les boîtes de vitesse à trains baladeurs

Ce sont les plus répandues. Elles n'ont d'ailleurs subi que des améliorations de détail depuis le début de l'automobile. Comme elles sont en général assez connues, nous pourrions être très bref à leur sujet.

Le principe des boîtes à baladeurs est le suivant : l'arbre primaire (arbre d'entrée) de la boîte est disposé parallèlement à l'arbre secondaire (arbre de sortie). Sur l'un

des deux arbres sont montés fixes un certain nombre de pignons (trois ou quatre, suivant que la boîte a trois ou quatre vitesses). Sur l'autre arbre sont disposés des pignons, de diamètre correspondant aux premiers, qui peuvent coulisser le long de l'arbre. Ces pignons mobiles sont reliés en général deux par deux ; l'ensemble de deux pignons reliés constitue un baladeur. Suivant qu'on met en prise une paire de pignons ou une autre, on réalise différents rapports de vitesse entre les deux arbres. Telle est, par exemple, la boîte la plus ancienne, boîte sans prise directe (fig. 1). Elle est encore utilisée aujourd'hui sur les voitures Citroën et sur certaines autres voitures à traction avant.

Avec cette boîte ainsi construite, il y a toujours une paire de pignons en prise, quelle que soit la combinaison utilisée.

Une autre disposition permet d'améliorer le rendement dans la majorité des cas d'utilisation de la boîte, tout en le sacrifiant un peu dans les autres cas. C'est la solution dite « à prise directe » (fig. 3).

Une boîte à prise directe comporte trois arbres : l'arbre primaire et, dans son prolongement immédiat, l'arbre secondaire, chacun des deux arbres pouvant d'ailleurs tourner indépendamment l'un de l'autre ; parallèlement est placé un troisième arbre dit « arbre intermédiaire ». L'arbre primaire porte un pignon qui engrène constamment avec une roue montée sur l'intermédiaire. Celui-ci porte à son tour deux ou trois autres

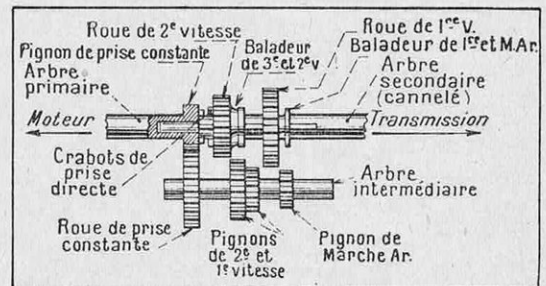


FIG. 4. — VOICI UNE AUTRE DISPOSITION DE BOITE A BALADEUR A TROIS VITESSES, DITE « A DEUX BALADEURS »

Les roues de 1^{re} et 2^e vitesse sont indépendantes et peuvent être manœuvrées séparément. La boîte est beaucoup plus courte que la boîte à baladeur unique représentée par la figure 3.

pignons. L'arbre secondaire porte deux ou trois pignons constituant un baladeur. Le pignon situé le plus en avant est muni de griffes qui peuvent venir s'accrocher dans d'autres griffes femelles montées sur le pignon fixe de l'arbre primaire.

Quand ces griffes sont en prise, aucun autre couple d'engrenages (sauf l'engrenage de prise constante, qui, d'ailleurs, tourne à vide) n'est en prise : c'est la prise directe.

En effet, l'arbre primaire entraîne directement le secondaire.

Pour les autres combinaisons, les griffes sont dégagées et un des pignons baladeurs est mis en prise avec un des pignons fixes de l'intermédiaire; la transmission se fait alors par l'intermédiaire de deux couples de pignons : du primaire à l'intermédiaire et de l'intermédiaire au secondaire.

Le changement de vitesse à prise directe a été utilisé en série pour la première fois par Louis Renault, à qui on confère généralement le bénéfice de son invention.

Les boîtes à baladeurs sont restées à peu près telles qu'elles avaient été construites au début, pendant de longues années : ce n'est qu'il y a une dizaine d'années à peu près qu'on s'est avisé qu'on pouvait

améliorer la manœuvre en la facilitant. C'est alors que sont nées les boîtes de vitesse à pignons toujours en prise et à dispositif de synchronisation ou « synchro-mesh » ; dans ces boîtes, les pignons sont toujours en prise, mais ceux qui sont montés sur l'arbre secondaire sont montés fous. Les baladeurs sont constitués par des crabotages coulissant sur des cannelures portées par l'arbre. Grâce à ces crabotages, on solidarise l'arbre et un des pignons qu'il supporte. Le fonctionnement est alors identique à celui des boîtes ordinaires.

Afin d'éviter le bruit et les fausses manœuvres au moment de l'engagement des

crabots, on dispose sur chacun d'eux un petit embrayage à cône qui entre en prise avant les crabots, de telle sorte que les deux mobiles qu'on va solidariser se mettent à tourner à la même vitesse, permettant ainsi l'emprise des crabots sans bruit et sans crainte de fausse manœuvre.

A l'heure actuelle, toutes les boîtes de vitesse à baladeurs sont du type à pignons toujours en prise et à synchro-mesh.

Elles constituent l'immense majorité sur les voitures automobiles. En France, on peut chiffrer, par exemple, à 90 ou 95 % le nombre des boîtes de ce type.

Les changements de vitesse planétaires

Dans le changement de vitesse planétaire, l'arbre primaire porte une grande couronne dentée intérieurement. Dans son prolongement est placé l'arbre secondaire sur lequel est calé un petit pignon dit « pignon planétaire », concentrique à la couronne, mais beaucoup trop petit pour engrener avec elle. Des petits pignons, au nombre de deux, trois, quatre, appelés « satellites », sont disposés régulièrement entre la grande couronne et le planétaire, engrenant avec ces deux mobiles. Ils

sont portés par des axes implantés dans un plateau dit « porte-satellites » ; ce plateau est monté lui-même sur un arbre concentrique aux deux premiers.

L'arbre du porte-satellites est l'arbre secondaire.

L'arbre du pignon central porte, claveté sur lui, un tambour dont la jante vient au voisinage de la couronne dentée. Ce tambour peut être immobilisé au moyen d'un collier de frein fixe, ou bien être rendu solidaire de la grande couronne au moyen d'un embrayage à friction ; bien entendu, frein et embrayage ne doivent pas agir en même temps.

Lorsqu'on immobilise le tambour, l'appa-

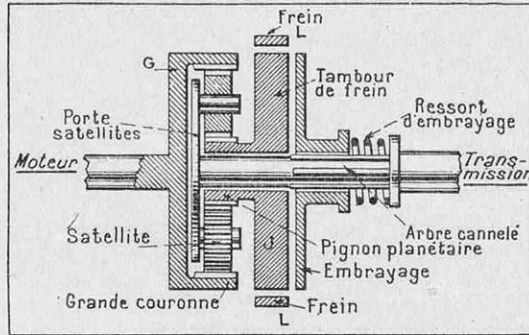


FIG. 5. — SCHEMA D'UN DÉMULTIPLICATEUR A PIGNONS PLANÉTAIRES

L'arbre moteur porte une grande couronne G, dentée intérieurement. Dans le prolongement de cet arbre, l'arbre secondaire se termine par un plateau portant des axes sur lesquels peuvent tourner des satellites engrenant avec la grande couronne. Ces satellites engrenent, d'autre part, sur un pignon central ou pignon planétaire solidaire d'un tambour. Ce tambour peut être immobilisé par un frein L : dans ce cas, le pignon planétaire est fixe. Les satellites, entraînés par la grande couronne, tournent en entraînant à leur tour le plateau porte-satellites solidaire de l'arbre secondaire ; c'est la vitesse démultipliée. Si on desserre le frein L et si on serre l'embrayage, dont le plateau coulisse sur l'arbre secondaire cannelé, on rend solidaire l'un de l'autre le pignon planétaire et l'arbre secondaire : dans ces conditions, tout l'ensemble forme bloc et tourne d'une seule pièce (prise directe).

reil fonctionne en démultiplicateur : il est aisé de voir, en effet, que le porte-satellites tourne alors moins vite que la grande couronne.

Si, au contraire, on desserre le frein en mettant l'embrayage en prise, l'ensemble forme bloc, et le secondaire tourne avec le primaire et à la même vitesse (1).

Tel est l'élément de changement de vitesse planétaire qui réalise, comme on voit, deux combinaisons. Si l'on place, l'un derrière l'autre, deux de ces élé-

(1) Remarquons que, dans les pays de langue anglaise, le pignon central, que nous appelons planétaire, s'appelle le « soleil » (*the sun*). Il en résulte tout naturellement que les pignons que nous appelons « satellites » prennent le nom de « planétaires ». On s'élève, en somme, d'un degré dans la hiérarchie astronomique. Il est bon de se rappeler ce détail pour éviter des confusions trop faciles quand on se reporte à un texte en anglais.

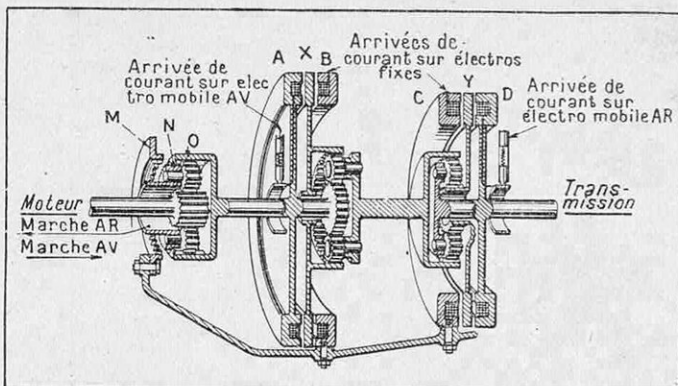


FIG. 6. — COUPE SCHEMATIQUE LONGITUDINALE DE LA BOITE ELECTROMECANIQUE « COTAL »

La boîte comporte un distributeur inverseur de marche du type planétaire : M, couronne dentée fixe ; N, satellite formant baladeur ; O, couronne tournante. Un premier démultiplicateur comprend : un électroaimant A tournant solidaire de l'arbre dit « planétaire central » ; un électroaimant fixe B ; une armature X solidaire de la grande couronne. Le plateau porte-satellites entraîne l'arbre qui est solidaire, d'autre part, avec la grande couronne du démultiplicateur arrière. Le porte-satellites arrière est solidaire de l'électroaimant tournant D. L'armature Y est solidaire du pignon planétaire central. A l'avant du démultiplicateur arrière se trouve un électroaimant fixe C.

mande hydraulique et semi-automatique « Oldsmobile ». Dans les boîtes « Cotal », l'immobilisation des pignons planétaires ou la solidarisation de l'arbre du planétaire avec celui de la grande couronne se font au moyen d'électroaimants à plateau.

Un combinateur permet d'envoyer le courant dans deux des quatre électroaimants employés dans la boîte, donnant ainsi les

ments, l'arbre secondaire du premier étant connecté avec l'arbre primaire du second, on voit que l'ensemble permet de réaliser quatre combinaisons de vitesses.

Ce dispositif est utilisé actuellement en France et dans un certain nombre de pays sur la boîte à commande électromagnétique « Cotal ». En Amérique, on le retrouve sur l'appareil de changement de vitesse à commande

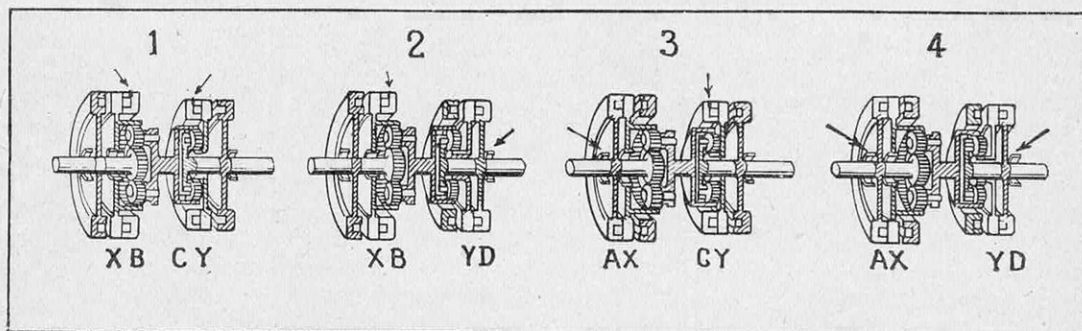


FIG. 7. — COMMENT S'EFFECTUENT LES LIAISONS ENTRE LES DIFFERENTS ELEMENTS DE LA BOITE « COTAL » SUIVANT LES COMBINAISONS DE VITESSE DESIRÉES

Première vitesse : l'armature X est immobilisée par l'électro fixe B ; l'armature Y, par l'électro fixe C (les deux démultiplicateurs agissent en série). — Deuxième vitesse : l'armature X est toujours immobilisée par l'électro fixe B, mais l'armature Y étant attirée par l'électro tournant D, le deuxième démultiplicateur se trouve en prise directe. — Troisième vitesse : disposition inverse. L'armature X étant attirée par l'électro tournant A, le premier démultiplicateur est en prise directe tandis que l'armature Y étant immobilisée par l'électro fixe C, le deuxième démultiplicateur agit. — Quatrième vitesse : les deux armatures, étant solidaire des électroaimants, tournent et, par suite, chacun des deux démultiplicateurs est en prise directe. L'ensemble des divers organes forme ainsi la prise directe.

quatre combinaisons de marche avant.

La marche arrière est obtenue par un démultiplicateur planétaire à commande mécanique placé en avant de la boîte de vitesse.

Dans le changement de vitesse « Oldsmobile », les commandes s'effectuent mécaniquement entre les servo-moteurs hydrauliques et les freins ou embrayages, ces servo-moteurs étant commandés comme nous allons l'indiquer. La marche arrière est obtenue au moyen d'un changement de vitesse à trains baladeurs à arbre latéral, disposé également en avant de la boîte (fig. 9).

La boîte « Oldsmobile » à commande semi-automatique intégrale

La boîte « Oldsmobile » comporte, comme nous l'avons dit, deux démultiplicateurs planétaires à deux vitesses montés l'un derrière l'autre. Elle se complète de deux pompes à huile, entraînées l'une par le moteur, l'autre par l'arbre secondaire, lequel est en relation constante avec les roues, et de deux servo-moteurs à huile constitués chacun par un cylindre et un piston. Le piston est poussé constamment vers la gauche par une série de ressorts à boudin. Sur sa face de gauche, il peut recevoir la pression de l'huile, qui agit en comprimant les ressorts et en déplaçant le piston vers la droite. Dans la position de repos, par conséquent, le piston des servo-moteurs est poussé à gauche à fond.

L'huile est envoyée depuis les pompes jusqu'à chacun des servo-moteurs au moyen d'une valve ; l'une de ces deux valves (servo-moteur avant) est commandée par un régulateur ; l'autre (servo-moteur arrière) est commandée par une manette à la disposition du conducteur.

Quand aucune pression d'huile n'agit dans les servo-moteurs, les freins de chacun des deux éléments planétaires de la boîte sont serrés et les embrayages relâchés : c'est,

on le voit, la position de première vitesse.

Pour démarrer, le conducteur fait choix de la marche avant ou marche arrière, manœuvrant ainsi le baladeur de changement de marche. Il place ensuite son levier sur la combinaison *petites vitesses*, ce qui interdit l'accès de l'huile dans le servo-moteur arrière. L'élément arrière *agira donc toujours en démultiplicateur*. Tant que le moteur ne dépasse pas un certain régime, le régulateur n'agit pas sur la valve avant et, par suite, le servo-moteur maintient le frein de l'élément antérieur serré. Nous avons la première vitesse, puisqu'il y a démultiplication successive dans les deux éléments. Quand le moteur accélère, le régulateur agit, à partir d'une vitesse d'environ 20 km/h, en envoyant l'huile dans le servo-moteur avant ; le frein se desserre et l'embrayage s'engage, ce qui supprime la démultiplication à l'avant : c'est la deuxième vitesse.

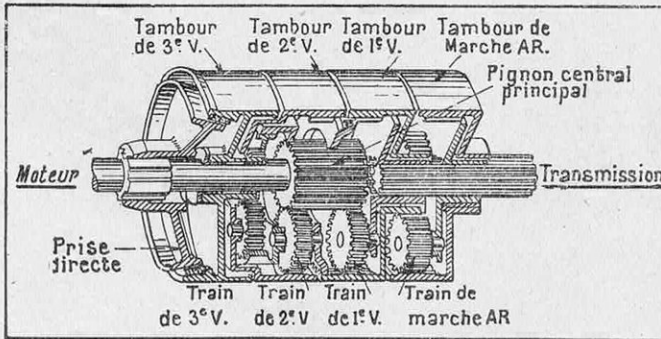


FIG. 8. — SCHEMA DE LA BOITE DE CHANGEMENT DE VITESSE « WILSON » A PRÉSÉLECTION

Ce changement de vitesse est composé de quatre démultiplicateurs planétaires fonctionnant à peu près comme celui qui est représenté par la figure 5 : les embrayages et les freins extérieurs peuvent immobiliser les différents tambours, réalisant ainsi quatre combinaisons de marche avant, dont une en prise directe, et une de marche arrière.

Le conducteur place alors son levier sur la position *grandes vitesses* ; ce mouvement a pour effet de desserrer le ruban de frein et d'engager l'embrayage arrière en permettant l'accès de l'huile dans le servo-moteur arrière. Le démultiplicateur arrière se met ainsi en prise directe et n'agit plus.

Si la vitesse du moteur retombe, pendant cette manœuvre, à un taux assez bas, le régulateur ferme la valve d'admission dans le servo-moteur avant, rétablissant ainsi la démultiplication à l'avant : troisième vitesse. Quand le moteur accélère, le régulateur ouvre l'accès de l'huile au servo-moteur avant, ce qui desserre le frein et bloque l'embrayage : prise directe.

Tel est l'essentiel du dispositif de commande. Il serait fort désagréable s'il était réduit à ces éléments : en effet, le changement de vitesse se produirait toujours pour le même régime du moteur, quelle que soit l'accélération imprimée à la voiture. Dans ces conditions, roulant en palier, il serait

impossible de ralentir l'allure sans passer de la prise directe en troisième.

Pour pallier à cet inconvénient, la timonerie entre le régulateur et la valve a une longueur variable qui est réglée par la position du papillon du carburateur.

En faisant varier la position de ce papillon, on allonge ou on raccourcit la tringlerie, permettant ainsi au régulateur d'agir plus ou

En résumé, entre 40 et 105 km/h, le changement de vitesse est entièrement commandé par la pédale d'accélérateur; quand on presse sur cette pédale, on se met en troisième vitesse. Quand on la relâche, on revient en prise directe.

Le dispositif de commande de la boîte « Oldsmobile » est, on le voit, assez compliqué. Nous l'avons cependant simplifié pour

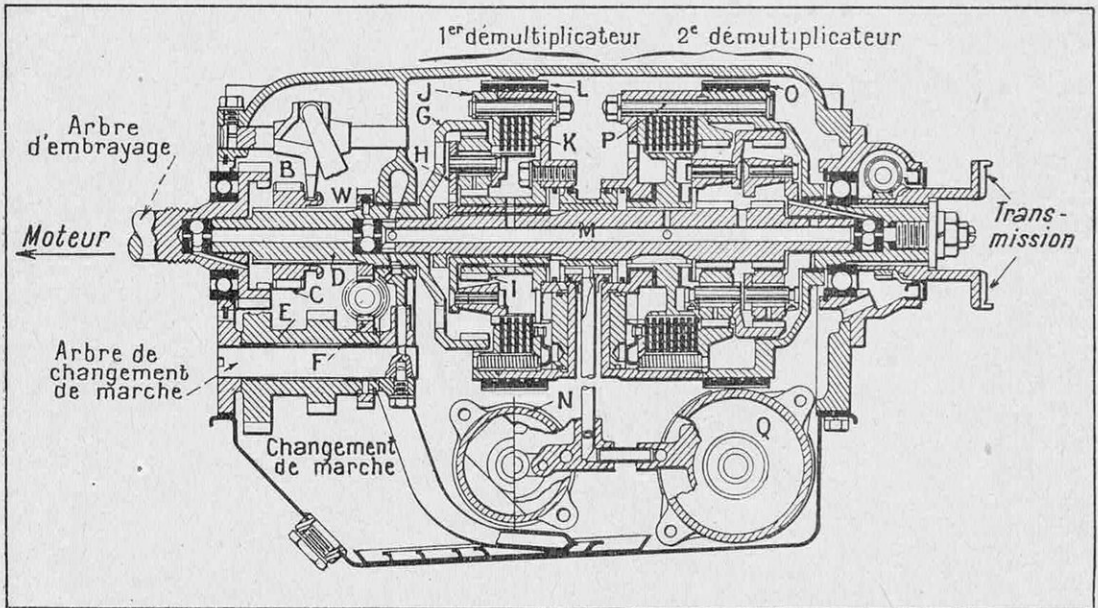


FIG. 9. — COUPE LONGITUDINALE DE LA BOÎTE DE CHANGEMENT DE VITESSE SEMI-AUTOMATIQUE INTÉGRALE « OLDSMOBILE-BUICK »

Ce changement de vitesse comporte deux trains planétaires démultiplicateurs semblables, en principe, à celui qui est représenté par la figure 5 : deux servo-moteurs à huile N et Q commandent respectivement l'embrayage et le frein du premier et du deuxième démultiplicateurs. (Pour le premier : G, grande couronne; H, porte-satellites; I, pignon planétaire; J, tambour; K, embrayage; L, frein. — Pour le deuxième : même disposition avec O, frein; P, embrayage.) La boîte comporte donc quatre combinaisons de vitesse de marche avant. Un inverseur de marche placé à l'entrée de la boîte permet de réaliser la marche arrière (B, pignon fixe; C, pignon baladeur; E, trains de pignons). Les servo-moteurs sont commandés : l'un (le servo-moteur Q), par un levier à main; l'autre (le servo-moteur N), par un régulateur centrifuge qui agit automatiquement. F, pompe à huile commandée par le moteur; W, pignon de commande de la pompe à huile entraînée par la voiture.

moins tôt. C'est ainsi, par exemple, que si l'on appuie à fond sur la pédale d'accélérateur, on allonge la tringlerie, et le régulateur ne commence à agir que plus tard, c'est-à-dire pour une vitesse plus grande de la voiture. On ne passera en quatrième, dans ces conditions, que quand la vitesse du moteur aura augmenté assez pour que le régulateur puisse agir de nouveau, soit aux environs de 105 km/h.

Inversement, si l'on ralentit avec le papillon presque fermé, la tringlerie se raccourcit et le régulateur agit tout de suite, desserrant le frein, bloquant l'embrayage, maintenant ou établissant par conséquent la prise directe.

mieux le décrire : c'est ainsi que, dans la réalité, l'élément arrière de démultiplication est double et comporte deux trains planétaires. La démultiplication réalisée à l'avant est de 1,42 à 1. Celle qui est réalisée à l'arrière est de 2,23 à 1. La démultiplication totale (première vitesse) est donc de 3,17 à 1. Elle est de 2,23 en seconde, et de 1,42 en troisième.

Il est évidemment indispensable que la démultiplication des deux éléments soit différente, faute de quoi deuxième et troisième vitesses seraient identiques. Dans la boîte « Oldsmobile », cela a été réalisé — nous venons de le voir — en doublant

l'élément arrière. Dans la boîte « Cotal », on a simplement donné à l'un des éléments des dimensions plus importantes qu'à l'autre.

La boîte « Wilson » à commande présélective

La boîte « Wilson » est une boîte à trains planétaires étagés au nombre de quatre et à commande présélective. La commande est entièrement mécanique, comportant uniquement des freins qui agissent sur les tambours des trains planétaires. Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de la commande présélective ; disons cependant que le choix de la vitesse qu'on désire prendre se fait à n'importe quel moment par la manœuvre d'une manette sur son secteur : le changement de vitesse proprement dit s'exécute quand le conducteur pousse à fond la pédale de débrayage et la laisse revenir (fig. 8).

La boîte de vitesse « Wilson » est appliquée en France sur les voitures « Talbot » et, sur demande, sur les voitures « Delahaye » : elle a été introduite dans notre pays voici plusieurs années déjà.

La commande automatique intégrale « Fleischel »

Bien que cette commande ne soit pas utilisée actuellement sur des voitures de série, nous croyons devoir la mentionner, parce qu'elle a été présentée, il y a deux ans, par un de nos grands constructeurs, Peugeot, et qu'elle constitue une très belle solution de la commande entièrement automatique, avec correcteur. Elle a été conçue et réalisée par un Français, M. Fleischel.

L'appareil « Fleischel » est uniquement un appareil de commande et comporte un déclencheur qui agit soit directement sur la commande électrique d'une boîte de vitesse « Cotal », soit par l'intermédiaire d'un servo-moteur électrique sur la commande mécanique d'une boîte quelconque.

Le déclencheur est commandé d'une façon différentielle par la vitesse de rotation du moteur, d'une part, et le vide de la tuyauterie d'aspiration, d'autre part. Une manette à la disposition du conducteur permet de doser l'action respective des deux facteurs de commande, donnant ainsi la possibilité de réaliser soit la commande à grande vitesse pour la course ou les parcours en montagne (nombre maximum de changements de vitesse), soit la conduite en ville (nombre minimum de changements de vitesse) avec toute la gamme intermédiaire.

L'étude des perfectionnements des boîtes de vitesse et, en particulier, des commandes automatiques ou semi-automatiques fait actuellement l'objet des préoccupations des constructeurs du monde entier, mais surtout des Américains, dont la plupart ont, sinon réalisé, mais tout au moins mis à l'étude une ou plusieurs solutions. Il n'est pas douteux que nous voyions sortir commercialement quelques-unes de ces solutions l'année prochaine. « Oldsmobile », qui dépend, comme on le sait, de la *General Motors Corporation* — a été, somme toute, la première à lancer en série la boîte à commande semi-automatique, qui est montée sur demande et moyennant supplément sur les modèles couramment livrés à la clientèle. La boîte « Oldsmobile » est également montée sur les voitures « Buick ». Il n'est pas douteux que l'accueil que lui fera le public ne joue un très grand rôle du point de vue du développement futur de l'automatisme.

Il faudrait mentionner encore les changements de vitesse hydrauliques (volumétriques et dynamiques), les changements de vitesse électriques, les changements de vitesse à différentiels... Mais le sujet est tellement vaste qu'on ne peut avoir la prétention de l'épuiser en une seule étude.

HENRI PETIT.

Dans leur lutte contre les Chinois, les Japonais se proposent avant tout de conquérir les riches territoires (ressources du sol et du sous-sol) qui leur sont indispensables pour réaliser à la fois l'expansion de leur économie industrielle et commerciale, et assurer le ravitaillement de leur population confinée sur un territoire peu productif. La « guerre » en Extrême-Orient vise donc à occuper les cinq provinces du nord de la Chine, et cela dans le moindre temps possible. Si ce plan nippon réussit à brève échéance, la puissance de l'Empire du Soleil Levant en sera considérablement accrue. S'il échoue, le Japon se contentera — du moins pour un temps — des territoires conquis du Jehol, de Tchahar, de Hopéi, du Chan-Si (celui-ci partiellement). Ce dernier renferme l'un des plus importants charbonnages du monde, sinon le plus considérable de par ses réserves.

LES LIVRES QU'IL FAUT MÉDITER

Sous cette rubrique, une personnalité éminemment qualifiée pour chaque genre d'ouvrage analyse les livres les plus récents, qui font époque dans les différents domaines de la pensée humaine appliquée à l'interprétation des faits et des idées humaines.

LES TRANSPORTS AÉRIENS TRANSFORMENT L'ÉCONOMIE ET LA POLITIQUE MONDIALES ⁽¹⁾

AUJOURD'HUI, tout acte de relations commerciales à l'intérieur et à l'extérieur constitue un acte de politique. Cela se vérifie de plus en plus au fur et à mesure que les relations commerciales par voie aérienne se développent. Il s'établit ainsi entre les peuples des courants de forces politiques qui modifient nos idées sur les nations et les continents, grâce à la « mobilisation » des transports dans la troisième dimension. En exposant ce point de vue dans son récent ouvrage, l'auteur allemand, qui a eu à sa disposition la documentation fournie par la *Lufthansa* et le groupe « Schell », consacre à la navigation aérienne une étude originale et, par suite, d'un réel intérêt. Successivement, il examine le trafic aérien mondial, le trafic aérien dans les deux Amériques, le trafic aérien en Europe, les routes de l'air pour l'Empire britannique, l'Asie Orientale... Mis à jour par un excellent traducteur, le commandant Gogniet, ce volume réalise à la fois un ensemble sur l'aéronautique commerciale et un recueil de renseignements détaillés concernant les pays où les routes de l'air forment le meilleur moyen de communication pour développer les échanges. Les résultats obtenus à ce jour, en dépit d'une crise économique généralisée et prolongée, sont néanmoins fort appréciables. Mais on peut, d'ores et déjà, affirmer que, dans un avenir relativement rapproché (l'équilibre des économies se rétablissant), la navigation commerciale à travers les airs surclassera tous les autres procédés de locomotion, surtout sur les grands parcours. Avec le souci d'une documentation toujours très « poussée » — ce qui est du reste à l'honneur des Allemands — le docteur W. Pahl nous présente vingt-cinq cartes minutieusement établies concernant : les lignes aériennes transcontinentales, les réseaux aériens en U. S. A., des *Pan American Airways* dans les Amériques Centrale et du Sud, en Alaska, au Canada, en Allemagne, les lignes postales d'Europe vers l'Amérique latine, le réseau

de l'Eurasia en Chine, les lignes françaises en Europe et aux colonies, celles reliant l'Europe à l'Inde, le réseau hollandais, le réseau belge (Congo), les lignes dans les bassins de la Méditerranée et de l'Adriatique. Voici également les grands réseaux de l'U. R. S. S. et de l'Empire britannique. Puis viennent ceux de l'Afrique, de l'Australie, d'Extrême-Orient, du Pacifique, sans omettre les tracés des futurs trafics sur l'Atlantique-Nord et dans l'Arctique. Rien ne manque donc dans l'inventaire des routes aériennes du globe existant actuellement.

Cette cartographie illustre utilement les textes où l'auteur développe ses considérations générales sur les voies déjà ouvertes et les perspectives d'avenir immédiat dans le domaine aérien. Voici ensuite la situation détaillée concernant chacune de ces routes de l'air, qui ont exigé au préalable une « organisation » au sol encore méconnue des non-initiés. Ce sont les aéroports et terrains d'atterrissage, la radiogoniométrie et le vol sans visibilité, les phares, balises, stations de la météo, la radiotélégraphie, le ravitaillement, les hangars et ateliers, pour ne citer ici que les principaux éléments qui interviennent dans la construction d'une ligne de navigation aérienne. Et pourtant, malgré les sommes considérables qu'exige cette infrastructure, les capitaux engagés sont cependant inférieurs à ceux nécessités par l'établissement des routes terrestres et des voies ferrées. Quant à l'accélération des transports (voyageurs, marchandises, courrier postal), elle constitue l'un des facteurs essentiels de ce point de vue politique et économique que le docteur Pahl s'est proposé d'étudier. Aujourd'hui, il n'y a plus, en effet, un coin de la terre qui ne soit en communication avec la civilisation. L'Afrique, l'Asie Centrale, la Sibérie sont désormais reliés pratiquement avec les grandes métropoles de l'ancien et du nouveau monde. Sans l'aviation marchande, de nombreux gisements de la Nouvelle-Guinée, du Canada, de la Sibérie, seraient encore inexploités, faute de transports appropriés. Et ce n'est là qu'un début : dans la prospection et l'exploitation des richesses du sous-sol de notre planète, bien

(1) *Les Routes aériennes du globe*, par WALTHER PAHL, traduit de l'allemand par le commandant Gogniet (Paris 1937). Prix franco : France, 38 f ; étranger, 42 f.

des espoirs sont permis grâce à l'aviation. La marine marchande se trouve donc maintenant en présence d'une concurrence qui sera de plus en plus redoutable. Nous ne faisons, en effet, que pénétrer dans le cycle de transformations des relations commerciales internationales engendrées par la « politique » aérienne des peuples. En lisant cet ouvrage de Walther Pahl, — très accessible à tous, — on en est intimement convaincu. En veut-on un seul exemple ? Avant l'aéronautique marchande, les routes maritimes anglaises allaient d'un point d'appui britannique à un autre point d'appui britannique et devaient être protégées sur toute leur longueur par la marine militaire de l'Angleterre. Aujourd'hui, il n'en est plus ainsi ; un autre système de protection, qui en diffère notablement, est organisé au moyen d'un dispositif de bases et d'appareils aériens. C'est, du reste, dans cet esprit que le gouvernement britannique avait songé (à une certaine époque) à relier les points principaux de son territoire impérial au moyen de dirigeables. La catastrophe du *R.-101* (dans le Nord de la France, près de Beauvais) mit brutalement un terme aux études en cours pour réaliser ce grandiose projet. Mais le jour n'est pas loin où les avions commerciaux pourront franchir d'une seule traite des « sections » de plus en plus longues sur les lignes exploitées à travers l'Empire. Combien d'aperçus de ce genre apparaissent à la lecture de cet ouvrage, qui suscitent la méditation. Le bilan dressé pour le trafic aérien, en Amérique, est, à cet égard, particulièrement édifiant : en 1935, le nombre de kilomètres parcourus sur les lignes régulières du trafic aérien mondial a atteint 240 millions environ. Or, plus de 180 millions (soit 75 %) l'ont été pour les seules lignes des Etats-Unis et dépassaient la longueur totale de 95 000 km, soit 25 % du réseau aérien mondial, qui, déjà, représentait 420 000 km ! Ce prodigieux essor n'a fait que croître depuis cette époque ; l'on peut donc affirmer, sans conteste, que l'Amérique du Nord est le pays où la navigation aérienne, favorisée par les circonstances géographiques de ce continent, a trouvé son maximum de développement dans le minimum de temps. Aussi l'infrastructure, scientifiquement conçue et exécutée, peut être considérée comme un modèle pour toutes les autres compagnies aériennes, même celles de l'Allemagne y compris (*Lufthansa*). En Europe, les zones interdites sont, en effet, multiples et limitent fâcheusement la liberté de mouvement ; l'Amérique, elle, ne connaît pas, heureusement, ces restrictions. Au début de cette année 1938, elle est, en outre, la seule, pour ses 45 000 km de lignes *intérieures*, à pratiquer *régulièrement* le vol de nuit sur au moins 35 000 km de son réseau. Son organisation radiométéorologique, d'autre part,

est indiscutablement la plus complète qui existe actuellement. Aussi une telle organisation, si cohérente, a abouti à un résultat qui se passe de tout commentaire : comme pour les grands voyages ferroviaires, *plus de la moitié* des voyages aériens s'accomplissent de nuit... Les pages consacrées au trafic aérien « panaméricain » seraient également à commenter, sinon à citer en entier, si la place ne nous était ici strictement mesurée. Le chapitre réservé à l'Allemagne est, de même, plein d'enseignements. Les principales villes du Reich sont maintenant reliées directement par la voie des airs ; le réseau aérien est centralisé ; cinq aéroports y sont équipés d'après les derniers progrès de la science appliquée. Ils sont aussi fréquentés que ceux des aérodromes des capitales des plus grands pays d'Europe (bien que Berlin accuse cependant, pour sa part, le trafic le plus important). Hiver comme été, et sans interruption pour les trente principales cités germaniques, le trafic est assuré. Ce mode de communication, pour s'imposer, ne doit-il pas être non seulement le plus rapide, mais aussi le plus régulier et le plus sûr... au même titre que le chemin de fer. Grâce aux derniers appareils récemment mis en service (*He-70, Ju-160*), nous en sommes, en 1938, aux « voyages-éclair » dont la vitesse moyenne de route dépasse 325 km/h : elle doit même atteindre 370 km/h cette année. Aussi, aujourd'hui, pas une ville allemande n'est séparée de Berlin par plus de 2 h 40 de trajet. Quant aux liaisons internationales, l'Allemagne, située au centre de l'ancien continent, deviendra, en quelque sorte, la « croisée des chemins aériens » de l'Europe entière. Consultez l'indicateur allemand des transports par voie aérienne, vous serez frappés du nombre de départs journaliers dans toutes les directions. Les records pour l'Europe du nombre de passagers transportés, du poids du fret, du courrier acheminé aux quatre points cardinaux, appartiennent à l'Allemagne. Là encore, l'organisation au sol a joué son rôle ; elle est la seule qui puisse rivaliser et avec l'infrastructure américaine et aussi avec les méthodes de vol qui permettent aux Etats-Unis de naviguer par tous les temps et d'atterrir en toute sécurité même par la brume ! Mentionnons enfin les expériences entreprises par les autorités allemandes en vue de la traversée commerciale de l'Atlantique-Nord (1).

Que conclure de tout cela ? En dépit du prix élevé des grandes vitesses, l'avenir doit appartenir sans conteste aux appareils de transports aériens, puisqu'il ne sera plus possible aux moyens de transports à la surface terrestre de soutenir la lutte quant à la rapidité des communications... et nous ne connaissons pas encore la limite de la vitesse dans le domaine des voyages aériens.

(1) Voir dans ce numéro, page 206.

Bien des hypothèses ont été, du reste, avancées à ce sujet (voyages stratosphériques, etc.); aucune ne permet encore de pressentir les résultats de recherches orientées en vue de l'utilisation pratique de cette vitesse. Si on embrasse d'un coup d'œil la carte du réseau aérien mondial, on constate (déduction qui paraissait *a priori* inattendue) que les organisations les plus importantes du trafic aérien se trouvent précisément dans les régions terrestres relativement les plus peuplées, les plus évoluées au point de vue industriel, possédant, par suite, les réseaux ferroviaires et routiers les plus développés. Une autre constatation intéressante est également à retenir : en dépit de tarifs plus élevés, le trafic croît néanmoins au fur et

à mesure que la durée du trajet diminue...

En présentant au public français l'œuvre du docteur Walther Pahl, adaptée par le commandant Cogniet, nous avons cherché à appeler à nouveau l'attention sur la place prépondérante qu'occupe de nos jours la locomotion aérienne dans l'économie moderne.

Mais, si le livre « fait le point » — de temps à autre — car il est contraint d'attendre que la moisson de progrès soit suffisante pour fournir la matière d'une nouvelle édition, par contre, le périodique suit l'actualité en « permanence ». Ainsi, celui-ci prépare les matériaux pour celui-là et les deux genres de construction se complètent l'un l'autre. G. BOURREY.

COMMENT L'ALLEMAGNE, LOIN DE S'APPAUVRIR, S'ENRICHIT

CONTRAIREMENT AUX prévisions émises par certains économistes, l'Allemagne, au lieu de s'appauvrir de jour en jour, semble, au contraire, s'enrichir peu à peu depuis la mise en application de sa politique économique et financière. Le professeur A. Rivaud, de la Sorbonne, qui connaît bien les méthodes allemandes aujourd'hui pratiquées par les autorités d'Empire, nous affirme, à la suite de ses voyages d'études au delà du Rhin, que « l'Allemagne est actuellement dans une situation meilleure que la nôtre » ; son crédit est loin d'être effondré comme on s'est plu à le pronostiquer. Et, cependant, le III^e Reich n'a pas de monnaie au sens orthodoxe du mot ; son crédit à l'étranger est assez minime. D'autre part, elle dépense largement pour ses armements, son outillage économique, ses œuvres sociales, etc. Le professeur Rivaud nous explique qu'une circulation intérieure de quelque 4 600 millions de marks (RM) n'est « garantie » que par 100 millions à peine d'or métal et de devises appréciées ; autrement dit, la « couverture » est quasi inexistante. Ajoutons que les formidables dépenses du Reich pour ses fabrications de guerre, son réseau routier, sa propagande extérieure, ses universités, ses écoles professionnelles ne lui apportent aucun revenu tangible. Quant à son commerce extérieur (le plan de quatre ans tendant à une autarcie de plus en plus fermée), il s'avère de plus en plus réduit. N'allez pas croire toutefois que le peuple allemand donne au visiteur attentif et à l'observateur sagace, tel que M. A. Rivaud, l'impression d'être mal nourri, passif, triste (1). C'est

encore là une légende trop répandue contre laquelle les esprits impartiaux doivent s'inscrire en faux. Et l'averti professeur de nous démontrer que quatre procédés, entre autres, ont permis à l'Allemagne d'atteindre de tels résultats — il est vrai, *a priori*, quelque peu paradoxaux : la restriction du monétaire, une conception nouvelle du crédit, une gestion sévère, l'existence de deux monnaies distinctes pour les citoyens (à l'intérieur) et les étrangers (de l'extérieur). Ainsi la monnaie nationale allemande est isolée du marché des changes depuis six de sept ans ; elle est évidemment dépourvue de valeur intrinsèque, elle ne constitue donc pas une « marchandise » ; elle joue, par contre, le rôle d'étalon, de mesure arbitraire pour les prix intérieurs. Cependant, cet étalon est stable si on considère la quantité de numéraire circulant dans les limites du territoire où elle est maintenue à peu près constante. Il sert exclusivement à effectuer au comptant les paiements tels que : salaires, traitements, intérêts, libération des titres de crédit, etc. Les règlements les plus importants se font, au contraire, par compensation ou par remise de titres de crédit. Il s'agit donc, pour les finances du Reich, d'échelonner les échéances de telle façon que la quantité de numéraire mise à la disposition des banques et du public soit toujours suffisante et d'éviter la thésaurisation. Pour réaliser ces deux conditions, il a été instauré un contrôle rigoureux des émissions et des entreprises, et un usage répété d'emprunts (à court et à moyen terme) pour ramener dans les caisses du Trésor public une portion du numéraire disponible et pour consolider aussi une portion du flottant. Par ce système de circuits contrôlés, on a pu ainsi amortir,

(1) M. Georges Blun, envoyé en Allemagne par un grand quotidien de Paris en décembre 1937, y a poursuivi une enquête minutieuse qui a abouti aux mêmes conclusions.

rien qu'en 1936, environ 6 milliards d'emprunts intérieurs ! Ceci admis, il s'agit évidemment de financer alors toutes les entreprises (publiques ou privées), également grâce à des emprunts (à court et à moyen terme) de différents types et émis, bien entendu, sans couverture ni richesse apparentes. C'est ce que, dans l'argot des financiers, on appelle de la « cavalerie ». Mais, néanmoins, ces « traites de cavalerie » sont admises à l'escompte et utilisées pour payer salaires, marchandises, dividendes, etc. Il va de soi qu'un tel système doit être scrupuleusement surveillé par les organismes responsables, publics ou privés. C'est, du reste, l'organisation *unitaire* de la production en Allemagne qui permet seule d'exercer un tel contrôle. D'autre part, on sait que tous les prix intérieurs sont fixés par les autorités d'Empire, afin que les marchandises puissent être achetées par le plus grand nombre possible de consommateurs (relation entre l'accessibilité des prix et le pouvoir d'achat) et fournir aux producteurs et aux travailleurs une rémunération convenable. Ces prix sont donc non seulement indépendants de ceux pratiqués sur les marchés extérieurs, mais encore affranchis de la loi de l'offre et de la demande. Il en résulte qu'en Allemagne les prix de revient sont établis autrement que dans tous les autres pays du monde (sauf en U. R. S. S.). De ces constatations, il résulte également, suivant l'interprétation même du professeur Rivaud, que l'exportation n'est plus envisagée comme un but principal. Ce sont seulement certaines marchandises, sélectionnées d'après des considérations politiques, militaires, qui sont seules destinées à être exportées en dehors pour se procurer — par compensation — les produits étrangers nécessaires au ravitaillement de l'économie allemande (1). Mais, lorsque le Reich vend au dehors, sans user du troc, il reçoit des devises appréciées qui sont strictement *centralisées* dans un service spécial, suivant les ordres des autorités d'Empire qui les répartissent pour régler les importations de matières premières, pour alimenter la propagande hitlérienne, etc. Grâce ainsi aux divers moyens mis en œuvre, l'Allemagne contemporaine évite l'inflation, pousse à la production, engage des dépenses énormes et non productives, se procure des quantités de devises de plus en plus grandes, crée du capital avec du travail, réduit la monnaie intérieure au rôle d'étalon de mesure ! Le danger d'un tel système résiderait, évidemment, dans l'emploi exagéré de la « cavalerie », au cas où le contrôle du crédit ne viendrait plus surveiller *rigoureusement* le fonctionnement normal d'un tel système. Ce système, répétons-le, repose sur l'effort continu de chaque citoyen, sur la perfection technique et la qualité du travail qui s'accomplit chaque jour dans les

établissements bancaires du III^e Reich. Là apparaissent des facteurs d'ordre essentiellement moral : conscience professionnelle, probité incontestable. Pendant que le professeur Rivaud nous exposait, sous cette forme vivante, son opinion sur les finances allemandes, un économiste anglais, M. N. Crumps, abordait de son côté le même sujet dans l'un des journaux financiers les plus réputés de la Grande-Bretagne. Disons tout de suite que sa conclusion se rapproche sensiblement de celle du professeur français, à savoir qu'il faut détruire la légende de l'*imminente* catastrophe financière de l'Allemagne ! Le système économique qui y est en vigueur depuis 1933 est certes artificiel, mais, à l'usage, il s'est néanmoins révélé viable (1). C'est ainsi que, de 1933 à 1937, la production industrielle est passée de l'indice 34 (fin 1932) à 119 en 1937, alors qu'en 1929 (ère de prospérité dans le monde), il n'atteignait pas seulement 90. Les chômeurs, pendant ce même laps de temps, sont maintenant moins du demi-million, alors qu'ils étaient au nombre de 5 millions 500 000 (environ) au début de 1933. Avec les camps de travail, les organisations du service social, on peut même affirmer qu'il n'y a presque plus de chômeurs, au début de 1938, dans le III^e Reich. L'écrivain Norman Crumps attribue, lui aussi, ce financement de l'économie germanique aux traites de travail génératrices du crédit qui a permis de consacrer aux fabrications de guerre et à l'aménagement du territoire (au cours de ces trois dernières années) une somme qui dépasse 400 milliards de nos francs actuels. Sur ce total, plus de la moitié des crédits est représentée par les fameuses traites de travail. C'est grâce à l'autarcie (contrôle des changes, contrôle du commerce extérieur, contrôle des prix de vente, fixation des salaires) que le gouvernement du Reich a pu éviter, devant cette inflation de crédits sans précédent, l'effondrement de la structure financière en Allemagne. Mais un rude problème se pose, qui consiste, par suite, à trouver une solution pour *résorber* ou *consolider* toute cette « cavalerie ». Ces questions demeurent, du moins quant à présent, sans réponse satisfaisante... Le gouvernement acceptera-t-il un jour le concours des capitaux étrangers ? Le peuple allemand trouvera-t-il en dehors de ses propres frontières un exutoire à sa suractivité industrielle pour mettre un terme à son économie en cycle fermé ? Jusqu'ici, le Führer-Chancelier ne semble pas devoir renoncer ou même chercher à atténuer les conditions de son plan autarcique, qui *absorbe* toutes les forces de 70 millions d'individus et accroît chaque jour le potentiel de richesses de son pays.

G. BOURREY.

(1) Les achats faits de l'extérieur par des étrangers sont réglés soit par compensation directe, soit au moyen de marks cédés à ces étrangers à un prix variable en échange de leur monnaie, suivant les différentes nations.

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 3.

L'AUTOMOBILE ET LA VIE MODERNE

L'importance du carburant dans les moteurs à explosions (automobile-aviation). — Le graissage des hauts de cylindres des moteurs.

L'importance du carburant dans les moteurs à explosions (automobile-aviation)

MEILLEURE utilisation de la matière — qui se traduit par une diminution du poids au cheval, — réduction du gaspillage des calories contenues dans le carburant, tels sont les deux facteurs essentiels sans cesse améliorés qui ont permis de porter le moteur à explosions (à carburation à essence) à son degré de perfectionnement actuel. Mais si les principales caractéristiques d'un moteur d'automobile diffèrent de celles d'un moteur d'avion, il en est de même pour le carburant, qui doit satisfaire à des conditions particulières imposées par le mode d'utilisation et de construction du moteur et par l'influence de l'altitude.

Rappelons tout d'abord que le moteur d'avion tourne à une vitesse considérée pratiquement comme constante ; pour le moteur d'automobile, au contraire, on exige des « reprises » rapides (d'où variations de régime). Dans un carburant d'automobile, la présence d'hydrocarbures légers autorise un meilleur remplissage des cylindres aux différentes allures de route. Pour l'avion, le carburant doit contenir moins d'hydrocarbures lourds pour éviter tout encrassement du moteur, qui peut compromettre la sécurité du fonctionnement. Ainsi les *limites de distillation d'un carburant doivent être plus resserrées pour un moteur d'avion que pour un moteur d'automobile* (1). Cette sécurité en aviation réclame également du carburant d'avion une *homogénéité* aussi parfaite que possible : continuité maximum au point de vue de la vaporisation dans la gamme des hydrocarbures (2) pour que la carburation soit régulière.

D'autre part, la présence de *gommages* dans un carburant donne lieu à des dépôts aux points chauds des tubulures d'admission et sur les queues des soupapes, d'où des troubles dans l'alimentation (3). Ces gommages sont

(1) Communication de M. DURIER (S. I. A., 11^e année, Tome X).

(2) L'addition de produits tels que l'isooctane pur, l'éther isopropylique, le benzène, en vue d'améliorer le carburant (supercarburants) doit donc être surveillée attentivement. En effet, leur présence en trop grande quantité risquerait de détruire la continuité cherchée puisque leur point d'ébullition est bien déterminé. La vaporisation serait plus intense au moment où ces produits distilleraient.

(3) Il ne faut pas, évidemment, confondre le dépôt de ces résidus avec le gommage des segments des pistons (mauvais graissage, résistance du piston aux déformations thermiques). Cela n'a rien à voir avec le carburant.

dites *actuelles* par opposition à celles qui sont susceptibles de se former pendant l'utilisation du carburant (*gommages potentielles*). Elles présentent, en outre, le grave inconvénient de favoriser la détonation en abaissant précisément le nombre d'octane du carburant (de 64 à 57, par exemple, après deux mois de stockage dans les citernes quand celles-ci ne sont pas en atmosphère inerte). Elles proviennent, en général, de l'oxydation ou de la polymérisation des hydrocarbures non saturés qui se trouvent notamment dans les essences de cracking. Ainsi le ministère de l'Air interdit-il l'usage de ces essences en aviation. En général, on n'autorise pas plus de 6 mg de gommages pour 100 cm³ de carburant (1).

Il existe encore certains phénomènes redoutables pour l'aviation. Tout d'abord, c'est le *givrage* du carburateur (2) qu'on peut retarder en employant des essences où la formation de cristaux (point de trouble) n'a lieu qu'à une température inférieure à — 45° C. C'est ensuite le *vaporlock* — *tapon de vapeur* (sorte d'embolie dans la circulation des moteurs à essence) — qui provient d'une vaporisation trop rapide en un point du circuit d'admission, ce qui peut provoquer l'arrêt du moteur. Un tel danger provient d'une trop grande tension de vapeur du carburant et est plus particulièrement à craindre avec un moteur d'avion, car, en prenant de l'altitude, la pression atmosphérique diminue, ce qui favorise évidemment la vaporisation (3). L'absence d'hydrocarbures *très légers* dans une essence d'aviation réduit donc les possibilités de production d'un semblable phénomène.

Si nous envisageons maintenant la construction du moteur, nous redirons ici que

(1) Quant aux gommages *potentielles*, il semble que leur transformation en gommages *actuelles* soit minime, car le passage des vapeurs dans la pipe d'admission du moteur est trop rapide pour que l'oxydation ait le temps de se manifester. Ici le maximum autorisé est de 10 mg pour ces gommages *potentielles*.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 411.

(3) Si l'essence suivait exactement la baisse de température de l'atmosphère (6° 5 par 1 000 m d'altitude), un avion qui ne présenterait pas de tapon de vapeur au sol n'aurait rien à craindre en s'élevant, car la température critique de « vapor lock » ne s'abaisse que de 4 à 5° C par 1 000 m d'altitude. Malheureusement, l'essence met un certain temps à se refroidir, de sorte que le danger croît avec l'altitude. On peut admettre que, sous réserve d'un tracé convenable des tuyauteries, on peut utiliser sans danger une essence dont la tension de vapeur est égale à 500 mm de mercure à 38° C (tension Reid), à condition qu'à 8 000 m la température de cette essence ne dépasse pas 12° C.

la recherche de puissances spécifiques de plus en plus élevées (minimum de kg au ch) a abouti, notamment en aviation, à l'accroissement de la *pression moyenne* (1).

De cette augmentation dépend le travail effectué pour une vitesse déterminée (2). Remarquons, à ce sujet, que la pression admissible (résultant d'un taux de compression plus élevé ou d'une suralimentation du moteur) est limitée par la résistance à la détonation (3) du carburant. Elle est, comme on sait, définie par le nombre d'octane (4) de chaque carburant. L'aviation doit utiliser, par suite, des essences à nombre d'octane élevé (voisin de 100). Avec une augmentation de 6 à 8 de ce nombre d'octane, on obtient un gain de 0,6 à 0,9 pour le taux de compression (5).

Enfin, en aviation, l'influence de l'*altitude* sur les carburants est capitale, car elle fait varier la densité, la volatilité, la vitesse de vaporisation, la viscosité, la tension superficielle. C'est là un chapitre de la science appliquée qui mérite d'être étudié par les spécialistes en construction, car, dans ce domaine, nous avons presque tout à apprendre : là encore, le laboratoire de recherches fera progresser la construction mécanique.

Le graissage des hauts de cylindres pour moteurs

PARMI les organes d'un moteur, les hauts de cylindres et les têtes de pistons sont, à cause des températures extrêmement élevées auxquels ils sont soumis, les plus difficiles à protéger par lubrification (6) contre l'usure due au frottement ou aux détériorations d'ordre chimique (7). Si l'on connaît aujourd'hui l'intérêt présenté par les carburants à nombre d'octane élevé au point de vue du rendement, on sait aussi que la propagation plus lente de l'explosion qui résulte de leur emploi favorise l'assèchement des hauts de cylindres. De plus, l'échauffement excessif de la tête des pistons, provoqué par la plus grande durée de l'explosion,

(1) La pression moyenne est la pression fictive, constante, qui, agissant sur les pistons pendant les détente, produirait par seconde un travail égal à la puissance que fournit le moteur.

(2) L'accroissement des régimes de rotation rendu possible par l'emploi de réducteurs et d'hélices à pas variable est limité par l'accroissement des forces d'inertie et aussi par l'échauffement.

(3) Voir *La Science et la Vie* n° 244, page 249.

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

(5) Ici se pose d'ailleurs un autre problème : celui de l'influence du nombre d'octane sur le dessin, le fonctionnement et le réglage d'un moteur, problème qu'il y aura lieu d'étudier ici.

(6) La présence d'un film d'huile constitue, en effet, la meilleure façon d'isoler les pièces en mouvement, soit entre elles, soit des gaz susceptibles de provoquer la corrosion.

(7) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 163.

amène la cuisson de l'huile dans la gorge des segments, tout au moins pour le premier.

Le lubrifiant ainsi détruit doit être remplacé d'une façon continue ; on a recours pour cela soit à l'addition d'huile dans le carburant, soit à la dépression provoquée par l'aspiration pour distribuer l'huile nécessaire. Le premier procédé est, on le sait, couramment employé dans les moteurs à deux temps et son efficacité est certaine pour une addition d'huile de 12 à 20 % en volume du carburant admis. Il en résulte cependant une mise en route plus difficile, le mélange carburant-huile de viscosité suffisante étant instable. Pour les moteurs à quatre temps, le mélange cesse d'être efficace au-dessous de 5 % d'huile de viscosité 12 à 15 Engler (1) à la température de 50° C. De plus, il ne faut pas oublier que la dilution de l'huile par l'essence lui enlève en partie ses qualités lubrifiantes. Enfin, cette méthode n'est évidemment pas compatible avec l'emploi de combustibles gazeux (gazogènes ou gaz d'éclairage comprimé). Aussi, M. Ledoray estime-t-il (2) préférable d'utiliser la dépression résultant de l'aspiration, car elle permet : de distribuer une huile de viscosité convenable (environ 5 Engler à 50° C) et présentant un résidu charbonneux après distillation (*conradson*) aussi faible que possible ; de corriger instantanément les écarts de dépression ; de contrôler visuellement son fonctionnement ; d'assurer automatiquement une lubrification convenable suivant la charge du moteur. En effet, une forte dépression — notamment au ralenti — peut provoquer une émulsion de l'huile, qui est alors distribuée sous forme de bulles contenant peu de lubrifiant. Lorsqu'on appuie sur l'accélérateur, la dépression diminue et le degré de vide devient insuffisant pour former l'émulsion. C'est alors un mince film d'huile qui est entraîné. En outre, au moment d'une mise en marche, qui survient inévitablement après la période de ralenti précédant un arrêt du moteur, la lubrification est immédiatement assurée, puisque la canalisation est remplie de mousse d'huile. Des essais effectués avec ce procédé ont montré que, pour un moteur de 4 cylindres de 70 × 100, la consommation d'huile était d'environ 1 litre pour 1 500 km. On a constaté également qu'un moteur ainsi équipé pouvait assurer — pour une même ovalisation — un kilométrage double. Enfin, l'amélioration du rendement varie de 5 à 15 %, d'où une économie de carburant.

(1) La mesure de la viscosité s'effectue en évaluant les temps relatifs d'écoulement d'un certain volume de l'huile étudiée et du même volume d'eau. Sa valeur est exprimée en unités arbitrairement fixées par l'inventeur du viscosimètre employé.

(2) Communication de la S. I. A.

A TRAVERS NOTRE COURRIER...

Chaque mois, des milliers de lettres arrivent à « La Science et la Vie » de tous les points du monde. Nous nous efforçons toujours d'y répondre avec précision. Mais ce courrier abondant et varié aborde parfois des questions d'ordre scientifique et industriel qui peuvent être portées à la connaissance de tous. Aussi, sous cette rubrique, nous nous proposons de sélectionner les plus intéressantes d'entre elles pour la majorité de nos lecteurs.

Le plus vaste théâtre sonorisé du monde

C'EST dans le petit village allemand de Stedingshere-Bookholzberg (banlieue de Brême) qu'existe le théâtre de plein air sonorisé le plus vaste du monde. La scène, séparée par un plan d'eau des spectateurs (14 000 places), mesure 10 000 m². La technique de la « sonorisation » (procédés électroacoustiques) équipe l'ensemble. Mais cette installation, qui recueille les sons sur la scène, grâce à des microphones, et envoie, après amplification, les courants microphoniques à des haut-parleurs d'autant plus puissants que les spectateurs sont plus éloignés, doit réaliser aussi un synchronisme rigoureux entre les gestes et les paroles des acteurs. Il est de plus indispensable que les sons paraissent provenir de la direction des acteurs. Enfin, cet équipement électroacoustique ne doit gêner en rien la liberté des évolutions sur la scène, et son contrôle comme son réglage doivent relever exclusivement d'un seul ingénieur sous les ordres directs du metteur en scène. Pour cela, un réseau de galeries souterraines en ciment armé assure la circulation de techniciens chargés de la surveillance des 6 000 m de câbles et des haut-parleurs. Ceux-ci (d'une puissance unitaire de 20 W) forment cinq groupes de trois ou cinq appareils fonctionnant simultanément ou séparément. Ils sont dissimulés au public par des accidents de terrain artificiels. D'autres haut-parleurs sont installés dans le clocher et quelques bâtiments du village qui constitue le décor (certains sont réservés à la diffusion de « bruits de coulisses »). Cinquante microphones sont également dissimulés. Quel que soit le lieu de l'action, les personnages se trouvent ainsi dans le champ de sensibilité de ces capteurs de sons. Quinze amplificateurs d'une puissance unitaire de 20 W élèvent l'intensité des courants microphoniques à la valeur convenable pour alimenter les haut-parleurs.

L'ensemble de la sonorisation est contrôlé par le « mixer », chargé du mélange des sons, dont la cabine est située derrière l'auditoire, point où précisément le son est le plus faible. Observant l'action à travers une glace, le « mixer » a devant lui le pupitre où

sont disposés les boutons de réglage des groupes microphones haut-parleurs.

Ce dispositif de sonorisation s'est révélé d'une réelle qualité, par suite notamment de l'élimination de l'effet Larsen (1), grâce à la répartition judicieuse des haut-parleurs et des microphones.

Rayonne et pneumatiques

IL y a déjà plus de dix ans que les premiers essais de remplacement du coton par la rayonne pour l'armature des pneumatiques ont été tentés en Amérique. Ils n'eurent d'ailleurs aucun succès, la fibre artificielle dont on disposait alors ne présentant, surtout à l'état humide, ni une résistance à la traction, ni une élasticité suffisantes. L'emploi de la rayonne, étudié également en Allemagne comme conséquence du plan autarcique du III^e Reich, a été surtout mis au point aux Etats-Unis (Goodyear) en vue d'accroître la résistance des pneumatiques. En effet, notamment sur les « poids lourds », un problème essentiel est celui de la dissipation de la chaleur engendrée dans les pneus et qui peut en porter leur température interne à 100° et même 120°. Le coton résiste précisément moins bien que la rayonne à cet égard. Cette nouvelle utilisation de la soie artificielle pour la confection des tissus « Cord » s'effectue, d'ailleurs, à partir de brins préparés par l'un quelconque des procédés mis en œuvre pour la fabrication de la rayonne (2). Les fils obtenus ne doivent pas perdre plus de 34 % de leur résistance à la traction lorsqu'on les chauffe à 120° C, et 33 % lorsqu'ils sont saturés d'humidité. Dans ces conditions, les essais effectués récemment sur plusieurs milliers de pneumatiques montés sur des

(1) L'effet Larsen est une réaction acoustique. Les sons émis par les haut-parleurs risquent en effet d'atteindre les microphones et d'être émis à nouveau après le passage des courants microphoniques dans les amplificateurs. De ce cercle vicieux résulte, en quelques secondes, un son permanent de plus en plus intense, qui rend toute audition impossible. Les haut-parleurs doivent donc être disposés en dehors du champ de sensibilité des microphones.

(2) On préfère cependant le procédé à la viscosité : traitement de la pulpe de bois déchiquetée par la soude caustique concentrée, puis, après vieillissement, par le sulfure de carbone. Le xantate de cellulose obtenu est dissous par une solution alcaline épaisse passée à la filière et coagulée dans un bain acide. (Voir *La Science et la Vie*, n° 173, page 413.)

véhicules routiers de grand parcours — notamment dans l'Arizona, où ils furent soumis à des températures extrêmement élevées — ont prouvé que le pneu à la rayonne pouvait accomplir 20 000 km pour une température moyenne de l'air de 26° C, et 18 000 km pour 40° C. Les pneus au coton se révélaient, par contre, usés respectivement au bout de 6 000 et 600 km. Ces chiffres font nettement ressortir le meilleur comportement de la rayonne lorsque la température croît.

Les richesses d'un minéral pauvre

ON peut, en effet, aujourd'hui, tirer parti d'un minéral complexe qui aurait été dédaigné il y a quelque trente ans. Ainsi, la plus grande mine de plomb et de zinc du monde, — celle de Sullivan, en Colombie britannique, découverte en 1892 et mise en exploitation en 1900 — n'a atteint que vingt ans après la production annuelle de 2 millions de tonnes d'un minéral qui est un mélange de galène (sulfure de plomb) avec une variété de blende (sulfure de zinc) ferrugineuse et cuivreuse (marmatite). Voici ce que l'on en retire aujourd'hui : 163 000 t de plomb ; 112 000 t de zinc ; 386 t de cuivre ; 239 t de cadmium ; 164 t de bismuth ; 268 t d'argent ; 2 156 kg d'or. Mais, en dehors de ces métaux, le grillage des sulfures produit en très grande abondance de l'acide sulfureux néfaste pour la végétation. Aussi le transforme-t-on en acide sulfurique nécessaire comme électrolyte pour la préparation du zinc pur et utilisé pour transformer le phosphate de gisements voisins en superphosphates (engrais). L'énergie électrique disponible sert d'ailleurs à préparer d'autres engrais, tels que le sulfate d'ammoniaque (1), le phosphate d'ammoniaque. Enfin, 44 t de soufre sont extraites annuellement de l'acide sulfureux non utilisé. En 1936, 87 000 t d'engrais divers et 3 000 t de soufre ont été ainsi livrés au commerce.

Rail et vitesse ferroviaire

C'EST la résistance de la voie ferrée qui limite, pour une large part, les vitesses réalisées sur les chemins de fer. On sait qu'en Allemagne une voie spéciale fut établie pour autoriser la vitesse record de 210 km/h. En effet, si les perfectionnements apportés à la locomotive permettent de remorquer des trains de plus en plus lourds à des vitesses commerciales de 105 à 110 km/h, ils ont nécessité un accroissement du poids adhérent des machines. (Les autorails, plus légers, atteignent couramment 140 km/h sur certaines sections.) La puissance méca-

nique des locomotives à vapeur est d'ailleurs susceptible d'être accrue par l'emploi de chaudières à haute pression (1) qui conduiront encore à une augmentation de poids. Il est donc nécessaire que la charge admissible par essieu, qui est actuellement de 20 t environ, soit elle-même accrue grâce notamment à l'emploi de rails de poids (par mètre) plus élevé. Mais un autre phénomène, le mouvement de lacet, intervient. En effet, par suite de la conicité des bandages des roues, toute inégalité de hauteur des rails (impossible à éviter complètement) se traduit par des réactions violentes sur les boudins, qui, en se répercutant d'une roue à l'autre, amorcent un déplacement transversal, origine du mouvement de lacet. Et celui-ci tend à renforcer les déformations, d'où accroissement des risques de déraillement. Seules, l'amélioration du ballast et une surveillance constante de la voie peuvent apporter la sécurité nécessaire à la circulation des trains lourds et rapides.

Carburants solides pour gazogènes

MOINS lourd et moins encombrant que le bois, le charbon de bois constitue évidemment, pour le gazogène de véhicule routier, un combustible de choix, à condition qu'il soit homogène et dépourvu de goudrons et de cendres, sous peine d'encrasser l'appareil. C'est pourquoi le charbon des meules ordinaires ne saurait convenir. Il paraît encore difficile de mettre en pratique la solution la plus rationnelle : installation d'usines de carbonisation avec récupération des sous-produits (acide acétique, pyroligneux, goudrons), car le transport du bois de la forêt à l'usine et celui du charbon grèverait trop lourdement le prix du combustible. Cependant, certains appareils, basés sur le principe d'usines de distillation et aisément transportables, ont été récemment essayés avec succès. Mais si le développement du gazogène, souhaitable au point de vue de l'économie nationale, est lié à l'organisation de son ravitaillement en combustible, il a été également limité par la perte de puissance — voisine de 30 et même 40 % — que subissait un moteur, il y a quelques années, en passant du combustible liquide au combustible gazeux. La situation s'est bien améliorée aujourd'hui. Il serait possible, par exemple, grâce à un accroissement du taux de compression, d'améliorer considérablement le rendement. Mais le moteur ne pourrait plus alors, sauf s'il était muni d'un dispositif spécial (2), fonctionner à l'essence, car le taux de compression ainsi accru risquerait de provoquer le phénomène de détonation. Ce procédé s'appliquerait

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 171, page 225.

(1) L'ammoniaque est obtenu par voie de synthèse, à partir de l'hydrogène préparé par électrolyse de l'eau et de l'azote fourni par l'air liquide (9 t d'hydrogène et 44 t d'azote sont préparés journalièrement).

(2) Ce dispositif a pour but de limiter le remplissage des cylindres pendant le fonctionnement à l'essence. Il en résulte évidemment dans ce dernier cas une économie de carburant liquide.

done, semble-t-il, à du matériel neuf, soit au moment de la révision du moteur. On en profiterait pour le réalésé, ce qui augmente sa cylindrée. Quant aux moteurs déjà en service, on pourrait, grâce à un compresseur, les suralimenter afin de retrouver la puissance développée pendant la marche à l'essence sans compresseur. C'est là une question fort complexe qui mérite une étude spéciale et sur laquelle nous reviendrons.

Le pétrole en U. R. S. S.

LES statistiques récemment publiées confirment bien le retard de l'industrie pétrolière soviétique sur les prévisions du II^e plan quinquennal (1) : 3 millions de t de moins environ pour les neuf premiers mois de 1937. La production moyenne mensuelle de naphte (2 257 000 t) est même légèrement inférieure à celle de 1926 (2 284 000 t). On sait que ce retard provient à la fois de la déficience des cadres, de l'insuffisance du matériel et de la pénurie des transports. Comme la consommation intérieure est, par contre, croissante, l'U. R. S. S. s'est vue dans l'obligation de restreindre ses exportations. Celles-ci accusent, en effet, une baisse de près de 25 % par rapport à 1936 (neuf premiers mois de l'année). C'est surtout pour les combustibles destinés aux moteurs à huile lourde que cette diminution est la plus accusée pour cette même période (444 399 t en 1936 contre 292 453 t en 1937) ; l'essence vient ensuite (321 996 t en 1936 contre 306 252 t en 1937). Tous les pays achètent moins à l'U. R. S. S., sauf la Grande-Bretagne (7 % en plus), et aussi l'Espagne gouvernementale (153,4 % en plus). Les exportations du pétrole russe en France ont également baissé de 79,4 %.

Les autoroutes en Allemagne

LE réseau des *Reichsautobahnen* (2) n'est pas limité aux 6 900 km prévus dans le plan quadriennal allemand (3). Le docteur Todt a déclaré récemment que ce programme avait été élargi : 2 à 3 000 km supplémentaires doivent compléter le réseau principal par des voies secondaires. Actuellement, plus de 2 000 km sont en exploitation ; la longueur totale des sections dont les plans sont approuvés, exécutés, en cours d'exécution, prêts à entrer en exécution, atteint déjà 5 400 km. Pour mener à bien ce travail, 113 000 hommes étaient employés en 1935, 121 000 en 1936, et seulement 98 000 en 1937. Le chômage ayant presque totalement disparu en Allemagne d'après les affirmations officielles, la Direction des autoroutes fait maintenant appel à l'outillage mécanique, dont l'emploi avait été jusqu'ici limité.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 261.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 20, page 461.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 3.

Avions américains pour hautes altitudes

LE premier des neuf avions américains *Douglas D. C. -3* spécialement conçus pour les vols réguliers aux hautes altitudes vient de procéder, en effet, à ses essais définitifs. Il est équipé de deux moteurs « Wright Cyclone » dont la puissance est de 1 000 ch au sol et de 850 ch à 305 m au régime de croisière. C'est entre 7 000 et 8 000 m d'altitude que leur rendement est maximum grâce à la suralimentation par compresseur. Ces avions comportent une alimentation en oxygène pour la cabine des quatorze passagers comme pour l'équipage. Ils sont destinés aux liaisons aériennes hors du territoire des États-Unis, de Miami à Buenos-Aires, en quatre jours au lieu des cinq jours jusqu'ici nécessaires.

Les engrais de synthèse dans les usines norvégiennes de l'azote

ON sait que la Norvège, grâce à son abondante richesse en houille blanche, tient depuis longtemps la première place pour la fabrication des dérivés de l'azote. Outre l'acide nitrique de synthèse, elle prépare l'ammoniaque synthétique — par union directe sous une pression élevée, 250 kg/cm², de l'hydrogène préparé par électrolyse de l'eau et de l'azote (1). Ainsi, l'industrie norvégienne des engrais azotés, complètement indépendante tant qu'il s'est agi seulement de la préparation du nitrate de chaux (2), fait maintenant appel aux autres industries chimiques pour la fabrication du sulfate d'ammoniaque, comme d'ailleurs pour celle de la soude (par action du gaz carbonique sur une solution d'ammoniaque et de sel marin). L'acide chlorhydrique formé, réagissant sur l'ammoniaque, donne un nouvel engrais azoté : le chlorhydrate d'ammoniaque. Mais on sait que l'hydrogène constitue l'élément le plus coûteux de l'ammoniaque. Aussi utilise-t-on — outre l'hydrogène électrolytique — celui qui provient de l'action des vapeurs de phosphore sur l'eau qui produit l'aide phosphorique nécessaire à la fabrication d'engrais phosphatés. Ainsi on obtient du phosphate d'ammoniaque qui réunit, sous un poids minimum, le phosphore et l'azote. La Société norvégienne de l'Azote fabrique aussi du nitrate de soude, du nitrate d'ammoniaque, du sulfate et du phosphate d'ammoniaque, de la soude, des engrais ternaires : potasse, phosphore, azote (3).

(1) Cet azote est également extrait de l'air par distillation fractionnée de l'air liquide, procédé qui exige moins d'énergie que celui au four électrique.

(2) La pierre à chaux est extraite de la région montagneuse où se trouvent les usines.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 171, page 212.

LA MESURE PNEUMATIQUE DES LONGUEURS ET LE CONTROLE INDUSTRIEL DES FABRICATIONS PAR LE MICROMÈTRE « SOLEX »

Par Jean VIVIÉ

INGÉNIEUR CIVIL DES MINES

Mesurer de la façon la plus précise une longueur en se servant d'air sous faible pression, voilà bien une idée qui ne pouvait guère venir de suite à la pensée... Et, de fait, c'est bien indirectement qu'est né le micromètre pneumatique « Solex ».

QUEL automobiliste, à la lecture de ce dernier nom, ne pensera pas aussitôt à son carburateur, à cet organe essentiel de sa voiture, et dont il a dû effectuer de temps à autre le démontage pour en extraire ce tube terminé par un petit orifice que l'on dénomme couramment *gicleur*.

Un simple trou percé dans une tige de laiton, peut-être !... Et pourtant quels problèmes de calibrage et de contrôle n'a donc cessé de poser le *gicleur* aux fabricants de carburateurs ; c'est ainsi que les usines « Solex » en arrivèrent au contrôle pneumatique de ces *gicleurs* et que, de là, leurs techniciens ont aperçu l'immense domaine d'application qui s'ouvrait à ce procédé et à ses variantes.

Mais examinons en détail le fonctionnement d'un *gicleur*, dans diverses conditions.

Il est tout d'abord un fait évident que chacun a pu constater en soufflant dans un *gicleur* de carburateur pour le nettoyer ; plus l'on veut souffler d'air, et plus la résistance éprouvée augmente, plus l'on doit forcer son souffle ; c'est ce fait courant que le technicien traduit par la loi suivante : *pour un gicleur d'orifice déterminé, le débit d'air (ou de liquide) augmente avec la pression appliquée.*

Par ailleurs, si l'on considère une série de *gicleurs* d'orifices à section croissante, on se rend facilement compte que — branchés sur une source d'air sous pression déterminée — ces *gicleurs* débitent d'autant plus d'air que la section de leur orifice est plus grande.

On en déduit le principe même du calibrage des orifices de *gicleurs* en branchant ceux-ci sur une source d'air à pression rigoureusement constante, et en mesurant le débit d'air s'écoulant par les orifices : *la mesure de ce débit équivaut à une mesure du diamètre de l'orifice* et la pratique montre qu'il s'agit d'une méthode aussi précise que pratique.

Mais revenons à notre expérience personnelle ; il est facile de constater que — soufflant

dans un *gicleur* — on augmente la résistance de passage à l'air en approchant le doigt de l'orifice jusqu'à le boucher presque ; en effet, nous diminuons le débit d'air à travers l'orifice du fait même que le doigt placé contre l'orifice modifie la section réellement laissée à l'air pour son écoulement. En termes plus précis, le *débit de l'air s'écoulant par un orifice de section déterminée décroît si l'on approche de cet orifice une paroi* ne laissant plus au débouché de l'air qu'un intervalle de section inférieure à celle de l'orifice. On en déduit donc cette fois que *la mesure du débit d'air équivaut à une mesure de la distance* qui sépare l'orifice de la paroi placée à proximité : le principe même du *micromètre pneumatique « Solex »* se trouve ainsi posé.

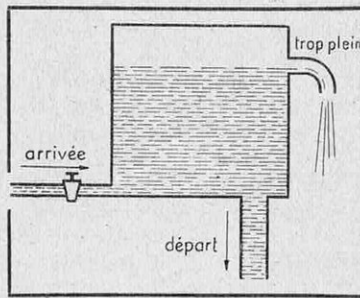


FIG. 1. — SCHÉMA D'UN TROP-PLEIN HYDRAULIQUE

Le micromètre pneumatique « Solex »

En possession d'une méthode de mesure et de repérage basée sur ces principes, il restait à ses inventeurs à réaliser des appareils permettant sa mise en œuvre, sans altérer en quoi que ce soit la caractéristique fondamentale du système : la *simplicité*.

Le problème posé visait trois sujets : 1°) réaliser une source d'air à pression rigoureusement constante à partir d'un réseau d'air comprimé ou de simples bouteilles ; 2°) réaliser la mesure immédiate et précise du débit de l'air à travers l'orifice ; 3°) concevoir les diverses formes d'organes permettant dans les divers cas d'utilisation de placer le *gicleur* au voisinage des parois des pièces à contrôler.

a) *La source d'air à pression constante.* — Etant donné que l'on peut disposer d'air comprimé fourni soit par un réseau de distribution, soit par des bouteilles, il s'agit de réduire la pression de cet air à une valeur rigoureusement déterminée au moyen d'un régulateur ; ce dernier, du type à tube plongeur, fonctionne de façon analogue à un réservoir muni d'un trop-plein ; on sait comment se présente une telle installation (fig. 1) : de l'eau sous pression arrive à la

base d'une cuve en haut de laquelle un tube de trop-plein évacue l'excès de liquide et maintient ainsi le niveau dans la cuve à une hauteur déterminée; si, alors, on branche une canalisation à la base du réservoir, la pression de l'eau dans cette canalisation sera — non pas celle de l'eau arrivant à la cuve — mais bien celle qui correspond à la hauteur constante de l'eau dans la cuve; la pression d'arrivée peut donc varier, mais la pression de départ restera constante. Le régulateur d'air à tube plongeur est de fonctionnement identique; l'air sous pression arrive par le robinet *a* à un tube *T* de forte section plongeant à une distance *H* en dessous du niveau de l'eau d'un réservoir *R* ouvert à l'air libre (fig. 2); la pression d'arrivée chasse l'eau du tube *T* jusqu'à sa base et l'air en excès s'échappe à travers l'eau du réservoir; on a ainsi réalisé un trop-plein d'air analogue à celui dont nous venons de parler, en sorte que la pression de l'air dans le tube *T* tombe à la valeur qui correspond à la hauteur d'eau *H* dont le tube plonge dans le récipient; comme cette hauteur peut être facilement réglée au millimètre près, il s'ensuit que la pression de l'air en haut du tube *T* est rigoureusement constante et connue de façon précise: le gicleur du micromètre sera donc alimenté en air à pression constante, quel que soit son débit, si on le branche sur un conduit aboutissant en haut du tube *T*.

b) La mesure du débit d'air. — Nous avons vu que la résistance opposée à l'écoulement de l'air passant à travers un gicleur augmentait avec le débit; les physiiciens en ont déduit une méthode de mesure des débits par la connaissance de la résistance de passage à travers un gicleur déterminé; cette résistance est connue en mesurant la pression de part et d'autre du gicleur, ou plus précisément la différence de pression entre l'amont et l'aval, ce qui est facilement réalisé avec un manomètre à tube en *U*. L'adaptation de ce mode de mesure sur le régulateur de pression d'air est facile à réaliser (fig. 2); l'orifice de mesure *G* est intercalé dans la conduite qui part du haut du tube plongeur; le manomètre à eau est combiné avec le réservoir *R* qui en forme la branche amont; le tube aval est constitué par un tube de verre *M* de faible diamètre branché entre la base du réservoir *R* et la face aval de l'orifice de mesure *G*. Une échelle graduée tracée le long du tube *M*, et

dont le zéro correspond au niveau d'eau dans le réservoir *R*, permet de repérer le niveau d'eau du manomètre et de connaître ainsi immédiatement la valeur instantanée du débit d'air s'écoulant par l'orifice du micromètre.

c) Organe de mesure. — L'organe de mesure se branche en bout de la conduite partant du haut du tube *T* et sur laquelle est intercalé l'orifice de mesure du débit d'air.

Dans le cas d'utilisation directe, qui vise au contrôle du diamètre d'orifice de gicleurs de carburateurs, par exemple, ce sont ces gicleurs eux-mêmes qui sont branchés en bout de conduite; la dénivellation lue sur le tube *M* fournit la valeur du débit d'air à travers le gicleur, donc la mesure du diamètre de l'orifice.

Dans le cas d'utilisation pour le repérage de la distance d'un gicleur donné à la paroi d'une pièce quelconque, un montage doit être conçu de façon à fixer le gicleur en sorte que le plan de l'orifice soit réglé avec la plus grande précision à une distance déterminée d'une plaque de base (fig. 2); soit alors à contrôler les diamètres de pièces cylindriques, tel qu'un axe de piston, par exemple; la pièce vue en *A*, placée sur la plaque de base *F*, est engagée sous un poussoir *P* de longueur connue et dont la face supérieure arrive en regard de l'orifice du gicleur de micromètre

S, ne laissant qu'un étroit intervalle *d* pour l'échappement de l'air; cet intervalle restera constant si l'on substitue à la pièce *A* un autre axe de diamètre rigoureusement égal; si, au contraire, l'usinage des axes n'est pas uniforme, les faibles différences entre les diamètres des pièces entraînent les mêmes différences sur l'intervalle *d* et, par suite, des variations sensibles du niveau de l'eau dans la branche *M* du manomètre.

Et, maintenant, quelques chiffres feront bien comprendre la précision atteinte par le *micromètre pneumatique*: avec un régulateur de pression d'air ajusté à 50 cm d'eau (hauteur *H* de plongée du tube *T*), on observe sur le tube manométrique *M* une dénivellation *h* de 10 cm pour une variation d'intervalle *d* entre gicleur et paroi de 1/100 de mm, soit une amplification de 10 000. Etant donné qu'il est facile d'apprécier sur le tube manométrique les moindres variations de niveau, c'est une sensibilité supérieure au millième de millimètre que le *micromètre pneumatique* assure dans les mesures de

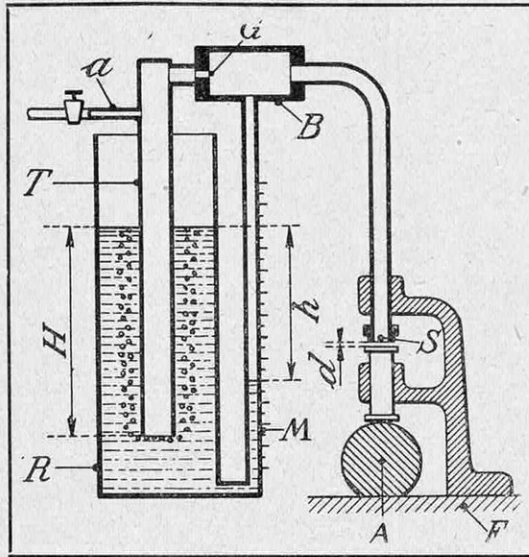


FIG. 2. — SCHÉMA DU MICROMÈTRE PNEUMATIQUE « SOLEX » APPLIQUÉ A LA MESURE DU DIAMÈTRE D'UNE PIÈCE CYLINDRIQUE

précision, sans erreur possible de la part de l'opérateur et sans manipulation délicate : on réalisera facilement l'importance de cette précision en sachant que le chiffre ainsi atteint ne représente que le $1/30$ de l'épaisseur d'un cheveu ou d'une feuille de papier à cigarette.

C'est dire que le *micromètre pneumatique* a suscité un immense intérêt dès son apparition ; l'industrie moderne, orientée vers la fabrication de série, est, en effet, basée sur un contrôle rigoureux de l'usinage des pièces, ces dernières devant présenter des dimensions rigoureusement exactes afin de permettre, d'une part, un montage rapide et précis, d'autre part, l'interchangeabilité des pièces.

Nous allons voir comment l'utilisation du *micromètre pneumatique* « Solex » a permis de contenter les exigences de la mécanique moderne.

Le contrôle de précision par le micromètre pneumatique Solex

Dans l'industrie automobile. — Puisque le *micromètre pneumatique* est né dans l'industrie automobile, c'est bien à elle qu'il devait s'appliquer tout d'abord, et, de fait, nombreux sont les cas de contrôle qui sont maintenant résolus par le nouvel appareil, dans ses diverses modalités d'utilisation.

A) Par son principe même, le *micromètre pneumatique* est un mesureur de débit ; on en trouve donc l'application immédiate au contrôle de porosité des pièces fondues, au contrôle d'ajustage devant assurer une étanchéité aussi parfaite que possible et à la mesure des gicleurs de carburateurs.

Cette dernière application est évidente d'après les principes mêmes exposés plus haut. Il suffit de brancher simplement le gicleur à vérifier à la sortie de l'appareil (fig. 3). Le débit du gicleur est indiqué sur l'échelle graduée. Voici comment la même méthode s'appliquera par exemple à la vérification de l'étanchéité d'une tubulure d'admission. Tous les débouchés normaux sont obturés par des joints, dont l'un porte un raccord, permettant de mettre en communication l'intérieur de la tubulure avec le micromètre pneumatique. Dans ces conditions, le manomètre indique s'il y a fuite et quel est l'ordre de grandeur de cette fuite ; la sensibilité est telle que l'on peut déceler une

fuite correspondant à une fissure de $1/100$ de mm^2 de section ! On pourrait multiplier à l'envi les cas d'application dont les montages de vérification varient à l'infini. C'est ainsi qu'on vérifie également la portée d'une soupape sur son siège, l'étanchéité d'une cuve de carburateur, etc...

B) Le *micromètre pneumatique* « Solex » permet par ailleurs la vérification *sans contact* de l'épaisseur de pièces à faces dressées, ou de l'alésage de tous logements cylindriques. On sait que de

tels contrôles étaient auparavant effectués avec des *calibres* ou des *tampons* ; on désigne ainsi des pièces usinées avec une très grande précision et servant d'étalons de comparaison : la pièce usinée est ainsi repérée en épaisseur ou en diamètre lorsqu'elle pénètre sans jeu entre les mâchoires d'un calibre, ou qu'au contraire le tampon y entre à frottement gras ; on comprend de suite l'inconvénient présenté par la nécessité d'un contact très serré, puisqu'en dehors de l'usure ou de la détérioration possible, le contrôle dépend en certaine mesure de la force développée par l'opérateur pour obtenir la pénétration des pièces : en outre, si l'on veut connaître la cote exacte d'usinage d'une pièce et non plus simplement vérifier sa conformité avec un étalon, il faut opérer par tâtonnements successifs avec des étalons de dimensions progressives, opération qui demande un certain temps et une certaine habileté de la part de l'opérateur. Le contrôle au *calibre pneumatique* ou au *tampon pneumatique* (fig.4) élimine

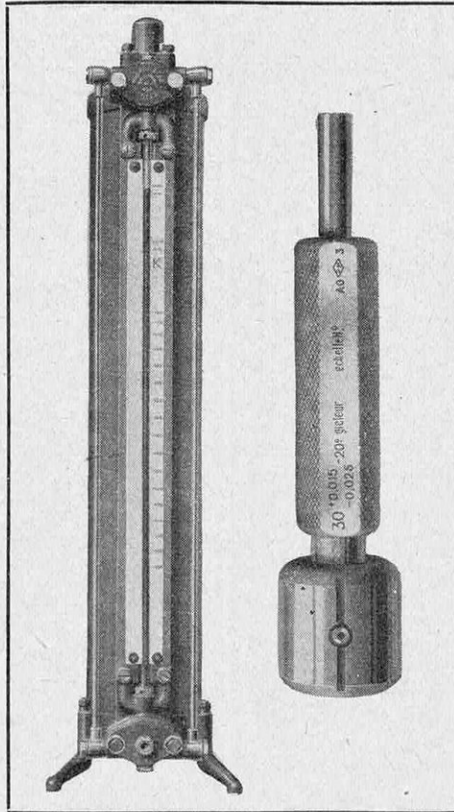


FIG. 3 ET 4. — A GAUCHE, MICROMÈTRE PNEUMATIQUE « SOLEX » POUR LA MESURE DES GICLEURS ; A DROITE, TAMPON POUR LA MESURE DES ALÉSAGES

tous ces inconvénients ; la mesure s'opère sans contact. Dans le cas de la vérification de l'alésage d'un cylindre de moteur, le tampon présente un diamètre sensiblement inférieur à celui de la cote d'usinage : un seul tampon suffit donc, et son introduction avec un jeu appréciable est facile en même temps qu'elle ne peut entraîner aucune usure ni détérioration ; le tampon pneumatique porte deux gicleurs de mesure diamétralement opposés, et le principe de mesure du *micromètre pneumatique* montre immédiatement que la dénivellation au manomètre indiquera la grandeur de l'intervalle existant entre les parois du cylindre et les faces des gicleurs, et, par conséquent, la mesure exacte de l'alésage de ce dernier, la distance

entre les faces des gicleurs étant connue avec la plus grande précision. On remarquera de suite : 1°) que les faces des gicleurs n'étant soumises à aucun frottement, leur distance restera invariable dans le temps ; 2°) que le tampon introduit sans frottement permet d'explorer le cylindre sur toute sa hauteur et dans tous les sens, faisant connaître immédiatement tout défaut de conicité ou d'ovalisation ; 3°) que la mesure est instantanée et indépendante de l'habileté manuelle de l'opérateur.

Tous ces avantages font que la vérification des alésages des blocs-cylindres des moteurs d'au-

rotules de cardans, profils de cames, portées de vilebrequin, etc., etc...

Ainsi, né de la nécessité d'un contrôle précis et pratique des gicleurs de carburateurs, le *micromètre pneumatique* « Solex » s'est-il révélé un moyen de contrôle efficace et universel, ainsi que le montre nettement la figure 5, qui dégage bien l'ampleur de son évolution.

Il nous semble inutile d'insister sur ce que les cas d'application du *micromètre pneumatique* « Solex » ne se limitent naturellement pas à l'industrie automobile, mais également à l'industrie mécanique de grande série, aux labora-

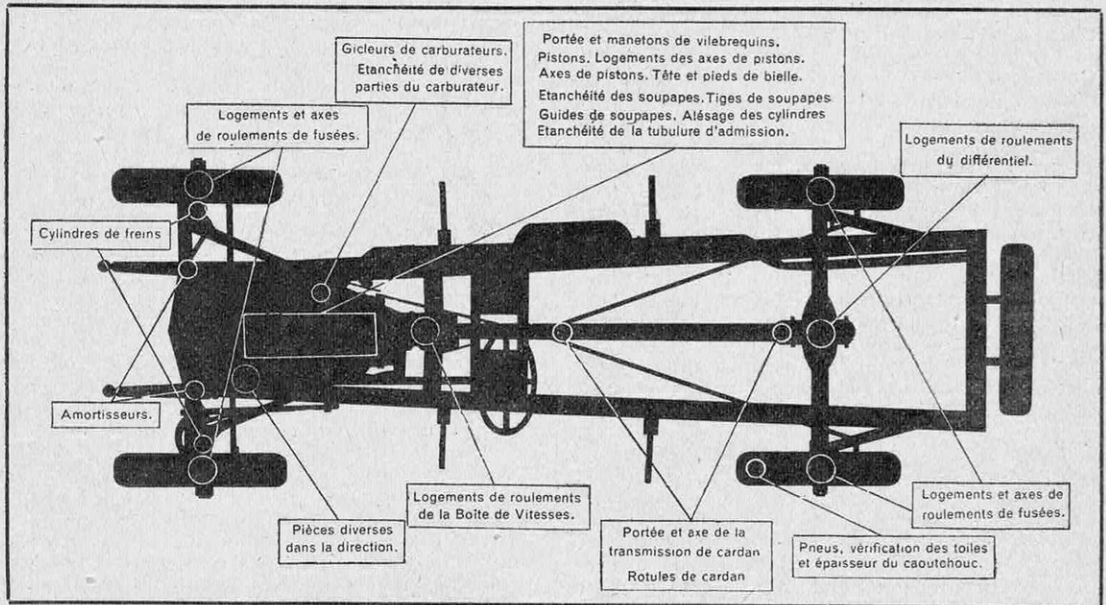


FIG. 5. — SCHEMA D'UN CHASSIS DE VOITURE AUTOMOBILE MONTRANT UN CERTAIN NOMBRE DE PARTIES AYANT BESOIN D'ÊTRE VÉRIFIÉES AVEC PRÉCISION, ET DONT LA VÉRIFICATION SE FAIT AU MICROMÈTRE PNEUMATIQUE « SOLEX »

tomobiles s'opèrent maintenant dans les usines au moyen du micromètre pneumatique avec le minimum de manipulations dans le minimum de temps. Il en est ainsi de même, d'une façon générale, pour toutes les parties du châssis, pour la vérification des carters de pont arrière, les logements d'axes de pistons, les alésages de tête et de pied de bielle, les logements de roulements à billes, les alésages des cylindres de freins hydrauliques, les guides de soupapes, etc.

Le *tampon pneumatique* « Solex » s'applique, en somme, à toutes les vérifications de cylindres à partir des plus petits diamètres de l'ordre de 4 mm.

Sans nous étendre davantage sur ce point, des dispositifs analogues réalisés sous forme de bagues permettent d'effectuer le contrôle du diamètre extérieur de pièces tournées telles que : pistons, axes de pistons, tiges de soupapes,

toires, à diverses industries de fabrication continue, etc., etc.

Solution bien française, par son élégance même, d'un problème de contrôle capital pour le développement de l'industrie moderne, le *micromètre pneumatique* « Solex » fait le plus grand honneur au génie de son inventeur, M. Marcel Mennesson, au travail intelligent de ceux qui l'ont aidé dans sa tâche.

Bien que connaissant déjà un champ d'application des plus vastes, le *micromètre pneumatique* ne cesse d'être perfectionné chaque jour par ses réalisateurs en vue des nouveaux problèmes que ne cessent de poser l'extension et la modernisation des procédés de fabrication en grande série. Par la simplicité même du principe mis en œuvre, par l'universalité de ses modalités d'application, le *micromètre pneumatique* « Solex » se classe parmi les plus grandes inventions.

J. VIVIÉ.

L'ALLÈGÈMENT DES VÉHICULES UTILITAIRES, SOURCE D'ÉCONOMIE

Le rendement économique d'un véhicule à traction mécanique, quel qu'il soit, dépend évidemment de deux facteurs : rendement du moteur lui-même, charge utile transportée pour une même dépense.

Le rendement du moteur

Nous avons montré déjà comment l'emploi d'alliages légers avait autorisé l'amélioration du rendement du moteur, fonction à la fois du rendement thermodynamique et du rendement mécanique. On sait que le premier est en relation étroite avec le rapport de détente utilisé dans le moteur, c'est-à-dire le rapport des volumes disponibles au-dessus du piston, lorsque, d'une part, celui-ci est à l'extrémité de sa course de travail (point mort bas) et lorsque, d'autre part, il est à son poids mort haut. C'est ce que l'on appelle, en général, rapport de compression ou rapport volumétrique. On sait aussi que ce rapport est limité par les phénomènes de détonation et d'auto-allumage. Pour retarder leur apparition, il est évident qu'il faut éviter la présence de « points chauds » dans la chambre de combustion et le fond du piston. Par conséquent, l'emploi, pour la culasse et le piston, d'un métal à haute diffusion thermique comme les alliages légers à base d'aluminium, dissipant rapidement la chaleur, contribue largement à la suppression des points chauds. L'élévation du taux de compression, qui devient alors admissible, se traduit immédiatement par un meilleur rendement. Si l'on passe de 5 à 7 pour ce taux de compression, le rendement thermodynamique croît de 0,383 à 0,442. Donc, plus de chevaux pour une même consommation. Quant au rendement mécanique, qui augmente avec la vitesse de rotation du moteur, il est

reconnu depuis longtemps qu'il est largement amélioré par l'emploi des alliages légers pour les organes mobiles, pistons, bielles, etc., puisque l'inertie à vaincre est considérablement diminuée.

D'autres organes du moteur bénéficient, d'ailleurs, de l'allègement permis par les alliages légers. Citons, par exemple : les coussinets, où l'on utilise le contact direct de l'aluminium sur acier pour le vilebrequin (Ariès); le carter, pour lequel on tend aujourd'hui à employer l'aluminium, depuis que ce métal est utilisé pour le bloc des cylindres, ceux-ci recevant, bien entendu, des fourreaux d'acier intérieurs.

Voyons maintenant quelles répercussions peuvent avoir les applications multiples des alliages légers sur les « poids lourds ».

Les leçons de l'Exposition des Véhicules Industriels allégés

Le moteur, amélioré par les alliages légers, doit remorquer un certain nombre de tonnes. L'opération sera évidemment d'autant plus avantageuse que les frais d'utilisation, de main-d'œuvre et de carburant seront plus faibles et que les recettes provenant de la charge utile transportée seront plus élevées. Il ne faut pas oublier non plus que les charges limites légales restreignent souvent la capacité de transport.

Sur quels allègements pouvons-nous compter? La récente Exposition de Véhicules Industriels allégés (1) nous a permis de les chiffrer. Les gains de poids ressortent en effet à : 510 k sur une benne pour transport de minerais (gain de charge utile 11 %); 1 300 kg sur un châssis plus une benne à élévateur (gain 34,6 %); 1 200 kg sur un plateau à ridelles rabattables

(1) Cette Exposition a eu lieu au Parc des Expositions, porte de Versailles, à Paris, du 1^{er} au 6 février 1938.



FIG. 1. — CAMION CITERNE ALLÉGÉ A L'EXPOSITION ORGANISÉE PAR L'ALUMINIUM FRANÇAIS

(gain 12 %) ; 1 400 kg sur un châssis plus un plateau bâché (gain 36,8 %) ; 1 200 kg sur une citerne pour transport d'alcool (gain 16,8 %) ; 1 700 kg sur une voiture à viande (gain 24,3 %) ; 1 750 kg sur un fourgon (gain 24,3 %) ; 1 750 kg sur un fourgon profilé (gain 25 %) ; pour ne citer que quelques exemples.

D'une façon générale, on peut compter sur les capacités et charges utiles suivantes, pour un même châssis de fourgon : châssis de 2 tonnes, capacité de 12 m³ (contre 9 m³ avec la construction ordinaire), charge utile de 1 600 kg contre 1 300 kg ; châssis de 6 tonnes, capacité de 38 m³ contre 29 m³, charge utile de 4 750 kg contre 3 800 kg ; châssis de 10 tonnes, capacité de 59 m³ contre 46 m³, charge utile de 7 100 kg contre 5 200 kg.

Il va de soi qu'inversement, pour une charge utile donnée, on peut, grâce au fourgon allégé, utiliser un châssis plus faible et moins cher.

pneus et l'essence sur les parcours à charge réduite, qui compense l'augmentation de l'amortissement. Mais l'*actif* apparaît autrement favorable. Si, en effet, 45 % de km sont parcourus à pleine charge, les 55 autres-km étant parcourus avec des charges variant de 20 à 40 % de la charge maximum, un calcul simple montre que, dans le cas de la construction ordinaire, on peut compter sur 318 000 à 380 000 tonnes-km par an et, avec la construction en alliages légers, sur 379 000 à 441 000 tonnes-km. Le prix de revient de la tonne-km ressort entre 0,808 f et 0,676 f dans le premier cas et entre 0,674 f et 0,579 f dans le second.

Cette différence notable, qui ne provient que de l'accroissement de la charge utile transportée résultant de l'allègement de 1 700 kg réalisé se chiffre par une économie considérable, si l'on considère le transport du même nombre de tonnes-km. Elle varie, en effet, de 42 600 à

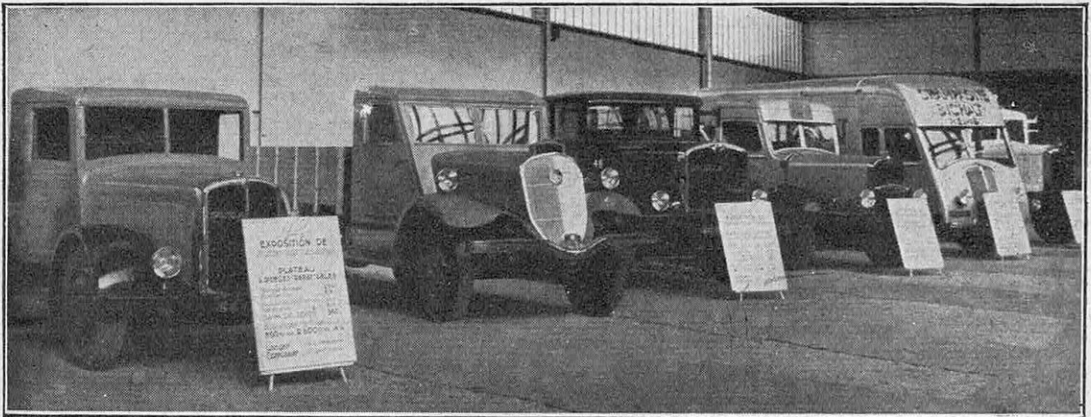


FIG. 2. — VOICI UNE SÉRIE DE VÉHICULES UTILITAIRES SUR LESQUELS LES ALLIAGES LÉGERS ET RÉSISTANTS ONT AUTORISÉ UN ALLÈGEMENT IMPORTANT, SOURCE D'ÉCONOMIE

Le bilan d'un fourgon de 10 tonnes

Essayons maintenant de chiffrer le prix de revient de la tonne kilométrique en prenant comme exemple un fourgon avec châssis de charge totale de 10 tonnes. Au *passif* du bilan annuel d'exploitation, nous trouvons d'abord, pour l'amortissement sur 350 000 km (52 mois à 80 000 km) d'un fourgon ordinaire de 150 000 f (châssis, 120 000 f ; carrosserie, 30 000 f) : 37 450 f par an environ. La carrosserie du même fourgon en alliage léger coûtant environ 51 000 f, l'amortissement ressort à 42 400 f par an environ. On peut évaluer ensuite les impôts et assurances, les mêmes dans les deux cas : 13 000 f ; les salaires des chauffeurs et indemnités de route, identiques aussi : 79 200 f ; les dépenses de carburant : 65 888 f avec la construction ordinaire, 62 000 f avec le fourgon allégé (1) ; pneumatiques : 34 300 f pour le fourgon lourd contre 30 550 f pour le fourgon léger ; entretien du véhicule : 28 000 f dans les deux cas. Total : 257 000 f par an avec le fourgon ordinaire et 255 500 f avec le fourgon allégé. La différence en faveur de ce dernier est donc assez faible. Elle ne provient en effet que de l'économie sur les

50 700 f par an, soit 16,6 à 19,8 %. Ainsi, le supplément de dépense provenant du prix plus élevé de la carrosserie en alliages légers (51 000 f contre 30 000 f) est amorti en cinq mois et demi !

On a voulu objecter cependant que le faible kilométrage annuel réellement parcouru et la faible densité de chargement rendaient moins tangibles les économies réalisées. Il ne faut pas oublier cependant que, certaines dépenses étant indépendantes du nombre de km, le prix de la tonne-km croît si le parcours diminue. Il y a donc intérêt à en diminuer le prix de revient.

Quant à la faible densité de chargement, elle provient, soit de la nature des marchandises (meubles, colis légers, etc.) qui exigent des carrosseries spacieuses, donc très lourdes, et alors l'emploi des alliages légers permet un gain de poids très important, qui peut conduire à l'achat d'un châssis plus faible, donc moins cher, soit de la pénurie de fret. Dans ce cas, l'achat judicieux de nouveaux véhicules peut encore se traduire, grâce aux alliages légers, par 15 à 20 % d'économie.

Ces réflexions, suggérées par l'Exposition des Véhicules Industriels allégés, permettent de comprendre les progrès réalisés par les transports mécaniques depuis que les alliages légers et résistants à base d'aluminium ont vu leurs applications se multiplier sur tous les organes des véhicules routiers.

(1) Ce chiffre est calculé en tenant compte de l'allègement de 1 700 kg et du coefficient kilométrique d'utilisation (kilomètres parcourus à pleine charge ou à charge réduite).

COMMENT EST EXPLOITÉ LE RÉSEAU ÉLECTRIQUE D'INTERCONNEXION

L'exemple de la région parisienne

Le réseau français d'interconnexion est l'œuvre de l'initiative privée. L'industrie électrique a voulu le réaliser parce qu'il permettait une utilisation plus rationnelle des ressources d'énergie de notre pays ; elle a su le créer et le développer rapidement grâce à la volonté de ses chefs.

Les difficultés techniques, présentées par les transports d'énergie à haute tension et à longue distance, ont été souvent exposées.

On s'est moins intéressé jusqu'à présent à l'économie du fonctionnement de ce réseau ; celle-ci est, cependant, de la plus grande importance puisqu'elle détermine les droits et les devoirs de tous les producteurs alimentant un réseau interconnecté, et amenés par là à fournir de l'énergie à une même clientèle. Or, il importe de sauvegarder les intérêts de chaque entreprise pour préserver et leur esprit d'initiative, principe de tout nouveau progrès, et les intérêts particuliers des épargnants qu'elles représentent.

Sur quelles bases cette organisation, économique et juridique, du réseau d'interconnexion a-t-elle été réalisée ?

M. d'Harcourt, ancien élève de l'École polytechnique, vient de l'exposer dans une conférence faite récemment à la Société des Ingénieurs civils de France.

Il y a dix ans, l'alimentation de la région parisienne était assurée par trois sociétés productrices différentes, dont les deux premières fournissaient le courant à la banlieue, et la troisième desservait la zone intramuros. Ces trois sociétés n'étaient pas interconnectées entre elles ; elles formaient trois cellules de production, absolument distinctes.

La société fournissant le courant à l'intérieur de Paris avait, à ce moment, à subvenir à une consommation en constante et rapide augmentation. Devant la nécessité d'accroître ses moyens de production, elle estima que, plutôt que de construire une nouvelle usine, il était de l'intérêt général de s'adresser aux deux autres producteurs de la région parisienne.

Ces deux sociétés, en effet, étaient déjà en train de construire de nouvelles usines, et il était plus économique pour elles d'installer des machines supplémentaires qu'à la compagnie desservant Paris de construire une centrale entièrement nouvelle.

Cette dernière compagnie finit même par s'apercevoir qu'elle avait intérêt à s'en remettre entièrement aux deux autres producteurs pour la fourniture de la totalité de l'énergie dont elle avait besoin.

Elle fit avec ceux-ci un marché, aux termes duquel elle recevrait d'eux, pendant une période de vingt ans, toute l'énergie dont elle aurait besoin et leur abandonnerait, pendant ce laps de temps, l'exploitation et la gestion de ses propres usines.

Il ne restait donc plus en présence que deux entreprises de production.

Celles-ci s'efforcèrent alors d'assurer l'interconnexion de tous les éléments de production, jusqu'alors indépendants, de la région parisienne. Ce travail fut achevé en 1931.

Le réseau d'interconnexion régional une fois

constitué, il fallait l'exploiter. Or, il était géré par deux sociétés dont les intérêts étaient tout à fait distincts ; celles-ci devaient donc passer entre elles un contrat en bonne et due forme pour fixer les modalités de la fourniture à leur client commun tout en gardant la possibilité d'assurer l'exploitation la plus économique et la plus rationnelle du réseau.

On se rendit compte bientôt que les contrats ordinaires, quelque précis qu'ils fussent, ne pouvaient convenir. Il était impossible de trancher toutes les difficultés de l'avenir par un texte écrit à l'avance. Et l'on adopta une solution différente en employant un système spécial : celui des contrats primaires et secondaires.

Les deux sociétés productrices se mirent d'accord sur un traité qui constituait la charte fondamentale de leur association. Ce premier contrat précisait trois points essentiels :

1° Chaque société conservait la pleine propriété de son domaine primitif ;

2° Elle mettait gratuitement à la disposition de l'autre société tous ses câbles de transmission, dans la mesure où elle ne les utilisait pas elle-même ;

3° La clientèle était partagée selon un principe d'égalité rigoureuse : chaque société avait droit à la moitié de la capacité de production des usines gérées en commun et devait fournir la moitié de la puissance et de l'énergie nécessaires à l'alimentation de Paris.

Par le contrat secondaire, verbal et purement facultatif, les deux associés convenaient, une fois pour toutes, de ne pas appliquer le contrat primaire chaque fois qu'il conduirait à une exploitation absurde.

Le bénéfice qui résulte de cette dérogation (puisque l'exploitation raisonnable sera forcément plus économique que l'exploitation absurde) est calculé et partagé par moitié entre les deux associés. Grâce à cette disposition, l'application du contrat secondaire était assurée par l'intérêt même des associés.

Pour prendre un exemple précis, supposons qu'on s'aperçoive qu'entre 2 et 4 heures de l'après-midi, l'application du contrat primaire amènerait la mise en marche d'une usine ancienne et de mauvais rendement, alors qu'il existe une usine moderne, partiellement disponible : on reporte alors toute la charge sur cette nouvelle usine. Le bénéfice, qui se traduit en tonnes de charbon et en pourcentage d'usure du matériel, sera réparti également entre les deux associés.

C'est grâce à ce système qu'a pu être réalisé et utilisé le réseau d'interconnexion de la région parisienne, œuvre d'intérêt général au premier chef, puisqu'il a permis d'accroître la sécurité et la qualité de la fourniture d'énergie faite à la capitale. Et c'est par des conventions analogues que les avantages de l'interconnexion ont pu, par la suite, être étendus à l'ensemble du territoire.

L'industrie électrique a pu réussir dans cette tâche en faisant coïncider l'intérêt particulier avec l'intérêt général. Et, comme l'a dit M. d'Harcourt, elle a montré par là que rien n'était impossible dans un pays libre, à une industrie libre, quand ses chefs savent voir loin et grand.

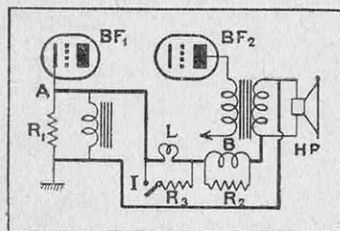
LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Une simple ampoule de poche pour améliorer un radiorécepteur

Si l'audition radiophonique de la musique diffère toujours de l'audition directe, les récepteurs ne sont pas seuls en cause. En effet, il faut que la musique demeure, à l'émission, entre les limites imposées comme maximum et minimum d'intensité (1). Une audition correcte exige donc que les contrastes volontairement atténués à l'émission soient reconstitués. Voici un dispositif fort simple et peu coûteux — il ne nécessite qu'une ampoule de lampe de poche — qui permet d'atteindre ce but. Il suppose toutefois que le récepteur est muni d'un système de contre-réaction (2) et que la puissance de sortie est supérieure à 5 W modulés. Le schéma ci-contre indique le montage à adopter. On sait que la contre-réaction a pour but de réduire les distorsions, mais que,



MONTAGE DE L'EXPANSEUR DE CONTRASTE

L, ampoule de poche; *R*, résistance de 10 à 15 ohms; *I*, interrupteur de court-circuit de *L*.

par contre, elle diminue l'amplification de la lampe à laquelle elle est appliquée. On conçoit donc que si l'on parvient à atténuer les effets pendant les passages musicaux de forte intensité, la lampe les amplifiera davantage et leur restituera la « force » qui avait été supprimée à l'émission. L'effet inverse pourra être obtenu pendant les passages « forts ». L'ampoule de lampe de poche *L* joue précisément ce rôle. En effet, la tension provenant du secondaire du transformateur de sortie se répartit entre la résistance R^1 (10 à 15 ohms) et celle de la lampe *L* (de l'ordre de quelques dizaines d'ohms) proportionnellement à leurs valeurs. Or, la résistance de la lampe croît avec la température du filament. Donc, au moment des fortes intensités où la lampe *L* s'allume, sa résistance croît et elle absorbe une plus grande partie de la tension que lorsqu'elle est froide. La tension sur R^1 , ou tension de contre-réaction, diminue. L'amplification de la lampe *BF* croît et l'intensité de l'audition également. Le contraire a lieu, évidemment, pendant les phrases musicales de faible intensité sonore. Mais un tel dispositif

(1) Le maximum provient de la nécessité de ne pas « surmoduler » l'onde porteuse, et le minimum est nécessaire afin que les *pianissimi* soient audibles.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 240, page 435.

pourrait donner une mauvaise reproduction de la parole en exagérant les éclats de la voix. Il suffit de disposer un interrupteur *I* pour mettre alors la lampe *L* en court-circuit et annuler ses effets.

Le plan « anatomique » facilite la construction d'un radiorécepteur

LORSQU'ON examine un radiorécepteur moderne, on est frappé tout d'abord par la simplicité apparente du châssis sur lequel figurent simplement les tubes et organes de réglage. La partie inférieure révélerait, par contre, la complexité des connexions dont la bonne exécution et la bonne disposition sont cependant essentielles pour un bon rendement. Seul, un plan rationnellement établi peut guider l'amateur constructeur dans l'établissement de son poste. Choissant un modèle superhétérodyne toutes ondes (18/52-195/565-1 000/2 000 m) à 9 lampes transcontinentales série rouge, comportant deux étages d'amplification MF à sensibilité réglable et à sélectivité variable, un régulateur antifading, un indicateur visuel par trèfle cathodique, une amplification BF en push-pull avec contre-réaction, un spécialiste de la pièce détachée vient d'établir une brochure intitulée *Le premier plan anatomique de la radio* (6 f 50), qui permet, en suivant pas à pas les indications fournies, d'aboutir sûrement à un montage correct. Trois plans détaillés, où les connexions sont représentées en couleurs différentes, montrent en quelque sorte les trois étages du montage. Un texte précis et également détaillé commente les opérations successives à effectuer. Ainsi l'amateur peut établir ce radiorécepteur, le « S V 9 R », avec la certitude du succès.

AU PIGEON VOYAGEUR, 252 bis, boulevard Saint-Germain, Paris (7^e).

Une audition continue de plus de douze heures

LE nouvel enregistreur et reproducteur de son qui vient d'être mis au point en Allemagne est un appareil à aiguille qui utilise une bande dont la largeur est celle du film cinématographique standard, 35 mm. Perforée des deux côtés, elle offre une plage utile de 25 mm. Sur cette plage, deux cents lignes peuvent être enregistrées, le passage d'une ligne à l'autre étant automatique. Comme il est possible d'enrouler dans l'appareil 100 m de film, on dispose donc de 20 000 m de lignes enregistrées. A la vitesse de déroulement normale de 45 cm/s, l'audition obtenue peut durer plus de 12 heures !

V. RUBOR.

CHEZ LES ÉDITEURS (1)

La récupération des solvants volatils, par Clark-Shove Robinson ; traduction de Georges Genin. Prix franco : France, 91 f 80 ; étranger, 93 f 20.

Notre distingué collaborateur M. Genin vient de traduire, avec autant de compétence technique que de connaissance linguistique, un ouvrage anglais sur un sujet assez spécial, mais d'un intérêt réel technique pour de nombreuses industries chimiques. Jusqu'ici, aucun ouvrage d'ensemble ne présentait l'état actuel de la question mise au point dans les différents pays par des spécialistes qualifiés. Cet ouvrage comprend six parties consacrées à l'exposé des principes, puis à celui du problème de la récupération des solvants par absorbants solides. Voici ensuite la récupération des vapeurs par condensation et refroidissement, suivi de l'examen des procédés de récupération par lavage (liquides), et enfin l'étude de l'extraction par les solvants.

Écrit aux États-Unis par le savant professeur de Massachusetts (technologie chimique industrielle), ce livre fait aujourd'hui autorité parmi les chimistes du monde entier, car ils y trouvent non seulement la méthode scientifique qui caractérise un ouvrage documentaire élevé, mais aussi tous les renseignements d'ordre industriel qui permettent de passer de la théorie aux applications pratiques, et cela en utilisant des procédés qui ont fait leur preuve. C'est, à notre connaissance, le seul recueil complet publié à ce jour en langue française et comportant une abondante bibliographie qui permet de se reporter aux sources et de vérifier aisément l'originalité des méthodes préconisées, grâce aux brevets qui en établissent l'authenticité. Excellent travail de documentation technique appliquée à une branche aujourd'hui essentielle de l'industrie chimique.

Nouvelles théories économiques : principes de « valoristie », par Georges Michelet. Prix franco : France, 105 f ; étranger, 113 f.

Il y a en ce moment beaucoup de nouvelles théories économiques : certaines, *a priori*, semblent quelque peu paradoxales, mais cependant, peu à peu, elles conquièrent de nouveaux adeptes. L'ouvrage de l'économiste belge Georges Michelet est du nombre. Son titre, *Principes de valoristie*, est tout d'abord assez hermétique, mais au fur et à mesure qu'on pénètre au cœur de l'ouvrage, on comprend aisément qu'il s'agit là de la science des valeurs et des échanges. La « valorie » serait alors l'unité de valeur. L'auteur s'est, en effet, imposé la recherche d'une solution aux problèmes d'économie (échanges commerciaux, etc.), en faisant appel à la méthode scientifique, ce qui sous-entend la *vérification par l'expérience*. Une investigation analytique doit donc nous conduire à des résultats parfois inattendus. L'auteur les déduit de la connaissance préalable et complète du mécanisme des échanges, qui conditionne la « prospection » de certains troubles dans le fonctionnement même des systèmes monétaires. Par la suite, ces troubles étant devenus — surtout après la Grande Guerre — des « crises »

généralisées, engendrent alors de graves désordres. Là encore, M. Michelet reconnaît à l'origine le phénomène des échanges. Jusqu'à ces derniers temps, leur examen relevait beaucoup plus de l'empirisme que de la science expérimentale. Aujourd'hui, on s'attache au contraire à en découvrir les lois. Au fur et à mesure que certaines vérités apparaissent, certaines interprétations erronées et démodées s'effondrent. Une science nouvelle prend donc naissance à laquelle son auteur donna le nom de *valoristie*. Autrement dit, c'est la science des valeurs et des échanges. De telles idées, aussi neuves et aussi générales, méritaient de retenir l'attention et des spécialistes aptes à les discuter, et aussi de tout esprit cultivé. Dans le chaos économique actuel, qui ne cherche à se rendre compte des doctrines susceptibles d'aider nos contemporains — gouvernants, techniciens des finances et de l'économie — auxquels incombe la lourde tâche d'améliorer le sort des peuples dans leurs relations internationales? Pour suivre M. Michelet dans ses observations comme dans ses raisonnements, il faut, logiquement, faire appel à l'« outillage » mathématique. Il importe donc d'aborder sans parti pris (et aussi sans crainte des formules) l'étude de ces divers phénomènes. Une science n'est-elle pas d'autant plus évoluée, qu'elle parvient précisément à traduire avec exactitude par des formules le plus grand nombre possible de phénomènes soumis à son analyse? Ainsi, les lois de la valoristie contribueront sans doute à accroître nos connaissances dans ce domaine mystérieux et obscur des crises économiques. Sachons gré aux hommes de science qui s'efforcent de mieux pénétrer les causes du déséquilibre mondial auquel nous assistons impuissants! A la rigueur, on peut admettre que ces accidents (survenus ainsi dans le fonctionnement du mécanisme de l'économie des peuples) pourraient être mis à profit pour aboutir à des progrès en cherchant à améliorer la machine, à éviter désormais les causes qui la détraquent, etc. L'« accident » mondial devrait donc être traité par les cliniciens de l'économie dirigée comme un phénomène perturbateur dont il faut, tout d'abord, mettre en évidence les signes cliniques et, ensuite, déterminer les origines. Celles-ci, particulièrement complexes, relèvent de la sociologie, de l'économie politique (circuits monétaires et circuits d'échanges). Elles sont aussi ardues à établir pour les économistes que celles qui — en biologie — s'offrent à la sagacité des physiologues et des médecins. Ceci dit, mentionnons (surtout à l'usage des initiés) les principaux chapitres qui, à notre avis, sont les plus saillants dans cet imposant ouvrage : troc et sa loi naturelle ; coefficients de qualité ; conséquence du principe fondamental de l'échange sur le pouvoir d'échange journalier ; la valeur et son unité la valorie ; l'indice valorique et sa détermination ; dévalorisation technique et ses conséquences sur le bien-être humain ; introduction de la monnaie ; indice *monétal* ; salaires et indice *salarial* ; poussée salariale ; constance des rapports salariaux ; relation entre la poussée salariale et l'indice salarial ; formation des prix et leur équation ; leur mouvement ; l'intervallorisme monétaire ; la circulation monétaire et l'indice salarial ; prospérité et hausse des prix ;

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondante au prix indiqué, sauf majoration.

points monétaires « critiques » et état de crise ; prix de l'or et standard-or, sans oublier la théorie des échanges moteurs, celle des échanges internationaux, la stabilité monétaire et la stabilité des changes, etc... Une telle énumération, même sommaire, suffit à démontrer l'importance et la variété des questions que M. Michelet expose avec ses vues personnelles, pour nous montrer les maux et les remèdes qu'il a étudiés (au cours de longues années) en vue de leur appliquer des théories scientifiques capables, selon lui, d'expliquer bien des phénomènes. Nul doute qu'un tel labeur aussi scrupuleux (mais « non encore conformiste ! ») ne suscite de multiples controverses, surtout parmi ceux attachés à défendre les principes de l'orthodoxie financière, économique, monétaire. A ce dernier point de vue, on comprend mieux (en suivant l'auteur) comment les besoins monétaires conduisent l'Etat à toutes les faiblesses morales, à toutes les spoliations (conversion des rentes, répudiation de la clause-or, pour ne citer que ces deux principales). Il en résulte aussi, hélas ! de véritables spéculations internationales et une âpre lutte économique permanente et sans merci.

B. G.

De Mercure à Pluton (planètes et satellites), par Pierre Humbert, professeur à l'Université de Montpellier, examinateur des élèves à l'Ecole Polytechnique. Prix franco : France, 26 f 80 ; étranger, 29 f 45.

Nombreux sont les lecteurs de *La Science et la Vie* que passionnent les sujets d'astronomie. L'ouvrage du professeur Humbert, mis à la portée de tous et abondamment illustré, leur permettra certainement d'accroître leurs connaissances dans ce domaine où ils ont tant à apprendre. Et voici l'exploration que l'auteur dirige à leur intention pour leur faire parcourir par étapes le périple suivant : Mercure, Vénus, la Lune, Mars, Jupiter, Saturne, Uranus, Neptune, Pluton (cette dernière planète connue). Combien de notions nouvelles scientifiquement vérifiées viennent ainsi rectifier des interpré-

tations trop souvent erronées qui, il y a peu de temps encore, trouvaient place dans certains ouvrages dits de vulgarisation. Aujourd'hui, le savant — tel M. Humbert — consent à descendre de la chaire d'enseignement supérieur vers la foule des lecteurs avides de s'instruire. Ainsi l'enseignement populaire y gagne en qualité et le nombre des initiés s'accroît dans les différentes branches des sciences exactes et expérimentales. Telle cette multitude de visiteurs de l'Exposition 37 qui, pendant six mois, ont assiégé les salles et submergé les démonstrateurs du Palais de la Découverte. Le professeur Humbert poursuit par le livre l'œuvre oralement commencée par cette pléiade d'initiateurs, aussi savants que nombreux, à qui incombe de diffuser — sans abaisser — les conquêtes et les progrès de la Science pure et appliquée. Les apôtres de la recherche recrutent ainsi chaque jour de nouveaux adeptes pour le culte de la connaissance.

Congrès du caoutchouc (1937). — Recueil des communications : I. Propriétés et applications du latex ; II. Propriétés et applications du caoutchouc ; III. Caoutchoucs synthétiques et dérivés chimiques du caoutchouc. Prix franco : France, 104 f ; étranger, 107 f.

Annuaire astronomique, par Camille Flammarion. Prix franco : France, 20 f ; étranger, 24 f.

L'édition 1938 renferme, comme les précédentes, des renseignements complets et mis à jour sur tous les événements et documents concernant l'astronomie et la météorologie, rassemblés et commentés, sous l'activité éclairée du directeur de l'Observatoire de Juvisy.

N. D. L. R. — Dans l'article sur le télescope géant du mont Palomar (Etats-Unis) paru dans le n° 248 de *La Science et la Vie*, une erreur matérielle nous a fait écrire que la forme du miroir devait être obtenue à 1/40 000 de mm près. Il faut lire 1/400 000 de mm.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 55 fr.	Envois recommandés.....	{ 1 an..... 65 fr.
	{ 6 mois... 28 —		{ 6 mois... 33 —

BELGIQUE

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an... 70f. (français)	Envois recommandés.....	{ 1 an... 90f. (français)
	{ 6 mois. 36f. —		{ 6 mois. 45f. —

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Afghanistan, Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Indes Néerlandaises, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Pérou, Rhodésie, Suède.*

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 90 fr.	Envois recommandés.....	{ 1 an.... 110 fr.
	{ 6 mois... 46 —		{ 6 mois.. 55 —

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 80 fr.	Envois recommandés.....	{ 1 an..... 100 fr.
	{ 6 mois... 41 —		{ 6 mois.. 50 —

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

R.L.D

VOTRE RÊVE...

PARTIR,
BATIR,
VIVRE...

...il est là

dans le billet qui vous attend,
à quelques pas de chez vous,

VOTRE BILLET du
prochain tirage de la

LOTÉRIE NATIONALE

prenez votre chance!



LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX
Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

GRAND QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES..	Trois mois..	35 fr.
	Six mois..	65 fr.
	Un an..	120 fr.
BELGIQUE..	Trois mois..	42 fr.
	Six mois..	80 fr.
	Un an..	150 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit)	Trois mois..	65 fr.
	Six mois..	120 fr.
	Un an..	230 fr.
ÉTRANGER (tarif postal aug- menté)	Trois mois..	90 fr.
	Six mois..	175 fr.
	Un an..	340 fr.



Toujours prête...

Pourquoi ai-je si longtemps hésité à changer de voiture ? Depuis que j'ai ma nouvelle PEUGEOT, j'ai l'impression d'avoir découvert l'insouciance ! Certain de pouvoir toujours compter sur ma voiture, j'organise mes journées sans craindre l'imprévu et je gagne un temps précieux. En fait, je ne pense plus à ma voiture. Elle est vraiment devenue ma meilleure collaboratrice. Et je recommande à tous mes amis les modèles de la nouvelle production SOCHAUX.



1967