

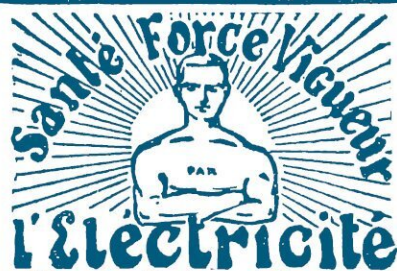
Novembre 1938

5 francs

la Science et la Vie



Voir page 335.



L'Institut Moderne du Dr Grard 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, débilités, 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, Leucorrhées, 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. GRARD, 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.

LE PLUS MODERNE
DES JOURNAUX

Documentation la plus complète
et la plus variée

EXCELSIOR

GRAND
QUOTIDIEN
ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES ..	{	Trois mois ..	40 fr.
		Six mois ..	77 fr.
		Un an	150 fr.
BELGIQUE	{	Trois mois ..	48 fr.
		Six mois ..	93 fr.
		Un an	180 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit)	{	Trois mois ..	73 fr.
		Six mois ..	135 fr.
		Un an	260 fr.
ÉTRANGER (tarif postal augmenté)	{	Trois mois ..	98 fr.
		Six mois ..	190 fr.
		Un an	370 fr.

EXCELSIOR
modes

Le Bréviaire de l'Élégance

Grand supplément trimestriel d'EXCELSIOR paraissant à chaque nouvelle saison de la Mode et donnant tous les modèles-types de la haute Couture.

84 pages luxueusement illustrées

MARINE - AVIATION - T.S.F.

**LES PLUS BELLES
CARRIÈRES**



**L'ÉCOLE
DE NAVIGATION
MARITIME & AÉRIENNE**

(Placée sous le haut patronage de l'Etat)

152, av. de Wagram, PARIS (17^e)

VOUS PRÉPARERA A L'ÉCOLE MÊME
OU PAR CORRESPONDANCE

T. S. F.

ARMÉE, MARINE, AVIATION

MARINE MILITAIRE

Aux Ecoles des Mécaniciens de Lorient et Toulon ; aux Ecoles de Maistrance (sous-officiers) : de Brest (Pont, Aviation, Electriciens et T. S. F.) et de Toulon (Mécaniciens de la Marine et de l'Aviation Maritime) ; à l'Ecole des Elèves-Officiers, à l'Ecole des Elèves-Ingénieurs Mécaniciens, de Brest.

MARINE MARCHANDE

Aux Brevets d'Elève-Officier, Lieutenant au long cours ; aux Brevets d'Elève-Officier Mécanicien et d'Officiers Mécaniciens de 3^e, 2^e et 1^{re} classe ; au Brevet d'Officier Radio de la Marine Marchande.

AVIATION MILITAIRE

Aux Bourses de pilotage de l'aviation populaire ; à l'Ecole des Sous-Officiers Pilotes d'Istres ; à l'Ecole des Mécaniciens de Rochefort ; à l'Ecole Militaire de l'Armée de l'Air ; à l'Ecole des Officiers Mécaniciens de l'Air.

AVIATION MARITIME

A l'Ecole des Mécaniciens de l'Aviation Maritime à Rochefort ; aux Ecoles de Sous-Officiers Pilotes et Mécaniciens.

AVIATION CIVILE

Aux Brevets Elémentaire et Supérieur de Navigateur aérien ; aux emplois administratifs d'Agent technique et d'Ingénieur adjoint de l'aéronautique.



PUBL. C. BLOCH

HENCHER

MÊME ÉCOLE A NICE, placée sous le haut patronage de la Ville de Nice
56, boulevard Impératrice-de-Russie

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS

ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUEDistribution d'eau sous pression
par les groupes**DAUBRON****POMPES INDUSTRIELLES**

tous débits, toutes pressions, tous usages

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.)

R.L.D

VOTRE RÊVE...PARTIR,
BATIR,
VIVRE...

....il est là

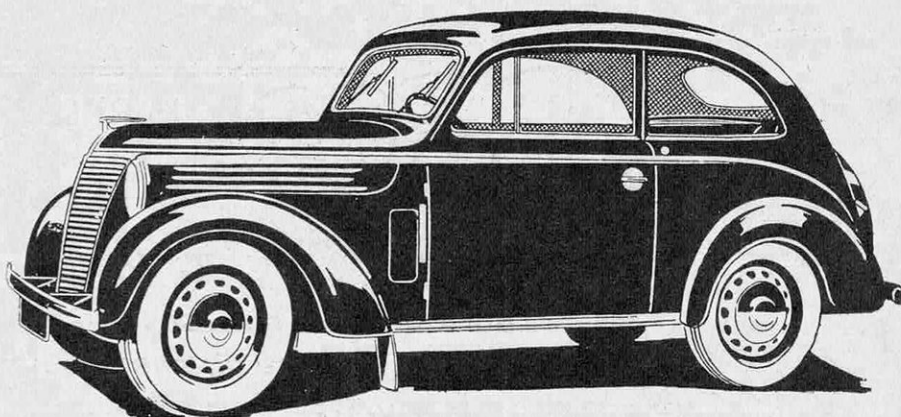
dans le billet qui vous attend,
à quelques pas de chez vous,VOTRE BILLET du
prochain tirage de la**LOTÉRIE
NATIONALE***prenez votre chance !*

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

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

La nouvelle conduite intérieure
JUVAQUATRE RENAULT

est très agréable et très sûre par la technique de sa construction



- 4 places ● 2 larges portes ● Moteur à culasse aluminium
- Roues avant indépendantes ● Freinage direct ● Vaste coffre à bagages intérieur et **pour les voyageurs de commerce**, possibilité d'enlever en quelques secondes le siège et le dossier arrière, ce qui libère, derrière les sièges avant, **un vaste emplacement (600 litres), pour des échantillons ou des bagages**, sans gêner la visibilité vers l'arrière.

7 LITRES AUX 100 - 100 A L'HEURE

VENTE A CRÉDIT AVEC LE CONCOURS DE LA D.I.A.C 47 BIS, AVENUE HOCHÉ, PARIS

La JUVAQUATRE
RENAULT

“ *La voiture de votre travail en semaine et de vos loisirs en famille.* ”

Cuisinière-Bufferet CINEY

CRÉATION

DEUX APPAREILS
EN UN SEUL

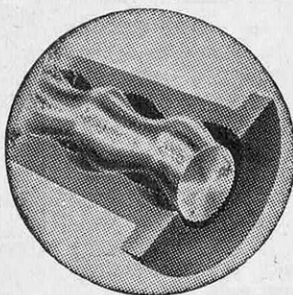
à GIVET
(Ardennes)

La cuisinière-bufferet "Ciney" cuit les aliments d'une façon parfaite, chauffe économiquement un appartement de 200 mètres cubes, brûle de la braisette d'anthracite 10/20 tout en faisant le feu vraiment continu.



Cet appareil a été réalisé suivant le principe du brevet "Ciney" à récupération des gaz par admission d'air secondaire au moyen d'un clapet automatique.

Album chauffage sur demande à GIVET ou à PARIS, 7, boulevard du Temple



POMPES EN CAOUTCHOUC

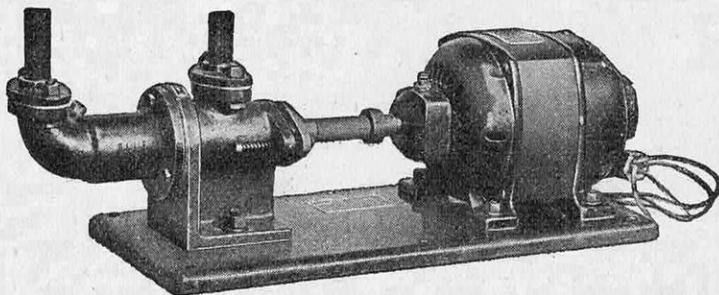
P. C. M.

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
— TOUTS DÉBITS —
— TOUTES PRESSIONS —
FACILITÉ D'ENTRETIEN



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

SOCIÉTÉ
POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
63, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE), TÉL MICHEL ET 3718

UNIQUE EN FRANCE !!!

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

Notre dernière, Salon 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 B.F.

9 lampes nouvelles à culot octal. — Toutes ondes 17-2.000 m. — Accord 472 kc. — Sélectivité 8 kc. — Push-pull penthode avec contre-réaction appropriée. — Réglage visuel par trèfle cathodique. — Antifading 100 % amplifié. — Contrôle de tonalité. — Bobinages à noyau de fer. — Prise pick-up. — Cadran verre photogravé, éclairage indirect et 4 jeux de signalisation. — Commutateur rotatif à grains d'argent. — Dynamique grand modèle exponentiel 25 cm. — Secteur alternatif 110-240 volts.

Plus de 130 stations, ainsi que les ondes courtes sur antenne de fortune

PRIX DE RECLAME NET 1.395. » au lieu de du poste complet... .. **2.800. »**

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

RADIO-SÉBASTOPOL, 100, boul. de Sébastopol, PARIS Téléphone : TURBIGO 98-70

Fournisseur des grandes Administrations — Chemins de fer — Anciens combattants — Mutilés de guerre, etc.

MAISON DE CONFIANCE

PUBL. C. BLOCH

FINIES LES
 VACANCES,
 MAIS NON
 LA VIE
 AU GRAND
 AIR...



OZONAIR
 SOURCE DE SANTÉ

permet de retrouver à domicile cet air vivifiant que vous avez respiré avidement durant les mois de vacances et d'en prolonger l'effet bienfaisant.

OZONAIR
 ÉLÉMENT DE CONFORT

Neutralise électriquement odeurs de cuisine, tabac, w.-c., etc. Procure l'euphorie bienfaisante et la détente après le travail.

Notice et références franco — Essai gratuit

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

Téléphone : Botzaris 24-10 et 24-11

PUBL. C. BLOCH

“DESSINEZ”

RAPIDEMENT ET EXACTEMENT même sans savoir dessiner, grâce à

La Chambre Claire Universelle
 (Modèle de Précision)

OU AU Dessineur (Chambre Claire simplifiée) : 135 fr.
 Emb. et port : France, 5 fr. — Etranger, 10 fr.

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

EX. : AGRAND. D'UNE PHOTO

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, Portraits, Objets quelconques, etc.

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

Chèque postal 1.271-92



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° 36.702, 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° 36.705, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondai**; re 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° 36.714, 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° 36.716, 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° 36.721, 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° 36.725, 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° 36.734 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° 36.737, 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° 36.740, 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° 36.746, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chémiserie** : 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° 36.750, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.

(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 36.757, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 36.760, 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° 36.766, 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° 36.772, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin** : Cours universel de dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, décoration, 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° 36.776, 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° 36.781, 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° 36.784, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

BROCHURE N° 36.790 concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

BROCHURE N° 36.792, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 36.797, **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°)



**CARROSSEZ
VOS
VÉHICULES INDUSTRIELS**

(Benues - Plateaux - Fourgons - Citernes)

en alliages d'

ALUMINIUM

(Duralumin, Duralinox et Alliages similaires)

A RÉSISTANCE ÉGALE,
la carrosserie allégée
permet, pour un même poids total, de
transporter 25%
DE CHARGE UTILE SUPPLÉMENTAIRE.



Veillez m'adresser gracieusement votre documentation sur l'allègement des véhicules.

Nom Profession

Adresse

Type de véhicule qui m'intéresse

Bon à découper et à envoyer à : L'ALUMINIUM FRANÇAIS, 23 bis, rue de Balzac, PARIS-8^e

LA RADIESTHÉSIE

scientifiquement expliquée
par la théorie de la

RADIO - DÉSINTÉGRATION

Résultats précis et applications pratiques grâce
à la méthode et aux appareils sélectifs de

M. L. TURENNE

Ingénieur E. C. P., ancien professeur de T. S. F.
à l'École d'artillerie de Fontainebleau.

19, rue de Chazelles, PARIS (17^e) Téléphone : Wagram 42-29

Etude de toutes les ondes : leur origine, leur
nature, leur influence sur notre organisme.
Ondes favorables. Ondes nuisibles. Le moyen
de nous en protéger.

Notices, Livres, Leçons particulières et
COURS PAR CORRESPONDANCE

Envoi franco de notices explicatives

RECHERCHE D'EAU, DE MÉTAUX, etc.
Etudes sur plans. — Installations d'eau
POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE

**On peut encore
se procurer partout**

L'ALMANACH ILLUSTRÉ

du journal

Le Petit Parisien

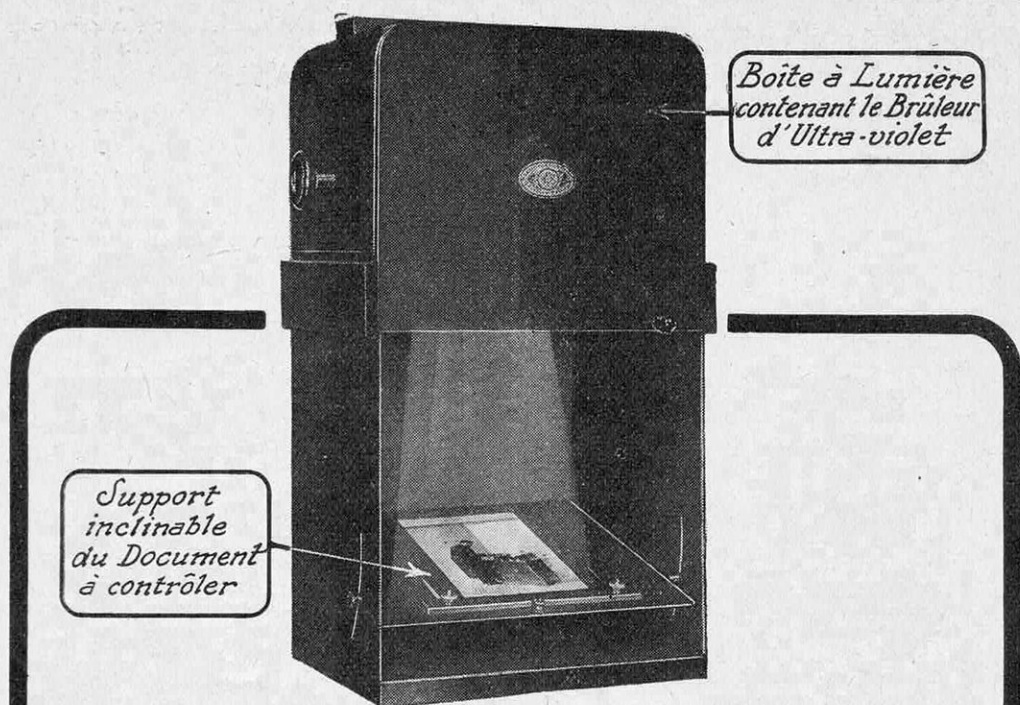
pour 1939

Les hommes de science eux-mêmes,
pour se délasser de leurs études,
peuvent le lire. Il leur procurera de
nombreuses heures d'agrément.

**Hâtez-vous
car l'édition ne tardera pas
à être épuisée**

Chez tous les marchands de journaux
et 18, rue d'Enghien, Paris (10^e)

7 fr. l'exemplaire ; franco par la poste : 9 fr.



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'amovibilité 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



LUNETTE
FORME MODERNE
BREVETÉE S.G.D.G.

HORIZON
DONNANT UN CHAMP
DE VISION COMPLET

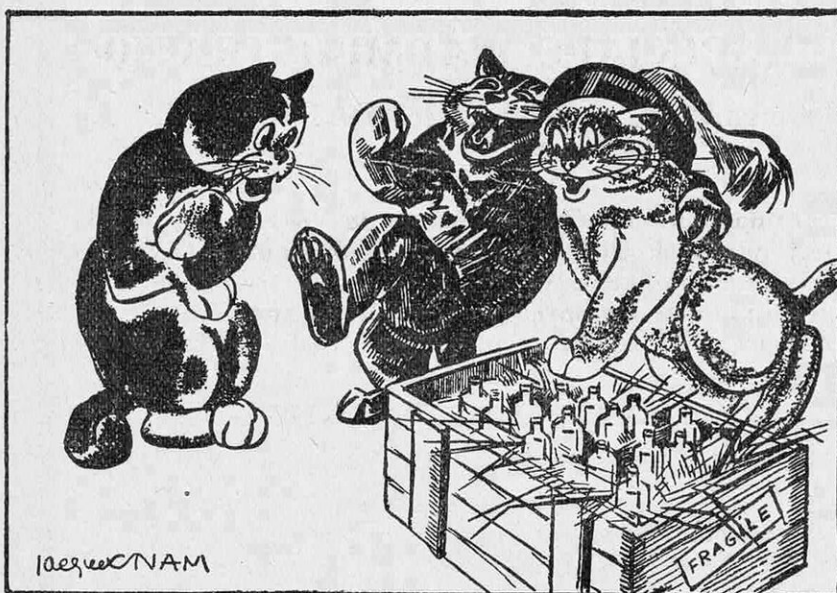


LUNETTE ÉLÉGANTE AUX LIGNES HARMONIEUSES
AJOUTÉ AU VISAGE UNE GRANDE DISTINCTION

Production de la **SOCIÉTÉ des LUNETIERS** dont la marque bien connue est une garantie de fabrication scientifique parfaite,
la **LUNETTE HORIZON** est en vente (prix imposé) chez les Opticiens Spécialistes.

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

IVRESSE



- Ma parole vous êtes ivres ?
- De joie mon cher - nous venons de recevoir une caisse de de 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".



RICHESSES

sources et nappes d'eau souterraines, gisements de houille, pétrole, minerais divers, métaux précieux, une seule pièce d'or ou d'argent, etc., sont trouvés par le « Révélateur Schumfell » bté S. G. D. G. Garanti, milliers d'attestations. Notice gratuite. Le Progrès Scientifique n° 111. VOIRON (Isère)

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 susvisé 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).....

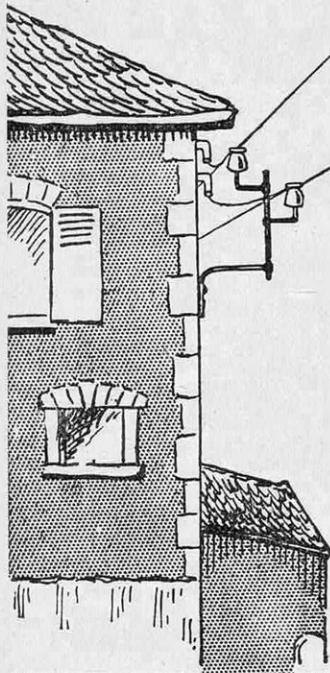
Lieu et date de nomination (1).....

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.

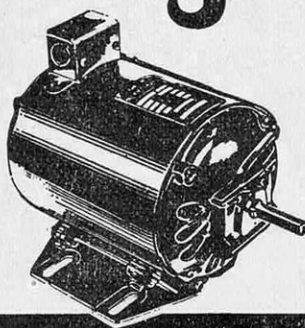
*Partout où passe
le courant lumière*



...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

**un ensemble
unique...**

PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
GALVANOPLASTIE
CLICHERIE
PHOTOS
RETOUCHES

**pour
illustrer vos
Publicités**

Établissements

Laureys Frères
17, rue d'Enghien, Paris

PL



...c'est toujours une
PILE HYDRA qui sauve la situation.
Aussi, vous l'aurez constamment
avec vous dans un de ses
élégants boîtiers
"aviette", "plats",
"gnôme", etc. etc...
toutes garnitures.

*celle qui
ne "flanche" pas*



Pub. R. L. Dupuy



pour sortir de là !

... Ne comptez pas trop sur le ciel, mais bien sur vous même.

Entourez vous alors d'éléments choisis, d'instruments propres à valoriser votre travail, mettre en valeur vos connaissances pour arriver enfin au rendement le plus remarquable.

Employez dans tous vos calculs utilitaires ou compliqués, la règle "MARC", vous regretterez sûrement de ne l'avoir pas connue plus tôt, pour exécuter — si facilement — en quelques secondes tous les calculs où vous risquiez de perdre pied.

Calculs horaires, de vitesse, électriques, débits, décomptes, taxes, fractions, intérêts, pourcentages, poids, volumes, surfaces, densités, racines cubiques, carrées, etc. Autant d'opérations utilitaires que vous réaliserez.

LES RÈGLES A CALCUL DE POCHE "MARC"



sont françaises, d'un fini irréprochable, très lisibles, précises, ne tenant pas de place, indéformables, leurs prix enfin vous décideront.

SCOLAIRE 38 Fr. — MANNHEIM 42 Fr.
BÉGHIN 42 Fr. — SINUS ET TANGENTE 46 Fr.
ELECTRICIEN 48 Fr. — RIETZ 48 Fr.

EN VENTE : PAPETIERS, LIBRAIRES
OPTICIENS
INSTRUMENTS DE PRÉCISION.

Notice
envoyée gratuitement.

RÈGLES "MARC"
24, R. de Dunkerque - Paris-X'

REMPLEISSEZ CE COUPON
pour recevoir gratis et sans engagement
de votre part, la Notice qui vous renseignera
sur l'emploi des règles à calculer.

Nom _____

Adresse _____

A _____

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° 39.65, 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

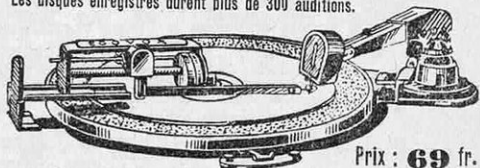
CONDITIONS spéciales aux lecteurs de "La Science et la Vie".

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'Egovoxx, ce qui n'est pas une des moindres raisons de son succès mondial. Les disques enregistrés durent plus de 300 auditions.



Prix : 69 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

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

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

PUBL. C. BLOCH

L'Avenir?...

Pub. Inter. Deland

Marine de Guerre

Marine Marchande

Aviation

Administrations

Vous y penserez sans inquiétude...
15.000 ÉLÈVES
 SE SONT PRÉPARÉS
 ET ONT TROUVÉ DES
SITUATIONS
 OU ONT FAIT LEUR
SERVICE MILITAIRE DANS
 LE GÉNIE • LA MARINE • L'AVIATION

Industrie

Grâce à l'

COLLEGE CENTRAL E.C.T.S.F.
 12 RUE DE LA LUNE PARIS 2^e AR^T

COURS DU JOUR
COURS DU SOIR
OU PAR
CORRESPONDANCE

LE PLACEMENT OU L'INCORPORATION SONT ASSURÉS
par l'école et l'amicale des anciens élèves

c'est
la grande école Française de la radio

LA SCIENCE ET LA VIE

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

Rédigé et illustré pour être compris de tous

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

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

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

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

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

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

Tome LIV

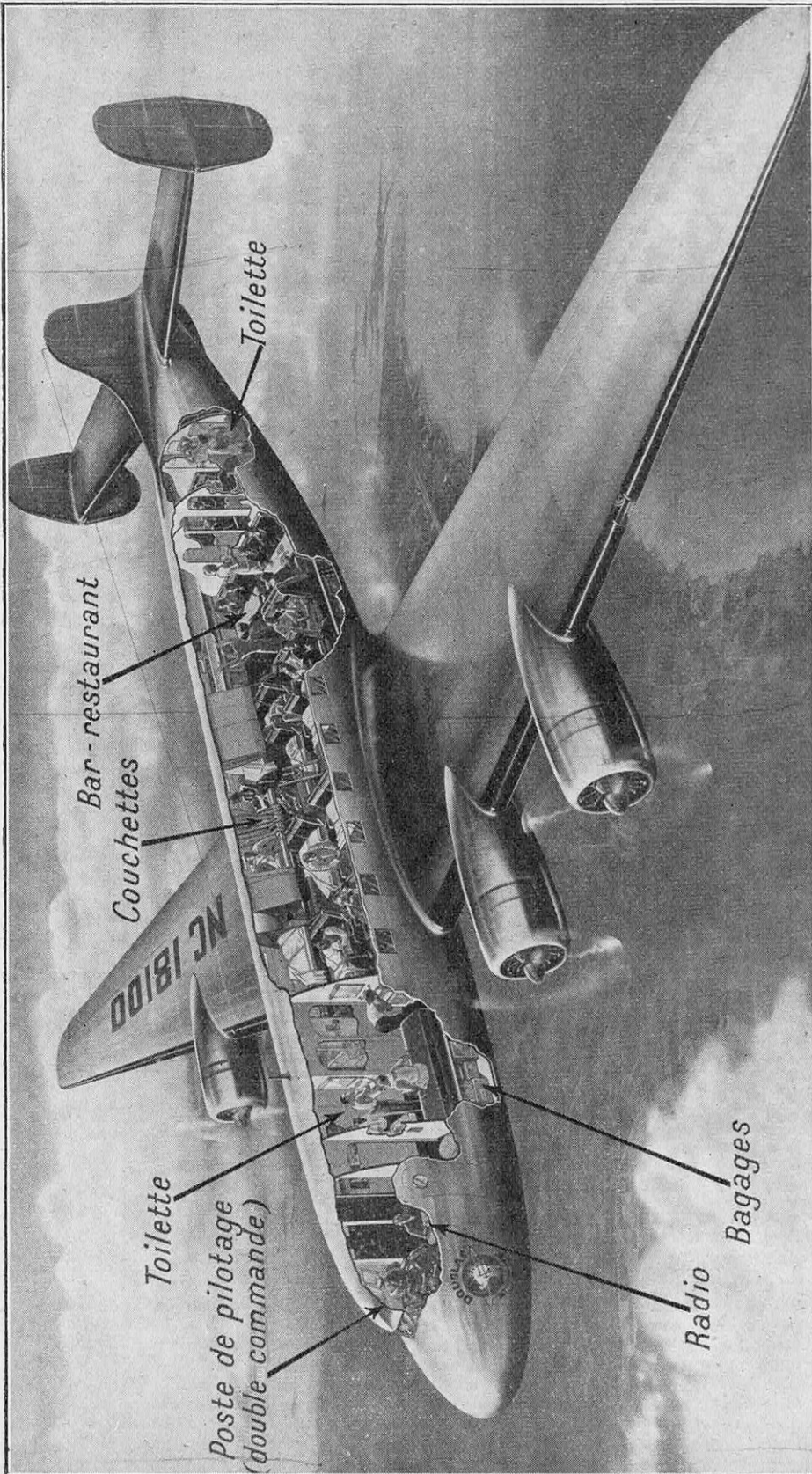
Novembre 1938

Numéro 257

SOMMAIRE

- Voici l'état actuel de la construction aéronautique civile et militaire..**
Les récents progrès acquis en 1938 dans le domaine de la locomotion aérienne du point de vue de l'augmentation de la finesse des cellules et de la puissance des moteurs sont à la base de l'essor prodigieux de l'industrie aéronautique mondiale.
- André Seguin.. 335**
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.
- Pourquoi l'éclipse de lune du 7 novembre prochain intéresse les astronomes..**
Cette éclipse de longue durée doit permettre la vérification des hypothèses actuelles sur la constitution de la haute atmosphère terrestre.
- L. Houllevigue 346**
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.
- Les épidémies suivent-elles le rythme de l'activité solaire?..**
Les variations de l'activité solaire se traduisent sur terre par des fluctuations du champ électrique et de l'ionisation de l'air auxquels les organismes vivants sont particulièrement sensibles.
- Jean Labadié.. 351**
- Une nouvelle étape dans l'exploration de l'infiniment petit : le super-microscope électronique**
Le nouveau microscope à électrons permet de « voir » le cent-millième du millimètre. Ce grossissement, plus de dix fois supérieur à celui du meilleur microscope optique, ouvre à notre exploration directe le monde des colloïdes et des noyaux cellulaires.
- R. Fritz 359**
Assistant à la Faculté des Sciences de Besançon.
- Voici une solution américaine au problème de la télévision pratique : le nouveau système Du Mont..**
Avec ce nouveau système de télévision, la construction des appareils récepteurs serait notablement simplifiée. Leur réglage s'effectuerait aussi aisément que celui d'un radiorécepteur.
- R. Tabard 369**
- Ce que sera la future base aéro-navale française de Dakar..**
Le développement du gazogène routier et agricole exige une politique du « combustible »..
- A. Verdurand.. 372**
- L'organisation rationnelle du ravitaillement des véhicules à gazogène sur les routes est aujourd'hui une nécessité inéluctable. Rien de sérieux ne pourra être fait sans une standardisation rigoureuse des combustibles : bois, charbon de bois et agglomérés.**
- Tony Ballu.. 374**
- Le nouveau paquebot anglais « Queen Elisabeth »..**
Notre poste d'écoute..
- S. et V. 384**
- S. et V. 385**
- Les « ballons à câbles » et la défense active contre les raids aériens..**
Les barrages aériens mobiles formés par les câbles de ballons captifs ont déjà fait leurs preuves en 1918 ; 250 ballons d'un type perfectionné vont être répartis autour de la capitale.
- Pierre Devaux. 389**
Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.
- Que sera le moteur d'avion de demain?**
Grande finesse aérodynamique, puissance unitaire élevée, emploi généralisé du compresseur, voici les nouvelles solutions constructives entre lesquelles il va falloir choisir.
- C. Rougeron 397**
Ingénieur en Chef du Génie Maritime (C. R.)
- La « lumière noire » au laboratoire et dans l'industrie..**
La fluorescence provoquée par les rayons ultraviolets permet, au théâtre, de curieux effets décoratifs, dans l'industrie, des analyses rapides et précises portant sur des composés complexes.
- Maurice Dérivé. 404**
Ingénieur E. B. P.
- La T. S. F. et la vie**
André Laugnac 410

Le XVI^e Salon de l'Aéronautique de Paris va mettre en évidence l'évolution rapide de l'industrie aéronautique au cours des deux dernières années et le haut degré de perfection atteint par le matériel volant moderne civil et militaire. La couverture de ce numéro montre l'envolée de triplaces de combat français « Potez-63 », dont la vitesse atteint 475 km/h et le plafond 10 500 m. C'est dans le domaine des applications militaires — avions de chasse et bombardiers légers — que l'on enregistre, en cette fin de 1938, les performances les plus sensationnelles des plus lourds que l'air, en attendant la mise en service régulier des paquebots aériens de 60 et même 100 tonnes au-dessus des océans. (Voir les articles sur la construction aéronautique pages 335 et 397.)



VOICI L'AVION DE TRANSPORT LE PLUS MODERNE DU MONDE, LE « DOUGLAS D. C.-4 », QUI VA ÊTRE MIS EN SERVICE AUX ÉTATS-UNIS

D'un poids total de 33 t, cet appareil peut emporter 42 passagers de jour (30 de nuit) et un équipage de 5 hommes. Il ne mesure pas moins de 42 m d'envergure. Il possède un train d'atterrissage à trois roues d'un modèle nouveau, entièrement éclipseable en vol. La troisième roue est disposée en avant du centre de gravité de l'avion, ce qui facilite le décollage et l'atterrissage. Il est équipé de quatre moteurs à refroidissement par air de 1 400 ch. Il peut monter à 7 200 m et certains appareils de ce type seront munis d'une cabine étanche permettant les vols stratosphériques. Il peut franchir 3 500 km à 320 km/h.

VOICI L'ÉTAT ACTUEL DE LA CONSTRUCTION AÉRONAUTIQUE CIVILE ET MILITAIRE

Par André SEGUIN

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

La construction aéronautique est, parmi toutes les techniques industrielles, celle dont l'évolution est la plus rapide et les progrès les plus considérables. Les vitesses atteintes aujourd'hui par les avions militaires (avions de chasse ou bombardiers légers) construits dans les principaux pays du monde, se rapprochent de plus en plus du record de vitesse pure (709,209 km/h) qui, depuis déjà quatre années, est détenu par l'Italien Agello (1). Parallèlement, le tonnage des appareils de transports commerciaux et des bombardiers lourds s'accroît sans cesse, posant aux constructeurs des problèmes nouveaux d'ordre constructif, notamment en ce qui concerne l'augmentation de puissance des groupes motopropulseurs dont les réalisations prochaines dépasseront sans doute 2 000 ch de puissance unitaire. Dans quelques mois vont entrer en service les hydravions géants américains (2) qui transporteront une centaine de passagers au-dessus de l'océan Atlantique dans des conditions de confort comparables à celles qu'ils rencontrent à bord des plus luxueux paquebots. Le matériel aéronautique, y compris l'infrastructure, a atteint aujourd'hui un très haut degré de perfection qui justifie l'essor présent de l'industrie des constructions aériennes dans tous les pays du monde.

L'INDUSTRIE aéronautique dans le monde connaît, depuis deux années, un essor prodigieux. La fabrication des avions, des moteurs et de tous les accessoires s'accroît à un rythme extraordinaire.

On doit malheureusement regretter que ce développement s'accomplisse sous le signe du réarmement à outrance de toutes les grandes nations dominées par la crainte de la guerre. Des sommes considérables sont consacrées dans tous les pays à la construction en grande série de matériel militaire ; des usines colossales, équipées d'un outillage ultramoderne, sont édifiées un peu partout. Les premiers, les pays dits « totalitaires », Allemagne, Italie, U. R. S. S., se sont lancés dans la constitution de ces flottes aériennes formidables (3). Plus récem-

ment, les autres États ont dû suivre cet exemple. De son côté, la Grande-Bretagne a consacré des sommes très importantes (4) à la construction d'usines capables de produire en grande quantité les cellules, moteurs et accessoires, étudiés et mis au point par les firmes spécialisées. C'est ce que l'on a appelé la « Shadow-Industry » (5). Grâce à leur potentiel industriel, les États-

trierie allemande produirait environ 5 000 avions par an et il faudrait compter, dans très peu de temps sur une flotte de première ligne de 6 000 appareils.

(4) Le budget anglais 1938-1939 pour l'aviation militaire est de 103 500 000 livres, soit près de 20 milliards de francs français. Il n'était que de 17 millions de livres en 1932-1933. La production totale des usines anglaises en 1935 a été de 1 800 avions. Le plan « L » prévoit la construction de 3 500 avions de première ligne pour mars 1941, auxquels il faut ajouter environ 1 200 appareils pour l'aviation navale et approximativement trois ou quatre fois ces chiffres pour les avions de réserve.

(5) On sait que celle-ci a été constituée à partir des usines d'automobiles existantes qui ont été chargées d'organiser la production du matériel aéronautique en grande série dans des ateliers spéciaux. Il semble que le gouvernement britannique ait voulu, d'une part, profiter de l'organisation et de la puissance de réalisation de l'industrie automobile — dont l'activité se trouverait réduite en temps de guerre — et, d'autre part, éviter la création d'arsenaux ou d'usines plus ou moins complètement nationalisées.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 212, page 93.

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

(3) Il est difficile d'avoir des chiffres certains sur l'importance réelle des diverses armées aériennes. Il semble cependant que l'Allemagne disposait, au début de 1936, d'au moins 250 escadrilles de première ligne, chaque escadrille comprenant 9 appareils, auxquels il faut ajouter une réserve de première ligne de 38 %, plus une deuxième réserve de 30 % soit, au total, environ 3 000 avions, sans tenir compte des réserves de 2^e et 3^e ligne. Au rythme actuel, l'indus-

Unis peuvent facilement fabriquer des avions en quantité suffisante. En France, un gros effort se poursuit actuellement pour accroître la production. De nouvelles usines s'édifient, les anciennes s'agrandissent, complètent et modernisent leur outillage (1). La fin de l'année 1938 et le début de 1939 verront les premiers résultats de cet effort, lourd mais nécessaire, par la mise à la disposition de notre Armée de l'Air d'un nombre déjà appréciable d'avions modernes :

passagers transportés, le tonnage du fret s'élève sans cesse.

Aux Etats-Unis, où la navigation aérienne connaît le développement le plus grand, près de 115 millions de kilomètres ont été parcourus en 1937 sur le réseau intérieur seulement, et près de 18 millions sur les lignes extérieures. Au total, les différentes compagnies américaines ont transporté 1 200 000 passagers, à la vitesse moyenne de 248 km/h. En France, le réseau d'Air-France, bien que

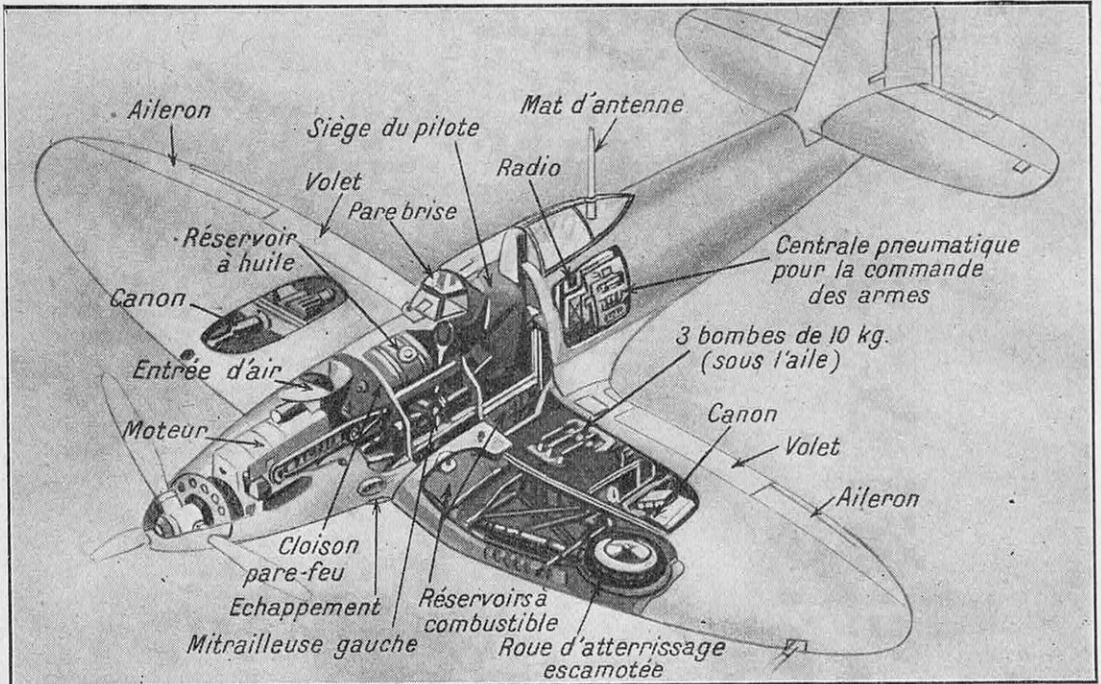


FIG. 1. — DÉTAIL DES AMÉNAGEMENTS DE L'AVION DE CHASSE ALLEMAND « HEINKEL-112 »

C'est un monoplane à aile basse entièrement métallique de 9 m d'envergure, avec train d'atterrissage éclip-sable. Il est équipé d'un moteur à refroidissement par eau de 685 ch et sa vitesse maximum serait de 485 km/h. Il est armé de 2 mitrailleuses fixes sur les parois latérales du capot et de deux canons dans les ailes. Il emporte, en outre, 6 bombes légères.

1 800 appareils au printemps prochain.

Par comparaison avec l'aviation militaire, les progrès de l'aviation commerciale paraissent moins imposants. Cependant, le trafic aérien prend, dans toutes les régions du globe, une importance chaque jour plus grande. Le nombre des lignes régulièrement exploitées, celui des kilomètres parcourus sur l'ensemble du réseau aérien, celui des

beaucoup plus modeste, s'étend cependant sur près de 40 000 km. En 1937, les recettes commerciales ont dépassé 100 millions de francs, avec un nombre total de passagers d'environ 90 000, soit 34 % de plus que l'année précédente.

Les records officiels

Le record de vitesse pure toutes catégories n'a pas varié depuis le 24 octobre 1934, date à laquelle il a été porté à 709 km 209 par l'Italien Agello à bord d'un hydravion *Macchi*, muni d'un moteur double « Fiat » de 3 200 ch. Par contre, les records de vitesse des avions terrestres ont fait des bonds considérables. Après une série de luttes

(1) En dehors du budget normal qui est d'environ 1 milliard 600 millions de francs, des crédits exceptionnels ont été ouverts au ministère de l'Air : 3 milliards 450 millions en mars 1938, puis 4 milliards 300 millions environ. Avec ces ressources, l'effectif de première ligne de notre Armée de l'Air doit être porté à 2 600 avions au début de 1940, auquel s'ajoutent les réserves de tous ordres.

entre Allemands et Italiens, le record de vitesse sur 100 km pour avions terrestres a été porté le 5 juin 1938 par l'Allemand Udet au chiffre impressionnant de 634,370 km/h à bord d'un avion monoplace de chasse *Heinkel*.

En France, le capitaine Rossi, à bord d'un avion *Amiot 370*, équipé de 2 moteurs « Hispano-Suiza » de 860 ch, réussissait en février 1938 à battre les records de vitesse sur 2 000 km, avec 500, 1 000 et 2 000 kg

Signalons que les avions militaires construits actuellement dans les principaux pays du monde, avions de chasse ou bombardiers légers, réalisent des performances voisines de ces records puisqu'ils atteignent des vitesses de l'ordre de 500 km/h et au-dessus.

Ces résultats, qui marquent les progrès de la technique aéronautique dans ces dernières années, et en particulier depuis deux ans, ne sont en aucune manière la conséquence d'innovations sensationnelles

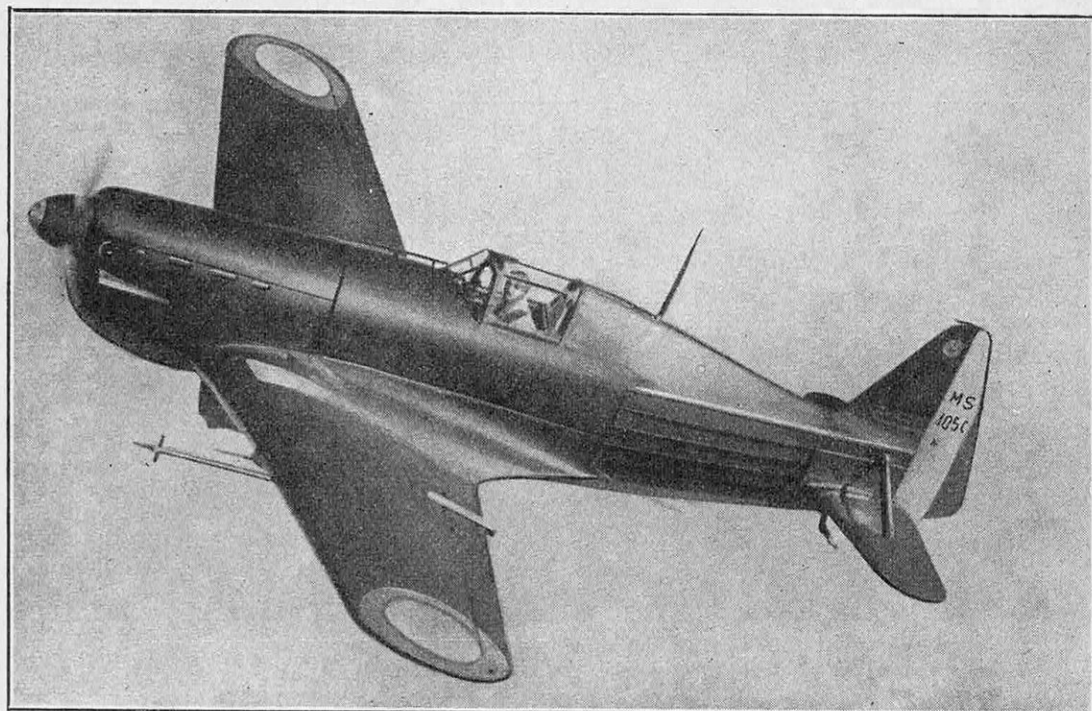


FIG. 2. — AVION DE CHASSE FRANÇAIS « MORANE 405 »

C'est un monoplan à aile basse et à train d'atterrissage éclipable. Sa vitesse maximum est de 443 km/h à l'altitude de 8 000 m (durée de la montée : 15 mn). A 4 000 m d'altitude, cet avion est capable de franchir 800 km à la vitesse de 320 km/h. Il est équipé d'un moteur-canon « Hispano-Suiza 12 Y » de 860 ch.

de charge utile, à la vitesse moyenne de 436,363 km/h.

Signalons encore que le record d'altitude a été porté à 16 440 m le 30 juin 1937 par l'Anglais Adams, à bord d'un avion *Bristol* spécial équipé d'un moteur « Bristol-Pegasus ».

A côté de ces records, il faut rappeler ici l'éblouissant tour du monde réalisé très récemment par l'Américain Howard Hughes à bord d'un bimoteur *Lockheed 14* ; parti de New-York, il y revenait 3 jours 19 h après, ayant parcouru 22 920 kilomètres à la vitesse moyenne de 251,224 km/h, ayant traversé l'Atlantique-Nord de New York à Paris, l'Europe, la Sibérie, et le Nord de l'Amérique.

dans le domaine de la construction aérienne. Il faut les rapporter plutôt au perfectionnement minutieux des formules courantes depuis déjà plusieurs années, formules qui se sont à la fois précisées et généralisées.

Souffleries géantes et maquettes volantes

Les recherches aérodynamiques ont joué dans ce domaine un rôle capital. *La Science et la Vie* a décrit à plusieurs reprises l'équipement des centres d'expérimentation sur modèles réduits qui ont été établis en nombre important dans tous les grands pays du monde entier, et dont le plus complet, par la diversité de son appareillage, est le

« N.A.C.A. » américain de Langley Field (1). Les mesures, effectuées sur des maquettes reproduisant dans tous leurs détails les appareils projetés ou certains éléments de ces appareils, sont transposées en vraie grandeur d'après les lois de la similitude dynamique dont le grand physicien anglais, lord Rayleigh, a posé les principes. Cependant, cette transposition n'est valable et ne s'accorde avec les résultats des mesures effectuées en vol réel que si certaines conditions sont remplies.

Une première difficulté vient de la « turbulence » de l'air dans la veine à grande

par la création de souffleries de très grandes dimensions (1). Elles peuvent accueillir des maquettes ayant jusqu'à 12 m d'envergure sur lesquelles il est possible de représenter des détails tels que les moteurs et les hélices. Nous sommes loin encore des gros avions modernes avec leurs quelque 50 m d'envergure dont il faut réaliser des maquettes ayant les dimensions de véritables avions de moyen tonnage, donc parfaitement habitables. C'est pourquoi, pour l'étude et la mise au point des appareils de gros tonnage, on commence à employer une méthode nouvelle qui consiste à faire des expériences sur une telle maquette,

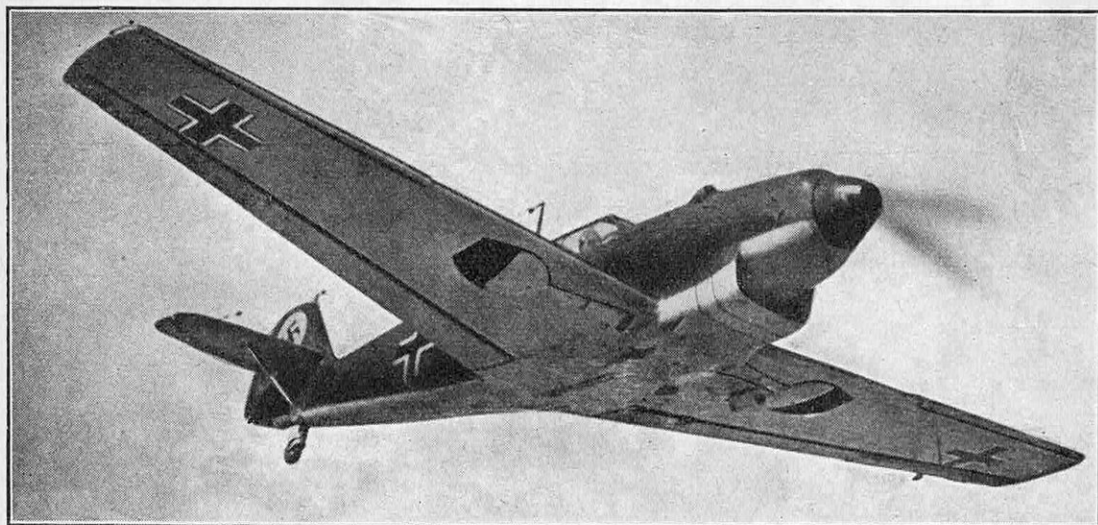


FIG. 3. — MONOPLAN MONOPLACE DE CHASSE ALLEMAND « MESSERSCHMITT BF 109 »

Les caractéristiques de cet appareil sont tenues secrètes : sa vitesse maximum est de l'ordre de 500 km/h et son autonomie de 600 km. Il est équipé soit d'un Jumo 210, soit d'un D. B. 600, de 950 ch.

vitesse de la soufflerie, qui fausse le résultat des mesures. D'autre part, lorsqu'il s'agit d'avions de gros tonnage, on est conduit à adopter pour les maquettes des réductions trop fortes, qui ne permettent plus de comparer les phénomènes aérodynamiques en vol et en soufflerie. Cette difficulté a pu être tournée en partie par l'emploi de souffleries à *pression variable*, dont il n'existe pas de modèle en France, mais dont sont dotés en particulier les établissements de Langley Field en Amérique et de Farnborough en Grande-Bretagne. Dans un tel tunnel où la pression est, par exemple, de 20 atmosphères, une maquette au 1/10 placée dans un courant d'air de vitesse égale à la moitié de celle de vol se trouve dans des conditions sensiblement équivalentes à celles du vol réel.

Plus récemment, on a résolu la difficulté

non plus en soufflerie, mais en vol réel. M. Arsandaux a montré, en effet, que la *maquette volante* d'un avion peut donner une image fidèle des performances de l'appareil définitif (plafond, longueurs de roulement au décollage, poids de combustible nécessaire pour le rayon d'action, etc.) et facilite dans une large mesure les dernières retouches du point de vue pilotage. Cette similitude reste valable pour les hydravions à la période d'hydroplanage qui s'effectue dans des conditions semblables pour des valeurs de « creux » homologues. La maquette volante permet d'observer des phénomènes que les essais au tunnel ne permettaient pas de déceler. Elle épargne ainsi les retards et les frais qu'entraînent des modifications importantes sur une machine de gros tonnage. Elle se trouve encore

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 247, page 68.

(1) Voir *La Science et la Vie* n° 226, page 263.

facilité si les groupes moteurs ont été étudiés préalablement en vraie grandeur dans des souffleries de grande dimension.

En France se poursuivent en ce moment les essais de la maquette volante de l'hydravion hexamoteur *Cams 161*, de 40 t, destiné à l'Atlantique-Nord. Cette maquette biplace, d'un poids total de 2 275 kg, est équipée de 6 moteurs « Train » de 40 ch. On voit que c'est déjà un avion assez important.

L'évolution générale du matériel aéronautique

La très grosse majorité des avions modernes sont aujourd'hui des monoplans à

lement pour venir s'encaster dans un logement pratiqué dans l'aile. Les commandes de relevage de train sont habituellement pneumatiques ou électriques avec un dispositif de secours à main (1). D'assez nombreux appareils possèdent également une roulette de queue escamotable dans le fuselage. Enfin, la même préoccupation a conduit certains constructeurs d'hydravions à escamoter les flotteurs, en dépit des difficultés évidentes du problème.

L'augmentation de vitesse des appareils qui résulte de l'amélioration de la « finesse » entraîne, en contre-partie, la généralisation des dispositifs hypersustentateurs — géné-

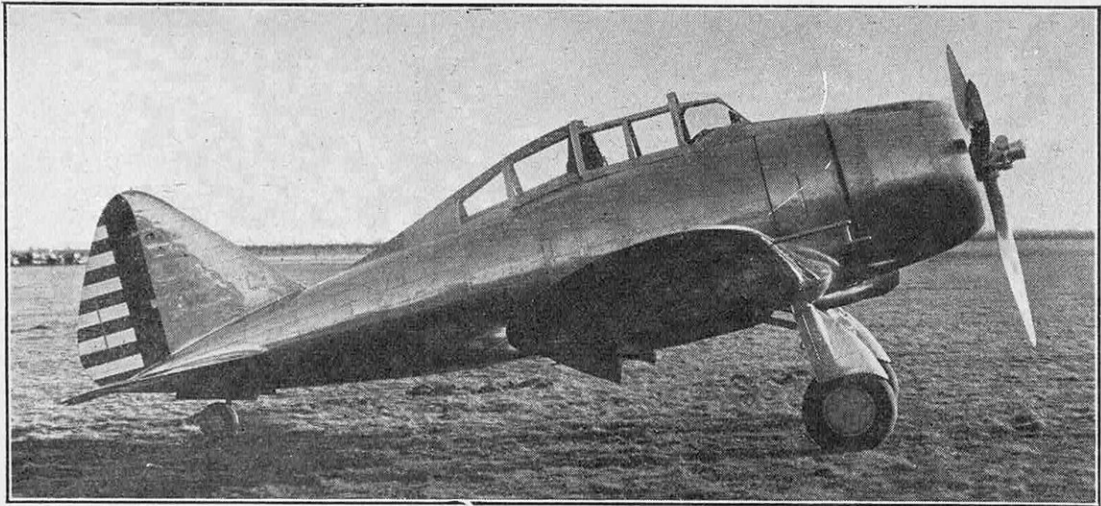


FIG. 4. — MONOPLAN DE CHASSE AMÉRICAIN « SEVERSKY P 35 »

La vitesse maximum de cet appareil est de 515 km/h et son autonomie, de 5 600 km. Il est armé normalement de deux mitrailleuses et peut emporter également 300 kg de bombes.

aile basse ou à aile placée sur le dessus de la coque pour les hydravions. Les biplans ont disparu à peu près complètement. Bien entendu, tous les mâts, haubans, etc., sont réduits le plus possible. Les ailes et empennage entièrement en porte à faux ont la faveur de la plupart des constructeurs.

Le même souci d'accroître la « finesse » des appareils a conduit à généraliser les dispositifs d'escamotage en vol de tous les accessoires qui créent des résistances à l'avancement non négligeables. C'est ainsi que la plupart des avions sont munis de trains d'atterrissage éclipables, suivant des dispositions variables, tendant toutes à loger les roues dans l'espace le plus réduit possible. La plupart du temps, sur les multimoteurs, les trains s'effacent de l'avant vers l'arrière dans les fuseaux moteurs. Sur les monomoteurs, chaque roue remonte latéra-

lement des volets d'intrados — pour réduire les vitesses d'atterrissage et parfois de décollage.

En ce qui concerne les procédés de construction, la prédominance de l'emploi du métal léger s'affirme de plus en plus, tant dans la constitution des pièces principales — longerons, couples, nervures, etc., — que pour les revêtements. Les ailes et empennages sont le plus fréquemment constitués par un ou plusieurs longerons en alliage d'aluminium sur lesquels, par l'intermédiaire de nervures, vient se placer un revêtement également métallique qui contribue à la résistance de l'aile. De même, les fuselages sont souvent constitués par des longerons et des couples perpendiculaires recouverts de tôles métalliques rivées entre elles et qui participent également à la solidité de l'ensemble. Quelques

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 236.

constructeurs cependant restent fidèles à l'emploi de l'acier, en particulier pour les fuselages (emploi de tubes); d'autres continuent à préconiser l'emploi du bois en totalité ou en partie avec le métal. Il est certain qu'à côté d'inconvénients assez sérieux, cette construction mixte présente l'avantage d'être plus rapide et moins onéreuse que la construction métallique. Elle nécessite un outillage beaucoup moins perfectionné et coûteux, et elle peut tenter les pays soucieux de créer rapidement

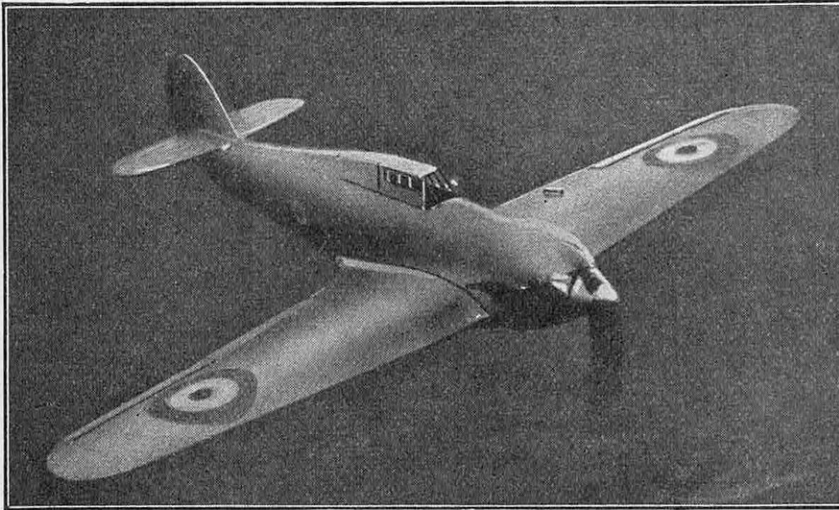


FIG. 5. — LE MONOPLAN MONOPLACE DE COMBAT « HAWKER-HURRICANE » QUI ÉQUIPE LES ESCADRILLES BRITANNIQUES

Cet appareil atteint une vitesse maximum de 540 km/h et peut monter à 4 500 m en six minutes. Son plafond serait voisin de 12 000 m. Il est équipé d'un moteur « Rolls-Royce Merlin » 12 cyl., 1 000 ch, et est armé de 8 mitrailleuses avec commande à distance (4 dans chaque aile). L'aile est de construction mixte, avec bord d'attaque en tôle et le reste entoilé. Au cours d'un vol de nuit, dans des conditions exceptionnelles, cet avion a parcouru les 526 km qui séparent Edimbourg de Londres à la vitesse moyenne de 656 km/h.

une flotte militaire importante sans disposer de moyens industriels très puissants.

L'augmentation de la puissance des moteurs

En ce qui concerne les moteurs (1), l'évolution constatée au cours de ces dernières années est parallèle à celle des avions. Dans ce domaine, on n'enregistre pas non plus d'innovations importantes, mais seulement des améliorations continues dans toutes les parties constitutives qui se traduisent, en définitive, par un progrès important dans la gamme des moteurs mis à la disposition des constructeurs d'avions.

L'augmentation de la puissance des mo-

(1) Voir dans ce numéro, page 397.

teurs est évidemment un des moyens dont on dispose pour améliorer les performances des avions. D'autre part, la construction d'avions d'un tonnage de plus en plus élevé — et on envisage actuellement de façon courante la mise en service d'hydravions de 60 à 100 t (1) — exige elle aussi des puissances de plus en plus grandes atteignant 8 000 ch. Comme, au point de vue du rendement aérodynamique, la multiplication du nombre des hélices est nuisible, on est tout naturellement amené à concevoir des moteurs de puissance

de plus en plus élevée. Leur réalisation pose des problèmes nombreux et notamment celui du refroidissement; sa solution conduit à augmenter le nombre des cylindres; c'est ainsi que l'on voit couramment aujourd'hui des moteurs refroidis par l'air à 14 cylindres en étoile double, et que des moteurs de 18 cylindres, également en 2 étoiles, sont en cours de mise au point. Pour faciliter le refroidissement, il y aurait intérêt, comme M. Dumanois l'a montré, à évacuer des calories par l'intérieur des cylindres. Pour cela, il faut assurer

un balayage efficace. L'injection directe de combustible essence dans la manche d'admission offre la possibilité de réaliser un tel balayage. De plus, elle permet un meilleur remplissage des cylindres, et donne une consommation spécifique moindre; elle diminue les risques de givrage. Des études nombreuses sont effectuées pour la mise au point de ces injecteurs qui ne sont pas encore employés de façon courante.

Une autre solution vient également à l'esprit pour augmenter la puissance du groupe motopulseur sans avoir à construire des moteurs d'une puissance unitaire trop considérable. Elle consiste à accoupler, sur un même arbre, plusieurs

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

moteurs avec des dispositifs de liaison convenables. Des études dans ce sens ont été faites en France, peu après la guerre, notamment par les établissements Breguet et Bugatti; elles ont été abandonnées et ne semblent malheureusement pas avoir été reprises. En Amérique, Menasco fabrique, depuis peu, un groupe de 2 moteurs à 6 cylindres chacun, accouplés sous le nom de moteur jumelé « Unitwin ». Les 2 moteurs de 260 ch sont juxtaposés parallèlement et entraînent un arbre unique par un jeu d'engrenages droits. Un système de roue

et entraînés par l'intermédiaire de trains d'engrenages appropriés. La vitesse de rotation de ces compresseurs est en effet considérable — plus de 25 000 tours/mn. Aussi leur mise au point est-elle difficile.

L'altitude à laquelle le compresseur « rétablit » la puissance du moteur dépend, nous l'avons dit, de l'altitude à laquelle l'avion sera utilisé le plus fréquemment. En pratique, elle varie entre 2 000 et 4 000 m. Cette solution présente l'inconvénient de ne rendre disponible qu'une partie de la puissance au sol pour le décollage, inconvénient

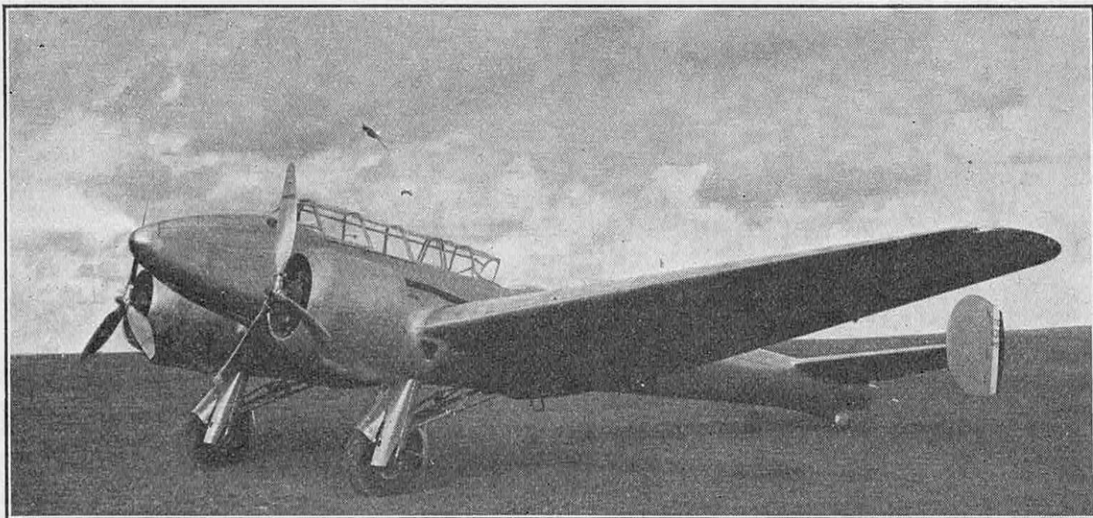


FIG. 6. — TRIPLACE LÉGER DE COMBAT FRANÇAIS « POTEZ 63 »

Ce monoplan à aile surbaissée est équipé de deux moteurs « Hispano-Suiza » de 670 ch en double étoile. Son train d'atterrissage est éclipseable. Sa vitesse maximum est supérieure à 460 km/h à l'altitude d'utilisation de 4 000 m. Il peut monter à cette altitude en 8 minutes. Il est armé de canons et de mitrailleuses et équipé d'hélices à pas variable. Son rayon d'action est de 960 km à 4 000 m, à la vitesse de 320 km/h.

libre assure le fonctionnement du système en cas de panne de l'un des moteurs. La mise au point d'unités de ce genre avec des moteurs plus puissants doit apporter une solution heureuse au problème des moteurs des avions de gros tonnage en évitant la multiplication des hélices, cause d'une diminution du rendement.

Mais le moteur d'avion doit donner toute sa puissance à l'altitude à laquelle il sera utilisé et l'on sait que la puissance d'un moteur à explosions diminue assez rapidement avec l'altitude. Aussi tous les moteurs modernes sont munis de compresseurs qui alimentent le moteur avec de l'air ramené à la pression atmosphérique du sol à l'altitude d'utilisation du moteur. En pratique, tous les compresseurs employés sont du type centrifuge; ils sont montés directement sur le moteur dans un carter spécial

d'autant plus grave que l'altitude de rétablissement du compresseur est plus grande.

Aussi on commence à mettre en service des moteurs à deux étages de compresseurs, le premier utilisé au voisinage du sol, le second à partir d'une certaine altitude. On trouve de tels dispositifs — dont les premières réalisations semblent dues à l'ingénieur Waseige de la maison Farman — en particulier sur des moteurs américains et anglais (Wright, Bristol, etc.). En France, nous n'en sommes, encore hélas! qu'à la période des essais sur les nouveaux moteurs « Gnome et Rhône P 14 » et « Hispano 12 Y ».

Comment réduire la consommation du combustible? Les Diesel d'aviation

Un autre perfectionnement auquel se sont attachés les constructeurs est la réduc-



FIG. 7. — LE QUADRIMOTEUR ALLEMAND « FOCKE-WULF 200 CONDOR » QUI A EFFECTUÉ CET ÉTÉ LA TRAVERSÉE DE L'ATLANTIQUE-NORD, ENTRE BERLIN ET NEW YORK, DANS LES DEUX SENS

Équipé de quatre moteurs de 870 ch, cet appareil, qui peut recevoir 26 passagers et quatre hommes d'équipage, atteint une vitesse maximum de 430 km/h à 2 900 m d'altitude. Sa vitesse de croisière est de 370 km/h à l'altitude économique de 3 800 m. Son plafond est de 8 500 m. C'est cet appareil, chargé à 18 t, qui a accompli les trajets Berlin-New York en 24 h 54 mn (254 km/h) et New York-Berlin en 19 h 58 mn (317 km/h).

tion de la consommation spécifique de combustible. Il est évident que moins les moteurs d'un avion consomment et plus sa charge utile est grande pour un même rayon d'action. Quel que soit l'emploi prévu pour un avion civil ou militaire, il est toujours essentiel de disposer d'une charge utile aussi grande que possible. L'intérêt de la réduction de la consommation est particulièrement importante lorsqu'il s'agit de longues traversées, telles que celles de l'Atlantique-Nord. Un rapide calcul montrerait que si la consommation spécifique passe de 220 grammes à 170 — et une telle variation est de l'ordre de celle que l'on doit réaliser prochainement — la charge utile d'un

hydravion de 60 t et 8 000 ch, analogues à ceux qui sont prévus pour ce parcours, augmente de plus de 4 tonnes pour un rayon d'action de 6 000 km.

Deux tendances différentes se développent pour obtenir cette faible consommation. L'une, qui a été travaillée surtout en Allemagne, est celle du moteur à huile lourde. On sait que ces moteurs consomment environ 180 g au ch.h seulement. Ils présentent en outre l'avantage d'utiliser un combustible beaucoup moins inflammable que l'essence, ce qui diminue les risques d'incendie. L'autre

tendance consiste à améliorer le rendement du moteur à explosions en augmentant son taux de compression.

Les moteurs à huile lourde pour l'aviation paraissent aujourd'hui au point. Les moteurs allemands, les « Jumo 205 », sont

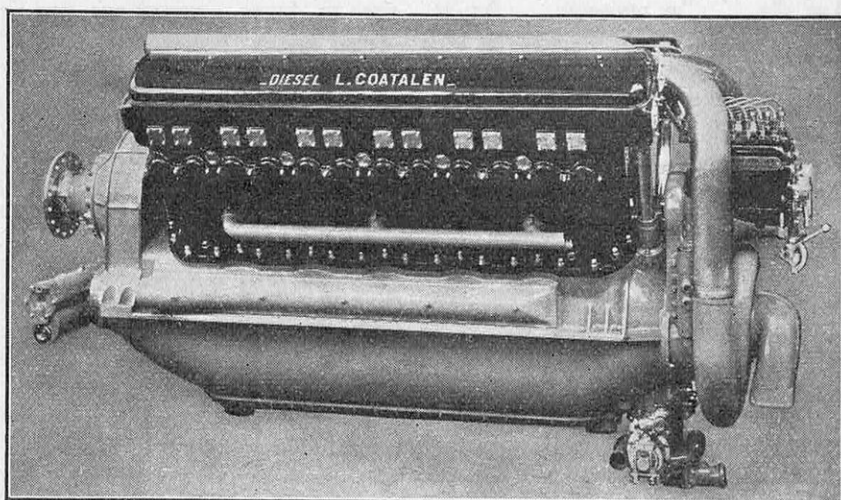


FIG. 8. — MOTEUR DIESEL D'AVIATION FRANÇAIS « COATALEN »

Ce moteur réalise l'injection mécanique du combustible dans les cylindres sous très haute pression, 800 kg/cm². Tournant à 2 000 tours, il développe 575 ch en consommant seulement 153 g au ch. h. Il comporte 12 cylindres disposés en V.

cependant les seuls, jusqu'à aujourd'hui, dont la mise au point en service réel ait pu être réalisée. En France, rien n'a été fait dans ce sens. Le moteur à huile lourde « Junkers » équipe de nombreux avions commerciaux sur les lignes européennes. Les vols d'expériences effectués tant sur l'Atlantique-Nord (quadrimoteurs à flotteurs *Ha 139*) que sur l'Atlantique-Sud (*Dornier Do 18* et *Junkers 86*) par des appa-

position du constructeur, est un moteur de 14 cylindres en étoile, à refroidissement par air. La puissance nominale de croisière est de 500 ch, mais en surpuissance il peut développer 740 ch sans compresseur et 930 ch avec compresseur actionné par les gaz d'échappement. On sait que c'est un moteur « Clerget » qui détient le record d'altitude pour moteur à huile lourde, établi à 7 600 mètres sur un avion *Potez 25*.

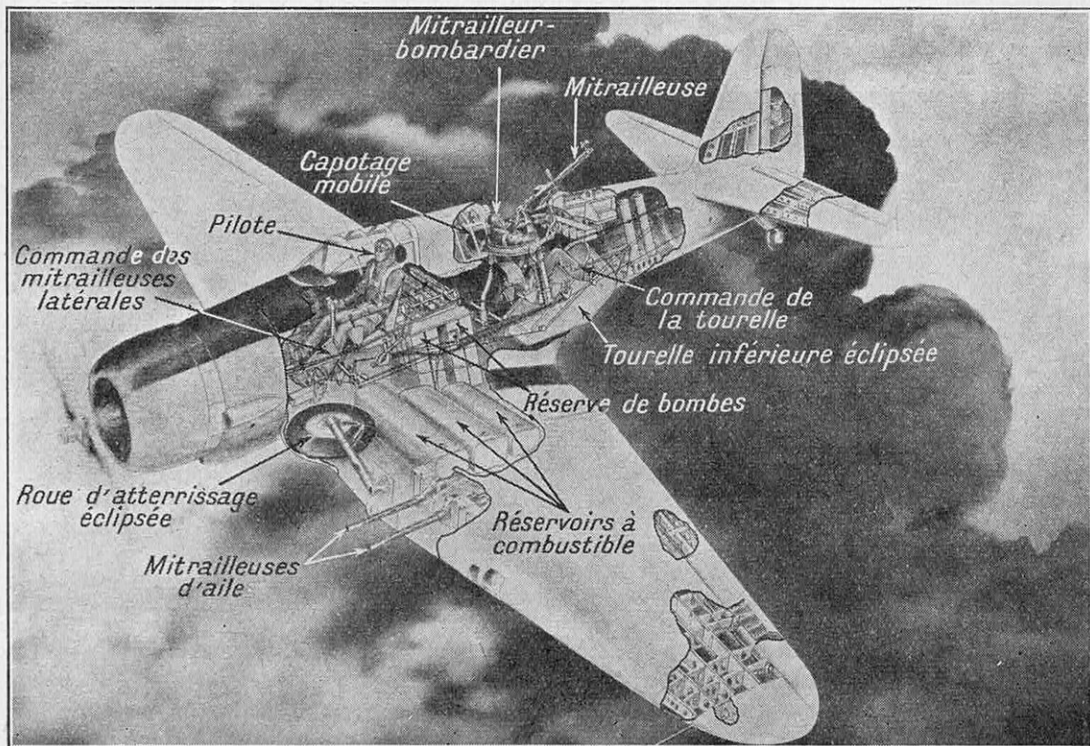


FIG. 9. — AVION DE COMBAT AMÉRICAIN « NORTHROP 8 A (A-17) »

Equipé d'un moteur « Pratt et Whitney » de 760 ch, ce monoplan peut atteindre la vitesse de 350 km/h. Son autonomie est de 2 700 km et son plafond d'environ 6 000 m. Il peut emporter 300 kg de bombes fixées sous les ailes et dans des caissons au centre du fuselage ; il est armé de cinq mitrailleuses, dont quatre sous les ailes et une à la disposition du mitrailleur-bombardier. Ce dernier peut faire usage d'une tourelle éclipable pour les lancements précis et la prise des photographies.

reils allemands ont montré ce que l'on pouvait attendre d'un tel type de moteur. On sait que le record du monde de distance en ligne droite pour hydravion a été conquis le 29 mars 1938 par un hydravion allemand *Do 18* qui a couvert 8 200 km de Darmouth à Caravellas (Brésil). Le « Jumo 205 » développe 510 ch au régime de croisière et 600 ch à sa puissance maximum (utilisée au décollage). Il pèse 520 kg, soit 0,87 kg par cheval.

En France, le moteur « Clerget », qui n'a pu être expérimenté en service régulier, faute de moyens matériels suffisants mis à la dis-

Un autre type de moteur français particulièrement intéressant est le moteur « Diesel Coatalen » (fig. 8), à refroidissement par eau, caractérisé d'une part, par le fait que l'injection mécanique du combustible y est effectuée sous pression très élevée (800 kg/cm²), ce qui assure une pulvérisation très poussée et par suite une combustion très régulière ; d'autre part, par la possibilité d'« étaler » la combustion sur une partie notable du cycle, d'où, à travail égal, une pression maximum moins élevée et une fatigue moindre des organes. Le moteur « Coatalen » doit effectuer prochainement ses essais

d'endurance suivant les normes officielles.

Signalons encore que Junkers, en Allemagne, et la Compagnie Lilloise des Moteurs, en France, projettent d'accoupler sur un même arbre 24 et même 48 cylindres de 50 ch, ce qui donnerait 1 200 ou 2 400 ch.

Taux de compression et carburants spéciaux

Mais des recherches ont également été effectuées pour obtenir de faibles consommations avec des moteurs à essence, spécialement aux Etats-Unis et en Angleterre. Les

d'organes essentiels. Il a fallu fabriquer des carburants spéciaux à indice d'octane élevé (on sait que l'indice d'octane caractérise l'aptitude d'un carburant à détoner) ; on les obtient, en particulier, en ajoutant des produits spéciaux, tels que le plomb tétraéthyle, à des essences sélectionnées. Alors qu'il y a quelques années les carburants d'aviation normalement utilisés avaient un indice d'octane de 70 à 75, on emploie maintenant couramment des essences d'indice 87 et même 100. Cela n'est d'ailleurs pas sans inconvénient pour la tenue des moteurs et



FIG. 10. — LES AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS DES HYDRAVIONS TRANSATLANTIQUES GÉANTS « BOEING 314 » EN ACHÈVEMENT EN AMÉRIQUE

Ces appareils, d'un poids total de 37 t et équipés de quatre moteurs « Wright-Cyclone » de 1 500 ch, peuvent emporter 72 passagers (dont 40 en couchettes) à une vitesse de croisière de l'ordre de 300 km/h. Leur autonomie est de 7 400 km, en principe. Six appareils de ce type ont été commandés par les Pan American Airways.

résultats atteints sont suffisamment encourageants pour que ces pays aient abandonné presque complètement la construction du Diesel d'aviation. La diminution de la consommation s'obtient en particulier en augmentant le taux de compression du moteur, ce qui en améliore le rendement. Des compressions supérieures à 7 sont maintenant courantes et l'on arrive à des consommations de l'ordre de 200 g par ch. h. Comme ces moteurs sont plus légers que les Diesel, il y a peu de différence au total pour les utilisations habituelles, bien que la consommation soit un peu plus élevée.

Ces compressions élevées exigent des précautions particulières. Avec de l'essence ordinaire, il se produirait des phénomènes de détonation qui empêcheraient le moteur de fonctionner, ou tout au moins provoqueraient une usure prématurée et des ruptures

le plomb tétraéthyle provoque une détérioration rapide de certains organes tels que : bougies, soupapes et même cylindres, si des précautions spéciales ne sont pas prises dans le choix des matériaux et leur traitement.

Réglage de la carburation Hélices à pas variable

Signalons encore, dans le même ordre d'idée, la généralisation des correcteurs altimétriques automatiques sur les moteurs modernes. La carburation d'un moteur réglée pour une pression extérieure déterminée devient mauvaise lorsque la pression diminue avec l'altitude, le mélange devenant trop riche en essence. Le correcteur employé depuis très longtemps est un organe qui tend à maintenir la richesse constante en réduisant la quantité d'essence admise aux gicleurs. La nouveauté consiste en ce que la

commande, au lieu d'être manœuvrée par le pilote, l'est par un dispositif automatique constitué essentiellement par une capsule anéroïde qui fonctionne sous les variations de pression. Enfin, on doit noter que ce souci de réduire la consommation a conduit naturellement à imaginer et à généraliser des dispositifs permettant de la contrôler en vol. Parmi les plus intéressants, nous citerons seulement les analyseurs de gaz d'échappement « Cambridge » (1) et les compteurs d'essence qui indiquent par lecture directe la consommation en litres par heure.

Naturellement, on ne conçoit plus guère le montage de ces moteurs modernes sans hélice à pas variable. De plus en plus, on utilise les hélices à variation de pas continue, au lieu des hélices à deux positions — petit pas de décollage et grand pas de croisière — employés encore presque exclusivement il y a trois ou quatre ans. Le plus souvent, la commande de changement de pas est automatique, grâce à un régulateur placé sur le moteur et qui fait varier le pas de l'hélice de façon à maintenir constante la vitesse de rotation du moteur. De plus, les nouvelles hélices peuvent passer « en drapeau », c'est-à-dire que les pales peuvent se placer dans le vent relatif de façon à n'être plus soumises à aucun effort tendant à les faire tourner lorsque le moteur est arrêté.

Pilote automatique et radioguidage

Pour terminer ce tour d'horizon sur l'évolution de l'aviation, il resterait à parler des accessoires. Ceux-ci sont de plus en plus nombreux et perfectionnés. Aussi nous bornerons-nous à indiquer deux points principaux :

En premier lieu, la mise au point et la généralisation des dispositifs de pilotage automatique. Dès maintenant, de nombreux avions sont équipés avec ces appareils qui se substituent entièrement au pilote dans le vol normal, en dehors des manœuvres de départ et d'atterrissage. Ils soulagent considérablement le pilote, notamment au cours de vols prolongés, et assurent à l'avion une stabilité très souvent supérieure à celle qu'obtient le pilote. Les principaux appareils employés sont presque tous constitués par des ensembles gyroscopiques plus ou moins compensés qui agissent sur les commandes de l'avion par l'intermédiaire de servo-moteurs.

En second lieu, il faut remarquer le développement considérable de l'emploi de la radio. L'aviation commerciale ne conçoit

plus, depuis longtemps déjà, l'exécution de voyages avec des avions qui ne seraient pas munis d'appareils émetteurs et récepteurs de radio. C'est surtout dans le domaine du radioguidage que des progrès ont été réalisés. La radiogoniométrie de bord, l'usage du radiocompas sont courants. Enfin, même, on poursuit la mise en service de radiophares d'atterrissage qui, en guidant l'avion en direction et en altitude, lui permettent d'atterrir par très mauvaise visibilité.

Grâce à tous ces progrès, le matériel aéronautique a atteint un degré de perfection considérable.

Dans l'aviation militaire, les avions de chasse atteignent des vitesses notablement supérieures à 500 km/h, certaines mêmes peut-être voisines de 600. Les bombardiers légers et avions de combat atteignent des vitesses presque aussi élevées avec un équipage de trois hommes et une puissance militaire considérable. Les bombardiers lourds, quadrimoteurs de l'ordre de 20 t, peuvent transporter plusieurs tonnes de bombes à des distances de quelque mille kilomètres et à des vitesses supérieures à 300 km/h.

Dans l'aviation commerciale, des appareils capables de transporter 20 à 25 passagers à des vitesses voisines de 300 km/h sont en service courant. Des hydravions, comme les *Boeing 314* de près de 40 t, les avions comme les *Douglas DC4* de 20 t, vont être lancés très prochainement sur les lignes américaines.

Les appareils actuellement en chantier feront mieux encore. En France, pour l'Atlantique-Nord, on construit actuellement des hydravions dont le poids total sera voisin de 60 tonnes.

En Amérique, on sait que les « Pan American Airways » ont mis au concours des appareils analogues (1) : rayon d'action 8 000 km par vent nul, 100 passagers, 320 km/h. Plusieurs projets ont été remis par des constructeurs très sérieux, tels que Boeing, Consolidated, Douglas, Sikorsky, etc., et il est certain que des appareils de ce genre voleront bientôt. Plus audacieux encore, Seversky a dressé les plans d'un hydravion qui transporterait 120 passagers et 19 t de fret sur les 8 000 km à une vitesse commerciale de 380 km/h. Son appareil, en acier inoxydable soudé électriquement, serait muni de 8 moteurs de 2 000 ch. Les aménagements luxueux seraient comparables à ceux d'un transatlantique.

De tels projets ne doivent pas être considérés comme des utopies. Un avenir prochain le démontrera. ANDRÉ SEGUIN.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 241, page 51.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 302.

POURQUOI L'ÉCLIPSE DE LUNE DU 7 NOVEMBRE PROCHAIN INTÉRESSE LES ASTRONOMES

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Les éclipses de Lune sont moins fréquentes — contrairement à ce qu'on croit généralement — que celles de Soleil (1). Lorsqu'elles se produisent cependant, elles sont visibles à la fois de tout un hémisphère terrestre, tandis que les occultations du disque solaire ne peuvent être observées que pendant un temps très court et sur une bande de territoire large de quelque cent kilomètres. C'est pourquoi, en un lieu donné, on ne peut apercevoir d'éclipse totale de Soleil que tous les 360 ans. La fréquence relative des éclipses de Lune (jusqu'à trois par an) a fait perdre à ce phénomène beaucoup de prestige aux yeux des foules, bien qu'il puisse encore fournir aux astronomes, pour l'étude de nombreux problèmes actuellement à l'ordre du jour, des indications d'autant plus précieuses que le passage de la Lune à travers le cône d'ombre de la Terre dure plus longtemps. De ce point de vue, l'éclipse du 7 novembre prochain se présentera dans des conditions exceptionnelles, puisque la durée de la « totalité » n'atteindra pas moins de 1 heure et 22 minutes. Elle permettra ainsi d'étudier à loisir les variations de l'énergie rayonnée par notre satellite et les changements de coloration de sa surface pendant sa longue occultation. Elle permettra d'acquérir, par suite, des notions plus précises sur les conditions physiques qui règnent sur le sol lunaire et, indirectement, concernant la constitution de la très haute atmosphère terrestre (2), sur laquelle, à défaut de mesures directes que permettront seules les fusées-sondes, nous sommes réduits encore aujourd'hui à énoncer des hypothèses plus ou moins plausibles.

LES éclipses de Lune ne jouissent pas d'un prestige comparable à celui qui s'attache à celles du Soleil, surtout lorsqu'elles sont totales ; ce prestige est fait non seulement du spectacle admirable qu'elles présentent et de leur rareté ; il se justifie surtout par les services qu'elles ont rendus aux études solaires, et on peut se féliciter du hasard qui n'a pas fait la Lune d'un dixième plus petite ou plus éloignée de nous, car alors cet admirable spectacle naturel nous eût été refusé, avec tous les renseignements qu'il nous apporte. Mais, aujourd'hui, l'étude des éclipses solaires a rendu à peu près tout ce qu'on en pouvait attendre ; d'ailleurs, comme il est exceptionnel que leur bande de totalité passe par un observatoire, leur observation ne peut être faite que par des moyens improvisés, et nécessairement réduits, tandis que toute éclipse de Lune peut être suivie, sur un hémisphère terrestre entier, par plusieurs observatoires, avec toute la puissance et la précision que permet la technique moderne. Ce sont là de précieux avantages ; d'ailleurs,

les éclipses lunaires offrent d'intéressants sujets d'études, qui peuvent être abordés avec d'autant plus de fruit que l'éclipse est plus longue et que les conditions d'observation sont plus favorables.

A ce point de vue, le prochain passage de notre satellite dans le cône d'ombre projeté par la Terre se présente dans des conditions assez rarement réalisées (1). Voici les prévisions données par *La connaissance des temps* :

Entrée de la Lune dans la pénombre, le 7 à 19 h 38 mn 9 s ;

Entrée de la Lune dans l'ombre, le 7 à 20 h 40 mn 9 s ;

Commencement de l'éclipse totale, le 7 à 21 h 45 mn 1 s ;

Milieu de l'éclipse, le 7, à 22 h 26 mn 2 s ;

Fin de l'éclipse totale, le 7 à 23 h 7 mn 4 s ;

Passage de la Lune au méridien à Paris, le 7 à 23 h 37 mn ;

Sortie de l'ombre, le 8 à 0 h 11 mn 7 s ;

Sortie de la pénombre, le 8 à 1 h 13 mn 5 s.

(1) On sait que la périodicité des éclipses est définie par le *Cycle de Saros*, de 18 ans et 11 jours, qui ramène le Soleil, la Terre et la Lune dans les mêmes positions relatives. Les deux éclipses lunaires du 4 mai et du 7-8 novembre 1938 sont donc le retour des éclipses de l'année 1920 ; mais la seconde seule se présente dans des conditions favorables à l'observation, au moins en Europe.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 228, page 444.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page 254.

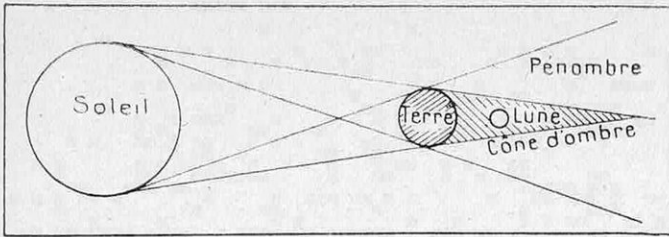


FIG. 1. — COMMENT SE PRODUIT UNE ÉCLIPSE DE LUNE
On voit que les cônes d'ombre et de pénombre situés derrière la Terre, par rapport au Soleil, recouvrent largement notre satellite. On verra plus loin cependant que, malgré cela, la Lune ne disparaît jamais complètement, par suite de la présence de l'atmosphère terrestre sur le trajet des rayons solaires.

La durée de la totalité atteindra donc 1 h 22 mn et les passages dans la pénombre totalisent 2 h 4 mn. Comme les passages à travers les cônes d'ombre et de pénombre sont vus, au même moment, de tous les points pour lesquels notre satellite est au-dessus de l'horizon, les conditions d'observation sont d'autant plus favorables que la Lune est plus rapprochée du zénith, ce qui réduit d'autant les perturbations dues à la traversée de la lumière à travers notre atmosphère. A ce point de vue encore, la France se trouvera favorisée, puisque le passage au méridien aura lieu une demi-heure seulement après la fin de l'éclipse. C'est pour ces raisons que l'éclipse du 7-8 novembre pourra se prêter à d'intéressantes études ; il ne reste plus qu'à souhaiter la pureté de notre atmosphère, sans laquelle, évidemment, aucune observation n'est possible ; mais il serait étonnant que tous les observatoires fussent simultanément bloqués par les nuages.

Les figures 1, 2 et 3 aident à comprendre ce qui se passe. On voit que le cône d'ombre de la Terre se prolonge environ 4 fois plus

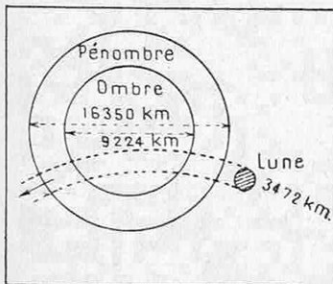


FIG. 2. — DIMENSIONS COMPARÉES DES SECTIONS DES CONES D'OMBRE ET DE PÉNOMBRE PROJETÉS PAR LA TERRE ET DU DIAMÈTRE DE LA LUNE

loin que la distance à laquelle se trouve notre satellite, et que celui-ci est très largement recouvert par l'ombre et par la pénombre. Dans ces conditions, l'observation visuelle de l'éclipse ne peut manquer d'être specta-

culaire, d'autant plus que, pour des raisons qui seront expliquées plus loin, l'ombre n'est jamais totale et que la Lune ne disparaît pas complètement ; son disque apparaît alors teinté de nuances variables, où le rouge domine. Étant donné la lenteur de ces transformations et la sensibilité des plaques autochromes actuellement en usage, ces changements d'aspect et de coloration pourront être fixés par les amateurs. Déjà, une très belle photographie en couleurs avait été obtenue, à l'occasion de l'éclipse du 20 mai 1920, par MM. Gimpel et Touchet ; mais ces observateurs, opérant avec une lunette de faible ouverture et des plaques

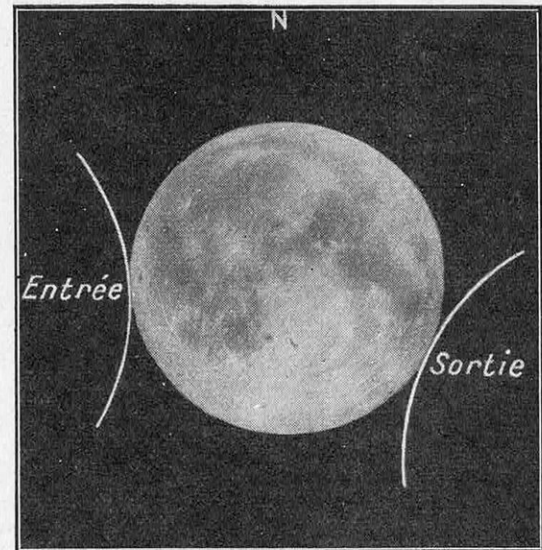


FIG. 3. — COMMENT SE PRÉSENTERA L'ÉCLIPSE DE LUNE DU 7 NOVEMBRE 1938
On voit les points d'entrée et de sortie de l'ombre projetée par la Terre. (D'après l'Annuaire astronomique Camille Flammarion).

peu sensibles, ont dû faire une pose de 40 mn ; avec les plaques modernes et des objectifs de grande luminosité, travaillant à $\frac{f}{4}$ ou $\frac{f}{6}$, on pourra obtenir de bons clichés en 5 minutes, ce qui permettra de suivre les changements de coloration au cours de l'éclipse.

Mais c'est sur le plan scientifique que l'observation sera vraiment profitable ; elle permettra, en effet, de pousser plus avant deux importants problèmes : l'un se rapporte à la température de notre satellite, et l'autre à notre propre atmosphère.

La température à la surface de la Lune

La durée du jour lunaire est d'environ 15 de nos jours terrestres, pendant lesquels la surface de notre satellite est exposée sans interruption au rayonnement solaire, que nulle atmosphère ne vient amoindrir ; c'est donc environ 3 calories par centimètre carré et par minute qui sont reçues ; la croûte lunaire doit donc s'échauffer notablement pendant cette longue période d'irradiation ; inversement, elle doit se refroidir durant la nuit lunaire de 15 jours. Des calculs ont été faits pour obtenir des valeurs numériques des températures atteintes, mais ils reposent sur des données très incertaines : le pouvoir émissif de la surface lunaire est déterminé par son *albedo* (1), qui ne se rapporte qu'au rayonnement visible, et surtout on n'a aucune idée de la conductibilité ca-

lorifique qui détermine la vitesse avec laquelle la chaleur se propage en profondeur ; si, en dehors de crêtes rocheuses abruptes, la surface lunaire est recouverte d'une épaisse couche de cendres météoriques, sa conductibilité doit être très faible, et la température superficielle doit s'élever davantage pendant le jour et s'abaisser fortement durant la nuit lunaire.

En réalité, c'est de l'expérience seule qu'on peut attendre une réponse, au moins approchée, et les lois du rayonnement la fourniront. On sait que, d'après la loi de Stefan, l'énergie rayonnée par un corps noir

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 180.

(ou radiateur parfait) est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue ; cette loi s'applique encore, avec un coefficient différent, aux radiateurs réels ; on peut donc, en mesurant, à l'aide d'une pile thermoélectrique ou d'un bolomètre, l'énergie rayonnée par un corps, en déduire sa température ; c'est suivant cette méthode qu'a été évaluée la température de la pho-

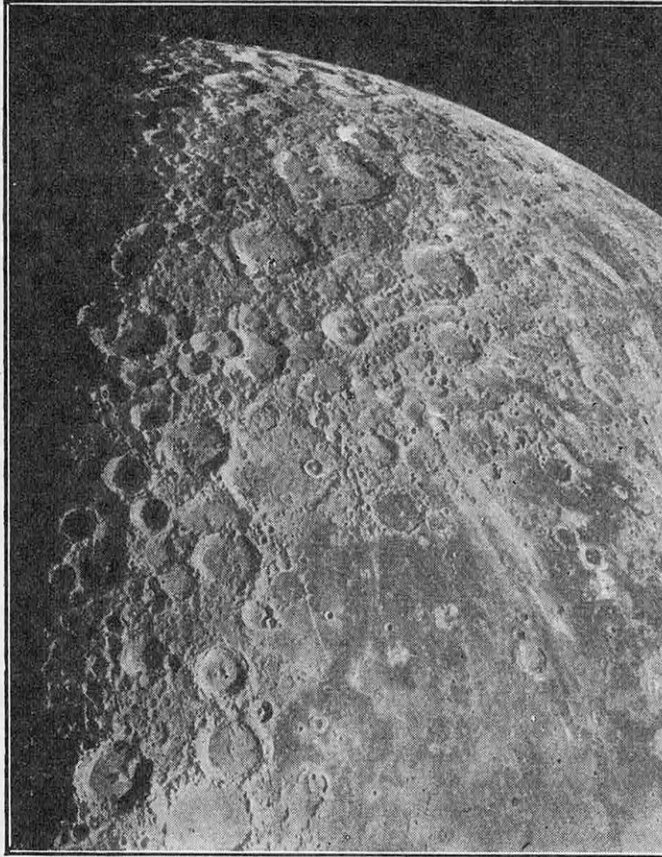


FIG. 4. — PHOTOGRAPHIE PARTIELLE DE LA LUNE OBTENUE A L'OBSERVATOIRE DU MONT WILSON

sphère solaire ; l'expérience peut être conduite, comme le représente la figure 5, en plaçant la pile ou le bolomètre *P*, relié à un galvanomètre sensible *G*, au foyer du miroir d'un télescope ; de la variation de *G* on peut déduire la chaleur reçue et, par application de la loi de Stefan, la température du corps rayonnant.

Cette méthode ne donne que la radiation totale de la Lune, laquelle se compose de celle qu'elle émet en raison de sa propre température et de celle qui, provenant du Soleil, est diffusée par le disque éclairé ; cette seconde part constitue 20 à 25 % du total, et cette raison suffit pour rendre la méthode peu précise. On préfère donc éliminer le rayonnement solaire, ce qui peut se faire, en profitant des éclipses totales ; on observe alors la vitesse de refroidissement à partir de l'entrée de la Lune dans le cône d'ombre, et on applique une des lois de rayonnement d'après laquelle cette vitesse est sensiblement proportionnelle à l'excès de température du corps rayonnant sur son enceinte (lorsque cet excès n'est pas trop considérable).

Les premières mesures fondées sur cette

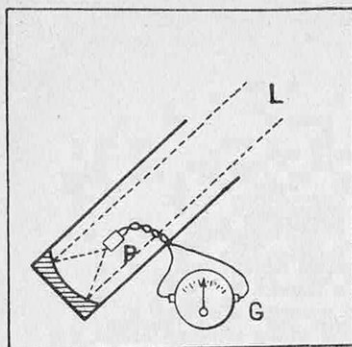


FIG. 5. — COMMENT ON MESURE LA TEMPÉRATURE D'UN ASTRE

Au foyer du miroir d'un télescope on place une pile thermoélectrique ou un bolomètre P. Des variations du

courant données par le galvanomètre G on déduit la quantité de chaleur reçue et, par application de la loi de Stefan sur le rayonnement, on calcule la température de l'astre L.

méthode ont été effectuées en 1885 par le physicien américain Langley ; elles ont été reprises en 1896 par F.-W. Very, qui a donné les résultats suivants : la température moyenne du sol lunaire éclairé serait de 97°C ; elle s'élèverait à 184°C pour les points qui ont le Soleil au zénith ; en revanche, lorsque la Lune est plongée dans l'obscurité, elle se refroidit très rapidement, et la température de surface tomberait très au-dessous de -100°C .

Ces évaluations, encore trop imprécises, auraient grand besoin d'être révisées, et la prochaine éclipse en fournira l'occasion favorable ; la technique expérimentale a fait, depuis quarante ans, de tels progrès, qu'il ne sera pas difficile de faire mieux ; en particulier, les nouvelles piles thermoélectriques, fonctionnant dans le vide, présentent une souplesse et une sensibilité inconnues aux appareils anciens. Toutefois, de graves difficultés subsisteront. En premier lieu, la Lune, avant de pénétrer dans le cône d'ombre, traverse lentement la pénombre où, pendant plus d'une heure, elle commence à se refroidir.

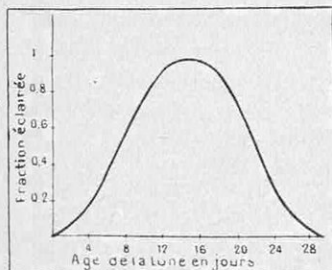


FIG. 6. — COURBE DONNANT LA FRACTION DE LA LUNE ÉCLAIRÉE PAR LE SOLEIL EN FONCTION DE L'« AGE » DE NOTRE SATELLITE

Secondement, toutes les parties du disque ont été inégalement échauffées, tant en raison de leur obliquité par rapport aux rayons solaires que par suite des différentes durées d'illumination (définies par la

courbe de la figure 6) ; enfin, les corrections relatives à l'absorption par l'atmosphère terrestre sont toujours assez incertaines ; si donc on doit espérer améliorer les indications données par Very, on ne saurait s'attendre à une grande précision.

L'étude de la haute atmosphère terrestre

On a souvent exposé dans cette revue l'état d'incertitude dans lequel nous restions en ce qui concerne l'état de notre très haute atmosphère. Une seule chose est certaine : c'est l'intérêt que présente cette étude et l'importance de ces hautes régions pour la physique du globe. Tant qu'on n'aura pas trouvé le moyen, par des fusées-sondes emportant des appareils enregistreurs entre

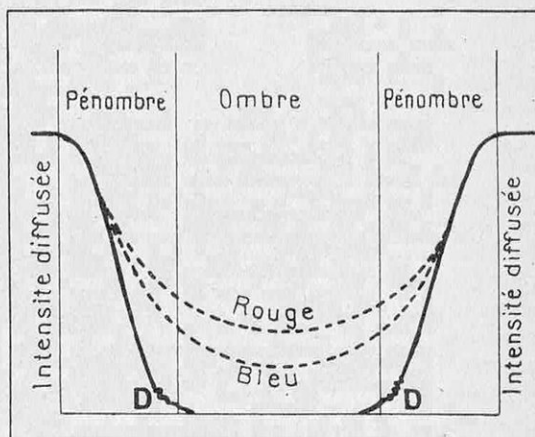


FIG. 7. — COURBES MONTRANT LES VARIATIONS DES ÉCLAIREMENTS DIFFUSÉS PAR LA LUNE AU COURS D'UNE ÉCLIPSE

On voit que, pendant le passage dans la pénombre, ces éclaircissements diminuent rapidement et que, pendant l'éclipse, proprement dite (passage dans l'ombre) subsistent des éclaircissements rouges et bleus que l'on attribue à l'action de la haute atmosphère terrestre. L'observation de la prochaine éclipse permettra de tracer ces courbes et d'en déduire de précieux renseignements sur la constitution des hautes couches de notre atmosphère.

100 et 200 km, d'obtenir des mesures directes de la pression, de la température et des courants aériens supérieurs, on sera réduit aux moyens d'information indirects et peu sûrs.

C'est dans ces conditions qu'on a pensé à l'observation des éclipses de Lune. La figure 7 nous aidera à comprendre comment les choses se présentent ; on y a figuré, en traits pleins, la variation des éclaircissements diffusés par l'écran lunaire, au cours de l'éclipse, telle qu'on peut la calculer d'après les lois de l'optique, en faisant abstraction

de l'atmosphère terrestre ; leur valeur tombe à zéro dans l'ombre pure, abstraction faite de l'influence du diamètre apparent du Soleil (32') et des franges de diffraction $D-D$ qui doivent entourer l'ombre géométrique.

En réalité, la répartition des éclaircissements suit les lignes pointillées, c'est-à-dire qu'elle ne tombe jamais à zéro ; elle doit même être différente pour les diverses couleurs du spectre, du rouge au bleu, et toujours plus forte pour les colorations de plus grande longueur d'onde, ce qui correspond à la couleur cuivrée sous laquelle le disque lunaire nous apparaît pendant l'éclipse. Cet effet est, de toute évidence, dû à l'atmosphère terrestre qui, agissant à la manière d'une lentille convergente, ramène vers l'intérieur du cône d'ombre les rayons solaires ; et comme l'atmosphère inférieure, ou troposphère, est rendue opaque par les nuages, il est vraisemblable que cet effet de réfraction et de dispersion est dû aux couches supérieures, seules transparentes.

On n'a procédé, jusqu'ici, qu'à des observations qualitatives de cet important phénomène. Mais on peut faire mieux ; la Lune est un écran diffusant qui se déplace lentement à travers l'ombre et la pénombre ; les photomètres actuels permettent de mesurer avec précision la lumière qu'elle renvoie au cours de l'éclipse ; par l'interposition d'écrans absorbants, on peut faire cette mesure pour plusieurs couleurs ; ainsi les courbes marquées en traits discontinus sur la figure 7 pourront être tracées avec exactitude.

D'autre part, il est possible de calculer

la variation des intensités lumineuses, aux différents niveaux de l'ombre et de la pénombre, suivant les principales hypothèses qu'on peut faire sur la répartition des densités atmosphériques en altitude. Confrontant alors ces calculs avec la loi réelle déterminée comme on vient de le voir, on pourra faire entre ces hypothèses une raisonnable discrimination. Ainsi, en attendant des mesures directes, on peut espérer, par cette voie, améliorer notre connaissance de la très haute atmosphère, et l'étude de la Lune aura permis de mieux connaître la Terre.

Ce problème a été étudié, dans la Revue *L'Astronomie* de juin 1925, par M. Danjon, astronome à l'Observatoire de Strasbourg, qui a dressé le programme des observations utilisables ; il sera nécessaire, dit-il, de mesurer soigneusement la couleur des différentes parties de l'ombre et la différence d'éclaircissement entre le bord et le centre de cette ombre. D'autre part, M. Danjon a montré, d'après les observations antérieures, qu'il y avait une relation entre la luminosité de la partie éclipsée et l'activité solaire ; dans les trois ou quatre années qui précèdent un minimum d'activité, la Lune éclipsée se montre très fortement éclairée en rouge cuivre ou orange. Ceci prouve que la structure de la haute atmosphère dépend dans une large mesure de ce qui se passe sur le Soleil ; on s'en doutait déjà d'après l'observation des aurores, mais l'étude des éclipses lunaires va fournir un nouveau moyen d'attaquer cet important problème.

L. HOULLEVIGUE.

Le tonnage des navires marchands mis sur cale entre le 1^{er} avril 1937 et le 1^{er} avril 1938 a atteint, dans le monde entier, un total de près de 3 millions de tonneaux (1). En France, le chiffre pratiquement insignifiant de 19 200 tonneaux est le plus faible qui ait été enregistré jusqu'à présent. Il est même inférieur de 36 % au chiffre desancements en 1937, alors que, pour le monde entier, le tonnage commencé en 1937 est supérieur de près de 10 % au tonnage lancé pendant la même période. L'industrie de la construction navale mondiale est donc en plein essor, puisque le chiffre du tonnage des bâtiments de tous ordres en construction dans l'ensemble des chantiers de construction navale du monde s'est encore accru de 29 % au cours de la dernière année et dépasse 3 millions de tonneaux aujourd'hui. En France, elle marque une régression catastrophique, pour diverses raisons que nous ne saurions évoquer ici. Ajoutons seulement qu'étant donné l'âge moyen élevé des bâtiments de la flotte de commerce française, il faudrait envisager, pendant les dix prochaines années, de construire en moyenne 160 000 tonneaux par an, seulement pour la maintenir à son niveau actuel (au sixième rang dans le monde en 1937), niveau qui apparaît cependant insuffisant étant donné la longueur des lignes de communication de la France et l'importance de son empire colonial.

(1) Le tonneau vaut 1 m³ 440.

LES ÉPIDÉMIES SUIVENT-ELLES LE RYTHME DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE ?

Par Jean LABADIÉ

Il y a quelques années seulement que l'on soupçonne l'action exercée sur les organismes vivants par certains agents physiques d'origine terrestre ou extra-terrestre. A côté des facteurs météorologiques généraux : pression barométrique, température, état hygrométrique, d'autres caractéristiques physiques doivent évidemment intervenir pour constituer ce que l'on désigne sous le terme générique de climat d'un lieu donné. Tels sont, par exemple, la composition chimique de l'atmosphère suivant les saisons, le champ magnétique, l'ionisation atmosphérique, le champ électrique dont on a pu démontrer l'influence tant sur le développement des cultures microbiennes que sur la diffusion des épidémies et l'évolution des maladies organiques. La plupart de ces facteurs, et sans doute d'autres encore qui n'ont pu, jusqu'ici, être mis en évidence, sont, comme La Science et la Vie l'a montré précédemment (1), sous la dépendance étroite de l'activité solaire. Ainsi peut-on interpréter le remarquable parallélisme observé entre la courbe traduisant les variations du nombre de taches solaires, avec sa curieuse périodicité voisine de onze années, et celles afférentes à des phénomènes très divers, en particulier à la diffusion mondiale des épidémies de peste, de choléra ou de grippe (2). Dans ce domaine encore à peu près complètement inexploré de la « météoropathologie », il convient cependant, plus encore peut-être que dans les sciences physicochimiques, d'éviter toute généralisation hâtive, étant donné la complexité des facteurs intervenant dans l'état de santé ou de maladie. Les recherches actuellement poursuivies permettront sans doute, si les résultats espérés se trouvent confirmés, d'instituer, comme le prévoit M. Pasteur Vallery-Radot, des cures climatiques d'après des données vraiment rationnelles et de faire appel pour le traitement des maladies à des variations de champ électrique, de pression et d'ionisation atmosphériques suivant des méthodes qui compléteront heureusement celles de la thérapeutique classique.

LORSQU'EN 1851 Schwabe (de Dessau) annonça que la variation des taches solaires — en nombre et en grandeur — avait lieu d'une manière périodique et qu'il évalua à environ dix ans la période de cette variation, l'astronome allemand venait de formuler une découverte du même ordre de fécondité que celle de Képler.

Les observations de Képler sur la trajectoire des planètes ont été l'origine de l'astronomie de position. Celles de Schwabe ont fondé l'astrophysique — d'autant que la découverte des raies du spectre solaire par Fraunhofer, deux ans auparavant, annonçait que le spectrographe serait l'instrument de la nouvelle science tout comme le télescope est celui de l'astronomie de position.

Durant 13 ans, environ 300 fois par an (moyenne de la visibilité à Dessau), Schwabe observa le Soleil levant, pour dessiner et mesurer ses taches. Képler avait observé

pendant 23 ans, avant de parler. Et Newton conserva 10 ans sa loi de gravitation dans son tiroir ! La gestation des découvertes astronomiques de principe est longue.

Or, ce n'est même pas « d'astrophysique » que nous voulons parler aujourd'hui à propos de la « pulsation solaire » de Schwabe, c'est des relations qui peuvent et doivent à peu près certainement exister entre l'activité solaire et les phénomènes biologiques, ceux-ci considérés successivement aux trois échelles qui les constituent dans leur plus grande netteté, à savoir : l'échelle cellulaire ou microbienne, l'échelle des corps organisés et l'échelle sociale. Ces trois modes de la vie sont évidemment solidaires de la lumière du jour, tout comme de la teneur de l'atmosphère en oxygène.

Il va sans dire que le premier et provisoirement le seul procédé de rapprochement possible entre les deux ordres de phénomènes ne peut être qu'un procédé « statistique ». On possède le graphique — de plus en plus nuancé et précis — des variations de l'activité solaire, en fonction du temps. Une

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 14.

(2) Voir l'ouvrage du professeur Tchijewsky dont sont extraites les figures qui illustrent cet article.

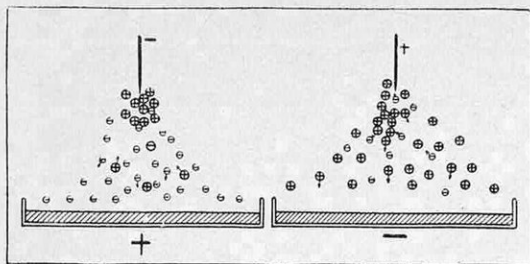


FIG. 1. — PRINCIPE DU BOMBARDEMENT D'UNE CULTURE SUR AGAR-AGAR DANS UNE BOITE DE PÉTRI PAR DES IONS POSITIFS (A DROITE) ET NÉGATIFS (A GAUCHE)

liaison de *causalité* entre ces variations et des phénomènes biologiques quelconques sera démontrée dans la mesure où un graphique statistique d'*observations biologiques concomitantes* et aussi *nombreuses* que possible se révélera *parallèle* au premier — fût-ce avec un certain décalage, ou retard.

Disons, du reste, à leur honneur, que ce sont des économistes britanniques qui furent les premiers à constater la variation *undécennale* des récoltes de céréales et qu'en esprits sensés, ils émirent l'hypothèse que le Soleil devait guider ce rythme undécennal, tout comme sa course zodiacale annuelle règle les saisons et, finalement, « les travaux et les jours » suivant l'expression qu'Hésiode choisit pour intituler son poème didactique, le plus ancien des traités d'agriculture.

La découverte d'astrophysique de Schwabe n'est donc qu'une confirmation de l'observation empirique des cultivateurs, praticiens biologistes s'il en fut, et des biologistes sociaux, les spécialistes de l'économie « politique » tenus d'observer les mouvements des stocks de denrées, facteurs essentiels de l'ordre social.

Enchaînons : d'autre part, les guerres et les révolutions résultent avant tout de causes profondes économiques (Proudhon). Voilà, par conséquent, fonctionnellement reliés aux variations solaires, les grands événements sociaux, si tenu qu'apparaisse ce premier lien « rationnel ». Si, d'un autre côté, l'on venait à démontrer que l'activité des microbes infectieux dépend, elle aussi, des variations solaires, les grandes épidémies de l'histoire rejoindraient *ipso facto* les guerres, les révolutions et les famines, comme conséquences plus ou moins immédiates des fantaisies de l'Astre-Roi.

On aperçoit maintenant la chaîne d'explications rationnelles que certains biologistes ont entrepris de rattacher aux pulsations du Soleil.

Le professeur A.-L. Tchijevsky, de Moscou, vient de rassembler une somme imposante d'observations dans le sens que nous indiquons. Il est intéressant de connaître les plus essentielles.

Le caractère sérieux et « positif » de l'hypothèse envisagée

La pulsation solaire undécennale étant aujourd'hui hors de discussion (1), il faut classer les facteurs énergétiques que le rayonnement solaire met en jeu, pour tâcher de saisir la réalité des causes perturbatrices *possibles*, du point de vue biologique.

Quelle que soit l'énergie rayonnée par le Soleil, nous savons, de certitude géométrique (d'après le diamètre de la Terre et sa distance au Soleil), que notre planète n'en reçoit que la *dix-milliardième partie*. Le Soleil pourrait donc entretenir la vie sur plus de planètes qu'il n'y a d'étoiles dans la Voie Lactée. Ce caractère infinitésimal de la portion d'énergie solaire retenue par notre globe s'accroît encore si on considère que la matière vivante terrestre n'en prélève qu'une part très faible, d'abord parce qu'elle est loin de recouvrir le dixième du sol — malgré son extrême diffusion *végétale* — et ensuite, parce que l'atmosphère filtre cette énergie et ne laisse parvenir au sol qu'une partie de l'énergie rayonnante.

Le spectre « solaire », tel qu'on pourrait le saisir vers 500 ou 1 000 km d'altitude, s'étend du plus haut de l'ultraviolet jusqu'au plus bas de l'infrarouge.

D'autre part, les « éclairs » des orages solaires, que les héliographes photographient de face et surtout de profil sur le disque où ils apparaissent en protubérances mouvantes de 100 000 et 250 000 km de hauteur, ces « variations électriques » formidables doivent rayonner des trains d'ondes hertziennes de toutes les longueurs.

Enfin, on doit considérer le rayonnement corpusculaire des *électrons* que lancent les « taches cathodiques » que figurent les facules et les grains de riz du Soleil, et surtout ces *vortex* géants que constituent

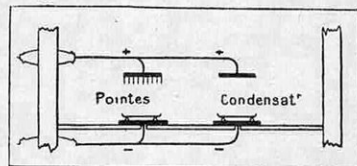


FIG. 2. — PRINCIPE DU MONTAGE ÉLECTRIQUE POUR ÉTUDIER L'ACTION DU CHAMP ÉLECTRIQUE ET DU BOMBARDEMENT PAR DES PARTICULES IONISÉES SUR LA CROISSANCE DES MICROORGANISMES

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 183, page 197.

les « taches solaires » variables. Le faisceau de rayons cathodiques qui jaillit de ces volcans électriques balaie l'espace comme un phare avec la rotation du Soleil qui dure vingt-six jours. Et chaque fois que le pinceau rencontre la Terre il la submerge d'électricité durant trois jours. Ces électrons sont peut-être les responsables du *rayonnement cosmique* (sortes de rayons « ultra-X ») mis en évidence depuis quelques années, et qui pénètrent toutes choses jusqu'à des épaisseurs représentées par plusieurs centaines de mètres d'eau ou plusieurs mètres de plomb. Qu'un rayonnement aussi « dur » soit sans influence sur « l'ionisation » (ou état électrique) des « milieux » vivants, aussi bien l'intérieur (le protoplasme de nos cellules) que l'extérieur, l'atmosphérique, voilà qui serait difficile à soutenir.

Aussi bien, la « température » communiquée par le Soleil à notre atmosphère, avec tous les accidents météorologiques qui en résultent, compte probablement beaucoup moins que « l'ionisation » des molécules de l'air pour la régularité ou pour le trouble de la fonction biologique. Il suffit de se rappeler l'importance capitale des « ions libres » dans tous les liquides du corps vivant et aussi que ces liquides sont, *de par leur nature colloïdale*, les analogues d'un gaz ionisé, pour imaginer, sans entrer dans aucune hypothèse détaillée, que le vagabondage atmo-

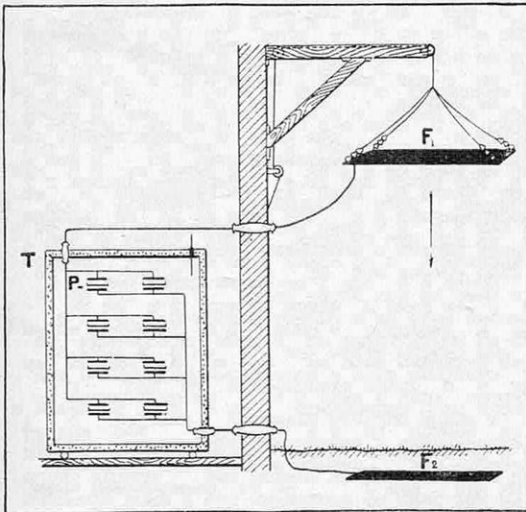


FIG. 3. — SCHÉMA DU MONTAGE ÉLECTRIQUE POUR L'ÉTUDE DE L'ACTION DE L'ÉLECTRICITÉ ATMOSPHÉRIQUE SUR LES MICROORGANISMES. La feuille métallique F_1 , de hauteur variable, est recouverte d'un mélange de bromures de sodium et de baryum. La feuille F_2 est mise à la terre. Dans le thermostat isolé T sont placées des boîtes de Pétri P contenant les cultures, entre deux disques métalliques.

sphérique des électrons solaires peut influencer à tout instant « l'équilibre biochimique » de n'importe quel être.

L'expérimentation rationnelle touchant l'influence de l'électricité sur les cultures microbiennes

Ce dernier point de vue est tellement important, il représente tellement bien le premier maillon de la chaîne scientifique envisagée, qu'il mérite un examen spécial. C'est ce qu'a parfaitement compris le professeur Tchijevsky lorsqu'il entreprit, dès 1925, de mesurer effectivement l'influence directe de la *tension électrique* et de *l'ionisation de l'air* sur le développement des cultures microbiennes. Travaux que d'autres chercheurs ont, du reste, prolongés expérimentalement.

Si cette influence est mise en évidence, les comparaisons des graphiques statistiques touchant la concordance des épidémies et des pulsations solaires doit apparaître sous un jour singulièrement plus rationnel.

Or, les résultats expérimentaux apparaissent dès maintenant affirmatifs. Les graphiques ci-joints, extraits des cahiers du laboratoire, en témoignent.

Voici comment l'expérience est montée. L'opérateur établit ses cultures microbiennes sur une couche d'agar-agar (fig. 1), dans des boîtes de Pétri. Il peut opérer de deux façons différentes. Ou bien il place la culture entre les deux armatures d'un condensateur auquel il applique une *tension électrique* dont le « gradient » varie avec l'écartement des plaques ; il n'est pas encore question d'ionisation proprement dite, dans ce cas. Ou bien il dirige sur la culture une *pointe électrisée* qui produit un véritable « bombardement » de molécules gazeuses électrisées sur la boîte de Pétri. Si le corps de la boîte est électrisé « plus » tandis que la pointe est électrisée « moins », les ions gazeux positifs de l'atmosphère (aérions) vont rejoindre la pointe négative, tandis que

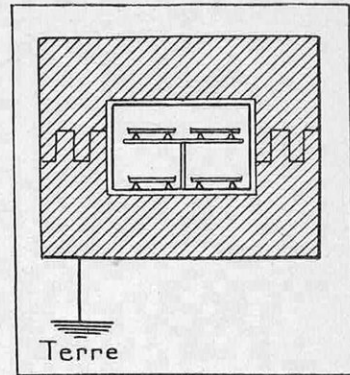


FIG. 4. — SCHÉMA DE L'INSTALLATION DESTINÉE À SOUS-TRAIRE DES CULTURES BIOLOGIQUES À L'ACTION DES RADIATIONS EXTÉRIEURES, RAYONS COSMIQUES EN PARTICULIER

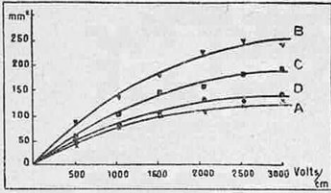


FIG. 5. — ACTION D'UN BOMBARDEMENT IONIQUE SUR UNE CULTURE DE STAPHYLOCOQUES

En abscisses ont été portés les gradients du potentiel électrique; en ordonnées, la surface couverte par la culture microbienne. Les courbes A et D ont été enregistrées sans bombardement ionique. Les courbes B et C montrent qu'un tel bombardement accélère la croissance des colonies de staphylocoques.

les aérions négatifs sont attirés par l'agar-agar, support de la culture. Les microbes sont donc bombardés par des aérions négatifs. Une simple inversion de la polarité électrique aboutit au bombardement par aérions positifs.

Le schéma (fig. 2) nous montre cette technique réalisée avec une source électrique quelconque de laboratoire. Un second schéma (fig. 3) figure sa transposition à l'électricité atmosphérique, transposition qui constitue l'essence même de la recherche en question. L'opérateur augmente la concentration de l'électricité atmosphérique à l'aide de corps

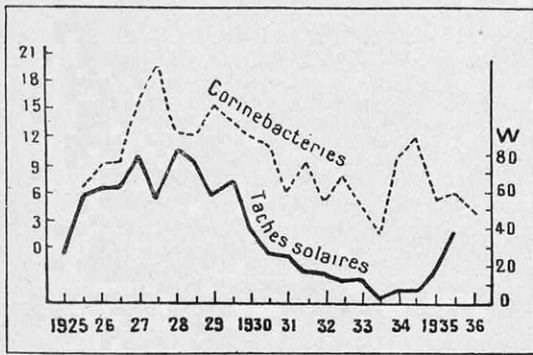


FIG. 6. — ACTIVITÉ SOLAIRE ET DÉVELOPPEMENT DE BACTÉRIES

radioactifs étendus sur des plaques métalliques « plus » et « moins ».

Enfin, un troisième dispositif (fig. 4), dépourvu de tout montage électrique, est agencé de façon à mettre les cultures à l'abri du rayonnement cosmique (1) — ou tout au moins à l'abri de la partie non « pénétrante » de ce rayonnement, lequel se traduit, lui aussi, comme on sait, par une ionisation de l'air. Dans cette voie, le biologiste poursuit le but suivant : par la protection progressive, de plus en plus accrue, des cultures contre le rayonnement cosmique, il compte apprendre :

1° Si ce rayonnement est une condition

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 219, page 183.

absolue de la prolifération cellulaire, et par conséquent de la vie, au même titre que l'oxygène atmosphérique conditionnant la biochimie générale ;

2° Quel rôle peut éventuellement jouer, dans l'évolution des cultures microbiennes, ce facteur, lui-même relié à l'activité solaire d'après les théories les plus plausibles.

Telle est l'expérimentation positive — la seule qui, jusqu'ici, mérite ce qualificatif — en vue de la recherche qui nous occupe.

Les résultats expérimentaux

Nous n'entrerons pas dans une discussion détaillée des résultats obtenus.

Nous nous contentons d'offrir au jugement du lecteur les courbes qui enregistrent ces résultats, par les méthodes de pointage ordinairement employées dans les laboratoires.

Il est indéniable que ces graphiques sont extrêmement suggestifs.

Le premier d'entre eux (fig. 5) se rapporte au premier thème expérimental. L'opérateur dispose de la tension électrique appliquée à l'ionisation du milieu de culture.

Les ordonnées du graphique mesurent l'extension acquise (en mm²) en 48 heures, par une culture de « staphylocoques ».

Placée entre les deux armatures d'un condensateur, l'extension est d'autant plus rapide que le gradient du potentiel appliqué est plus élevé. Si on surajoute au potentiel électrique un flux ionique (par le procédé des

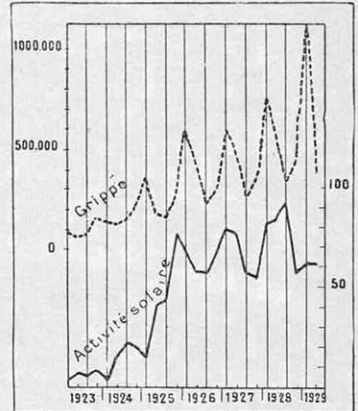


FIG. 7. — ACTIVITÉ SOLAIRE ET GRIPPE EN U. R. S. S. (DONNÉES TRIMESTRIELLES)

Nous nous contentons d'offrir au jugement du lecteur les courbes qui enregistrent ces résultats, par les méthodes de pointage ordinairement employées dans les laboratoires.

Il est indéniable que ces graphiques sont extrêmement suggestifs.

Le premier d'entre eux (fig. 5) se rapporte au premier thème expérimental. L'opérateur dispose de la tension électrique appliquée à l'ionisation du milieu de culture.

Les ordonnées du graphique mesurent l'extension acquise (en mm²) en 48 heures, par une culture de « staphylocoques ».

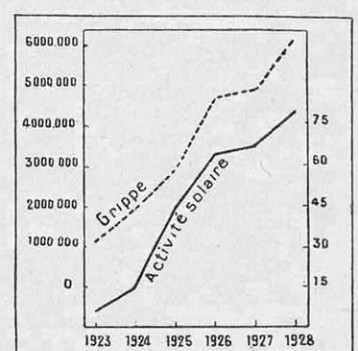


FIG. 8. — ACTIVITÉ SOLAIRE ET GRIPPE EN U. R. S. S. (DONNÉES ANNUELLES)

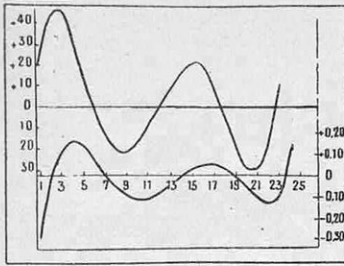


FIG. 9. — ACTIVITÉ SOLAIRE ET RÉCOLTES DE CÉRÉALES
Courbes montrant les oscillations moyennes, pendant un siècle d'observation, des récoltes de céréales en Russie (en bas) et du nombre des taches solaires (en haut).

part (trait plein) les variations de l'activité solaire durant cette période et d'autre part (en pointillé) la rapidité de croissance de « corinébactéries » observée, dans des conditions aussi régulières que possible, pendant le même temps. La corrélation des deux phénomènes, l'astronomique et le biologique, apparaît nettement — sauf en 1934... Ces expériences, dues au docteur Velkhover, de l'hôpital de Kazan, rejoignent la seconde espèce d'observations que nous avons appelées « statistiques » et que nous allons maintenant aborder, en fonction des documents *historiques* — non plus de laboratoire.

Les déductions tirées des statistiques modernes

Voici l'un des plus « parlants » de ces documents statistiques.

Il a trait à l'évolution de la *morbidity* (nombre des malades relativement au nombre d'habitants) observée en U. R. S. S., de 1923 à 1929, par trimestres, quant à l'épidémie de *grippe*. Cette donnée statistique fournie par les hôpitaux s'exprime dans la courbe en pointillé (fig. 7). La variation concomitante de l'activité solaire est figurée par la courbe en trait plein.

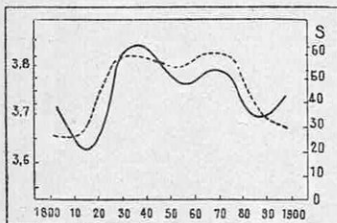


FIG. 10. — ACTIVITÉ SOLAIRE ET NATALITÉ EN EUROPE

La courbe de l'activité solaire est tracée en noir et celle de la natalité en pointillé.

pointes) l'accélération de la prolifération microbienne est encore plus accentuée.

Un second graphique (fig. 6) expose les résultats d'observations prolongées durant la décade 1925-1935. On y suit d'une

des discordances. Il est bien inutile d'attribuer à ces discordances des facteurs « cachés », à découvrir : il est plus simple de mettre en doute la précision des données fournies par les bureaux. Mais alors une analyse mathématique d'ensemble permet de considérer le phénomène de « plus haut » : si l'on *fond* les chiffres trimestriels (trop dé-

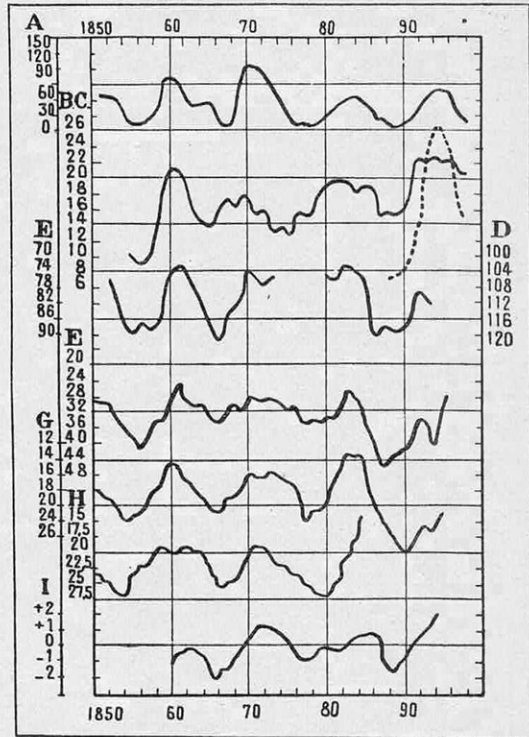


FIG. 11. — DE NOMBREUX PHÉNOMÈNES NATURELS SUIVENT LES VARIATIONS PÉRIODIQUES DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE

A, courbe de l'activité solaire ; B, date de floraison des marronniers près de Paris ; C, date d'arrivée des hirondelles dans le centre de la France ; D et E, périodes moyennes de floraison de certaines plantes dans la région de Kent et près d'Edimbourg (Grande-Bretagne) ; F, G, H, I, évolution de quelques phénomènes météorologiques (oscillations de la température dans le nord de la Suède, débâcle des glaces d'une rivière finlandaise).

taillés pour échapper aux contingences inhérentes à ce genre de documentation) en chiffres *annuels*, on obtient un nouveau graphique (fig. 8) où le parallélisme devient beaucoup plus frappant. Ce procédé est légitime. Il relève de méthodes analytiques constamment employées par les statisticiens pour rechercher les *corrélations* entre divers ordres de phénomènes qui, chacun pris à part, ne sont pas mesurables avec une précision suffisante (sans quoi l'opération sta-

Le parallélisme entre les deux variations est très net de juillet 1925 à mars 1928. Avant et après ces limites, il existe

taillés pour échapper aux contingences inhérentes à ce genre de documentation) en chiffres *annuels*, on obtient un nouveau graphique (fig. 8) où le parallélisme devient beaucoup plus frappant. Ce procédé est légitime. Il relève de méthodes analytiques constamment employées par les statisticiens pour rechercher les *corrélations* entre divers ordres de phénomènes qui, chacun pris à part, ne sont pas mesurables avec une précision suffisante (sans quoi l'opération sta-

tistique n'aurait précisément aucun rôle à jouer).

L'activité solaire est, d'autre part, un terme qui mérite lui-même d'être dissocié, puisque sa manifestation prend des formes extrêmement diverses — nous l'avons déjà souligné. Les aspects

thermique, électrique, magnétique, de cette « activité » sont loin d'être nettement dissociés par les astrophysiciens.

L'aurore boréale constitue, par exemple, un élément d'observation particulier de cette activité. Un médecin de Copenhague, le docteur Mygge, rassemblant toutes les données concernant la grippe au Danemark, a établi que les *poussées maxima* de l'épidémie se révélaient en même temps que les maxima de l'activité solaire rapportée à la fréquence des aurores boréales. La fréquence des *taches* solaires pourrait tout aussi bien être prise comme référence de l'observation biologique.

Sans attendre que les astrophysiciens aient dissocié à loisir *tous* les facteurs de la pulsation solaire, le docteur Velkhover s'est livré à une analyse de ses graphiques statistiques qui, étant *périodiques*, se prêtent à la décomposition en « harmoniques », bien connue des mathématiciens. Il a mis en évidence, par ce nouveau moyen, des « nœuds » et des « ventres » dus à l'intervention de ce qu'il nomme les « grands facteurs ». Les périodes d'activité et de sommeil de ces grands facteurs — dont il ne reste plus qu'à déterminer la nature physique après avoir mis en évidence leur existence mathématique — sont inégales.

Activité des taches solaires		Pandémies de choléra		
Maximum	Minimum	Début de la pandémie	Période de la diffusion maximum	Fin de la pandémie
1816	1823	1816	1817	1823
1830	1833	1827	1829-1831	1833
1837	—		+ 1837	
1848	1856	1844	1848	1857 + 1860
1860	1867	1863	1863-1866	1875
1870	1878		1870-1872	
1883	1889	1883	1883-1886	1889
1894	1900	1890	1892-1894	—

TABLEAU MONTRANT LA CORRÉLATION ENTRE L'ACTIVITÉ SOLAIRE ET LES PANDÉMIES DE CHOLÉRA

médecin intervenant à la façon de Le Verrier dans la prédiction anticipée d'un phénomène astronomique apparaîtrait saugrenue si précisément, nous le répétons, les statisticiens des récoltes de blé et de vin n'avaient précédé la découverte de Schwabe tout en le guidant ! Les premières indications du genre furent prises en considération par le grand Herschell en 1801.

C'est donc sans ironie que nous signalons les affirmations du savant collaborateur de Tchijevsky. Il ne faut jurer de rien.

Rétrospective historique touchant la morbidité « solaire »

Les phénomènes biologiques qu'on a tenté de mettre en relation avec l'activité solaire périodique ne se bornent pas aux épidémies. On en compte exactement 27 parmi lesquels nous citons : l'abondance des récoltes ; leur qualité ; la croissance des troncs d'arbres mesurée par l'épaisseur de leurs cercles annuels ; le temps de floraison des plantes ; la multiplication et la migration des insectes ; celles des poissons ; celles des animaux à fourrures et des rongeurs ; la quantité de calcium dans le sang ; la fréquence des morts subites, des incendies et des cas de mort par la foudre ; les oscillations de

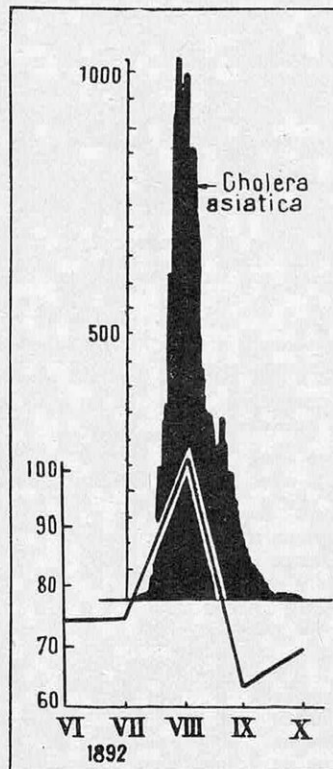


FIG. 12. — LA POUSSÉE DE L'ÉPIDÉMIE DE CHOLÉRA A HAMBURG (AOUT 1892) A COINCIDÉ AVEC UNE AUGMENTATION BRUSQUE DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE

pois des nouveau-nés ; la fréquence des crimes passionnels et autres cas psychopathiques ; la mortalité générale ; la natalité ; la nuptialité (fig. 11).

Mais ce sont les épidémies et les épizooties qui dominent toutes les observations.

On a pu reconstituer avec une précision suffisante la marche du choléra asiatique.

En 1816, par exemple, lors de la grande « pandémie » — épidémie d'expansion universelle — du choléra, les taches solaires atteignaient leur maximum d'intensité, quand le fléau prenait son essor aux Indes. En 1827, même concordance pour la pandémie qui se développe durant dix ans — d'un maximum à l'autre de l'activité solaire. La pandémie de 1844 à 1860 englobe deux maxima. L'essor réel coïncide, en 1846, avec l'un des maxima. En 1883, exactement l'année du maximum d'activité

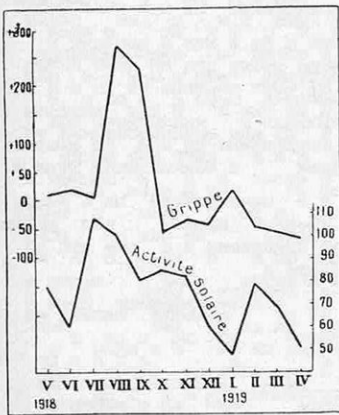


FIG. 13. — LA DIFFUSION DE LA GRIPPE DANS L'ARMÉE FRANÇAISE EN 1918-1919 APPARAÎT EN CORRÉLATION AVEC LES VARIATIONS DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE PENDANT LA MÊME PÉRIODE

des chroniqueurs, la distribution des épidémies ne coïncide pas, à vrai dire, avec les maxima et les minima rigoureux de l'activité solaire : elle se répartit entre les maxima et les minima.

La « peste » enfin, puisqu'il faut l'appeler par son nom, la plus terrible des épidémies périodiques que l'humanité ait supportées dans le passé, se distribue de la manière suivante, relativement à l'activité solaire : du VI^e au XIV^e siècle, 35 % des épidémies correspondent aux minima solaires, et 65 % aux maxima.

Sans attacher trop d'importance à cette statistique par trop rétrospective, retenons

le choléra réapparaît après une longue période d'accalmie. En 1894-1895, même coïncidence d'une pandémie et du maximum d'activité.

Pour la « grippe » qui porta divers noms au cours des siècles, mais que les médecins diagnostiquent aujourd'hui parfaitement à travers les descriptions

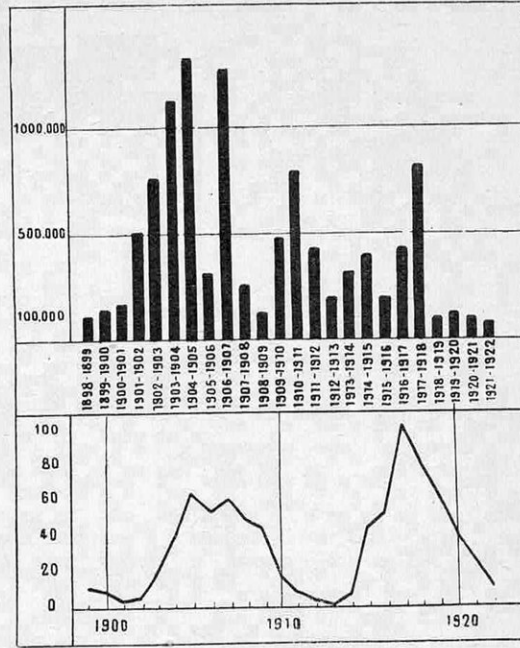


FIG. 14. — LE DIAGRAMME DE MORTALITÉ DE LA PESTE AUX INDES DE 1898 A 1922 (EN HAUT) SUIT L'ALLURE GÉNÉRALE DE LA COURBE DE L'ACTIVITÉ SOLAIRE

seulement le graphique afférent à la mortalité pesteuse aux Indes de 1898 à 1922 (fig. 14).

La diphtérie a fourni au Danemark, petit pays, de statistiques très soignées, un graphique particulièrement net (fig. 15) et qui n'entre en discordance avec celui de l'activité solaire qu'à l'époque où fut découvert le sérum du docteur Roux !

Une dernière remarque touchant la valeur de « l'astrologie » relativement à la prédiction des fléaux épidémiques dans le passé. Certains astronomes ont mis en évidence

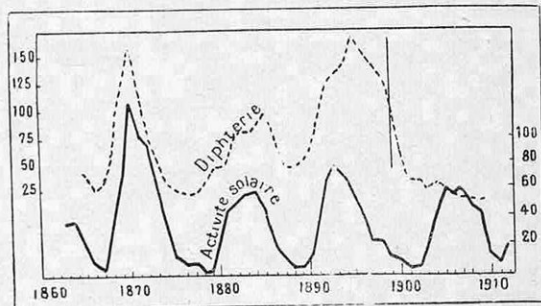


FIG. 15. — L'ACTIVITÉ SOLAIRE ET LA DIPHTÉRIE AU DANEMARK

La courbe de la diphtérie a été déplacée à droite de cinq années. On remarquera que le trait vertical marque l'introduction du traitement par le sérum antidiphthérique et qu'à partir de cette date la courbe ne suit plus les variations de l'activité solaire.

une remarquable coïncidence entre la position relative (constellation) des planètes et le passage de l'activité solaire par ses niveaux extrêmes. Ainsi, sans s'en douter, les astrologues « pensaient » à l'influence des planètes, mais en parfaite concordance avec les variations solaires qui sont concomitantes à leurs mouvements relativement à l'astre central. Ils expliquaient mal une relation qui serait juste en elle-même !

L'avenir du problème biologique posé par les variations de l'activité solaire

Pour conclure sur des remarques positives indiscutables, disons qu'il est hors de doute que l'évolution biologique normale, aussi bien que ses accidents morbides, sont intimement reliés à divers facteurs chimiques et physiques aujourd'hui parfaitement décelés et mesurables : entre autres le pH (1) des bassins

(1) Ou concentration en cations H^+ . Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95.

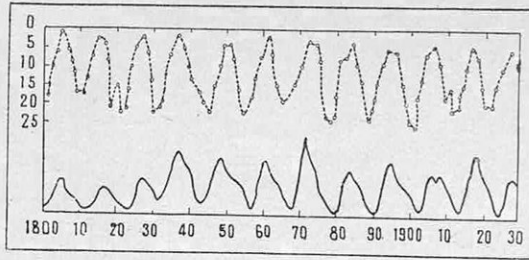


FIG. 16. — UNE CURIEUSE JUSTIFICATION SCIENTIFIQUE DE LA PRÉVISION DES ÉPIDÉMIES PAR L'ASTROLOGIE.

La courbe du haut représente (d'après Malburet) la « constellation » des planètes Jupiter, Terre, Vénus et Mercure, c'est-à-dire leurs positions respectives compte tenu de leurs périodes de révolution. L'activité solaire (courbe du bas), dont les figures précédentes ont démontré l'influence sur certaines épidémies, éprouve des variations qui suivent d'une manière frappante la courbe supérieure. L'étude de la position des planètes pourrait donc, jusqu'à un certain point, autoriser la prédiction d'une épidémie future. Il va de soi que toute précision concernant sa date et sa nature est impossible, et encore moins toute prévision concernant un individu particulier.

triques qui lui sont appliquées.

Ceci revient à dire que la machine vivante, essentiellement électrique, comme l'a montré l'illustre d'Arsonval, doit être étudiée non plus seulement en elle-même, mais en corrélation étroite avec les variations électriques et électromagnétiques du milieu dans lequel elle vit. Et ces variations dépendent du Soleil.

JEAN LABADIÉ.

Vingt-cinq années de Sciences et de Techniques

et du progrès humains constamment tenue à jour pour le grand public. Cependant, dans l'incessante et rapide évolution imprimée au monde moderne par la science appliquée, on éprouve la nécessité de faire le point et de recenser périodiquement les résultats enregistrés par les efforts conjugués des savants et des praticiens. Tel est le sens général du **NUMÉRO SPÉCIAL EXTRAORDINAIRE** que va éditer *La Science et la Vie* pour marquer les étapes les plus caractéristiques accomplies, au cours du dernier quart de siècle, dans les différents domaines de la science pure et appliquée.

Vous trouverez dans ce numéro extraordinaire, qui constituera aussi le **numéro de NOËL 1938** de *La Science et la Vie*, des articles de haute vulgarisation rédigés par d'éminentes personnalités du monde scientifique et industriel. Ce véritable volume de plus de 200 pages abondamment illustrées sera mis en vente le 25 novembre prochain au prix de **7 francs seulement**. Le retenir dès maintenant est une sage précaution malgré l'importance exceptionnelle de son tirage.

LA SCIENCE ET LA VIE

célèbre en 1938 le vingt-cinquième anniversaire de sa fondation. La collection de ses 256 livraisons parues à ce jour forme sans conteste l'encyclopédie la plus complète du savoir

UNE NOUVELLE ÉTAPE DANS L'EXPLORATION DE L'INFINIMENT PETIT : LE SUPERMICROSCOPE ÉLECTRONIQUE

Par R. FRITZ

ASSISTANT A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE BESANÇON

Après un développement plus que centenaire, le microscope optique a atteint pratiquement, de nos jours, la limite extrême théorique de ses possibilités. Par des modes d'éclairage spéciaux et par l'utilisation de la lumière ultraviolette en particulier, on a pu améliorer quelque peu son pouvoir séparateur. La distance la plus petite qui puisse séparer deux points paraissant encore distincts au microscope est ainsi de l'ordre du dixième de micron (dix-millième de millimètre), ce qui correspond à un grossissement utile maximum de 2 000 fois. Mais l'obtention d'un tel résultat exige la mise en œuvre d'un appareillage assez compliqué et d'un maniement très délicat (1). Pratiquement on ne voit guère dans les travaux de microscopie de reproductions montrant des détails de moins d'un demi-micron. On sait que c'est principalement le phénomène de diffraction, dû à la nature ondulatoire de la lumière qui éclaire l'objet, qui limite ainsi le pouvoir séparateur. Pour aller plus avant, il faudrait diminuer encore la longueur d'onde des radiations utilisées, c'est-à-dire travailler avec des rayons X. Or, on ne connaît pas jusqu'à ce jour de dispositif jouant le rôle de lentille pour rayons X. Le microscope à électrons fait appel à des longueurs d'onde beaucoup plus petites encore que les rayons X, celles des ondes qui, d'après les conceptions modernes de la mécanique ondulatoire, sont associées aux électrons rapides. Des combinaisons électriques analogues aux combinaisons optiques du microscope ordinaire peuvent alors être réalisées sans difficulté. Le pouvoir séparateur du supermicroscope réalisé sur ce principe en Allemagne a atteint un cent-millième de millimètre, ce qui correspond à un grossissement maximum de l'ordre de 20 000 fois. Ainsi se trouve ouvert à notre observation directe le monde des colloïdes, des noyaux cellulaires, des chromosomes et des « gènes », sur lequel il nous faudra sans doute réviser beaucoup de nos conceptions actuelles acquises par l'interprétation souvent hasardée des résultats de l'expérimentation indirecte.

L'optique électronique

LA mécanique ondulatoire, dont les conceptions hardies ont été brillamment vérifiées par l'expérience (2), a mis à la disposition du physicien des rayonnements corpusculaires dont les longueurs d'onde peuvent être inférieures même de beaucoup à celles des rayons X les plus pénétrants. En effet, d'après cette théorie, on est conduit à associer à un corpuscule en mouvement (tel que, par exemple, un électron accéléré par un champ électrostatique) une certaine longueur d'onde qui dépend de la masse et de la vitesse du corpuscule. La figure 1 permet de rattacher et de comparer les longueurs d'onde ainsi obtenues à celle des rayons X et du spectre visible ;

c'est ainsi qu'un électron, accéléré dans un champ électrique de 150 volts (accélération qui lui communique une vitesse de l'ordre de 7 000 km/s) possède une longueur d'onde associée de 1 angström (1). Pour utiliser, au point de vue optique, ces courtes longueurs d'onde, il faut disposer de lentilles « électroniques ».

Que faut-il entendre par lentille électronique? C'est un dispositif expérimental jouissant de la propriété de concentrer un faisceau d'électrons et de former avec eux de véritables images. Considérons, par exemple (fig. 2 a) un faisceau d'électrons animés tous de la même vitesse et partant d'un point A. Un système L jouera le rôle de lentille quand, pendant le passage des électrons, il aura agi de telle façon sur les tra-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 211, page 15.

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

(1) L'angström vaut un dix millionième de millimètre.

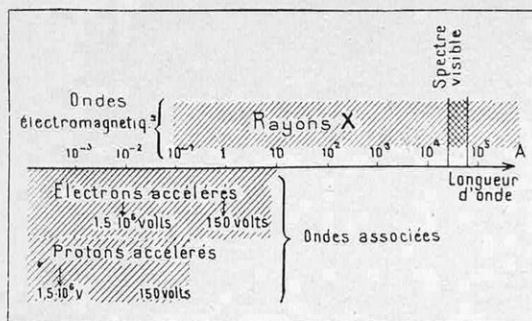


FIG. 1. — TABLEAU COMPARATIF DES LONGUEURS D'ONDE, DES ONDES ÉLECTROMAGNÉTIQUES ET DES ONDES ASSOCIÉES AUX CORPUSCULES, CALCULÉES D'APRÈS LA THÉORIE DE LA MÉCANIQUE ONDULATOIRE

On sait d'après cette théorie récente, consacrée par l'expérience (diffraction des électrons), que la longueur d'onde associée à l'électron est d'autant plus petite que la vitesse de celui-ci, obtenue par accélération dans un champ électrique, est plus grande.

jectives électroniques que celles-ci convergent toutes en un point A' . On dira que A' est l'image du point A . Or, il y a déjà une douzaine d'années qu'on a démontré théoriquement, à propos d'études sur la concentration des rayons cathodiques, que toute disposition de champ électrique

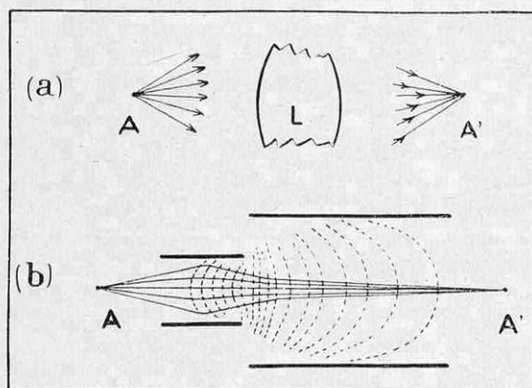


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UNE LENTILLE ÉLECTRONIQUE

a) Tout système L qui fait converger un faisceau d'électrons issus d'un point A et animés de la même vitesse en un point A' est une lentille électronique ;
 b) Lentille électronique électrostatique, réalisée par deux cylindres métalliques coaxiaux portés à des potentiels électriques différents. Les lignes équipotentielles du champ électrostatique sont portées en pointillé. Les trajectoires électroniques, dont on voit la concentration à leur passage à travers les cylindres, sont représentées en traits pleins.

ou magnétique, pourvu qu'elle possède une *symétrie de rotation*, joue le rôle de lentille électronique. Dans la suite, on n'a pas tardé à réaliser simplement de telles lentilles. Ainsi les lentilles électroniques électriques sont constituées par des diaphragmes ou cylindres métalliques coaxiaux portés à des potentiels différents (fig. 2b) ; une simple bobine circulaire, parcourue par un courant, forme une lentille électronique magnétique. Muni de ces lentilles, éléments essentiels, on s'est lancé presque aussitôt dans la construction de microscopes électroniques.

Le microscope électronique

Résumons brièvement le schéma et le principe de fonctionnement d'un microscope

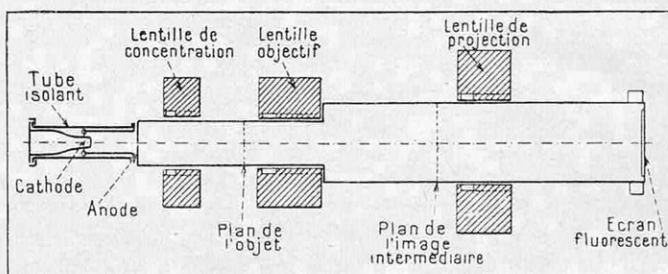


FIG. 3. — MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE MAGNÉTIQUE

Le faisceau électronique émis par la cathode est concentré sur l'objet par une première bobine, jouant le rôle de condenseur. La lentille objective forme une première image de cet objet dans le plan de l'image intermédiaire, où, reprise par la dernière lentille, elle est enfin projetée fortement agrandie sur l'écran.

électronique. Suivant la nature des lentilles employées, il est électrique ou magnétique. On peut également utiliser une superposition de champs magnétique et électrique, soit encore, en supplément, un dispositif optique permettant de comparer les images optiques aux images électroniques d'un même objet. A cause de la plus grande maniabilité et la facilité relative d'obtenir de forts grossissements, on a construit surtout des microscopes électroniques magnétiques. La figure 3 en montre le schéma. En voici le principe de fonctionnement. Une cathode froide, portée à un potentiel négatif très élevé (quelques dizaines de milliers de volts en général), émet un faisceau d'électrons qui sont tous uniformément accélérés par un champ électrique. Une première bobine, jouant le rôle de condenseur, concentre le faisceau sur l'objet. La deuxième bobine, lentille objective, forme une première image de cet objet dans un plan situé un peu en avant de la dernière bobine. Celle-ci reprend enfin cette image intermédiaire et la projette, fortement agrandie, sur l'écran

fluorescent. Pour obtenir un champ magnétique très intense et très serré, les bobines sont, en général, entourées d'un blindage en fer très doux, qui n'est interrompu que sur la face intérieure par une fente circulaire aménagée par une bague en laiton. Dans l'intérieur de l'appareil règne un vide très poussé, nécessaire à la production et à la propagation libre des électrons, et qui est entretenu par de puissantes pompes à vide. La figure 4 montre une réalisation pratique d'un appareil de ce genre, faite par l'auteur de ces lignes et entièrement construit au Laboratoire de physique de la Faculté des Sciences de Besançon.

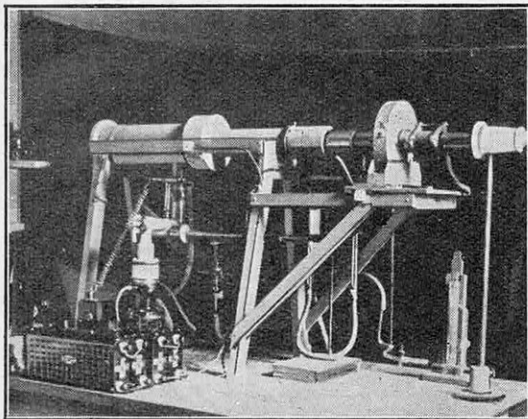


FIG. 4 — PHOTOGRAPHIE D'ENSEMBLE D'UN MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE MAGNÉTIQUE

Quel est l'intérêt pratique d'un microscope électronique ?

Plusieurs raisons justifient pleinement les efforts qui ont été poursuivis en vue de mettre au point et de perfectionner cet appareil. En premier lieu, le microscope électronique permet de voir les choses, en quelque sorte, sous un autre jour. On sait que dans le microscope optique, quand on observe un objet par transparence, l'image de celui-ci est formée grâce à la *réfraction* des rayons lumineux par des régions de l'objet d'indice de réfraction différent, à moins qu'on n'ait recours à une coloration spécifique telle qu'elle est utilisée couramment en biologie. Il en est tout autrement pour le microscope électronique. Celui-ci montre, en effet, par un processus tout différent, surtout une distribution de la masse à l'intérieur de l'objet par l'absorption et principalement la *diffraction* des électrons par des régions de masse et de densité différentes. Regardons de plus près la genèse de l'image dans ce cas (fig. 5). Les électrons rapides tombant sur une partie

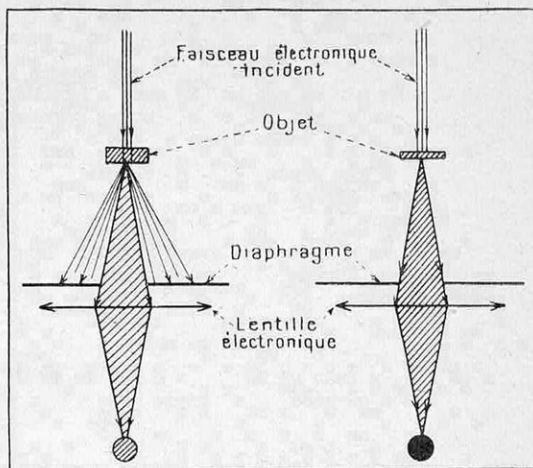


FIG. 5. — FORMATION DE L'IMAGE A TRAVERS UNE LENTILLE ÉLECTRONIQUE

A gauche : le faisceau électronique, tombant sur une partie de l'objet très épaisse ou très dense, est largement diffracté. Peu d'électrons passent à travers le diaphragme pour être concentrés par la lentille dans l'image finale. Celle-ci paraît sombre sur l'écran fluorescent. A droite : la partie de l'objet frappée par le faisceau électronique incident est mince ou peu dense. Les électrons peu diffractés sont tous recueillis au delà du diaphragme par la lentille électronique. L'image finale est très lumineuse.

plus épaisse ou plus dense de l'objet sont fortement diffractés après leur traversée, et une faible partie seulement est recueillie à travers le diaphragme par la lentille objective. Par conséquent, le point image correspondant, où les électrons seront concentrés sur l'écran fluorescent, est peu lumineux. Par contre (fig. 5), un endroit peu épais ou peu dense paraîtra par comparaison très lumineux dans l'image, tous les électrons du faisceau incident l'ayant traversé étant faiblement diffractés et

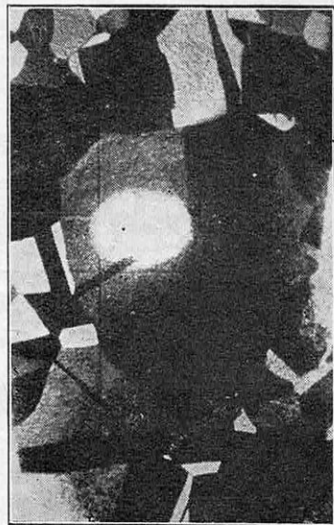


FIG. 6. — IMAGE ÉLECTRONIQUE D'UNE CATHODE INCANDESCENTE CRISTALLINE EN NICKEL (GROSSISSEMENT ENVIRON 50 FOIS)

ayant été, de ce fait, tous recueillis par la lentille objectif. Ce mode de formation de l'image différencie fortement l'image électronique de l'image optique. Il fait apparaître des détails de structure de la masse de l'objet, souvent peu ou pas du tout visibles au microscope optique.

En second lieu, un grand intérêt pratique du microscope électronique réside dans la possibilité, tout à fait propre à l'appareil, d'examiner tous les émetteurs d'électrons, d'étudier tous les problèmes relatifs à l'émission électronique :

position et importance des centres d'émission, leurs variations d'intensité en fonction de différents facteurs (température, temps, atmosphère gazeuse, etc.). D'autre part, le microscope électronique a permis de montrer la structure cristallographique de métaux à haute température. Pour la lumière naturelle, le pouvoir émissif d'une substance cristalline ne dépend, en général, que de sa température, et l'orientation des cristaux n'intervient en aucune façon, de sorte que l'ensemble de la source lumineuse (par exemple un morceau de fer incandescent) paraît, même sous de forts grossissements, uniformément lumineux. Il en est tout autrement pour le microscope électronique. L'émission électronique d'une cathode cristalline est, en effet, largement influencée par l'orientation des cristaux, qui détermine un changement de la valeur du travail nécessaire à l'extraction des électrons (fig. 6). Ces propriétés électroniques des métaux incandescents deviennent, en particulier, tout à fait précieuses pour l'étude des transformations cristallographiques des métaux à haute température. Ainsi, on a pu mettre en évidence, et même cinématographier, la transformation du fer α en fer γ qui s'effectue vers 900°.

Enfin, la troisième raison (qui prend, de nos jours, de plus en plus d'importance) de

l'emploi du microscope électronique est la possibilité de dépasser théoriquement de plus de cent mille fois le pouvoir séparateur du microscope optique, possibilité que nous avons déjà mentionnée et qui permet d'espérer aller encore plus en avant dans l'exploration de l'infiniment petit.

Le développement du microscope électronique et de sa technique

Parmi les inconvénients que présente l'emploi du microscope électronique, il faut

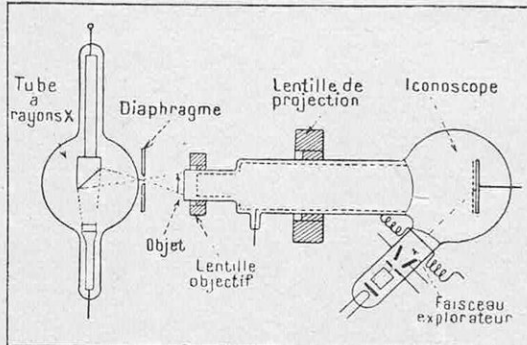


FIG. 7. — SCHÉMA D'UN MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE MAGNÉTIQUE, MODIFIÉ D'APRÈS UN BREVET RÉCENT PRIS PAR LA MAISON ZEISS

L'objet irradié par des rayons X est placé au contact d'une feuille mince en aluminium fermant l'extrémité du tube du microscope électronique. Les électrons libérés dans cette fenêtre en métal donnent une image réelle et conforme de l'objet, qui, agrandie par deux lentilles magnétiques successives, est projetée sur la mosaïque d'un iconoscope. Explorée par un rayon cathodique et amplifiée par des dispositifs électriques convenables (d'après le procédé Zworykin), l'image apparaît enfin très dense sur l'écran fluorescent d'un tube cathodique, tel qu'on l'emploie couramment aujourd'hui pour la réception en télévision.

citer la nécessité de placer l'objet à étudier à l'intérieur de l'appareil dans un vide très poussé et de le soumettre à un bombardement électronique très intense. En effet, ce mode opératoire limite énormément les objets d'étude possibles. Il est très difficile d'étudier, dans ces conditions, des objets biologiques dont la plupart résistent aussi peu à la dessiccation dans le vide qu'aux effets destructeurs des électrons accélérés. Un brevet pris récemment en France par la maison Zeiss permet d'améliorer ces conditions d'observation. Le principe de la méthode est le suivant. L'image de l'objet est projetée sur une cathode photoélectrique où elle produit une émission électronique servant d'objet au microscope électronique. Seulement, pour obtenir un pouvoir séparateur notable, cette image est réalisée avec des rayons ultraviolets ou des rayons X. Dans le cas de la lumière ultraviolette, la photocathode est constituée par une faible couche de métal alcalin, formant cellule photoélectrique. L'image finale se forme sur un écran fluorescent ou sur une plaque photographique. Dans le cas des rayons X, on produit une image par transparence de l'objet en irradiant celui-ci par une source de rayons X ponctuelle, l'objet étant appliqué contre une mince feuille d'aluminium (fig. 7). Cette feuille émet alors, aux endroits frappés par les rayons X,

des électrons dont le nombre est proportionnel à l'intensité du rayonnement incident. Ces électrons, recueillis par les lentilles, sont concentrés sur l'image finale. Seulement, dans ce cas, son intensité (dépendant de celle de l'émission électronique) est trop faible pour permettre l'observation, sur un écran fluorescent ou l'enregistrement sur une plaque photographique. C'est pourquoi on remplace l'écran fluorescent par un système analogue à l'iconoscope de Zworykin (1). L'image projetée sur cette mosaïque d'éléments photoélectriques est explorée par un mince rayon cathodique et apparaît enfin très intense, après amplification, sur l'écran d'un tube cathodique. L'appareil ainsi modifié présente un double avantage : il permet d'abord une manipulation facile des objets, qu'on peut échanger à volonté, et ceux-ci sont soustraits, d'autre part, à l'action du vide et du bombardement électronique. L'inconvénient du procédé réside dans la complication de l'appareillage par l'adjonction d'un iconoscope qui, par suite

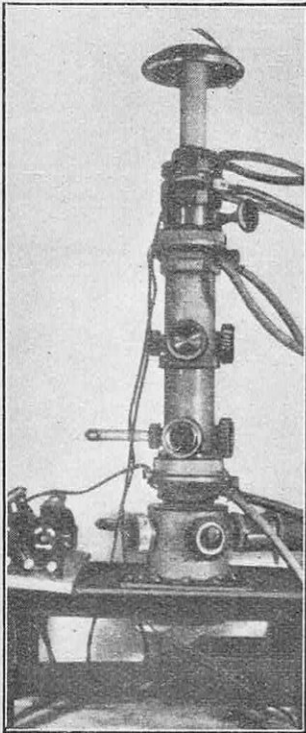


FIG. 8. — MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE MAGNÉTIQUE CONSTRUIT SPÉCIALEMENT EN VUE DE L'OBTENTION DE TRÈS FORTS GROSSISSEMENTS (ENVIRON 10 000 FOIS)

de sa constitution cellulaire, réduit certainement le pouvoir séparateur de l'ensemble du dispositif.

Quels sont, d'autre part, les progrès réalisés dans la construction du microscope électronique ? Le premier appareil important, construit pour obtenir des grossissements très élevés, date de 1933 (2) et a été réalisé en Allemagne par E. Ruska (fig. 8). De semblables instruments ont été construits depuis en Bel-

(1) V. *La Science et la Vie*, n° 209, page 411.

(2) Un appareil de démonstration antérieur (1932), réalisé par M. Knoll et Ruska, est au Palais de la Découverte.

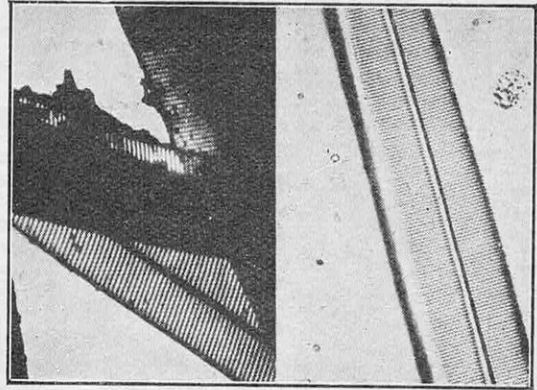


FIG. 9. — PHOTOGRAPHIES DE DIATOMÉES FORTEMENT AGRANDIES

A gauche : image obtenue au microscope électronique avec un grossissement de 3 100 fois. A droite : microphotographie d'une diatomée de la même espèce, obtenue au microscope optique avec un éclairage oblique de rayons ultraviolets et un grossissement de 1 800 fois.

gique par L. Marton (1), en Angleterre par L.-C. Martin, en France par nous-même. Mais, au point de vue grossissement et pouvoir séparateur, le premier appareil de Ruska venait toujours largement en tête jusqu'à ces derniers temps. Ce problème des grossissements élevés est fort ardu.

Comme on le sait, pour le microscope la valeur du grossissement est donnée par le produit des grossissements des lentilles objectif et oculaire. De forts grossissements demandent donc la construction de lentilles de très petite distance focale. Pour les lentilles électroniques, ceci suppose une action de concentration très énergique des champs agissants, assez difficile à obtenir avec des lentilles électriques (à cause de la valeur très élevée des potentiels électriques à mettre en œuvre). On a pu construire, dès le début, des lentilles magnétiques (réalisées avec un blindage spécial en fer doux) à très court foyer. Ainsi, Ruska obtenait déjà en 1934 des grossissements de l'ordre de 12 000 fois. Mais, pour juger de tels résultats, il faut déterminer le pouvoir séparateur (distance minimum à laquelle on voit deux points distincts l'un de l'autre) qui est de toute importance, puisqu'il limite pratiquement le grossissement maximum utile qu'on peut employer. Il y a déjà deux ans que le microscope électronique surclassait, à ce point de vue, son confrère, le microscope optique. La figure 9 montre deux photographies de diatomées, qui sont d'excellents objets de test en microscopie à cause de la structure

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 79.



FIG. 10. — DE L'OR COLLOÏDAL EN SUSPENSION DANS UN FILM DE GÉLATINE, VU AU MICROSCOPE ÉLECTRONIQUE AVEC UN GROSSISSEMENT DE 2 900 FOIS

Dimensions des particules : 50-100 millimicrons.

micon, résultat qui dépasse le pouvoir de résolution courant du microscope optique. La deuxième photographie montre, à titre de comparaison, un cliché d'un individu de la même espèce de diatomée (*amphipleura pellucida*) obtenu avec un microscope optique Zeiss sous une lumière oblique ultraviolette et avec un grossissement de 1 800 fois.

Application à l'étude des colloïdes

Mais, plus récemment encore, D. Beischer et F. Krause, en opérant toujours avec le même appareil, muni de quelques perfectionnements, ont pu obtenir de très intéressants renseignements sur la structure fine des colloïdes. Nos lecteurs savent (1) que les systèmes colloïdaux sont constitués par des éléments corpusculaires, filiformes ou se présentant encore sous l'aspect de petits feuillets. En examinant de tels objets au microscope électronique, les auteurs sont arrivés à montrer des détails de structure absolument inaccessibles au microscope optique. La figure 10 représente une suspension colloïdale d'or dans un film mince de gélatine. Les particules d'or, dont la grandeur moyenne est de 65 $m\mu$ (millimicrons), sont encore visibles à l'ultramicroscope qui permet de les dénombrer sous l'aspect de petits points brillants, mais non de déterminer leur forme, que le microscope électronique montre nettement allongée.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 114, page 519 et n° 146, page 119.

fine de leur carapace de silice. La première photographie a été obtenue par E. Krause, en se servant toujours de l'appareil de Ruska, mentionné ci-dessus. Ce cliché, obtenu avec des électrons accélérés à 53 000 volts et un grossissement de 3 100 fois, permet de repérer dans la structure de l'objet des stries équidistantes de 0,13

Cette forme paraît être en relation avec les différentes propriétés physiques du colloïde.

Une autre application a été faite à des fils colloïdaux de fer et de nickel, qui s'obtiennent par la décomposition thermique de quelques-uns de leurs composés. On peut expliquer la formation de tels systèmes filiformes de la façon suivante : les particules primaires, les éléments constitutifs, se comportent, lors de la condensation de la vapeur métallique, comme de petits aimants élémentaires et se groupent, par leur attraction mutuelle, suivant une certaine direction, en formant ainsi des particules secondaires d'environ 100 $m\mu$ de dimension. Ceux-ci, disposant encore de moments magnétiques libres, se groupent, à leur tour, suivant les fils qui constituent la structure tertiaire et finale du colloïde. Ces fils ont une épaisseur de 100 à 150 $m\mu$ environ. L'emploi des rayons X avait déjà permis, par la mesure de l'élargissement des anneaux de diffraction, de déterminer les dimensions des particules primaires qui sont, dans le cas du nickel, de $20 \times 6 \times 4 m\mu$. La figure 11 montre un cliché très fouillé de fils de fer colloïdaux obtenu avec un grossissement de 3 100 fois. Une partie du cliché original suffisamment nette a été agrandie une dizaine de fois et nous voyons ainsi, à droite de la figure 11, un tronçon de fil colloïdal sous un grossissement total de 30 000 fois. On y distingue d'abord nettement les maillons de la chaîne (les particules secondaires) et, par endroits, même leur structure interne, où l'on peut voir séparés des points distants de 5 à 10 $m\mu$.

D. Beischer et F. Krause ont étendu leurs recherches à d'autres systèmes colloïdaux se présentant sous forme de petits feuillets, tels que la suie ou un gel de pentoxyde de vanadium. Ils ont pu mesurer la distribution et la grandeur des pores d'un ultra-

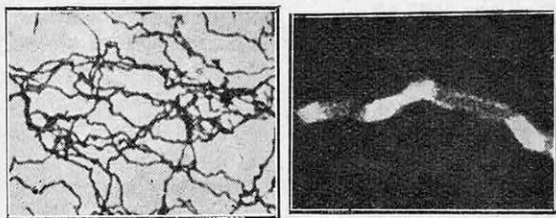


FIG. 11. — IMAGE ÉLECTRONIQUE DE FILS DE FER COLLOÏDAUX

A gauche : cliché obtenu avec des électrons accélérés à 79 000 volts et un grossissement de 3 100 fois
A droite : une partie du cliché ci-dessus suffisamment nette a été agrandie encore une dizaine de fois. Grossissement total : 30 000 fois.

filtre. Les clichés électroniques d'une mince feuille de caoutchouc très tendue faisaient apparaître des éléments de structure sous forme de fuseaux allongés, qui peuvent être interprétés soit comme de petites gouttelettes étirées de latex, soit comme des cristallites de caoutchouc.

Toute cette série d'expériences illustre combien avantageusement le microscope électronique peut être employé pour la détermination de la dimension et, surtout, de la forme géométrique des agrégats colloïdaux.

Le « supermicroscope », chef-d'œuvre de la technique électronique

Ces résultats encourageants, obtenus avec un appareil datant de 1933, ont conduit E. Ruska à lancer et à diriger, avec la collaboration de B. von Borries, la construction d'un nouvel appareil à haut rendement. Réalisé au courant de l'année 1937 par la maison Siemens et Halske, ce nouveau microscope électronique magnétique, pourvu de tous les perfectionnements récents, a déjà dépassé largement tous les résultats obtenus jusqu'à ce jour et mérite bien, de ce fait, le nom de « supermicroscope ». Nous donnons ci-dessus (fig. 12) une photographie de l'appareil ainsi que son schéma de fonctionnement. Le grossissement utile maxi-

mum est de l'ordre de 20 000 fois. Même pour la technique moderne, c'est un véritable tour de force d'atteindre un pouvoir de résolution pareil. Par le choix de fers à très haute saturation magnétique et la forme

convenable du blindage, on est arrivé à construire des lentilles électroniques magnétiques dont la distance focale est de 1 mm. Mais, pour de tels grossissements, il y a encore bien d'autres difficultés expérimentales qui doivent être surmontées. Ainsi, la moindre trépidation de l'objet d'étude par rapport au bâti de l'appareil est cause d'une image floue, c'est-à-dire inutilisable. En effet, au grossissement de 20 000, une oscillation de l'objet d'une amplitude de $1/10^6$ de μ entraîne une oscillation correspondante de 2 mm de l'image finale. D'autre part, au point de vue électrique, les distances focales des lentilles magnétiques dépendent

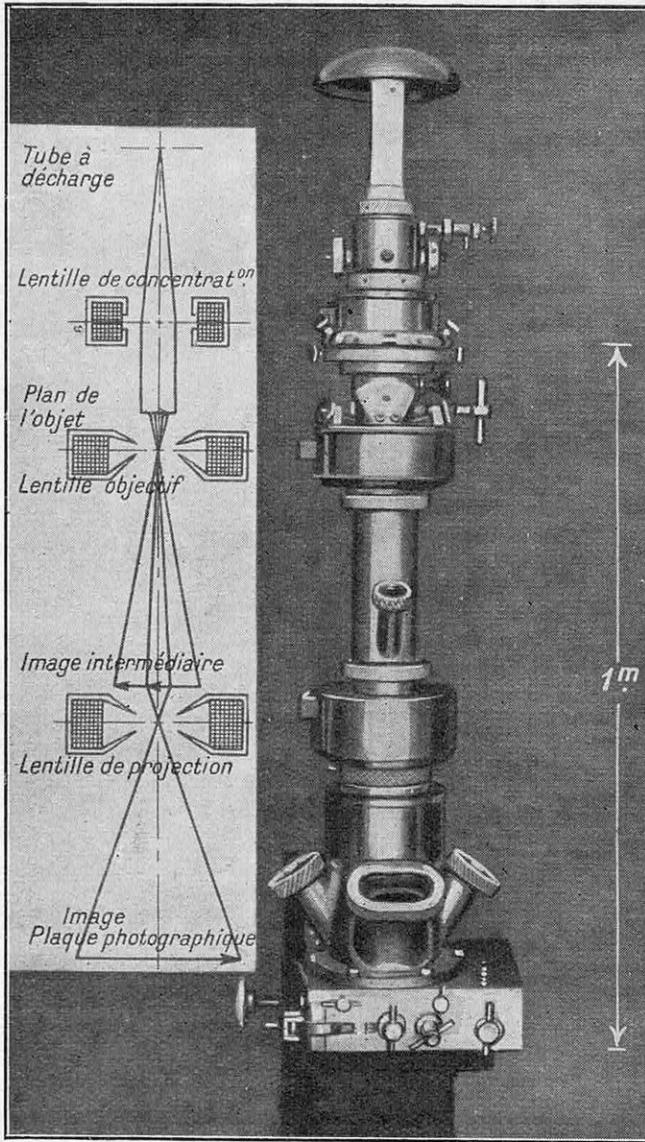


FIG. 12. — « SUPERMICROSCOPE » ÉLECTRONIQUE A COMMANDE MAGNÉTIQUE DE TRÈS HAUT RENDEMENT
Le grossissement utile maximum de cet appareil atteint 20 000.

de l'intensité du courant qui y circule ainsi que de la tension d'accélération des électrons. La moindre variation de ces constantes électriques entraîne donc un changement de la distance focale des lentilles, rendant la mise au point de l'image défectueuse ou impossible. Ceci demande, pour l'appareil fonctionnant sous une ten-

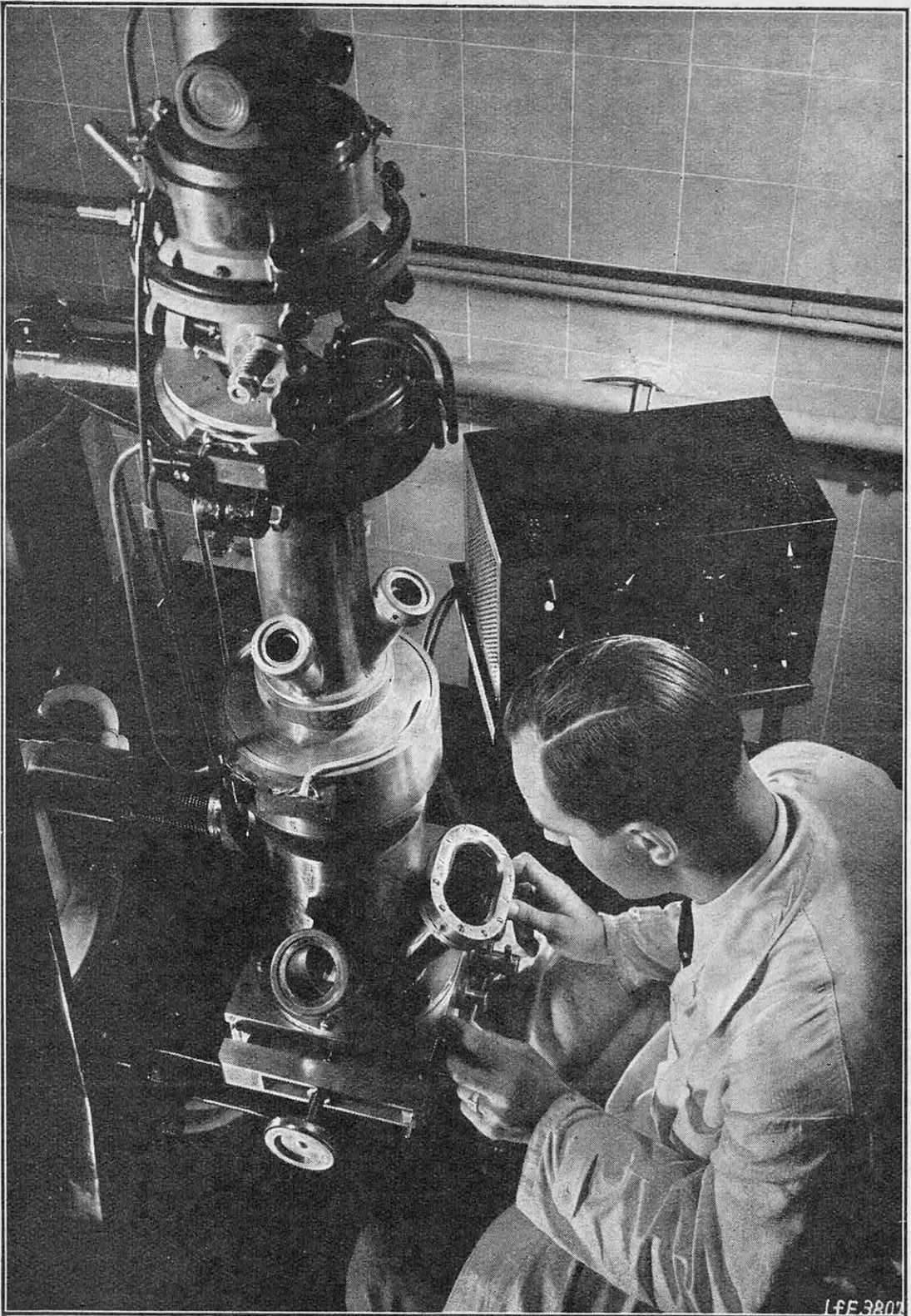


FIG. 13. — ENSEMBLE DU SUPERMICROSCOPE ÉLECTRONIQUE « SIEMENS ET HALSKE » QUI UTILISE DES TENSIONS DE L'ORDRE DE 100 000 VOLTS ET PERMET D'OBTENIR DES GROSSISSEMENTS VOISINS DE 20 000 FOIS, SOIT ENVIRON 10 FOIS PLUS QUE LE MEILLEUR MICROSCOPE OPTIQUE

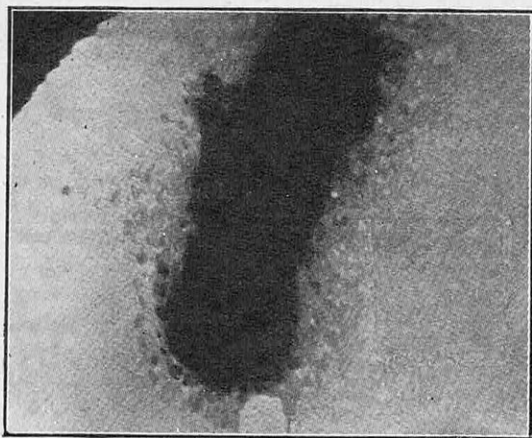


FIG. 14. — PHOTOGRAPHIE DE « STAPHYLOCOCCUS AUREUS » GROSSI 20 400 FOIS

sion constante de 80 000 volts, une variation de tension inférieure à quelques volts, problème qui est à la limite des possibilités techniques actuelles. Enfin, le moindre champ électrique ou magnétique perturbateur (et il n'en manque pas dans nos villes modernes) agit sur le pouvoir séparateur et, par conséquent, sur la netteté de l'image. Le calcul montre que la valeur du pouvoir séparateur d'un microscope électronique magnétique, exprimée en millimètres, est, au plus, égale à la moitié de l'intensité d'un champ alternatif perturbateur, exprimée en gauss. Ainsi, l'obtention d'un pouvoir séparateur de 1 μ exige l'absence de tout champ magnétique perturbateur supérieur à 2 millièmes de gauss.

Toutes ces difficultés ont pu être surmontées dans une large mesure lors de la construction du supermicroscope, comme le démontrent les premiers résultats obtenus, publiés il y a à peine quelques mois. Nous allons en citer quelques-uns des plus intéressants, concernant la biologie.

Le supermicroscope et les recherches biologiques

De bonne heure, on a essayé d'adapter la technique du microscope électronique aux recherches biologiques. A priori, cette application paraissait assez délicate, parce que les objets biologiques (coupes de tissus, microorganismes, etc.) ne résistent guère à l'action du vide et du bombardement électronique. C'est L. Marton qui a publié, le premier, d'intéressants clichés électroniques de tissus cellulaires, obtenus en les imprégnant de sels métalliques (sels d'osmium) qui permettent de conserver, après la des-

truction de l'objet, un squelette métallique conforme (1).

Plus tard, Marton a pu montrer, également en premier lieu, des photographies de bactéries obtenues au microscope électronique. Dans ce cas, la technique employée était différente. Elle consistait à ne soumettre les préparations biologiques que pendant un temps très court (de l'ordre de quelques centièmes de seconde) au rayonnement électronique. Ceci devient possible grâce à une mise au point préalable de l'image, demandant toujours un certain temps, soit sur un objet test, soit par un étalonnage préalable de l'appareil. Du reste, l'expérience a prouvé que les microorganismes résistaient beaucoup mieux à un bombardement électronique, même prolongé, qu'on ne le supposait de prime abord ; ceci est tout à fait conforme aux lois du rayonnement cathodique qui indiquent qu'une couche de matière d'une certaine épaisseur absorbe d'autant moins d'énergie, ou encore s'échauffe d'autant moins, que les rayons sont plus rapides et que la couche est plus mince. Ainsi, au supermicroscope, on a fait de beaux clichés de microbes (agrandis près de 20 000 fois) qui étaient portés par un mince film de collodion d'une épaisseur de l'ordre du 1/100 000 mm. C'est, en effet, sur ces microorganismes — les plus petits que l'on connaisse actuellement dans le monde animé — que se portèrent les premières recherches effectuées avec l'appareil de Siemens et Halske. En examinant des bactéries, on a réussi à mettre en évidence des corpuscules beaucoup plus petits

ne dépassant guère 10 μ (fig. 13). Situés au voisinage des bactéries, ces corpuscules, dont il serait prématuré d'indiquer le rôle biologique exact, sont peut-être des produits d'échanges des microbes avec le milieu extérieur. Leur gran-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 79.

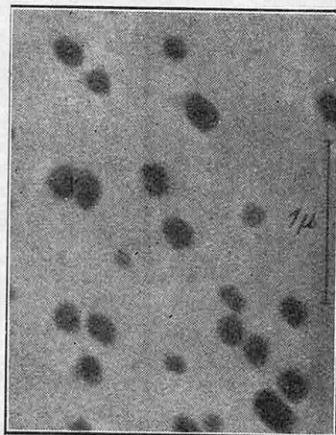


FIG. 15. — VIRUS DE L'« ECTROMÉLIE », MALADIE INFECTIEUSE DE LA SOURIS
Préparation non colorée grossie 20 100 fois environ.

deur est déjà inférieure à celle des plus grosses molécules organiques. Sur d'autres bactéries, toujours non préparées et non colorées, on a pu constater de curieuses structures intérieures, telles que des formations de noyaux ou encore des enveloppes extérieures (ceci en particulier sur le *bacterium coli*). Toutefois, ces résultats demandent à être confirmés et discutés pour savoir s'il ne s'agit pas là de produits artificiels dus à l'action du vide et des rayons cathodiques. Ont été également examinés différents bacilles (de la fièvre typhoïde, de la dysenterie, etc.) caractérisés par une grande multiplicité de formes et de structures intérieures. Ces apparences permettent, pour la première fois, la séparation morphologique de différents types de microbes, que l'on ne pouvait différencier jusqu'à ce jour que par l'action des sérums ou leurs effets toxiques.

Mais il existe encore, en dehors des microbes, des éléments pathogènes qui sont, en général, absolument inaccessibles au microscope optique : les virus. En dehors de leur dimension, ils se distinguent des bactéries par leur milieu de culture qui est *obligatoirement* la cellule vivante. On a pu en isoler quelques-uns et même les rendre visibles par des méthodes de coloration appropriées, au microscope optique. Le supermicroscope nous révèle plusieurs de ces virus à un très fort grossissement dans leur vraie forme et grandeur. La figure 15 représente le virus d'une maladie infectieuse de la souris (*l'ectromélie*). La mise en évidence de ces virus, encore tout juste visibles au microscope optique, en les rendant plus « gros » par l'agglomération de particules de couleur, permet d'espérer, grâce au supermicroscope, la découverte de

plusieurs agents pathogènes, encore inconnus, de différentes maladies infectieuses (grippe, fièvre aphteuse, etc.).

L'avenir du microscope à électrons

Ces premiers résultats obtenus avec le microscope électronique dans les domaines de la bactériologie et de l'étude des virus, ne constituent qu'une première indication des possibilités d'exploration de l'instrument et de l'aide précieuse qu'il pourra

apporter à la biologie. Après avoir ouvert à la science un nouveau terrain d'étude, la morphologie des bacilles et bactéries, le supermicroscope pourra s'attaquer utilement au problème passionnant de la constitution ultime de la cellule vivante : l'organisation de son noyau, de ses chromosomes, de ses « gènes » (1) ; la structure fine de sa membrane à travers laquelle s'effectuent tous les échanges vitaux dans l'organisme.

Le bilan des résultats déjà obtenus, cités au cours de cet article, montre que le

microscope électronique a largement dépassé les meilleures performances du microscope optique (fig. 16). Il nous a ouvert la perception directe des dimensions colloïdales et deviendra la clé du monde infiniment petit, dont on a essayé de percer l'énigme jusqu'à présent par des méthodes indirectes des plus difficiles. Par la puissance d'investigation du microscope électronique, beaucoup de nos idées actuelles sur les grandeurs moléculaires recevront une confirmation directe, d'autres subiront des corrections, et de nouvelles découvertes viendront enrichir nos connaissances en évolution continuelle grâce aux moyens de plus en plus puissants de la science moderne.

R. FRITZ.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 358.

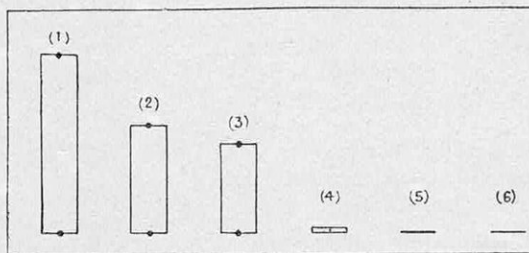


FIG. 16. — TABLEAU COMPARATIF DES POUVOIRS SÉPARATEURS DES MICROSCOPES, OPTIQUE ET ÉLECTRONIQUE, PAR RAPPORT AUX GRANDEURS MOLÉCULAIRES

- (1) Limite extrême du pouvoir séparateur du microscope optique en lumière visible : 1600 \AA ($= 0,16 \mu$) ; (2) dimensions extrêmes des particules colloïdales : 1000 \AA ; (3) limite extrême du pouvoir séparateur du microscope en lumière ultraviolette : 800 \AA ; (4) pouvoir séparateur limite pratiquement atteint jusqu'à présent par le microscope électronique magnétique : $50 \text{ à } 100 \text{ \AA}$; (5) dimensions moyennes d'une molécule : 10 \AA ; (6) pouvoir séparateur théorique du microscope électronique magnétique : environ $2,2 \text{ \AA}$.

VOICI UNE SOLUTION AMÉRICAINE AU PROBLÈME DE LA TÉLÉVISION PRATIQUE : LE NOUVEAU SYSTÈME DU MONT

Par R. TABARD

En France, en Allemagne, en Angleterre, aux Etats-Unis, dans d'autres pays encore, on se prépare, lorsque ce n'est déjà fait, à « lancer », commercialement parlant, la télévision, à étendre les horaires d'émission et à multiplier les émetteurs. Du point de vue technique, les appareils récepteurs actuellement sur le marché fonctionnent d'une manière très satisfaisante, ainsi que le prouvent les fréquentes démonstrations auxquelles le public est convié. Cependant la complexité de leur montage et, conséquence inévitable, leur prix de revient élevé constituent des obstacles certains à la diffusion de la télévision. Il serait certainement vain de supposer que les systèmes actuellement adoptés officiellement pour la transmission des images animées — avec la réserve souvent explicitement exprimée qu'il ne s'agit encore que d'un service expérimental — n'enregistreront plus que des perfectionnements de détail. Voici que vient d'apparaître en Amérique une technique nouvelle qui prétend simplifier sensiblement la construction des récepteurs en assurant automatiquement leur marche en synchronisme avec l'émetteur. Son principe, tel qu'il est exposé ci-dessous, est assurément séduisant, mais seule une expérimentation serrée montrera si c'est dans cette voie que doit être cherchée la solution la plus rationnelle du problème de la télévision vraiment pratique, susceptible d'atteindre, à plus ou moins longue échéance, un public aussi vaste que celui de la radiodiffusion.

La technique de la télévision évolue peu à peu vers son aboutissement logique et nécessaire : la création d'appareils récepteurs simples, relativement peu coûteux et donnant de bonnes images. C'est là le but poursuivi par tous les constructeurs, ceci avec plus ou moins de succès jusqu'à présent.

Sans faire la critique des procédés actuels, il semble cependant qu'un nouveau pas vienne d'être fait dans cette voie avec la mise au point récente d'un système imaginé aux Etats-Unis par les *Allen Du Mont Laboratories*.

Dans ce système qui utilise, comme la plupart des systèmes perfectionnés actuels, un tube cathodique, l'image apparaît « automatiquement » sur le fond du tube, sans qu'il soit nécessaire d'effectuer aucun réglage de synchronisation. Il n'est pas nécessaire non plus de tenir compte des caractéristiques de l'émetteur, c'est-à-dire du nombre de lignes suivant lesquelles l'image est décomposée, du mode d'analyse adopté, ni du nombre d'images transmises par seconde.

En outre, et par voie de conséquence, les appareils récepteurs peuvent être très simplifiés ; en pratique, ils seraient analogues,

au nombre de circuits près, à ceux utilisés pour la réception de la radiophonie.

Malgré cela, la « finesse » des images peut être poussée très loin, B. Du Mont indiquant la possibilité de « monter » jusqu'à 800 lignes par image sans complication sensible. A vrai dire, Thun, en Allemagne, a montré que la qualité des images n'augmente pas quand on fait croître le nombre de lignes au delà de 400. Aussi le système Du Mont paraît-il surtout avantageux en ce que, à qualité d'image égale, il permet de réduire de moitié la largeur de la « bande de modulation » de l'onde porteuse. C'est précisément la largeur de cette bande ou, comme on dit aussi, l'étendue du « spectre de fréquence » qui est cause des très grandes difficultés rencontrées en télévision, d'abord dans la construction des circuits devant répondre également bien à des fréquences très différentes, et surtout dans la construction des câbles spéciaux assurant la liaison entre émetteurs et sans lesquels on ne peut concevoir aujourd'hui l'organisation d'un service généralisé de télévision.

La réduction du « spectre de fréquence »

Rappelons brièvement comment apparaissent, en télévision, comme en radiodiffu-

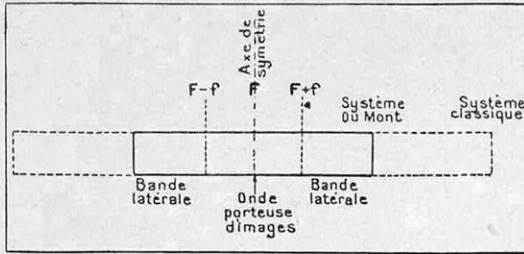


FIG. 1. — LA MODULATION DE L'ONDE PORTEUSE D'IMAGES DANS LE SYSTÈME DU MONT

sion, les « bandes latérales de modulation ».

Lorsqu'on applique à une onde de fréquence F une onde modulatrice de fréquence f (l'onde de fréquence F est alors dite « onde porteuse ») tout se passe comme si l'on avait affaire à trois ondes, de fréquences F , $F + f$ et $F - f$. En résumé, il apparaît, de part et d'autre de la fréquence F , deux fréquences symétriques respectivement égales à la somme et à la différence des deux (fig. 1). Si, au lieu d'une seule fréquence modulatrice f , on en applique simultanément ou successivement un grand nombre dont les valeurs s'étendent entre zéro et un maximum, on voit apparaître deux bandes latérales symétriques. En radio-diffusion, la largeur de chacune de ces bandes est de 10 000 hertz environ. En télévision, elle est beaucoup plus élevée, d'autant plus que le nombre de « lignes » de chaque image et que le nombre d'images transmises par seconde sont eux-mêmes plus grands. On sait qu'en France on a adopté officiellement 25 images par seconde, avec entrelacement des lignes paires et impaires, ce qui fait qu'au total le sujet est

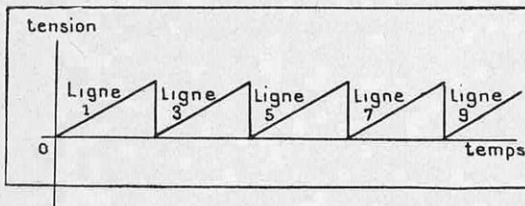


FIG. 2. — EXEMPLE TYPE D'UNE TENSION EN « DENTS DE SCIE » FOURNIE PAR UN GÉNÉRATEUR DE « TENSIONS DE BALAYAGE » (1)

Lorsque la tension appliquée aux plaques de déviation de l'oscilloscope cathodique croît de zéro à son maximum, le spot lumineux décrit une ligne de gauche à droite. Un générateur analogue fournit la tension appliquée à un deuxième groupe de plaques de déviation et provoque le déplacement des lignes de haut en bas. Les lignes d'exploration sont numérotées ici d'après le système d'entrelacement actuellement appliqué (demi-image impaire).

(1) Voir dans ce numéro, page 410.

exploré 50 fois de haut en bas par seconde, en sautant une ligne sur deux. Ce chiffre de 50 est celui de la fréquence du réseau français de distribution d'énergie. Aux Etats-Unis, où règne le « 60 périodes », c'est le chiffre 60 qui est en honneur. Comme l'entrelacement adopté est le même, on transmet donc 30 images complètes par seconde.

C'est ce chiffre que B. Du Mont propose de réduire de moitié ; en adoptant 15 images complètes, comportant chacune le même

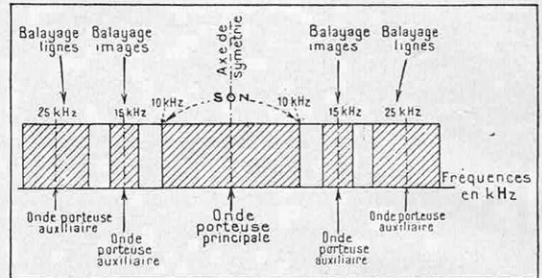


FIG. 3. — LA MODULATION COMPLEXE DE L'ONDE PORTEUSE DU SON DANS LE SYSTÈME DE TÉLÉVISION DU MONT

L'onde porteuse du son porte d'abord la modulation sonore qui couvre deux bandes latérales entre 30 et 10 000 hertz. Elle porte également deux ondes porteuses auxiliaires, de 15 et 25 kHz qui portent elles-mêmes les ondes destinées, après amplification convenable, à fournir les tensions de balayage de lignes et d'images. Ces dernières ondes engendrent de part et d'autre des ondes porteuses auxiliaires des bandes de fréquence dont la largeur dépend de la forme adoptée pour les tensions de balayage, en « dents de scie » simples (fig. 2) ou en « dents de scie » doubles, correspondant à l'exploration des lignes, successivement de gauche à droite et de droite à gauche, et à l'exploration des images successivement de haut en bas et de bas en haut. L'emploi de « dents de scie » doubles permet de réduire considérablement la largeur des bandes latérales de part et d'autre des ondes porteuses auxiliaires, et par suite de

part et d'autre de l'onde porteuse principale. nombre de lignes que précédemment, la bande de modulation diminue évidemment de moitié. Mais la « qualité » des images reçues serait évidemment réduite si B. Du Mont ne proposait en même temps un autre système d'entrelacement. Il consiste à numérotter les lignes de chaque image à partir du haut : 1, 2, 3, 4, 1, 2, 3, 4, etc., et à explorer une fois tous les numéros 1, puis tous les numéros 2, puis tous les numéros 3, puis tous les numéros 4, et ainsi de suite. On retrouve ainsi, en multipliant 15 par 4, le chiffre fatidique de 60. Pratiquement, avec cette disposition, la « finesse » de l'image, évaluée à l'œil nu, ne serait pas modifiée,

au moins tant que le sujet « télévisé » ne se déplacerait pas trop rapidement.

La suppression des signaux de synchronisation

Cependant, en pratique, on se heurte à des difficultés nouvelles. On sait que récepteurs et émetteurs de télévision doivent fonctionner constamment en synchronisme rigoureux. Le déplacement du faisceau explorateur de l'icône (ou de tout autre appareil) dans le studio, et celui du faisceau électronique de l'oscillographe à la réception sont provoqués par des générateurs spéciaux fournissant les « tensions de balayage » de gauche à droite d'une part, pour les lignes, et de haut en bas, d'autre part, pour les images successives. Il doit exister au total autant de ces générateurs de tensions de balayage qu'il y a de postes récepteurs, plus un à l'émetteur. Pour assurer leur marche en synchronisme, l'émetteur envoie en outre à la fin de chaque ligne et de chaque exploration d'image des impulsions de synchronisation (1), qui, déjà pour un

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 183, page 183.

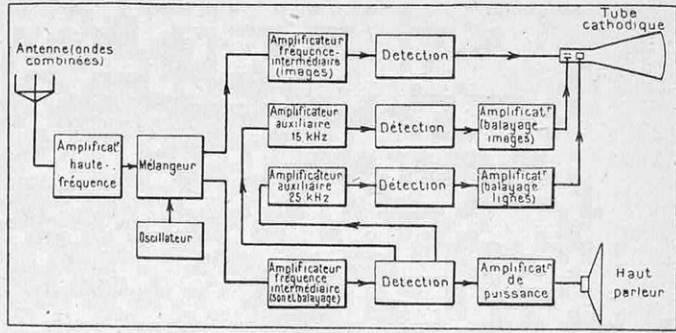


FIG. 5. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DES ORGANES D'UN RÉCEPTEUR DANS LE SYSTÈME DU MONT

entrelacement d'une ligne sur deux, doivent être très précises (fig. 6). Pour un entrelacement d'une ligne sur quatre, le système des impulsions se révèle tout à fait insuffisant.

B. Du Mont propose une solution radicale, c'est de supprimer ces impulsions, et en même temps tous les générateurs des tensions de balayage des récepteurs. Un seul de ces générateurs est conservé à l'émetteur et les tensions de balayage horizontales et verticales qu'il fournit servent à moduler une onde porteuse auxiliaire qui elle-même module l'onde porteuse qui transmet le son et qui est distincte de celle qui transmet la vision (fig. 3).

A la réception, il suffit d'effectuer les opérations inverses de démodulation, d'amplifier les tensions basse-fréquence obtenues et de les utiliser directement comme tension de balayages de l'oscillographe cathodique du récepteur. Les figures 4 et 5 montrent la réalisation pratique d'un tel système et la disposition des organes de l'émetteur et du récepteur.

Quels seraient les avantages du système Du Mont ?

Les impulsions de synchronisation qu'émettent actuellement les stations de télévision, et qui sont confiées à l'onde porteuse affectée à la vision, obligent à réduire la profondeur de la modulation de l'onde porteuse (fig. 6). En effet, une modulation trop profonde donnerait des « pointes » qui produiraient les mêmes effets que les signaux de synchronisation, c'est-à-dire provoqueraient le fonctionnement des générateurs de tension de balayage

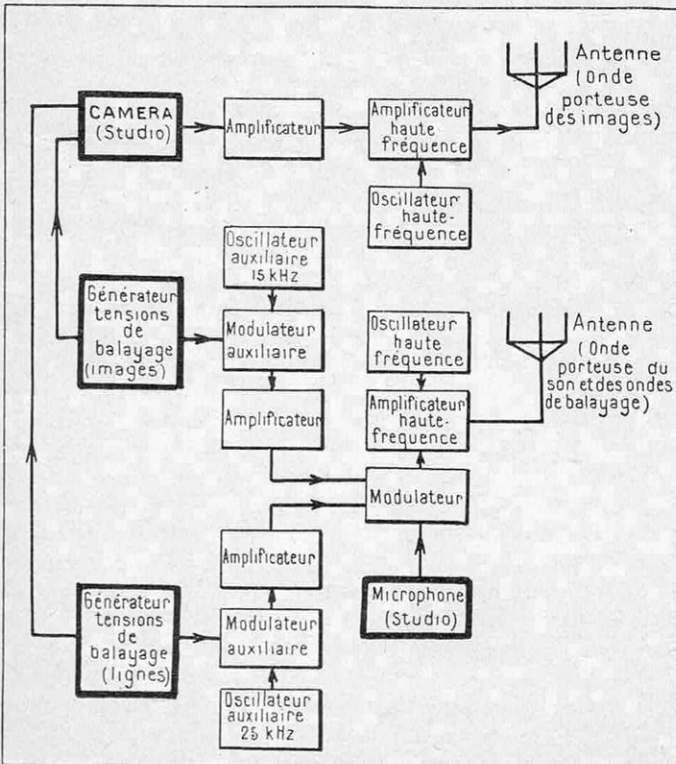


FIG. 4. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DES ORGANES DE L'ÉMETTEUR DANS LE SYSTÈME DU MONT

suivant une loi de hasard et dérégleraient les récepteurs.

Puisqu'il n'y a plus de signaux de synchronisation avec le système Du Mont, il est possible d'utiliser le « niveau moyen » qui leur est réservé actuellement. Cela fait gagner 20 % au moins et souvent 30 % en profondeur de modulation. Ce bénéfice se traduit par une portée plus grande de l'émetteur et, pour une portée donnée, par une plus forte densité des signaux reçus.

Du côté récepteur, on supprime ainsi tous les circuits destinés à effectuer la

séparation des signaux de synchronisation et tous les générateurs de balayage. Ceci est appréciable. Par contre, il faut prévoir toute une cascade de filtres et d'amplificateurs pour séparer les tensions de balayage de la modulation complexe qui affecte l'onde porteuse du « son ». Peut-être après cela le poste récepteur n'est-il pas beaucoup simplifié, quant au nombre total de circuits qui le constituent. Mais il faut bien remarquer qu'une fois le récepteur construit, il n'y a plus à y toucher, quoi que fasse la station émettrice. Actuellement, pour passer de la réception d'un émetteur ayant certaines ca-

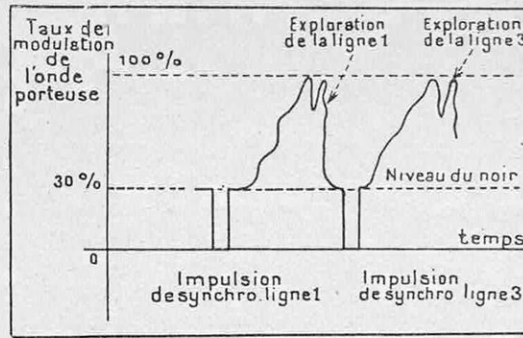


FIG. 6. — LES IMPULSIONS DE SYNCHRONISATION DE LIGNES SUPERPOSÉES A LA MODULATION DE L'ONDE PORTEUSE, DANS LES SYSTÈMES AUJOURD'HUI CLASSIQUES

La nécessité d'assurer la marche en synchronisme rigoureux de l'émetteur et des récepteurs oblige à sacrifier une partie notable du taux de modulation (30 % généralement) de l'onde porteuse, réservée aux signaux de synchronisation de lignes et d'images. Le système Du Mont permettrait de supprimer ces signaux et d'utiliser intégralement le taux de modulation, de 0 à 100 %, pour la transmission des « teintes » de l'image.

caractéristiques à celle d'un autre émetteur ayant des caractéristiques différentes, il faut de toute nécessité changer les valeurs des résistances et des capacités de tous les circuits. Le système Du Mont n'exige que le réglage de la longueur d'onde, et un récepteur construit sur ce principe diffère très peu d'un récepteur de T. S. F. ordinaire, ce qui constitue un progrès dont il est inutile de souligner l'importance. Mais il y a mieux ; si le poste émetteur fait varier son nombre de lignes et même sa fréquence d'images, le récepteur recevant les

tensions de balayage en même temps que les signaux proprement dits s'ajuste automatiquement sur l'émetteur. En d'autres termes, le récepteur est *automatiquement synchronisé*, le synchronisme ne pouvant être détruit par aucune cause extérieure.

Si l'expérience des mois prochains vient confirmer les heureux résultats des premiers essais, c'est donc une étape importante qui aura été accomplie vers la réalisation de la *télévision pratique*, c'est-à-dire capable de fournir des images satisfaisantes à l'aide d'appareils relativement simples.

R. TABARD.

CE QUE SERA LA FUTURE BASE AÉRONAVALÉ DE DAKAR

LA situation de Dakar sur les routes aériennes et maritimes de l'Atlantique et à l'extrême pointe de notre empire africain lui confère une importance du même genre que celle de Singapour dans l'océan Indien. En effet, la marine et l'aviation qui ont leurs bases à Dakar contrôlent toutes les routes qui vont d'Europe en Amérique du Sud, en Afrique Equatoriale, en Afrique du Sud et dans l'océan Indien par le cap de Bonne-Espérance. Dès maintenant, la plupart des navires et des avions qui sillonnent ces routes font escale à Dakar pour s'y ravitailler en combustible et en vivres.

Des travaux considérables sont en cours

d'exécution pour mettre cette presqu'île en état de jouer le rôle de première importance qui lui revient dans la défense de notre empire colonial, et surtout dans la protection des convois maritimes qui, en cas de guerre, transporteraient notre armée coloniale et le ravitaillement de la métropole.

L'*aéroport terrestre* de la presqu'île d'Ouakam comprend deux pistes de décollage, l'une de 1 600 m, l'autre de 1 000 m.

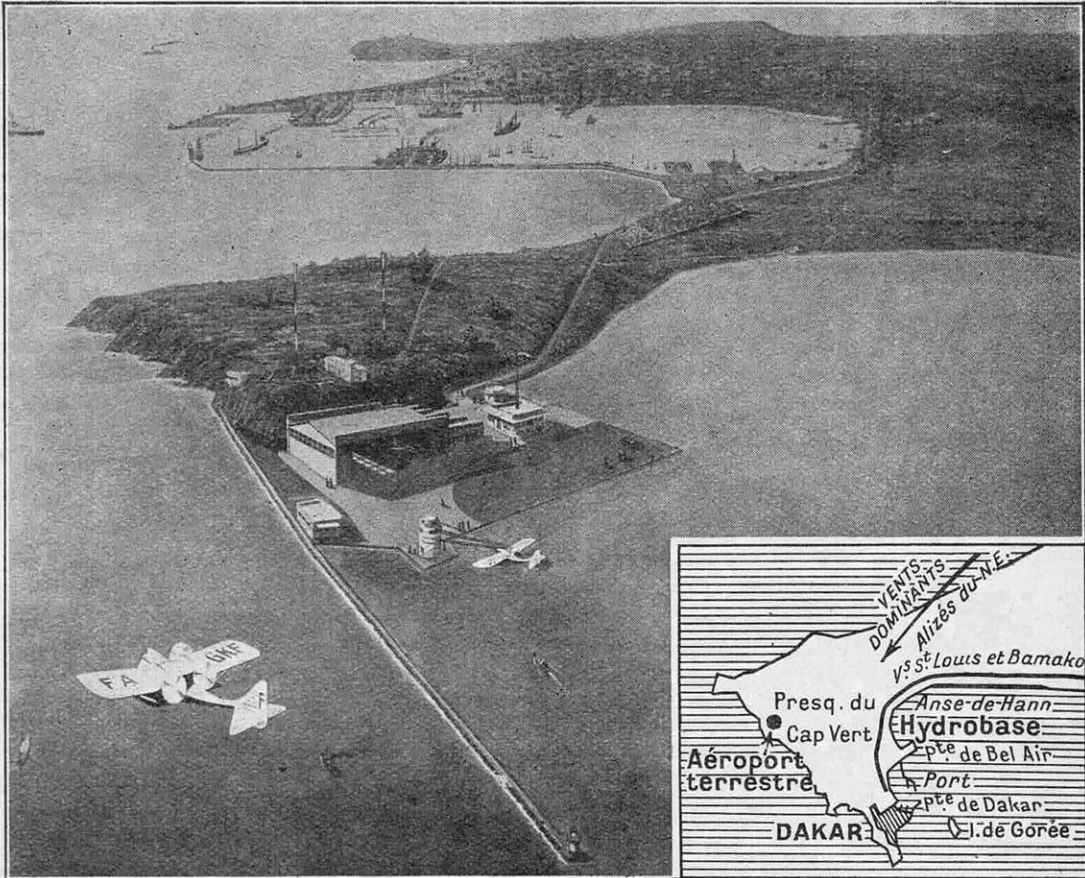
L'*aéroport maritime*, sur la baie de Hann, est constitué par une anse protégée, à l'ouest et au nord, par la presqu'île du Cap Vert. Elle est abritée au sud par la pointe de Bel-Air. Et, pour l'abriter à l'est, on vient de

construire une digue de 500 m qui part de la pointe de Bel-Air. Cette digue pourra, au besoin, être prolongée de 500 m encore vers le nord. Le plan d'eau calme ainsi constitué a 3 000 m de longueur dans le sens sud-nord qui est à peu près celui des vents dominants d'octobre à juin, et 1 500 m dans le sens est-ouest. Ce plan d'eau magnifique permet en toutes saisons l'envol des hydra-

légraphique de la Compagnie Air-France.

De Dakar partent dès maintenant les lignes Toulouse-Dakar, Gao-Bamako-Dakar, Dakar-Cotonou et enfin Dakar-Buenos-Aires-Santiago.

Quant au port maritime actuel, il comporte 3 400 m de quais et peut recevoir des navires de 10 m de tirant d'eau. Il va être considérablement agrandi par la construc-



VUE ET CARTE DE LA PRESQU'ÎLE DE DAKAR MONTRANT LES EMBLEMES DE L'AÉROPORT POUR AVIONS TERRESTRES ET DE L'HYDROBASE

vions les plus lourds. Au fond de la baie de Hann, on a installé un terre-plein de 258 m sur 150, qui va recevoir un hangar de 150 m de longueur sur 40 de profondeur et une grue puissante pour la mise à l'eau des plus grands hydravions. Le terre-plein pourra être facilement prolongé de 250 m lorsque l'intensité du trafic en imposera la nécessité.

A Dakar se trouve également une station centrale de météo qui concentre par radio les observations météorologiques de l'Amérique du Sud, de l'Atlantique Equatorial et de l'Afrique, grâce au réseau radioté-

tion d'une jetée qui prolongera la jetée nord du port actuel jusqu'à l'île de Gorée. Ces travaux ne sont pas justifiés seulement par l'importance stratégique de Dakar en temps de guerre. Dès maintenant, son trafic croît régulièrement d'année en année, le mouvement des marchandises y est passé de 800 000 tonnes, en 1931, à 2 700 000 tonnes, en 1937. Dans ce mouvement, le charbon entre pour 690 000 tonnes et le mazout pour 1 400 000 tonnes, ce qui marque bien son caractère de grand port de ravitaillement de la nouvelle base aéronavale française.

A. VERDURAND.

LE DÉVELOPPEMENT DU GAZOGÈNE ROUTIER ET AGRICOLE EXIGE UNE POLITIQUE DU « COMBUSTIBLE »

Par Tony BALLU

PROFESSEUR A L'INSTITUT AGRONOMIQUE
DIRECTEUR DE LA STATION CENTRALE D'ESSAIS DE MACHINES
AU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE

Les perfectionnements récents du gazogène transportable (1), en favorisant sa diffusion sur les routes et dans les exploitations agricoles, ont attiré l'attention des usagers et des constructeurs sur le problème capital et encore incomplètement résolu de l'approvisionnement en combustible. Celui-ci doit être à la fois économique, abondant, et de caractéristiques invariables permettant un fonctionnement sans aléas des générateurs de gaz pauvre, installés sur camions ou sur tracteurs. Bois cru, bois torréfié, charbon de bois, comprimés et agglomérés de charbon de bois et de charbon minéral forment une gamme complète de combustibles spécialement adaptés à l'alimentation des gazogènes, et entre lesquels l'utilisateur peut faire son choix, compte tenu de leurs caractéristiques particulières aujourd'hui parfaitement connues, de leur prix de revient et des facilités d'approvisionnement. L'organisation rationnelle du ravitaillement par la création de dépôts de combustibles standardisés le long des routes conditionne aujourd'hui le développement du véhicule à gazogène, développement qui intéresse à la fois notre défense nationale et l'économie générale du pays, puisqu'il doit permettre de réduire nos importations de combustibles liquides et de valoriser la production de la forêt française.

Le problème du combustible se présente d'une manière différente avec les gazogènes mobiles et avec les gazogènes fixes. Dans ce dernier cas — que nous n'étudierons pas — la possibilité d'employer des appareils lourds et volumineux simplifie considérablement le choix des combustibles. Avec les appareils mobiles, au contraire, le poids et le volume devant être réduits au minimum, la gazéification des combustibles solides doit s'effectuer très rapidement. D'après Auclair, on peut estimer à trois dixièmes de seconde la durée de passage des gaz à travers les zones de réaction, dans le cas de gazogènes fixes, et à trois centièmes de seconde seulement leur durée de passage dans les gazogènes portatifs. Par ailleurs, en tablant sur le temps nécessaire à la gazéification, on a évalué à six heures le séjour du combustible dans les gazogènes fixes et à une heure seulement dans les gazogènes transportables. C'est dire que les combustibles destinés à ces appareils doivent posséder des qualités particulières qui sont : l'inflammabilité, la combustibilité et la réactivité.

L'inflammabilité est l'aptitude que possède un combustible de s'enflammer faci-

lement ; plus la température à laquelle il s'allume est basse, plus celui-ci est dit « inflammable ». La répercussion de cette qualité dans les gazogènes portatifs est appréciable non seulement pour la rapidité d'allumage au départ, mais encore pour les « reprises ».

Indépendamment de la nature chimique du combustible, certains facteurs externes comme le calibrage, l'humidité et la température de carbonisation (pour les charbons de bois) influent sur leur inflammabilité. En particulier, la présence de certains produits volatils (hydrogène, méthane) — en quantité d'autant plus importante que la température de carbonisation aura été basse — favorise le départ et les reprises.

La combustibilité est l'affinité que possède un combustible pour l'oxygène, c'est-à-dire son aptitude à se consumer en produisant du gaz carbonique.

La réactivité est la propriété que possède un combustible, aux températures les moins élevées, de réduire le gaz carbonique en oxyde de carbone et de dissocier la vapeur d'eau pour produire de l'hydrogène et de l'oxyde de carbone.

C'est la réactivité qui est la qualité dominante d'un bon combustible pour gazogène

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 437.



(Tranchant.)

FIG. 1. — MONTAGE D'UN FOUR MÉTALLIQUE POUR LA PRÉPARATION DU CHARBON DE BOIS

Il suffit aux hommes chargés du fonctionnement de ces fours de remplir l'intérieur de rondins de charbonnette que l'on aperçoit préparés en tas à droite et à gauche du four. La mise à feu se fera par l'ouverture ménagée à la partie supérieure. Les ouvertures d'air une fois réglées, la surveillance du four est en principe inutile, alors qu'avec les meules de terre, dont la couverture se fendille au fur et à mesure de la diminution de volume résultant de la carbonisation, il est indispensable que des spécialistes exercent une surveillance constante.

transportable. On conçoit en effet que cette caractéristique s'allie avec la nécessité de réduire le volume du générateur et, par suite, de la zone de réduction. Parmi les facteurs qui interviennent dans le pouvoir réducteur, il semble que ce soit la porosité qui soit le plus important. Son rôle s'explique par le grand développement de surface que présente, sous un faible volume, un combustible poreux au contact du gaz carbonique à réduire.

Tout ce qui peut nuire à cette porosité diminue la qualité du combustible ; c'est ainsi que les cendres masquent en quelque sorte les porosités : les combustibles trop cendreux sont donc à éliminer. On cherche, par contre, à augmenter le pouvoir réducteur de certains combustibles peu favorisés à ce point de vue (comme les charbons minéraux) en les « activant » au moyen de certains composés alcalins.

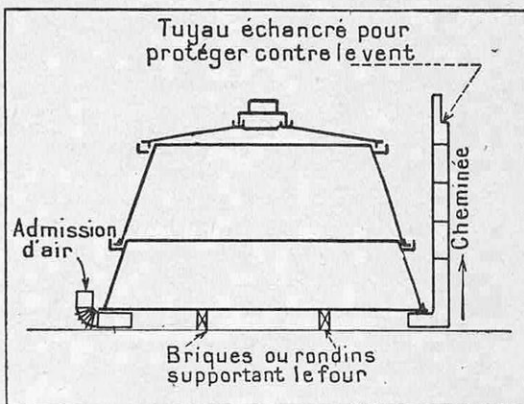
En définitive, l'existence de ces trois « critères » : inflammabilité, combustibilité, réactivité, a une importance particulière qui, dans certains cas, peut masquer la caractéristique qui semble à priori dominante dans un combustible, à savoir le pouvoir calorifique.

Il résulte, en effet des essais de longue

haleine que nous avons entrepris à la Station centrale d'Essais de Machines, sur les différents combustibles à gazogène, que ce ne sont pas les combustibles à pouvoir calorifique le plus élevé qui donnent le plus de puissance dans les gazogènes. Malheureusement, le nombre des facteurs intervenant ne permet pas de mettre en évidence ceux qui influent le plus sur la puissance : indépendamment du pouvoir réducteur, résultant surtout de la porosité, il y a en effet à tenir compte de la nature du combustible, de son humidité, et de son calibrage.

Les principaux combustibles pour gazogènes : le charbon de bois

Le charbon de bois est le combustible type des gazogènes transportables. Facilement inflammable, il est doué d'une bonne combustibilité, mais c'est surtout sa porosité qui lui confère des qualités toutes particulières de réactivité. Néanmoins, on ne peut utiliser sans danger n'importe quel charbon de bois ; seuls les charbons secs, peu cendreux, bien cuits, de bonne résistance mécanique et correctement concasés et calibrés peuvent convenir.



(Tranchant.)

FIG. 2. — SCHÉMA D'UN FOUR MÉTALLIQUE COMPOSÉ D'ANNEAUX SUPERPOSÉS

Les anneaux s'emboîtent les uns dans les autres au moyen de gouttières dans lesquelles on met de la terre pour assurer leur étanchéité. Ces fours sont constitués d'éléments assez légers pour être facilement manipulés par un ou deux hommes et être transportés dans les coupes des régions montagneuses par véhicules légers, traîneaux, ou à dos de mulets.

Un bon charbon doit être suffisamment sec, c'est-à-dire contenir au maximum 4 à 6 % d'eau. Or un des inconvénients du charbon de bois est précisément d'être très hygroscopique : une réserve de charbon exposée à la pluie devient inutilisable tant qu'on n'a pu le faire sécher. Nous verrons plus loin que les agglomérés évitent ce grave écueil.

Le charbon de bois est, en général, peu cendreuse et convient bien de ce fait aux gazogènes ; néanmoins, les charbons de bois provenant de fabrication en meules de terre peuvent contenir de la chaux et de la silice en proportion exagérée. Dans certaines régions méditerranéennes, notamment, les vents violents viennent incruster dans l'écorce de la silice qu'on retrouve à la carbonisation. Aussi est-il préférable, chaque fois qu'on le peut, d'écorcer préalablement les rondins destinés à être carbonisés.

Le degré de cuisson influe beaucoup sur la qualité du charbon. Sans entrer dans une étude détaillée de la carbonisation, disons seulement qu'il existe actuellement quatre méthodes principales : la meule forestière, la meule métallique, l'usine fixe de distillation et les chantiers mobiles de carbonisation.

La meule forestière, qui date des temps les plus reculés, fournit un charbon de qualité fort irrégulière pour les gazogènes. La

terre, qui est en contact avec une partie du charbon, risque souvent de donner des produits trop cendreuse. En outre, la cuisson est rarement homogène ; on y trouve beaucoup d'« incuits », c'est-à-dire de morceaux de charbon insuffisamment distillés, et contenant encore

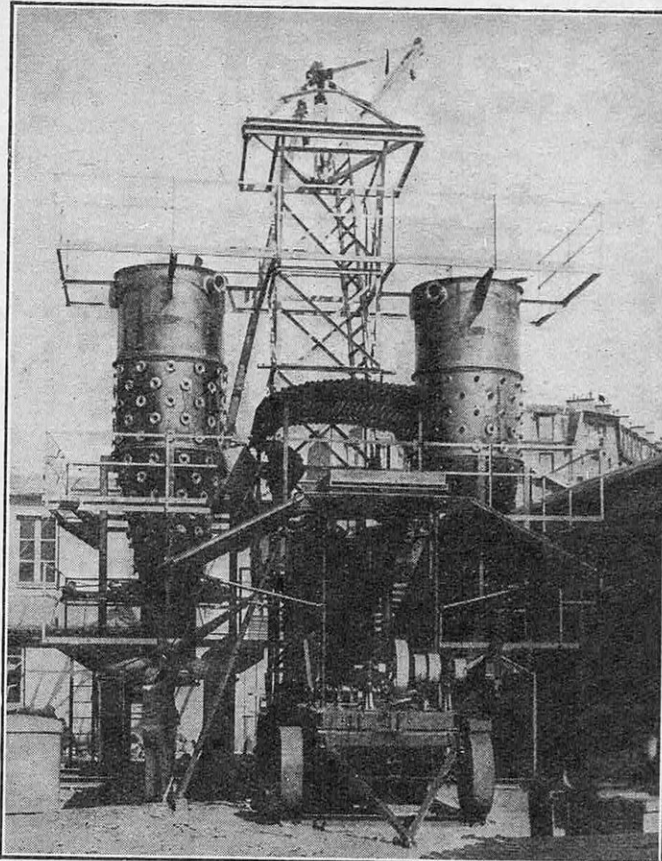
des produits condensables, comme les goudrons et les acides pyroliigneux, qui sont dangereux pour les moteurs s'ils n'ont pu être « crackés » dans le générateur.

La meule métallique (qui consiste à substituer une couverture métallique spéciale à la terre dans le système de cuisson par meule) produit un charbon plus propre et plus homogène ; la plus grande facilité qu'ont les ouvriers de surveiller et de conduire la carbonisation avec ce procédé donne à l'usage du gazogène une garantie plus grande de la qualité du charbon obtenu.

Les usines fixes de distillation des bois cherchent surtout à récupérer

les produits de condensation résultant de la distillation, à savoir le « jus pyroliigneux » duquel on tirera le goudron, l'acide acétique et l'alcool. Le charbon n'apparaît ici que comme un sous-produit de l'opération. Ses qualités sont assez conformes à ce que demande le gazogène : on obtient, en effet, du carbone presque pur parfaitement cuit et peu cendreuse.

Certains constructeurs proposent actuel-



(Malbay.)

FIG. 3. — USINE SEMI-FIXE DE DISTILLATION DES BOIS

Dans cette véritable usine, dont tous les éléments sont démontables et transportables, la distillation des bois peut s'opérer suivant les méthodes industrielles ; la récupération des jus pyroliigneux, dont la valeur est élevée, permet de ne considérer le charbon de bois que comme un sous-produit vendable à un prix accessible aux usagers des gazogènes. La formule « usine transportable » est séduisante en ce qu'elle diminue les frais élevés de transport de la charbonnette à pied d'œuvre, et valorise ainsi les régions boisées éloignées de tout centre.

lement des matériels mobiles ou mi-fixes, avec ou sans récupération des produits de la distillation, permettant d'obtenir du charbon dans des conditions plus économiques que par les procédés précédents. Les solutions les plus intéressantes sont toutes basées sur le découpage préalable des bois, au moyen de scies ou découpeuses spéciales.

Le mode de carbonisation influe également sur les qualités du charbon pour gazo-

Le *calibrage* est une obligation pour les combustibles à gazogènes. Malheureusement, chaque type de gazogène exige un calibrage particulier. Néanmoins, on peut admettre, en moyenne, des dimensions extrêmes de 25 mm en tous sens, avec tolérance, suivant les cas, de 15 mm au-dessus ou en dessous. Quoi qu'il en soit, la nécessité de respecter le calibrage imposé par le constructeur oblige de recourir à toute une série de

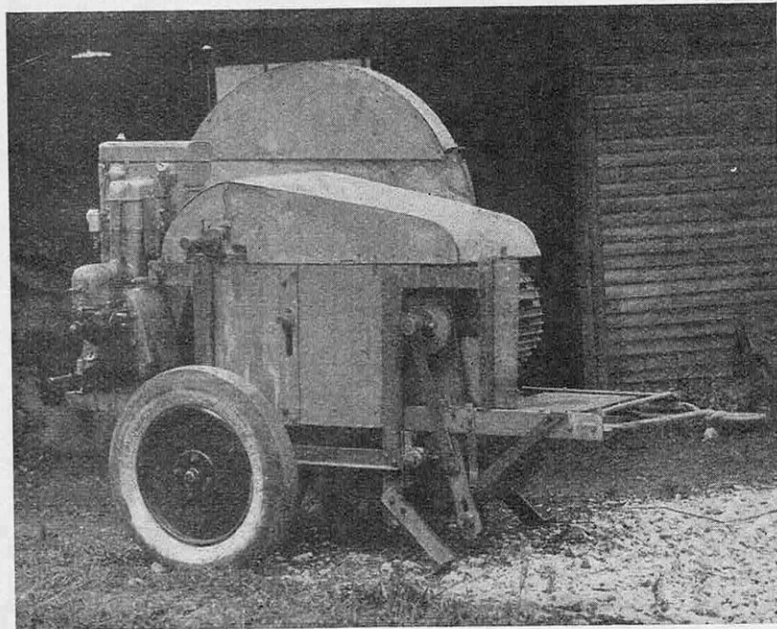
machines spéciales : concasseurs, qui brisent les brins de charbon trop gros, trieurs, calibreurs, qui séparent les produits du concassage en grosseurs différentes, aspirateurs-dépoussiéreurs, qui aspirent le poussier produit pour l'évacuer hors du local de concassage. En dehors du coût de l'installation et du personnel nécessaire, il faut tenir compte de la perte en poussier, qui varie de 7 à 20 %, suivant les machines et la nature du charbon.

La *densité de charge*ment du charbon est également à considérer, de manière à réduire l'encombrement du combustible dans le générateur et dans les sacs de réserve.

Malheureusement, le charbon de bois pêche sérieusement sur ce point. Sa densité apparente est faible : un litre pèse de 180 à 220 grammes, suivant l'essence du bois carbonisé, et suivant son

degré de cuisson. Le bois blancs donnent les charbons les plus légers ; la carbonisation poussée à haute température donne également un charbon léger parce qu'épuré. Cet inconvénient est sensible pour les camions, dont la capacité utile de chargement se trouve diminuée en volume, en raison de la légèreté du combustible emporté. Là encore, nous verrons que les comprimés apportent dans cet ordre d'idées une solution élégante.

Le prix du charbon de bois varie beaucoup suivant les régions ; la loi de l'offre et de la demande joue dans de fortes proportions : dans les régions boisées, éloignées des centres urbains ou industriels suscep-



(Les Carburants Forestiers Champenois.)

FIG. 4. — ENSEMBLE D'UNE DÉCOUPEUSE A BOIS

Le débitage du bois pour son utilisation dans les gazogènes à bois exigeait des frais presque aussi importants que ceux nécessaires pour transformer par carbonisation le bois en charbon de bois. Les découpeuses, récemment introduites sur le marché, permettent, grâce à leur débit de plusieurs tonnes à l'heure, d'abaisser des deux tiers les frais de débitage. Leur utilisation est également à la base des nouvelles méthodes de carbonisation : les « perches » introduites entières dans ces machines perfectionnées, n'ont plus besoin d'être ébranchées, débitées, enstérées, ce qui réduit sensiblement les frais de carbonisation.

gènes : une distillation du bois obtenue vers 300° donne des charbons très inflammables (à cause de la présence des matières volatiles) mais friables ; vers 1.000°, au contraire, on obtient des charbons difficiles à allumer et qui ont la dureté du coke métallurgique.

La *résistance mécanique* du charbon est une qualité indispensable pour les gazogènes transportables, une trop grande friabilité ayant pour conséquence une production importante de poussier par suite des trépidations. Ce sont les charbons obtenus à plus haute température qui sont les plus cassants.

tibles de consommer du charbon de bois, la charbonnette, c'est-à-dire le bois de 2 à 7 centimètres de diamètre, avec lequel on fait le charbon, n'a actuellement plus de valeur. Le charbon, s'y vend 300 à 350 f la tonne. Par contre, dans les régions où le gazogène transportable s'est développé, le prix du charbon a augmenté au point d'atteindre 800 et même 1 000 f la tonne. Les tarifs ferroviaires grèvent considérablement le prix de vente. C'est, en définitive, un produit à employer presque exclusivement dans les régions productrices.

Le bois

Dans les premiers gazogènes à charbon de bois, on estimait devoir enrichir le gaz produit, en humidifiant l'air comburant pour provoquer la formation de gaz à l'eau. On pensa bientôt que c'était là une anomalie, puisqu'on s'était évertué, par la carbonisation, de retirer l'eau du bois, et qu'on l'y réincorporait par l'apport d'air humide. On en déduisit qu'il

était peut-être plus simple d'utiliser directement le bois dans le générateur, la proximité des zones de réaction devant assurer une élévation de température suffisante pour éliminer l'excès de vapeur d'eau. C'est, en effet, ce qui se passe dans les gazogènes à bois : la réserve de bois contenue dans la trémie se dessèche d'abord, puis en descendant, se transforme en charbon de bois, et c'est sous cette forme qu'elle arrive dans la zone de combustion.

En principe, toutes les essences de bois peuvent convenir. Mais en pratique, ce sont les bois durs qui semblent donner les meilleurs résultats. Un mélange de deux tiers de chêne et d'un tiers de pin paraît tout spécialement recommandable. Le bois doit

être débité préalablement en morceaux ne dépassant pas 5 cm dans la plus grande longueur. MM. Kuhne et Koch, qui ont tout spécialement étudié cette question, préconisent les morceaux de bois ayant les dimensions d'une « boîte d'allumettes suédoises ».

Le bois n'est pas le seul carburant végétal que l'on puisse utiliser : aux colonies, on a essayé, avec quelque succès, le marc de raisin, les coques et bourres de noix de coco, les coques d'arachides et de palmistes, les graines et les tiges de cotonnier, etc.

En réalité, un gazogène à combustibles végétaux fonctionne avec du charbon de bois qu'il a fabriqué en opérant préalablement comme carbonisateur.

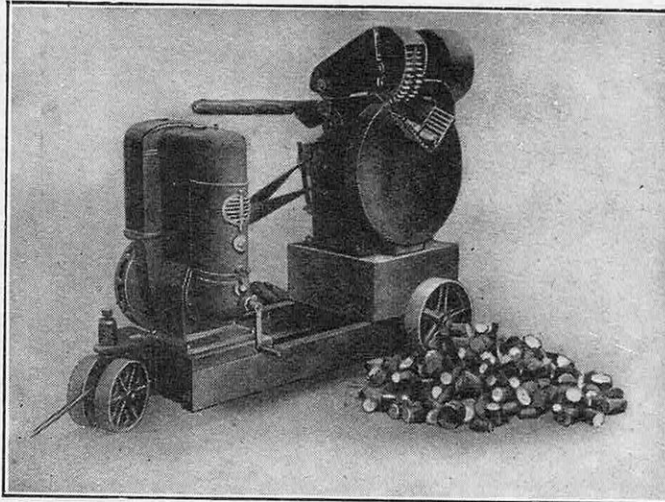
La querelle du bois et du charbon de bois

S'il en est ainsi, n'est-il pas bien préférable d'utiliser directement du bois ? Partisans du bois et du charbon de bois s'affrontent sur cette question. Ces derniers

reprochent au bois d'avoir une teneur en eau souvent trop importante, d'être plus lourd que le charbon et de contenir des produits volatils dangereux pour le moteur.

En ce qui concerne la teneur en eau, la pratique a démontré qu'il ne faut pas utiliser de bois contenant plus de 20 % d'humidité, sans quoi l'évaporation d'une plus grande quantité d'eau risque d'abaisser exagérément la température du foyer et de nuire à la réduction du gaz carbonique. Quant aux produits volatils (acide acétique et goudrons provenant de la distillation), ils doivent être décomposés, en passant dans la zone de combustion, à la condition que l'on utilise des gazogènes à tirage inversé (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 252 page 438.



(Gloppe.)

FIG. 5. — SCIE AUTOMATIQUE POUR DÉBITER LE BOIS
Avec les scies circulaires ordinaires, le débit du bois en éléments de dimensions correspondant aux exigences des gazogènes à bois est trop faible par rapport à la main-d'œuvre employée. Avec ces scies modernes, il suffit d'introduire dans les mâchoires de la machine une « perche » entière dont le tronçonnage s'effectue automatiquement, par suite d'un dispositif satellite agissant sur la scie. Le bois ainsi débité sèche beaucoup plus rapidement qu'à l'état de charbonnette, il est d'une manipulation et d'un transport plus faciles et plus économiques.

En réalité, le point délicat réside surtout dans les arrêts et les reprises ; à l'arrêt, la vapeur d'eau et les produits pyrolytiques continuent pendant un certain temps à distiller, sans être décomposés par la zone de combustion dont l'activité cesse brusquement, et, au moment des reprises, la condensation de ces produits gêne et ralentit l'activité de la combustion. Néanmoins, les constructeurs ont su parer en grande partie à cet inconvénient par des dispositifs appropriés. Quant au reproche imputé au bois d'être, à pouvoir calorifique égal, plus lourd que le charbon de bois, les défenseurs du bois opposent que si le bois est, en effet, plus lourd, il n'est guère plus encombrant que le charbon de bois à pouvoir calorifique sensiblement égal ; il faut environ 1,2 kg de charbon de bois, représentant un volume de 6 litres, ou 2,6 kg de bois, représentant un volume de 7 litres, pour remplacer 0,750 kg d'essence d'un volume de 1 litre.

La bataille des chiffres étant engagée, les partisans du bois font valoir que le bilan thermique est entièrement favorable à leur combustible : d'après M. Simon,

100 kg de bois peuvent dégager 473 000 calories ; en carbonisant ce bois, on obtient 27 kg de charbon, qui ne peut donner que 227 000 calories, soit une perte de plus de moitié imputable à l'opération intermédiaire de la carbonisation.

D'autre part, en considérant le pouvoir calorifique des gaz produits, on constaterait que 100 kg de bois utilisés directement dans un gazogène donnent une quantité de gaz (riche en hydrogène) représentant 371 000 calories alors que les 27 kg de charbon provenant de ces 100 kg de bois fournissent du gaz ne donnant que 168 000 calories.

En réalité, il ne faut pas s'en tenir aux seules considérations théoriques découlant de l'examen du bilan thermique. Ce qui intéresse avant tout l'utilisateur des gazogènes c'est, à égalité de puissance obtenue, le prix

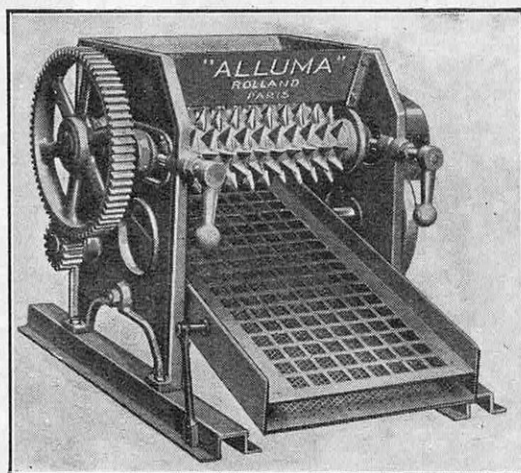
de revient du cheval-heure. La question est donc de savoir quel est en définitive, entre le bois et le charbon de bois, celui des deux qui donne le cheval-heure au prix inférieur.

Jusqu'à ces derniers temps, on pouvait estimer que les deux prix de revient étaient sensiblement équivalents, les frais de manutention et de découpage du bois (en morceaux ne dépassant guère 3 à 5 cm en chaque dimension) atteignant à peu près les frais de carbonisation. Depuis peu de temps, la face des choses a changé au profit du bois. Il vient d'apparaître sur le marché des ma-

chines à découper capables de débiter de 3 à 8 tonnes à l'heure (suivant les modèles et la dimension des morceaux). Il en résulte que le prix du bois découpé pour gazogène, qui était de 20 à 25 f le quintal, est tombé entre 8 et 12 f avec les découpeuses. Si le bois marque, de ce fait, un point sur son concurrent le charbon de bois, celui-ci se prépare à bénéficier à son tour des avantages des découpeuses, en les utilisant avant la carbonisation : des procédés nouveaux, basés sur le débit préalable du bois à carboniser en partant des « perches »

entières passées dans les découpeuses, seraient à leur tour de nature à baisser le prix de revient du charbon de bois de près de 50 %. La lutte restera donc ouverte entre les deux produits. Néanmoins, il semble qu'on puisse, pour le moment du moins, les départager en mettant en lumière les considérations suivantes : dans le cas de gazogènes employés dans les campagnes, notamment chez les agriculteurs, et les petits propriétaires de bois, l'utilisation du bois « cru » semble préférable au charbon de bois, les intéressés n'ayant guère les moyens pratiques de faire carboniser leurs bois.

Par contre, pour les usagers non propriétaires de bois, le charbon de bois peut paraître d'un emploi plus pratique, surtout si un approvisionnement régulier est assuré dans les régions même non productrices.



(Rolland frères.)

FIG. 6. — PETIT APPAREIL CONCASSEUR CALIBREUR DE CHARBON DE BOIS, DESTINÉ AUX INSTALLATIONS DE FAIBLE OU DE MOYENNE IMPORTANCE

Cet appareil rend également de grands services aux colonies pour la granulation des écorces de fruits coloniaux (noix de coco, palmiste, tiges de sorgho, arachides) ainsi que de tous les bois de forêts.

Le charbon de bois roux

Mais voici un troisième concurrent parmi les combustibles végétaux. Le professeur Dupont, qui s'en est fait l'avocat, propose de soumettre le bois à une sorte de torréfaction ayant surtout pour effet d'éliminer l'eau d'hydratation et un peu de l'eau de constitution, ainsi qu'une partie du pyroigneux, sans lui faire perdre tous ses produits volatils. La fabrication du charbon roux s'obtient en arrêtant la distillation à 275 ou 290° au lieu de la pousser jusqu'à 400 ou 450°, comme dans les procédés ordinaires de carbonisation.

Ce charbon serait supérieur au charbon de bois, en ce qu'il est plus solide, moins hygroscopique, plus propre, plus riche en matières volatiles, et qu'il s'obtient avec un moindre gaspillage de calories ; il serait d'autre part supérieur au bois cru par sa plus grande siccité, son homogénéité et sa moindre teneur en goudron.

Il reste à savoir à quel prix de revient on pourrait obtenir, industriellement, ce combustible.

D'autres combustibles végétaux ont été proposés, que nous ne citerons que pour mémoire : la tourbe, les briquettes de sciure ou de paille, les déchets végétaux divers (noyaux, tourteaux, coques, coquilles, cônes de conifères, etc...). Indiquons enfin qu'on a même envisagé l'utilisation d'excréments séchés de certains animaux.

Combustibles d'origine minérale

En principe, malgré leur pouvoir calorifique élevé, ces combustibles conviennent médiocrement aux gazogènes transportables, du fait de leur réactivité relativement faible. Ils apparaissent d'autre part moins intéressants que les combustibles végétaux, car la France est importatrice de ces charbons. D'ailleurs, au point de vue de l'exploitation rationnelle de nos richesses nationales, il est souhaitable de donner la préférence aux

combustibles végétaux susceptibles de valoriser nos forêts dont les bois de taillis subissent actuellement une crise sévère. Néanmoins, leur utilisation est à envisager en raison de leur valeur marchande qui est de la moitié ou du tiers de celle du charbon de bois, de leur densité de chargement qui est trois fois celle du charbon de bois, et de leur richesse en hydrogène. Malheureusement, il n'existe actuellement sur le marché que fort peu de gazogènes fonctionnant correctement au charbon minéral. Ces charbons gagnent d'ailleurs à être mélangés au char-

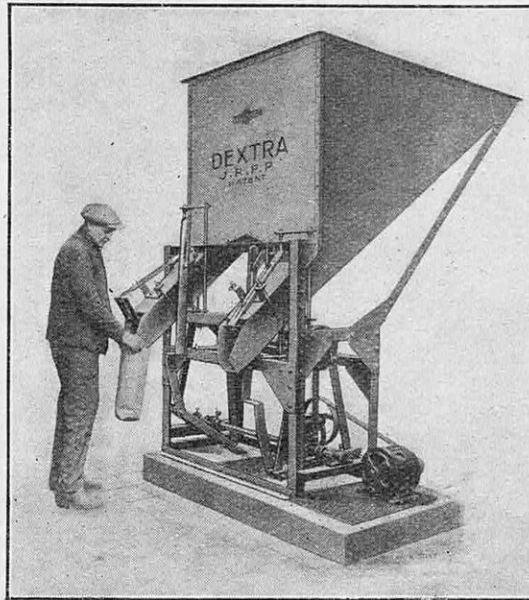
bon de bois. Leur réaction légèrement acide est compensée par la réaction basique des charbons de bois (Auclair). Pour augmenter leur réactivité, les mines les traitent avec des produits « activants ». On entend par « activation » des combustibles le traitement de ceux-ci par des procédés ayant surtout pour effet de débarrasser leurs micropores de l'excès de matières volatiles diminuant leur pouvoir absorbant. Deux techniques sont actuellement employées pour l'activation des combustibles minéraux : le traitement par la vapeur sur-

chauffée et le traitement par les sels alcalins (carbonate de soude à la dose de 3 % du poids du combustible).

Ces techniques récentes d'activation ont pour effet d'améliorer le pouvoir réducteur des combustibles minéraux qui, à l'état naturel, est insuffisant pour leur emploi dans les gazogènes transportables.

D'autres précautions sont à prendre également avec ces combustibles, c'est de s'assurer qu'ils ne contiennent pas de soufre, qu'ils ne produisent pas de cendres fusibles au-dessous de 1 300° (pour éviter la formation de mâchefer) et qu'ils ne contiennent pas plus de 10 à 12 % de matières volatiles.

Peu de mines en France peuvent donner à l'état naturel des grains d'anthracite convenant aux gazogènes transportables, mais beaucoup d'entre elles préparent dans



(Rolland freres.)

FIG. 7. — DOSEUSE A VOLUME CONSTANT POUR LE REMPLISSAGE DE SACS OU DE PAQUETS DE 5 A 50 LITRES

cette intention des combustibles artificiels cokéfiés ou semi-cokéfiés.

L'utilisation la plus rationnelle des charbons minéraux pour gazogènes est certainement la récupération des poussières en comprimés ou agglomérés.

Comprimés et agglomérés

Un comprimé est obtenu par compression, variant suivant les cas, de 50 à 400 kg au cm² de poussier de charbon, auquel la solidité est conférée par cokéfaction vers 800 à 1 000° C, après incorporation d'un liant (goudron) à la dose de 15 à 20 %.

Les agglomérés diffèrent des comprimés en ce que le poussier est d'abord transformé en pâte par l'adjonction d'une assez forte proportion de liant. Avec le charbon de bois, dont le pouvoir agglutinant est presque nul, il faut incorporer de 25 à 35 % de liant ; avec les charbons demi-gras (contenant environ 15 % de matières volatiles), il suffit de 5 à 7 % de brai ; avec les charbons gras (contenant de 18 à 20 % de matières volatiles) la quantité de goudron provenant de la distillation suffit comme agglomérant.

En continuant dans l'échelle des charbons minéraux, on arrive aux charbons bitumineux renfermant 30 % de matières volatiles et auxquels il est indispensable de mélanger du poussier de charbon de bois.

On utilise comme agglomérant des produits très divers : goudrons, farines, mélasses, gommés, etc...

La pâte obtenue passe dans des moules, généralement de forme ovoïde et l'aggloméré ainsi formé n'a plus qu'à être soumis à un traitement thermique pour distiller les produits volatils et provoquer la cokéfaction.

La distillation des produits volatils a pour effet de décomposer par cracking les hydrocarbures lourds (provenant des matières volatiles existant à l'état naturel dans le

combustible, ou qui y ont été incorporés avec le liant) en gaz non condensables combustibles et en hydrocarbures légers. Il se dégage ainsi du carbone naissant qui a la propriété de souder entre elles les particules de carbone solide, produisant ainsi le phénomène connu sous le nom de cokéfaction.

Comprimés ou agglomérés présentent sur les charbons ordinaires les avantages suivants.

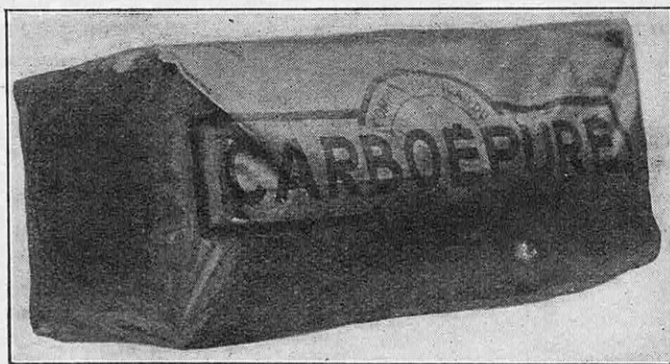
Leur densité de chargement atteint 0 kg 450 à 0 kg 800 au litre contre 0 kg 200 au charbon de bois : on augmente ainsi de trois à quatre fois le rayon d'action d'un véhicule, ou ce qui revient au même, on

peut restreindre dans des proportions semblables les dimensions du haut du générateur servant de réserve de combustible. Cette dernière solution est particulièrement intéressante dans le cas d'adaptation de gazogènes sur voitures de tourisme.

L'homogénéité du combustible,

dont dépend surtout la régularité de marche, est assurée avec les comprimés et agglomérés alors qu'elle est sujette à caution avec le charbon de bois ordinaire. On profite de l'obligation de comprimer la pâte de poussier et de liant pour donner aux agglomérés des formes régulières, qui joignent à l'homogénéité de la composition l'homogénéité de la forme. On donne la préférence aux formes cylindriques ou ovoïdes, qui présentent sur leurs bords des arêtes facilitant l'inflammabilité, tout en assurant par leurs parois rondes de grandes facilités d'écoulement : le chargement de la trémie est rendu plus facile, et la descente du combustible vers les zones de combustion et de réduction s'effectue sans risque de « voûtes ». Avec le charbon de bois, au contraire, les voûtes tendent à se former par suite de l'enchevêtrement des morceaux.

Les dimensions optima des comprimés ou agglomérés varient suivant les gazogènes, mais on tend de plus en plus à les réduire



(Comptoir français du charbon de bois épuré.)

FIG. 8. — LES SACS EN PAPIER CONSTITUENT UN EXCELLENT EMBALLAGE POUR LE CHARBON DE BOIS

Ces sacs, ne laissant pas passer le poussier, sont d'une manipulation pratique et propre. Ils sont, en outre, d'une étanchéité à l'eau suffisante pour préserver le charbon de l'humidité nocturne et même d'une pluie non persistante.

de manière qu'elles ne dépassent pas 15 à 20 mm, suivant leur plus grand axe.

Le *ravitaillement* en comprimés et agglomérés s'avère plus facile qu'avec le charbon ordinaire, parce que moins salissants, moins fragiles et plus faciles à manutentionner.

Le *prix de revient* (ramené au ch.h) doit également être à l'avantage des comprimés et agglomérés. Sans doute, les frais de broyage, malaxage, compression et distillation sont-ils à ajouter en principe au prix de revient de la matière première, mais on peut en compensation employer des produits de très faible valeur marchande,

de bois qu'on peut récupérer dans les centres de concassage et de tamisage du charbon de bois, car ce poussier est produit en grande partie par l'écorce du bois, qui tombe en poussière lors de la carbonisation; or, l'écorce contient beaucoup de cendres à base de chaux et de silice, qui sont nuisibles pour les tôles et les garnitures réfractaires des générateurs, et qui produisent en outre du mâchefer collant aux tuyères et aux grilles. Par contre, le charbon provenant de la carbonisation de déchets de végétaux, tels que brindilles, sarments, sciures, tourbes et des feuilles elles-mêmes, peut entrer éco-

NATURE DU COMBUSTIBLE	Densité de chargement	Pouvoir calorique (supérieur)	Humidité	Puissance moyenne	Régularité (variation de puissance)	Consommation au ch.h	Production de mâchefer après 3 heures de marche	Production de cendres après 3 heures de marche
	kg/litre	cal/kg	%	ch	%	kg	kg	kg
Bois cru	0,33	4 100	20	28	13	»	Néant	0,600
Bois torréfié	0,24	5 700	7	31	13	»	Néant	0,400
Charbon de meule de terre.....	0,20	7 000	8	28	4	0,550	1	1
Charbon de bois épuré.....	0,20	7 370	7	30,8	3,5	0,530	0,09	0,450
Charbon minéral.....	0,60	7 500	5	28,5	18	0,550	2	1
Comprimés de charbon de bois.	0,50	7 114	5	30	3	0,530	0,01	0,1
Carbonite (agglomérés de char- de bois	0,60	»	»	32	8,5	0,523	0,38	»
Agglomérés de charbon minéral.	0,60	6 880	4	30,3	2,3	0,605	»	»
Comprimés mixtes (charbon de bois et charbon minéral).....	»	»	2	29	3,1	0,525	0,04	1,3

CARACTÉRISTIQUES MOYENNES DES DIFFÉRENTS COMBUSTIBLES POUR GAZOGÈNES TRANSPORTABLES D'APRÈS LES RÉSULTATS ENREGISTRÉS AU COURS DES ESSAIS ENTREPRIS PAR LA STATION CENTRALE D'ESSAIS DE MACHINES DU MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE AVEC MOTEUR DÉVELOPPANT 40 CH AVEC DE L'ESSENCE, MUNI D'UNE CULASSE SURCOMPRIMÉE

tels que les poussières (qui dispensent du broyage) et les charbons de qualité inférieure, comme les lignites. On peut aussi et surtout composer des mélanges de différents produits, en proportions harmonieuses : charbons minéraux, végétaux, voire même sciure de bois, qui assurent, en même temps qu'un bas prix de revient, une régularité de composition donnant toute quiétude à l'usager. Enfin, les frais de transport par fer, qui — au delà d'une certaine distance — sont prohibitifs pour le charbon de bois ordinaire, en raison de sa légèreté et de sa friabilité, sont bien moins élevés pour les agglomérés.

Nous avons parlé de l'intérêt que présente le poussier dans la fabrication des agglomérés et comprimés, tant en raison de sa faible valeur marchande qu'en raison de l'économie de la façon de broyage; il faut toutefois se défier du poussier de charbon

nomiquement et sans inconvénient dans la composition des agglomérés et comprimés.

L'*hydrophilie* des comprimés et agglomérés est pratiquement nulle, alors qu'elle est considérable dans le charbon de bois ordinaire, au point de rendre inutilisable un gazogène dont la réserve de charbon placée sur le camion aurait été mouillée.

On peut enfin incorporer facilement dans les agglomérés et comprimés les réactifs appropriés, permettant de remédier au manque de réactivité naturelle des combustibles minéraux, et de régler en quelque sorte le degré de fusibilité des cendres.

De nombreuses formules, établies sur des principes assez peu différents, sont actuellement l'objet de recherches suivies en laboratoires. L'Etat lui-même s'intéresse à la question en vue de l'approvisionnement et du stockage de combustible pour les véhicules à gazogènes de l'armée. La pou-

drierie de Sevran-Livry commence à produire des comprimés en forme d'ovoïdes connus sous le nom de « Carbonite-Etat ». Une importante usine est en construction.

Comme ces procédés ne sont pas encore industrialisés, les prix de vente ne sont pas encore établis. On laisse entrevoir des prix de l'ordre de 400 à 500 f la tonne pour les agglomérés contenant une certaine proportion de poussier de charbon minéral, et de 700 à 1 000 f la tonne pour les comprimés ne contenant que du charbon de bois.

Emballage des combustibles

Le charbon pour gazogènes transportables est actuellement livré en sacs papier d'une contenance de 10 à 50 litres. Les sacs toile ont été abandonnés parce que trop chers, trop perméables à l'eau, et laissant passer le poussier. Le sac papier ne présente pas cet inconvénient, mais comme c'est un emballage « perdu », il revient assez cher. Il faut compter environ 1 f par sac de 50 litres renfermant environ 12 kg 500 de charbon. Ces sacs sont d'un emploi commode et propre. Certains usagers enfournent les sacs à même, dans la trémie du générateur, sans les ouvrir : en descendant vers la zone de combustion, le papier s'enflamme en libérant automatiquement son contenu.

Le bois découpé est vendu en sacs toile, ou versé en vrac dans la trémie du gazogène.

Le développement des gazogènes transpor-

tables, si souhaitable tant au point de vue de la Défense Nationale que de l'économie générale du pays (diminution d'importation de l'essence, valorisation de la forêt française et des sous-produits des mines) exige une politique des combustibles.

Les Pouvoirs publics s'en occupent, mais les grandes associations de propriétaires forestiers et les mines se doivent d'aider l'Etat à réaliser cette politique.

Il faut, à l'origine, une méthode de travail. Les recherches auxquelles la Station centrale d'Essais de Machines du ministère de l'Agriculture vient de se livrer au cours des dix-huit derniers mois ont permis d'établir les caractéristiques des combustibles de toutes catégories pour gazogènes transportables. Les résultats, qui viennent d'être publiés doivent servir de base pour la recherche et l'établissement d'un ou plusieurs types de combustibles standards. Restera ensuite l'importante question du ravitaillement et de la création de dépôts de ces combustibles sur nos grandes routes, au voisinage des bornes d'essence.

Ces problèmes ne sont pas insolubles. Mais il faut s'y attaquer sans tarder, sous peine de voir encore une fois l'essor du gazogène se ralentir, et les efforts heureux tentés jusqu'à ce jour, en vue de son développement, tomber à néant par manque d'esprit, de méthode et d'organisation.

TONY BALLU.

La production de pétrole brut dans le monde, en 1937, a dépassé 280 millions de t, accusant sur le chiffre de 1936 (247 millions de t) l'augmentation la plus forte qui ait jamais été enregistrée dans l'histoire du pétrole. La seule diminution appréciable dans l'extraction s'est produite en Roumanie (1), tandis que presque tous les autres pays producteurs d'huile brute sont en progression sensible. C'est ainsi que les Etats-Unis — toujours en tête — ont produit près de 174 millions de t (25 millions de plus qu'en 1936) ; le Venezuela, l'Iran et l'île Bahrein, dans le golfe Persique (où la *Standard Oil* a installé une raffinerie capable de traiter plus d'un million de tonnes de pétrole brut par an) accusent également des augmentations sensationnelles. L'U. R. S. S., avec 28 millions de t, vient toujours au deuxième rang, place que lui disputera sans doute le Venezuela pour l'année 1938, car l'extraction russe ne progresse que lentement. La production française d'huile brute n'a pas varié sensiblement : 72 000 t en 1937 contre 70 000 en 1936.

Si les Etats-Unis sont — de très loin — les premiers producteurs de pétrole du monde (174 millions de t contre 28 pour l'U. R. S. S.), ce sont également eux qui viennent en tête de liste pour la consommation. Par 1 000 habitants, celle-ci a atteint aux Etats-Unis 1 185 t en 1937, tandis que l'Europe vient loin derrière avec 252 t pour 1 000 habitants en Grande-Bretagne, 171 t en France et 165 t dans les Pays-Bas.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 250, page 285.

LE NOUVEAU PAQUEBOT ANGLAIS « QUEEN ELISABETH »



Le paquebot Queen Elisabeth, « sistership » amélioré de la Queen Mary, a été lancé le 27 septembre dernier. A la longueur près, 314 m au lieu de 310 m, les dimensions de la coque des deux paquebots sont identiques. Cet allongement de 4 m est dû à la modification des formes avant, décidée à la suite des 8 000 essais effectués sur maquettes au bassin des carènes. La jauge brute du nouveau paquebot sera ainsi portée à environ 85 000 tonnage contre 81 235 pour la Queen Mary. Toutefois, les Anglais n'ont pas adopté la forme en bulbe qui a cependant fait ses preuves sur la Normandie et lui a permis de détenir pendant plus de deux ans le « ruban bleu », malgré une puissance inférieure de 40 000 ch à celle de la Queen Mary. La propulsion de la Queen Elisabeth sera assurée par quatre hélices de 32 t, chacune entraînée par un groupe de 4 turbines Parsons attaquant par engrenages réducteurs une roue dentée de 4 m de diamètre et pesant 80 t. La vapeur sera fournie aux 16 turbines par 12 chaudières à tubes d'eau, chauffées au mazout et à tirage forcé ; 1 200 m de canalisations amèneront le combustible aux foyers. Quant à la vapeur, elle sera distribuée à travers 900 m de tuyauterie. Signifions encore une station électrique, capable de fournir énergie et lumière à une ville de 200 000 habitants, qui alimentera, au moyen de 6 400 km de câbles, 30 000 lampes, les cuisines, les appareils de ventilation, les ascenseurs, monte-charges, signaux lumineux, pendules, le radio, le cinéma, le téléphone, etc. Douze cents hommes d'équipage et deux mille trois cents passagers pourront être logés à bord avec le maximum de confort. Le conditionnement de l'air, notamment, est prévu pour tous les grands locaux publics. Bien que l'on ne donne aucun renseignement sur la vitesse probable du futur paquebot qui doit entrer en service en mai 1940, il est probable qu'elle sera un peu supérieure à celle de la Queen Mary. Ainsi pourra être assurée par la Cunard White Star seule une liaison rapide hebdomadaire entre Southampton et New York, via Cherbourg.

PRENONS L'ÉCOUTE

ON TROUVE UN PEU DE TOUT DANS LA MER : LE DIFFICILE EST DE L'EN EXTRAIRE ÉCONOMIQUEMENT

Les quotidiens ont publié ces temps derniers une information venant de Tokio, d'après laquelle un savant japonais, le docteur Hirothi Suzhki, aurait « découvert le moyen de transformer l'eau de mer en soude caustique, acide chlorhydrique et magnésium, et d'en extraire de l'or et de l'argent ». Le procédé serait mis en œuvre dès le mois prochain.

Cette nouvelle — qui, sous cette forme, a provoqué quelque stupéfaction chez les profanes — n'aura pas surpris les lecteurs de *La Science et la Vie* ; ils auront compris immédiatement qu'il s'agissait simplement d'*obtenir de la soude et de l'acide chlorhydrique par électrolyse de l'eau de mer*, et d'extraire parallèlement les petites quantités de *magnésium* et de *métaux précieux* que celle-ci renferme.

Du point de vue purement scientifique, le problème ne présente aucune difficulté spéciale, et les chimistes japonais — qui ont donné maintes preuves de leur savoir-faire et qui sont vigoureusement soutenus de toutes manières par leur gouvernement — l'ont sans doute résolu ; par contre, il convient de souligner que le procédé, dans son ensemble, ne saurait être viable, du point de vue industriel, que dans les pays qui ont jugé préférable de vivre en économie fermée ; en effet, l'électrolyse du chlorure de sodium se heurte déjà à la concurrence des autres procédés de fabrication de la soude, et surtout à la difficulté d'écouler parallèlement les quantités équivalentes d'acide et d'alcali qu'elle produit simultanément de par son principe même. (Cette difficulté, inhérente aux méthodes électrolytiques, se retrouve notamment dans la fabrication de l'oxygène et de l'hydrogène par électrolyse de l'eau.)

En ce qui concerne le magnésium, on sait que son extraction des eaux-mères des marais salants conduit à un prix de revient prohibitif ; il est surprenant que les Japonais, sans sortir de chez eux, n'aient pas trouvé quelque roche magnésienne dont le traitement soit plus intéressant que celui de l'eau de mer, qui, rappelons-le, ne contient que un gramme et demi de magnésium par tonne.

Ce sont précisément ces faibles teneurs qui rendent si difficile, économiquement parlant, l'extraction des composés en solution dans l'eau de mer, lorsque l'homme n'est pas aidé par la nature, comme c'est le cas pour l'iode, qui se concentre dans les varechs — et encore convient-il de remarquer que cette source serait sans intérêt aucun si le marché mondial de ce métalloïde était vraiment libre. En ce qui concerne les métaux précieux, les teneurs sont infimes ; l'or, notamment, au sujet duquel on n'était guère d'accord, se rencontre dans la mer, d'après les travaux récents de M. Haber portant sur plus de 5 000 analyses, à raison de *quelques millièmes à quelques centièmes de milligramme par tonne* ; évidemment, en multipliant par le volume total des océans, on arrive à un chiffre impressionnant, mais non moins impressionnant est le volume à traiter — de l'ordre du million de mètres cubes — pour obtenir un gramme d'or.

La présence de sels d'argent en solution dans la mer peut paraître paradoxale, puisque ce métal est précipité par le sel marin à l'état de chlorure, insoluble ; mais,

en fait, il n'est pas de composé complètement insoluble, et l'eau de mer constitue une « solution saturée » de chlorure d'argent, dont elle contient ainsi un centigramme par tonne, soit tout de même 1 000 à 10 000 fois plus que d'or.

Il n'est pas — venons-nous de dire — de composé complètement insoluble ; d'autre part, la mer baigne toutes sortes de roches, dont elle a eu le loisir de se saturer au cours de centaines de millénaires ; aussi est-il vraisemblable que tous les éléments puissent s'y trouver : il suffit de les extraire, et de le faire économiquement.

HIÉRARCHIE DU DÉPLACEMENT DES NAVIRES DE LIGNE

La concurrence américano-japonaise, qui s'exerce dans le Pacifique, vient d'avoir une conséquence qui, *a priori*, peut surprendre, mais qui s'explique cependant comme l'aboutissement de la rivalité pour l'hégémonie navale qui dure depuis vingt ans : la fixation de trois déplacements types de cuirassés : 45 000, 40 000 et 35 000 t.

On sait que le traité de Washington (1922), conclu entre les Etats-Unis, la Grande-Bretagne, le Japon, la France et l'Italie, avait réglé la situation respective des marines dans la proportion 5 - 5 - 3 - 1,75 - 1,75 respectivement, tout au moins en ce qui concerne le tonnage global des navires de ligne. Le traité de Londres (1930), signé par les trois premières de ces puissances, n'avait fait que prolonger approximativement cet ordre de proportion aux autres navires, et maintenir par conséquent l'hégémonie anglo-saxonne. Or, ces deux traités arrivant à expiration le 31 décembre 1936, date qui marquait aussi, d'après certaine clause, la fin du « congé naval » (*naval holidays*), c'est-à-dire le moment où la construction de grandes unités de ligne pourrait reprendre, il était nécessaire de savoir quel serait le tonnage unitaire maximum des nouveaux navires à mettre en chantier. Ce fut une des raisons qui provoquèrent, à la fin de 1935, la réunion à Londres d'une nouvelle conférence des représentants des cinq nations signataires du traité de Washington. On sait comment les Japonais se refusèrent à discuter comme première question la limitation qualitative des navires avant que fût fixée la limitation quantitative des flottes et se retirèrent devant le refus anglo-américain d'accéder à leur désir. Ils furent d'ailleurs suivis, mais pour d'autres raisons, des Italiens. Les trois autres partenaires, Etats-Unis, Grande-Bretagne et France, arrivèrent toutefois à s'entendre sur quelques points, et notamment sur le déplacement maximum des navires de ligne, qui était maintenu à 35 000 t. Le 1^{er} janvier 1937, les Anglais mettaient en chantier deux navires de ce tonnage, marquant ainsi l'application du nouveau régime ; trois autres 35 000 t suivaient peu après.

Toutefois, dans les précisions qui accompagnaient la limite de déplacement, le traité prévoyait que le calibre maximum serait de 356 mm, si aucune nation non signataire du traité n'adoptait un calibre supérieur ; sinon, le calibre limite serait de 406 mm. Les Anglais annoncèrent que leurs cinq nouveaux navires ne porteraient que du 356 mm.

Lorsque les Etats-Unis, l'Italie et la France, à leur tour, établirent les plans de leurs nouveaux navires, il leur fallait décider du calibre, et pour cela connaître les intentions du Japon ; celui-ci refusa tout renseignement, et la limite de 356 mm ne put être maintenue. La France, l'Italie, l'Allemagne adoptèrent 380 mm ; la Grande-Bretagne et les Etats-Unis, 406 mm.

Or, au début de 1938, des rumeurs se répandirent que les Japonais, libres de tous engagements, allaient mettre en chantier des navires de ligne de plus de 35 000 t, de 45 000 peut-être, armés de pièces dont on ignorait le calibre, mais qui pourraient être des 450 mm. Nouvelle démarche des trois puissances intéressées, qui n'eurent pas plus de succès.

Cette fois, les Etats-Unis, conformément au traité de Londres 1936, avertirent les deux autres cosignataires de leur intention de construire des navires de 45 000 t. Ils s'étaient toujours montrés partisans de navires d'un tonnage suffisant pour la

guerre navale du Pacifique, si elle se déclenchait un jour ; d'autre part, les progrès de l'aviation ont rendu nécessaire d'augmenter les épaisseurs des ponts cuirassés de protection qui atteignent déjà 21 cm. La proportion de plus en plus forte consacrée à la protection a fait que le nombre des canons est devenu bien faible : 8 pièces sur le *Jean-Bart* et le *Richelieu*, 9 sur le *Vittorio Veneto* ou le *Littorio*, 9 également sur les 35 000 t allemands. Les Anglais auraient réussi à mettre 10 pièces sur leurs nouveaux navires. Les Américains, toutefois, se sont prononcés pour une autre solution : celle du maintien d'un nombre modeste de pièces, mais accroissement du calibre, qui serait porté à 450 mm. Quant à l'argument que les écluses du canal de Panama (largeur 33 m) ne permettraient pas le passage de ces grands navires, il est réfuté par ce fait que dès 1920 les Américains avaient établi les plans de navires de 43 000 t, de 32,25 m de large.

La Grande-Bretagne, à son tour, a fait connaître récemment qu'elle s'affranchissait de la limite du déplacement de 35 000 t, et a prévenu la Société des Nations que la nouvelle limite était portée à 45 000 t, mais en même temps, elle a fait savoir aux chancelleries européennes qu'elle ne comptait pas dans la pratique dépasser 40 000 t, tant que les autres pays de l'Europe s'en contenteraient.

La France, devançant ce geste britannique, avait, de son côté, déclaré qu'elle s'en tiendrait à 35 000 t, à moins qu'une nation continentale européenne ne choisisse un tonnage plus élevé ; ainsi nous arrivons à une nouvelle hiérarchie du navire de ligne, qui se chiffre : navire américain, 45 000 ; britannique, 40 000 ; français, 35 000 t.

A LA RECHERCHE D'UNE FORMULE POUR LES CROISEURS

Aux heures où la lutte entre le canon et la cuirasse, à qui vaincrait l'autre, se manifestait la plus aiguë, il était un type de navire, qui échappait, croyait-on, à la controverse, c'était le croiseur, parce qu'on sacrifiait l'un et l'autre à une qualité première, la vitesse, qui, à cette époque, coûtait cher en déplacement. Peu à peu les croiseurs protégèrent leurs ponts, blindèrent leurs flancs, le calibre de leur artillerie s'accrut et, à la bataille du Jutland, on vit agir des *croiseurs de bataille* dont la cuirasse était seulement un peu plus mince que celle des cuirassés et le calibre de l'artillerie principale presque le même, tandis que des cuirassés rapides, dont la vitesse n'était que de 3 ou 4 nœuds inférieure à la vitesse des croiseurs de bataille, entraient dans la composition de chacune des escadres ennemies. C'est aujourd'hui un fait patent que les deux types de navires, le croiseur de plus en plus armé et de plus en plus protégé, le cuirassé de plus en plus rapide, ont fusionné en un navire unique, le navire de ligne de 35 000 tonnes et au-dessus.

L'histoire cependant se répète, et, avant même que la première soudure d'un de ces navires ne fût faite, les Etats-Majors navals réclamaient des croiseurs proprement dits. Aussitôt après la guerre, le traité de Washington vint mettre une limite à leur déplacement, 10 000 t, et cette fois on vit sortir de tous les chantiers un même type de navire dans lequel toute protection était sacrifiée à la vitesse : le *Duquesne* et le *Tourville* sont les plus beaux exemples de ces « bateaux en fer blanc », comme les surnommèrent les Anglais et les Américains ; dès le troisième de cette série, qui devait en comprendre encore quatre autres, nous avons placé quelque blindage de flanc, pour finir, avec l'*Algérie*, par faire revivre le croiseur cuirassé d'avant-guerre, mais avec un blindage plus important des ponts par crainte de la bombe d'avion. Ce qui est aussi un signe caractéristique, on sacrifia la vitesse au blindage. Les six *Marseillaise* qui suivent, bien que de 2 000 t plus légers, indiquent un nouveau progrès dans cette voie et le *De Grasse* en construction leur ressemblera. Les étrangers ont fait comme nous, et leurs classes successives de croiseurs répètent quasi identiquement les nôtres. Ce que l'on a voulu, c'est que le croiseur fût capable de se battre, donc d'encaisser, ce à quoi un *Tourville* ne pouvait songer, ses flancs étant à la merci du moindre obus de torpilleur.

A nouveau encore, les Amirautés ont eu besoin d'un certain nombre de navires légers pour éclairer leurs escadres et les défendre contre les attaques possibles et probables de torpilleurs, vedettes, etc. ; la Grande-Bretagne a sorti ses *Dido* ; l'Italie sa classe des *Condottiere* ; la flotte française a peu à peu élevé le tonnage de ses contre-torpilleurs des environs de 2 000 aux environs de 3 000 t. Plus modestes que les croiseurs légers britanniques ou italiens, ils auront cependant un rôle identique à jouer.

Cette classe de navires va-t-elle croître pour arriver peu à peu au tonnage maximum permis aux croiseurs ? On s'apercevra alors, une nouvelle fois, qu'à ce point ils ne sont pas aptes à faire partie d'une flotte de combat, parce que mal protégés. L'indécision sur les croiseurs semble donc bien devenir une loi historique des constructions navales, pas seulement en France, mais dans tous les pays maritimes.

RECORDS DE VITESSE PURE EN AUTOMOBILE

La conquête du record du monde de vitesse en automobile sur un mille (1 609 m) aller et retour, qui a donné lieu à une lutte serrée les 15 et 16 septembre dernier entre les deux Anglais J. Cobb et Eyston, a en outre démontré la justesse de la théorie de l'ingénieur français Andreau : les progrès réalisés dans l'étude aérodynamique des profilages font que la résistance de l'air n'absorbe plus que le quart de la puissance, les trois quarts restants étant utilisés pour vaincre la résistance au roulement. Si J. Cobb a atteint 563,471 km/h avec 2 500 ch seulement, contre 4 700 ch pour Eyston, c'est, notamment, parce que la « Rafale » de Cobb ne possédait que deux roues à l'avant et deux à l'arrière (toutes motrices évidemment), alors que le « Thunderbolt » d'Eyston roulait sur huit trains de pneumatiques. D'ailleurs, le problème s'était posé différemment pour Andreau et Red Railton, les deux ingénieurs qui ont conçu les « carrosseries ». Le premier s'est trouvé en présence d'un châssis à « habiller » tandis que le second conçut d'abord le profilage, le châssis devant être établi ensuite pour pouvoir s'y loger. D'où des solutions très particulières sur le bolide de Cobb. Ainsi, le châssis de la « Rafale » est constitué par un caisson sinueux, en S, et les deux moteurs Napier suralimentés de 1 250 ch, 12 cylindres, et de 23,936 litres de cylindrée chacun, sont situés de chaque côté du châssis, parallèlement entre eux mais en biais par rapport à l'axe de la voiture. De plus, ils sont placés en sens contraire l'un de l'autre, de sorte que le moteur avant attaque les roues arrière et inversement. Signalons encore la suppression du radiateur. Etant donné la courte durée de l'épreuve, il devait suffire, en effet, de refroidir l'eau du réservoir au moyen de blocs de glace, un thermostat réglant automatiquement la température de l'ensemble. En reprenant le record qu'il détenait avant la performance de Cobb et en atteignant 575,570 km/h, Eyston a certes démontré que sa voiture est plus rapide, le réglage des compresseurs pour l'altitude du lac Salé (2 000 m) ayant permis de trouver un supplément de puissance. Mais pour utiliser, sans que les roues « patinent », celle que développent ses deux moteurs (4 700 ch), il lui a fallu un poids de 8 tonnes (1) et, pour ne pas surcharger les pneumatiques (2), prévoir deux fois plus de roues que Cobb, d'où une grande résistance au roulement. Ainsi, toujours selon M. Andreau, pour atteindre le 600 à l'heure, la nouvelle école consistant à établir une véritable voiture de course paraît supérieure à l'ancienne : habiller au mieux des châssis sur lesquels on a placé le maximum de chevaux, cet excès de puissance nécessitant un excès de poids pour assurer l'adhérence. On sait que l'Allemagne s'est lancée sur la première voie et qu'elle compte sur Mercedes et sur les autostrades pour s'approprier le record du monde de vitesse.

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

(2) En ce qui concerne les pneumatiques, on connaît la solution adoptée afin de soustraire la gomme aux effets de la force centrifuge : utilisation de coton sélectionné pour les « toiles » recouvertes par un protecteur de caoutchouc mince comme une feuille de papier. Des tringles spéciales offrant une résistance de 150 t par cm² retiennent le pneumatique sur la jante. Les essais au banc ont montré que ces pneus pourraient résister à la force centrifuge correspondant à une vitesse de 640 km/h. A cette vitesse, malgré la pression de gonflement (8,5 kg/cm²), le diamètre du pneu croît de 3 cm et sa section devient ovale.

LES « BALLONS A CABLES » ET LA DÉFENSE ACTIVE CONTRE LES RAIDS AÉRIENS

Par Pierre DEVAUX

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

La défense active contre les raids de l'aviation de bombardement ennemie, confiée presque exclusivement jusqu'ici à l'artillerie antiaérienne et à l'aviation de chasse, va faire appel, autour de Paris et de Londres, à une arme particulièrement efficace et meurtrière : les barrages aériens mobiles constitués par d'immenses câbles souples portés par des ballons gonflés à l'hydrogène et montant jusqu'à 7 000 et même 10 000 m. Pendant la guerre de 1914-1918, en certains points de la région parisienne et autour de plusieurs centres industriels travaillant pour la défense nationale, ce procédé de défense a été expérimenté déjà avec succès, comme le montre l'étude des cartes de raid dressées en 1918 par nos services de guet. Actuellement, 250 ballons d'un type perfectionné sont prévus pour la protection de la capitale, chiffre qui paraît nettement insuffisant pour interdire vraiment le passage des escadres ennemies. Accessoirement se pose le problème du ravitaillement en hydrogène de ces multiples unités, problème sur lequel nous aurons l'occasion de revenir prochainement pour discuter la valeur technique et économique des solutions proposées.

LE grave problème de la protection des populations civiles contre les bombardements aériens comporte deux aspects de valeurs très inégales : la *défense active*, qui s'efforce d'écarter et d'abattre les aéronefs ennemis par les moyens techniques et militaires les plus modernes ; la *défense passive*, qui consiste à évacuer ou à abriter la population dans toute la mesure possible, en vue de réduire le nombre des victimes au minimum.

L'exemple récent des bombardements de villes en Espagne atteste, d'ailleurs, que la population a su continuer à vivre et faire bonne contenance sous le feu ; il en fut du reste de même à Paris en 1918.

Toutefois, il serait imprudent de tabler sur des circonstances peu comparables. Le généralissime Franco a répété qu'il ne désirait pas ruiner les cités espagnoles par un bombardement intensif. Quant aux projectiles utilisés en 1918, ils sont fort peu de chose au regard du déluge de fer et de feu dont le général Ludendorff nous a menacés avec la « guerre totale ». Rappelons, pour nous en tenir à cet échantillon, que, d'après un critique militaire autrichien, la bombe américaine de 1 800 kg, contenant 1 000 kg d'explosif, éclatant en terrain découvert, serait capable de renverser par son « souffle » un immeuble de cinq étages situé à 50 mètres du point de chute !

Éléments de la « défense active »

Nous sommes ainsi conduits à la seconde solution : la *défense active*, qui est du domaine militaire.

Celle-ci comporte, outre l'indispensable *aviation de repréailles* dont l'importance morale est indiscutable, une puissante *aviation de chasse* et une *artillerie antiaérienne* (D. C. A.) à la fois précise et rapide, capable de barrer le ciel aux aéronefs ennemis.

Or, à cette notion des obstacles *dynamiques* : avions de chasse de la défense et artillerie antiaérienne, est venue s'adjoindre la notion d'obstacles *statiques*, constitués par d'immenses câbles souples portés par des ballons (fig. 3). C'est la vieille idée du *ballon captif* qui revient sur l'eau, mais avec des perfectionnements et une technique d'emploi qui en font une arme antiaérienne extraordinaire : *la seule qui ne pardonne pas* et qui, partout où elle s'est présentée, a mis l'aviation « en fuite ou en vrille ».

Premiers « ballons cerfs-volants »

Onze ans après l'envol de la première montgolfière, en 1794, le premier *ballon captif* militaire survolait le champ de bataille de Fleurus. D'autres ballons s'élevèrent au-dessus de Maubeuge, puis de Mayence, occupée par les armées de la République.

Les noms de Conté (inventeur du crayon),

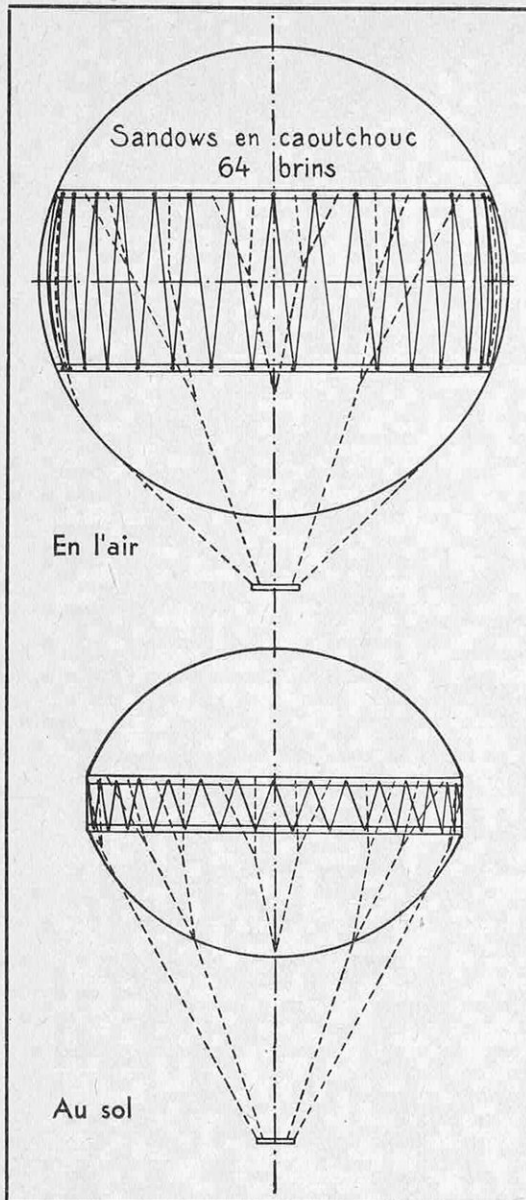


FIG. 1. — BALLON SPHÉRIQUE DILATABLE UTILISÉ PAR LES AÉROSTIERS ITALIENS

Peu gonflé au sol, il se dilate en l'air.

du commandant Coutelle, du lieutenant de Beauchamps restent attachés à ces premiers essais. Napoléon I^{er} ne semble pas avoir aperçu l'intérêt des ballons militaires, pas plus que les gouvernements successifs du XIX^e siècle ; Paris usa de ballons libres durant le siège de 1871 et le maréchal de Moltke fit fabriquer par Krupp un fusil spécial destiné à les abattre.

Charles Renard, à qui l'on doit plusieurs inventions remarquables : ballons dirigeables, pile chlorochromique à grande puissance,

train routier articulé, chaudières « instantanées », obtint de Gambetta, en 1879, l'autorisation de rouvrir l'école d'aérostation de Chalais-Meudon. Telle fut l'origine du département de l'Aérostation militaire, aujourd'hui rattaché à l'Aéronautique.

La forme sphérique, qui est loin d'être la plus favorable au point de vue aérodynamique, fut à peu près seule en usage jusqu'à 1914. Quelques « Drachen » (dragons) ou *ballons cerfs-volants* de petit volume, avaient été achetés au constructeur allemand Parseval pour servir de porte-antennes, mais la question était jugée sans intérêt, les crédits étaient nuls et quelques ballons captifs existaient seuls dans l'Est.

Le délicat problème de la « saucisse aérodynamique »

Ce fut un rapport du général Dubail, au mois de septembre 1914, qui souligna la nécessité de reconstituer les compagnies d'aérostiers de campagne et de les doter de « Drachen » français.

Dès janvier 1915, le premier exemplaire sortit ; en avril, chacune de nos armées possédait une « saucisse » montant à 1 500 m. A l'armistice, le nombre de ces ballons s'élevait à 150.

C'est l'ingénieur Caquot, commandant d'une compagnie d'aérostiers, qui mit au point, en 1916, une première solution : le *ballon dilatable à ballonnet intérieur*, dont la qualité était telle que les Allemands copièrent scrupuleusement un « Caquot » tombé dans leurs lignes !

Comment se présente le problème du ballon captif de forte capacité ? Deux points sont ici à distinguer : la *tenue au vent* et la *permanence du gonflement avec l'altitude*.

Un ballon libre, naviguant par vent nul ou uniforme, peut être lancé à demi gonflé ; le gaz se dilatera au fur et à mesure de la diminution de la pression extérieure et, arrivé à une altitude suffisante, le ballon prendra sa si-

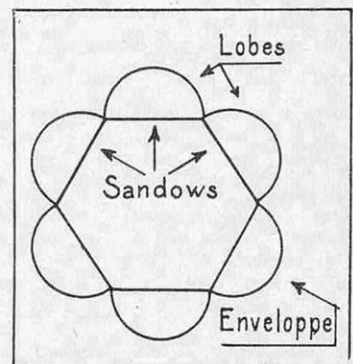


FIG. 2. — COUPE TRANSVERSALE D'UN BALLON A SIX LOBES MONTRANT LA DISPOSITION DES SANDOWS SUIVANT UN HEXAGONE

houette correcte. Telle est la méthode adoptée pour les *ballons stratosphériques*, dont la forme efflanquée, en torche au départ, est bien connue du public.

Pour les ascensions libres et les compétitions sportives, type Coupe Gordon-Bennett, on peut partir ballon presque gonflé, quitte à *lâcher du gaz* ; cette manière de faire serait ruineuse avec un ballon captif,

jeté de droite et de gauche avec violence, au risque d'une catastrophe.

Principe du ballon à air

Ici se place une anecdote caractéristique. Dès 1917, le G. Q. G. italien protégea Venise, de nuit, à l'aide de ballons captifs sphériques dont l'équateur présentait un pli double « faufilé » en zigzag par un lacet en caout-

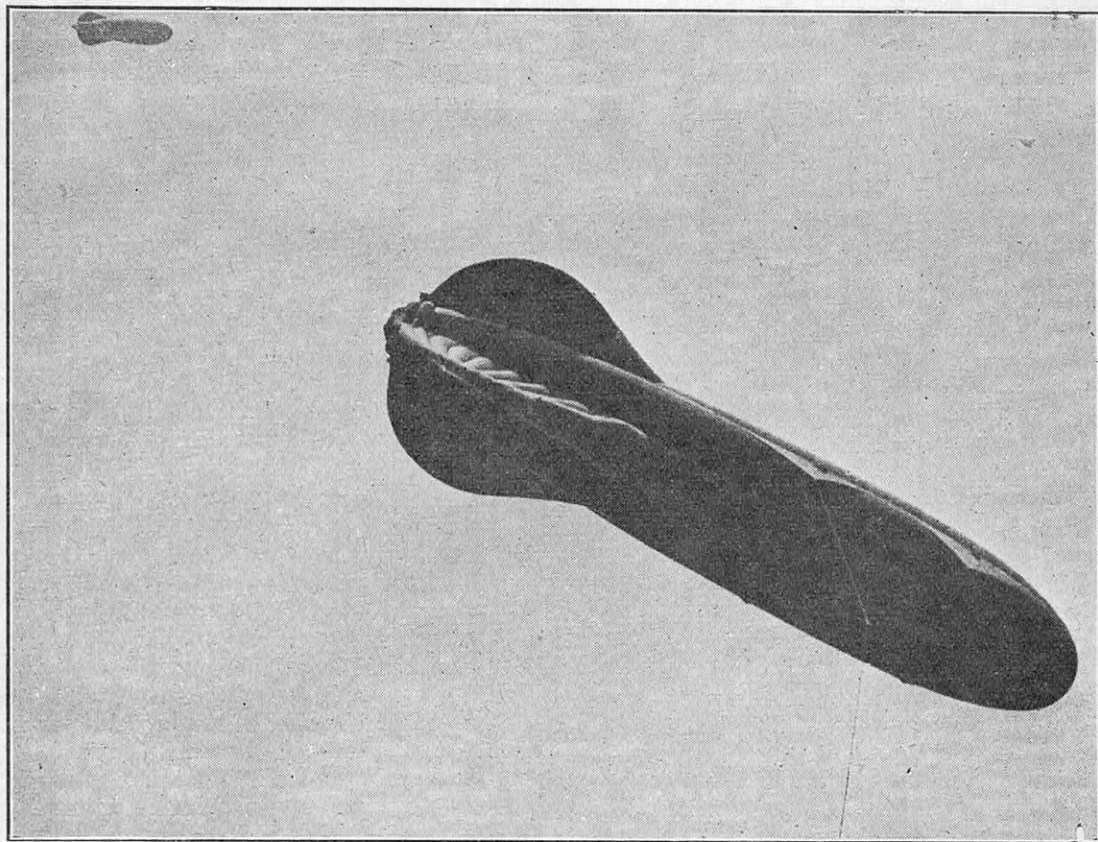


FIG. 3. — BALLON CAPTIF A LOBES AUTOSTABLE, SYSTÈME DU COMMANDANT LETOURNEUR, MONTRANT A L'ARRIÈRE LES EMPENNAGES A GONFLEMENT AÉRODYNAMIQUE

qui monte et descend fréquemment, l'énergie de la descente devant être impérativement fournie par un treuil ; elle laisserait, du reste, le ballon flasque à la descente.

La position d'un ballon captif est très particulière et souvent périlleuse du fait que son câble le contraint de flotter au point fixe dans les courants aériens. Alors que le ballon libre n'encaisse que les « coups de poing » provenant des *variations* du vent, en sorte qu'il demeure paisible par vent régulier, le ballon captif est soumis à la *vitesse principale* du vent : que le moindre dégonflement se fasse sentir et d'énormes poches vont se creuser dans l'enveloppe, le ballon se trouvant pro-

chouc (fig. 1). Ces ballons *dilatables* gardaient parfaitement leur forme et les résultats furent tels que Chalais-Meudon se hâta de demander un exemplaire... qui fut essayé en France sans aucun succès !

Ceci s'explique par les conditions météorologiques, très différentes dans les deux pays. A Venise, ou bien l'atmosphère est calme et les sphériques n'ont rien à craindre, ou bien le vent du nord, la redoutable *bora*, souffle en tempête et les avions ennemis restent au hangar ! En France, où les vents de 10 m par seconde (36 km à l'heure) sont fréquents, il faut, de toute nécessité, étudier des ballons à *formes aérodynamiques*, ca-

pables d'acquérir une véritable *stabilité de cerf-volant*.

Tel était précisément le principe du « Caquot » à ballonnet, attaché obliquement au bout de son câble. Lors du « larguer » (le terme usuel de « lâcher » serait impropre pour un ballon « captif ») l'enveloppe est gonflée d'hydrogène à bloc, le ballonnet intérieur, rempli d'air, se trouvant par suite réduit au minimum. A mesure que le ballon s'élève, l'hydrogène en excès s'échappe par une soupape dans l'atmosphère, sa pression ne dépassant pas le maximum prévu; à la descente, la pression de l'hydrogène deviendrait inférieure à la pression ambiante, mais l'air pénètre alors dans le ballonnet en sorte que le ballon conserve une forme correcte.

Le défaut de ce système est que le *centre de sustentation* se déplace au cours de la descente, l'arrière du ballon, où se trouve le ballonnet, devenant plus lourd par l'introduction de l'air, qui prend la place de l'hydrogène. Par suite, le ballon « relève le nez » exagérément et, s'il y a des coups de vents violents, il peut casser son câble.

Voici les ballons à « lobes » avec empennage soufflé

Les choses en étaient là quand le commandant Letourneur eut l'idée d'appliquer aux « saucisses » oblongues de l'armée française le principe des *sandows* élastiques italiens, mais avec une disposition différente.

Considérons la coupe circulaire d'un ballon en forme de cigare et marquons sur cette circonférence un certain nombre de points que nous réunirons pour former un polygone régulier. Matérialisons maintenant ce polygone en remplaçant les traits par des *sandows* à grande capacité d'extension et voilà réalisée la section-type de notre ballon (fig. 2).

Cette section, bien entendu, ne sera plus un cercle mais une sorte de trèfle à nombreux *lobes*, chaque point d'attache des *sandows* formant un rentrant. Multiplions les polygones élastiques d'un bout à l'autre de l'enveloppe et nous obtiendrons une forme absolument nouvelle : le *ballon dilatable à lobes*, qui constitue le premier point capital du système.

Dans un ballon lisse, comme dans une chaudière ou dans tout récipient contenant un fluide sous pression, l'enveloppe « travaille » de deux façons : elle est *étanche*, ce qui correspond à une efficacité dans le sens normal à sa surface, et elle résiste à la *déchirure*, le récipient tendant à s'ouvrir comme une bombe, ce qui revient à dire qu'elle travaille mécaniquement en *traction*.

Il est possible de séparer dans une large mesure ces deux fonctions en utilisant des barres transversales intérieures qui s'opposent à l'explosion; c'est ainsi que sont armées,

à l'aide d'*entretoises*, les chaudières de locomotives dans la partie cubique qui entoure le foyer. Celui-ci, dont les côtés et le ciel sont plans, donc possèdent une courbure nulle, ne pourraient résister à la pression s'ils n'étaient ainsi soutenus.

Dans le ballon à lobes, le tissu travaille également dans d'excellentes conditions, grâce au renfort des *sandows*; mathématiquement, on peut dire que le rayon de courbure du tissu étant plus petit, sa tension est moindre pour une surpression intérieure donnée, ce qui permet de prendre un tissu plus léger; mais l'avantage capital est que l'étoffe reste constamment tendue, la forme demeurant, par suite, invariable.

Reste l'importante question des *empennages* formant gouvernails fixes et destinés à

orienter le ballon dans le lit du vent. Ces empennages, inventés par Caquot et perfectionnés par le commandant Letourneur, sont au nombre de trois, disposés à 120° et gonflés *aérodynamiquement*, la force du vent étant précisément utilisée pour leur donner une rigidité croissante à mesure que ce vent augmente. A cet effet, ces empennages sont établis en étoffe, sous forme tubulaire, l'empennage inférieur présentant une large ouverture tournée vers l'avant; l'air s'engouffre dans cette ouverture, traverse le premier empennage, puis se rend par deux tubes en étoffe dans les empennages supérieurs, d'où il s'échappe.

La course au zénith

Les possibilités remarquables des ballons à lobes s'expliquent par leur *légèreté*, l'allé-

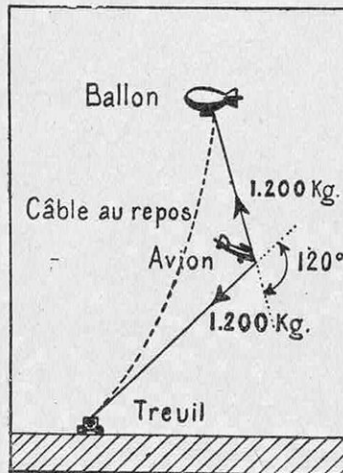


FIG. 4. — CAPTURE D'UN AVION PAR LE CÂBLE D'UN BALLON

Le câble prend une configuration anguleuse exerçant sur l'avion une action retardatrice progressive qui provoque sa chute en vrille par perte de vitesse.

gement de l'enveloppe compensant et au delà le poids des sandows, et par leur excellente stabilité aérostatique et aérodynamique.

L'enveloppe est formée de deux toiles de soie naturelle de Lyon de première qualité, collées à la colle de caoutchouc. Les sandows, au nombre de 150 dans les modèles courants, ne sont espacés que de 14 cm dans la partie médiane ; ils sont fabriqués en gomme bien pure, présentant une faible *hystérésis*, c'est-à-dire qu'ils reviennent au zéro sans trop de frottements internes ; leur gaine elle-même est élastique.

Comment le câble abat les avions

Point n'est besoin d'être spécialiste des choses d'aviation pour comprendre que des appareils de bombardement, condamnés à escalader une barrière de 10 000 m, ne pourront emporter pratiquement *aucune charge*, sans parler de l'épreuve physique imposée au personnel. Reste à savoir si les bombardiers, qui ne peuvent passer *par-dessus*, ne passeront pas *à travers* la barrière, au mépris des câbles retenant les ballons. L'expérience répond ici avec une cruelle éloquence.

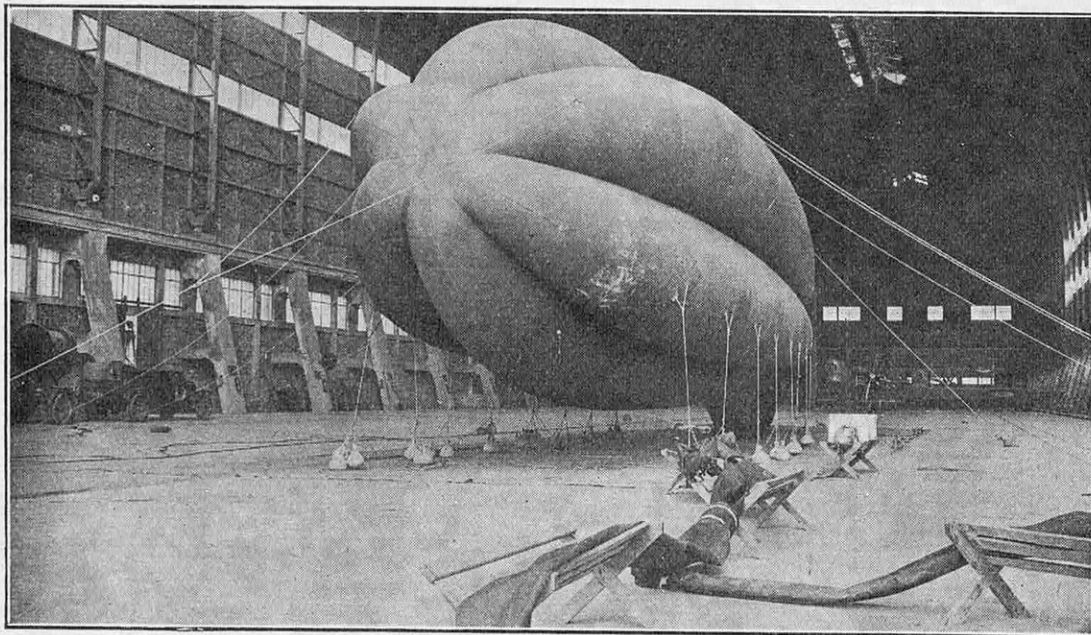


FIG. 5. — VUE D'ENSEMBLE D'UN BALLON A SIX LOBES AU HANGAR (ARIEL)

Les câbles ont fait des progrès extraordinaires : le chiffre record de 400 kg de résistance par millimètre carré de section a été dépassé. A l'inverse des câbles de mines, ils présentent une section décroissante au fur et à mesure du déroulement, car le ballon, lesté de la partie déjà déroulée du câble, n'exerce plus qu'un effort réduit. Le câble de 3 mm de diamètre résiste à une traction de 1 200 kg !

Et voici les résultats, qui bouleversent les conditions de la défense aérienne de demain. La résistance au vent est parfaite, les ballons pouvant sortir par vent de 20 m par seconde (72 km à l'heure) ; l'altitude atteinte est de 7 000 m et même de 10 000 m avec deux ballons attachés l'un au-dessus de l'autre. Le maximum *théorique* d'altitude, indiqué par la résistance actuelle des matériaux utilisés, plafonne à 30 000 m environ.

Pendant la guerre, non loin de Nancy, un ballon captif météorologique est largué par erreur au moment où une escadrille française regagne sa base : trois avions touchent le câble, tous les trois tombent en vrille mais le câble n'est pas rompu.

Même drame à Metz, où deux avions français sont abattus, puis deux anglais et deux allemands, dans la banlieue de Londres — ce qui prouve, soit dit en passant, que le ballon à câble est une arme à double tranchant, également dangereuse pour les bombardiers ennemis et pour l'aviation de chasse amie — et encore un allemand près de Boulogne.

Avec le ballon léger, sans nacelle (ballon de protection ou météorologique) la règle est sans exceptions : le câble résiste, l'avion se met en vrille et tombe près du treuil. Le drame est différent s'il s'agit d'un *ballon*

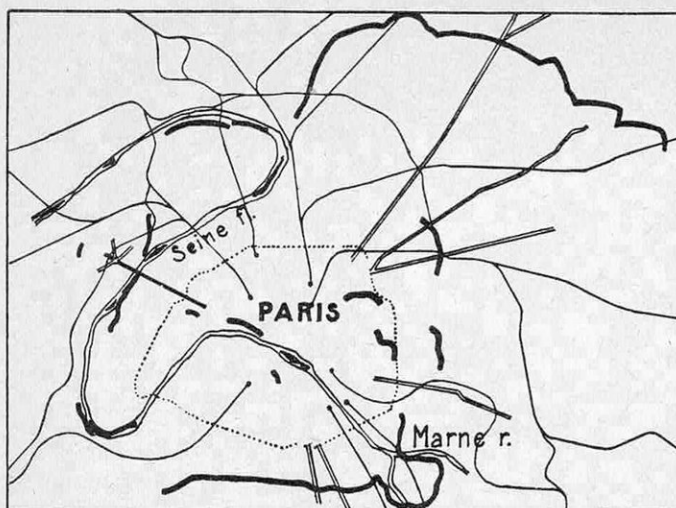


FIG. 6. — DISPOSITIF DES BALLONS DE PROTECTION AUTOUR DE PARIS ET DANS PARIS A FIN SEPTEMBRE 1918

monté dont l'inertie est considérable et dont le câble est tendu avec peu de flèche. Généralement, le câble casse et il peut arriver que l'avion en réchappe. En Alsace, un pilote casse un câble et atterrit ; à Cherbourg, un hydravion touche un câble et le pilote est tué ; en Italie, un pilote est tué. A Châlais-Meudon, un avion touche un câble, qui lui coupe 50 cm d'aile, puis atterrit !

Comment s'explique cette action mortelle du câble souple des ballons de protection ? Précisément par sa souplesse. A l'instant précis où l'avion entre en contact avec le câble, le choc est nul, à cause de la faible masse linéaire de celui-ci ; mais, très rapidement, par suite de la vitesse de l'avion, les deux brins du câble forment un angle de plus en plus aigu : le redoutable parallélogramme des forces se referme (fig. 4) !

Quand l'angle n'est plus que de 120° , l'effort retardateur exercé sur l'avion est égal à la traction propre du câble, soit de l'ordre de 1 200 kg ; ces 1 200 kg doivent être fournis par les moteurs, ce qui revient à exiger desdits moteurs, à la modeste vitesse de 220 km à l'heure, une puissance supplémentaire de 1 500 ch ! D'où la perte de vitesse inévitable, l'avion descendant avec rapidité, tandis que le ballon suit et que le câble raque dans l'aile comme une scie à ruban : c'est la vrille et la mort.

Un piège à répétition

A cette arme redoutable, constructeurs et pilotes se sont efforcés d'opposer une parade : le

moins qu'on puisse dire est qu'ils ne l'ont point encore trouvée.

Sur le papier, on peut imaginer des scies alternatives, des tranchants en stellite, des pinces automatiques, placés sur le bord des ailes. Est-il besoin de souligner

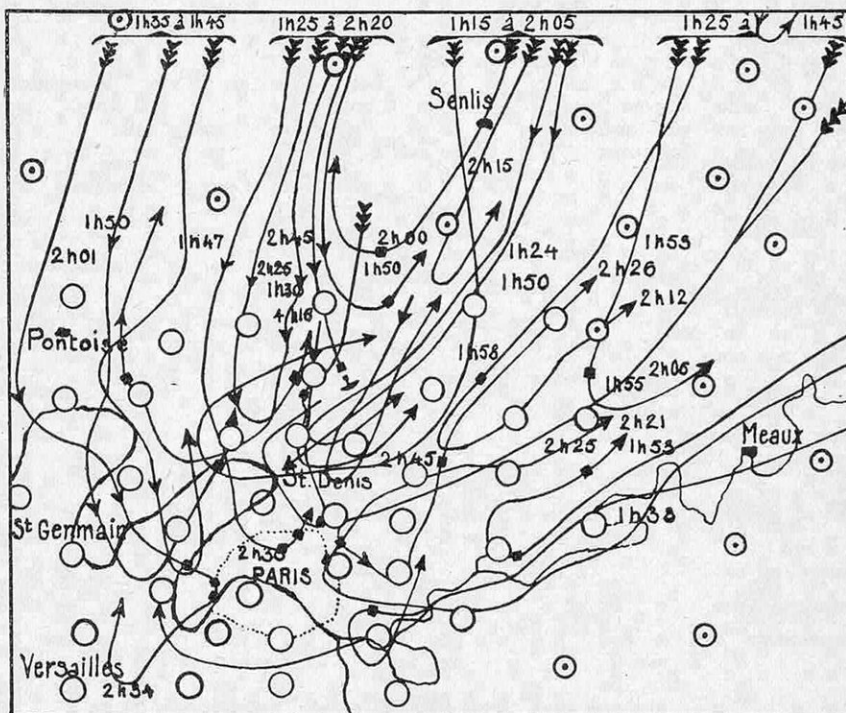


FIG. 7. — DOUBLE GRAND RAID DE LA NUIT DU 15 AU 16 SEPTEMBRE 1918
La plupart des appareils rebroussement chemin devant l'emplacement connu des barrages ; aucun ne tente de forcer la nouvelle barrière du sud. (Comparez le plan des barrages, figure 6.) Les cercles blancs représentent des batteries d'artillerie D. C. A., les cercles pointés des postes de guet, les carrés noirs des points de chute de bombes (Archives du ministère de l'Air.)

le handicap infligé aux bombardiers, appareils lourdement chargés au mètre carré, par ce supplément de poids? N'oublions pas, du reste, que le *bord d'attaque* des ailes est la *zone aérodynamique* par excellence, où un rebord de 1 cm suffit à perturber les qualités de sustentation de l'avion.

Mécaniquement, il est du reste douteux que le composé le plus dur puisse résister au raquage d'un câble de 400 kg par mm² de résistance propre, filant longitudinalement à grande vitesse. Quant à chercher et

se retrouver intact, piège de l'espace toujours prêt à fonctionner.

Et voici des preuves...

A 15 km au sud de Nancy, les usines métallurgiques de Neuves-Maisons travaillaient à plein rendement à proximité du front, dans des conditions très précaires : toutes les nuits, bombardements et victimes.

En août 1917, une section de ballons fut détachée à Neuves-Maisons et les bombardements cessèrent instantanément; *aucun*

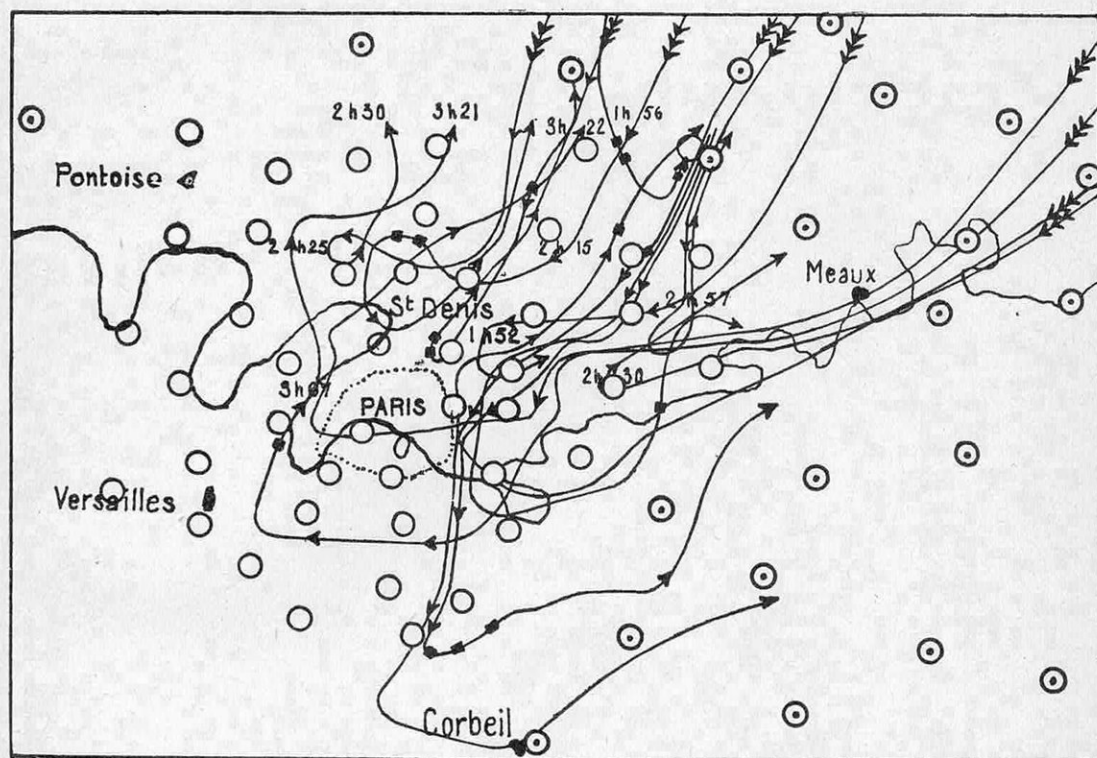


FIG. 8. — RAID D'AVIONS ALLEMANDS SUR PARIS EN MAI 1918

trouver, de nuit et dans le périlleux voisinage des câbles, les ballons pour les détruire... autant prospecter des aiguilles dans une botte de foin !

Reste la théorie héroïque de l'*holocauste*, mise en avant à l'étranger; elle suppose 20 ou 30 avions se présentant en ligne de file : les premiers tombent, les autres passent. Demandons aux aviateurs eux-mêmes et aux marins des torpilleurs ce qu'ils pensent d'une pareille navigation en file à travers la nuit, avec des altitudes variables, au milieu des éclatements de la D. C. A., alors qu'il faudrait passer au même point à 1 mètre près ! C'est une solution impraticable; et n'oublions pas que le câble, simplement *déplacé* par une première victime,

avion ne vint plus au-dessus de l'usine; tous lâchèrent leurs bombes dans la campagne. Même succès à Dunkerque où l'*effet moral* suffit à tenir l'ennemi en respect.

Par ailleurs, l'emploi de câbles transverses, ou même de filets, tendus entre des ballons, s'avéra inopérant; témoin ce filet aérien qui s'abattit sur la gare de Longueau qu'il était chargé de protéger !

Mais c'est dans l'historique de la *défense de Paris* que se révèle toute l'efficacité de la protection par câbles.

Au début, avec un matériel restreint, on largua dix ballons au-dessus de Billancourt pour protéger les usines travaillant pour la Défense nationale. On ébauche ensuite à travers Paris une grande *transversale* par

les Tuileries et les Buttes-Chaumont, complétée par des ballons isolés dont on déplace le treuil chaque soir pour créer un élément d'incertitude dans la distribution des câbles. Cet embryon de protection suffit pour arrêter les bombardements des quartiers de l'École Militaire et du Ministère de la Guerre.

Un grand barrage fut créé dans la vaste boucle de la Seine, au nord de Gennevilliers, qui était un des chemins favoris de l'avia-

Paris sera protégé

Telle est la puissance de ce moyen de *défense active* qui agit très efficacement par sa seule présence et occasionne à l'ennemi de lourdes pertes.

Pour la protection de Paris, le gouvernement a commandé 250 ballons à lobes dilatables, ce qui constitue un minimum; Londres est en train de s'équiper de 600 ballons d'un type qui n'est, du reste, point

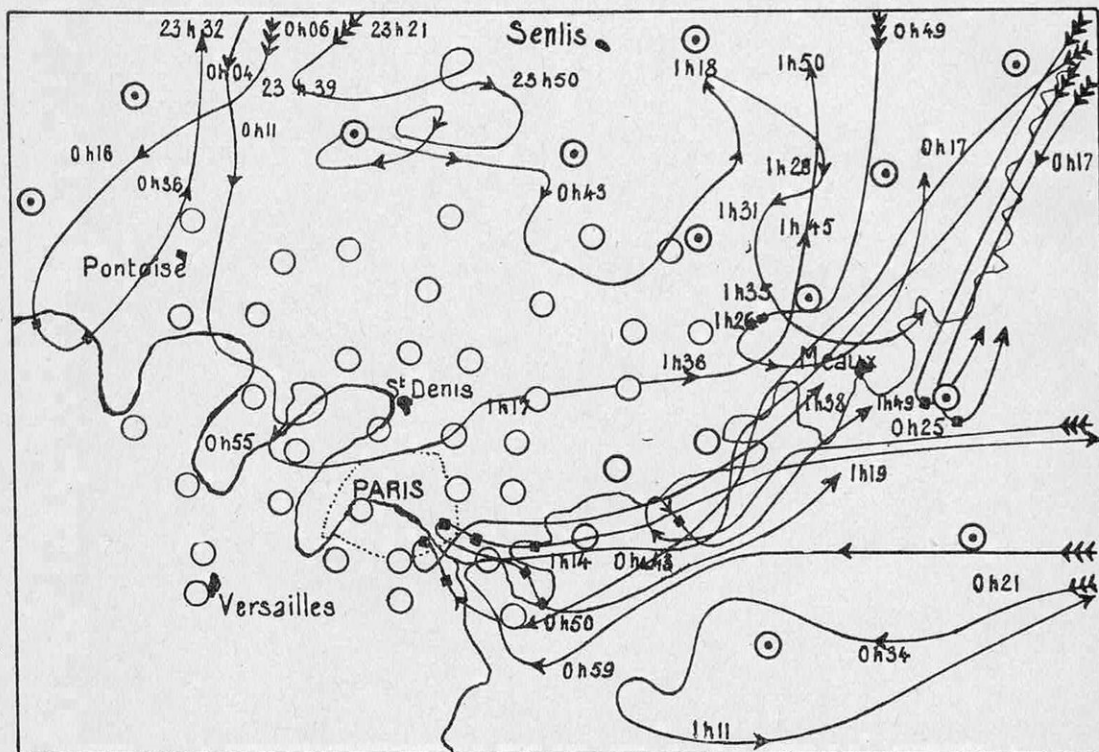


FIG. 9. — RAID D'AVIONS ALLEMANDS SUR PARIS EN JUIN 1918
Attaque par le sud, l'ennemi sachant les barrages incomplets de ce côté-là.

tion allemande, puis d'autres dans la région de Noisy-le-Sec. En mai 1918, les barrages se complètent; on barre trois repères familiers aux aviateurs ennemis: la voie ferrée de Soissons, celle de Lille et le tronçon commun des routes de Compiègne et de Soissons.

Toutefois, une brèche reste ouverte dans le Sud. Renseigné par ses espions, l'ennemi attaque sur ce point le 1^{er} et le 2 juin (fig. 9).

En septembre 1918, le dispositif est complet (fig. 6) et va prouver son efficacité. Dans la nuit du 15, un formidable raid de 50 avions (fig. 7) réussit, en tout et pour tout, à placer 5 bombes sur Paris. La comparaison des *cartes de raids*, établies par nos services de guet et déposées actuellement au ministère de l'Air, sont absolument probantes.

irréprochable. Quand il s'agit de défendre un navire, une usine isolée, un viaduc, un *seul ballon* suffit, dès l'instant que l'ennemi est dûment prévenu qu'on le largue chaque soir.

Avec la nouvelle artillerie anti-aérienne à tir ultra-rapide et les ballons à câbles, l'aviation de bombardement, cauchemar des populations de l'arrière, commence à trouver à qui parler. Il est sans exemple, au cours de l'Histoire, qu'une arme offensive n'ait pas fini par rencontrer sa parade défensive, parfois meurtrière; l'avion ne fait pas exception à la règle et quand on considère les besognes barbares qui lui sont confiées, on ne peut que s'en féliciter.

PIERRE DEVAUX.

QUE SERA LE MOTEUR D'AVION DE DEMAIN?

Par Camille ROUGERON

INGÉNIEUR EN CHEF DU GÉNIE MARITIME (C. R.)

La recherche des grandes vitesses, qui caractérise la tendance actuelle de la construction aéronautique dans presque tous les domaines d'utilisation de l'avion, conditionne l'évolution prochaine du moteur d'aviation. Puissances unitaires élevées (par multiplication du nombre des cylindres), affinement aérodynamique très poussé (par réduction des surfaces frontales et emploi de radiateurs en « tunnel »), utilisation généralisée du compresseur permettant le vol à haute altitude, tels sont les termes principaux du programme technique dont la réalisation s'impose au cours des années prochaines. La nécessité d'assurer le refroidissement convenable des cylindres, surtout au cours des vols substratosphériques, conduira-t-elle à préférer aux moteurs à refroidissement par air, aujourd'hui généralisés en Amérique, les moteurs à refroidissement par liquide (eau ou éthyl-glycol)? Substituera-t-on aux formes classiques en V ou en Y, celles en X ou en H récemment adoptées par certains constructeurs étrangers, en attendant les moteurs en étoile à six branches? Voici l'opinion motivée d'un spécialiste sur ce problème capital pour l'avenir de la locomotion aérienne civile et militaire.

LONGTEMPS, la seule exigence du constructeur d'avion à l'égard de son fournisseur de moteurs fut la légèreté. C'était le dernier vestige de l'époque héroïque où le moteur à explosions qu'on tentait d'adapter au vol mécanique pesait encore plusieurs kilogrammes au cheval, et avait peine à s'enlever lui-même.

Aujourd'hui, Howard Hughes dispose de moteurs qui, nus et secs, ne pèsent pas le dixième du poids de l'avion en charge, lui permettent d'atteindre 400 km/h et ont une endurance suffisante pour faire le tour du monde par étapes de 3 000 à 6 000 km. On conçoit que les exigences de la légèreté soient moins impérieuses, et il suffit de comparer l'énorme bloc de métal finement sculpté des cylindres du moteur « Wright Cyclone » qui a réussi cet exploit aux cylindres grêles de jadis pour s'assurer que la consigne de l'allègement à tout prix a certainement fait place à d'autres.

La réduction de la résistance aérodynamique

Aux vitesses qu'on atteint depuis longtemps, il semble évident que la première de ces exigences nouvelles aurait dû être la réduction de la résistance aérodynamique.

Et cependant, la résistance à l'avancement des moteurs a été, pendant longtemps, un véritable sujet de scandale lorsqu'on comparait les efforts extraordinaires en vue de l'affinement des autres parties de l'avion et la négligence dont on faisait preuve devant ces éléments au moins aussi importants

qu'étaient un radiateur ou un plan de cylindres ailetés.

Le premier effort sérieux en vue de l'affinement des moteurs a été la diminution d'encombrement.

La réduction des dimensions transversales des moteurs en V est déjà ancienne (moteur « Hispano 12 Y » de 0 m 76 de largeur sur 0 m 93 de hauteur). La réduction de diamètre des moteurs en étoile est plus récente; les premiers moteurs de ce type à encombrement très réduit apparurent au Salon de 1936 (moteur « Gnome et Rhône 14 mars » de 725 ch et 0 m 99 de diamètre, moteur « Hispano 14 A B » de 680 ch et 1 m 01 de diamètre).

Mais la résistance directe du moteur, ou du corps fuselé dont on peut l'envelopper, a été longtemps négligeable devant la résistance de son système de refroidissement, ailettes ou radiateur.

L'adoption de capots « N.A.C.A. » permit, voici une dizaine d'années, une réduction considérable de la traînée des moteurs à refroidissement direct. Ainsi ceux-ci ont-ils pu soutenir la concurrence avec les moteurs à refroidissement par liquide.

La réduction de surface des radiateurs par l'emploi de l'éthyl-glycol, puis la réduction de vitesse de l'air de circulation à travers ces mêmes radiateurs, disposés en tunnel, viennent, depuis deux ans, de redonner la supériorité au refroidissement par liquide.

Il est difficile de ne pas remarquer que l'Allemagne, qui vient d'enlever des records de vitesse d'une façon particulièrement

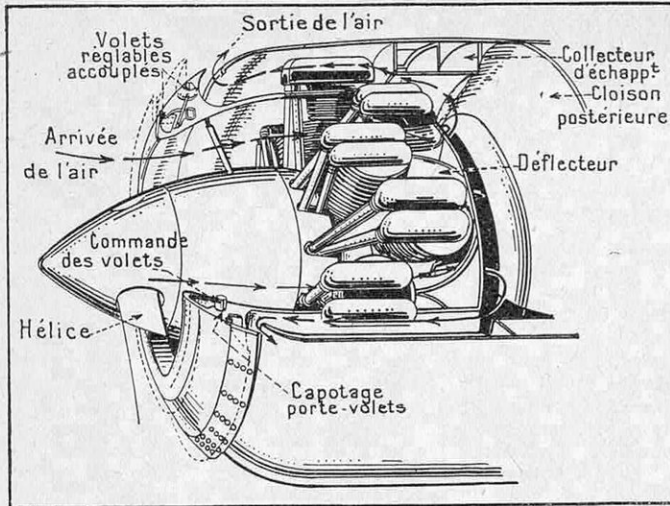


FIG. 1. — SCHEMA DE LA CIRCULATION DE L'AIR DANS UN SYSTEME NOUVEAU DE REFROIDISSEMENT PAR AIR POUR LES MOTEURS EN ÉTOILE

Dans ce dispositif, dû à M. P.-E. Mercier, le débit de l'air de refroidissement est ajusté suivant les conditions d'utilisation (montée, palier pleins gaz en croisière), grâce à des volets mobiles conjugués à l'entrée et à la sortie de l'air. L'air de refroidissement entre sous le capot à grande vitesse et, après avoir contourné les deux séries de cylindres dans les conditions les meilleures pour assurer une bonne évacuation des calories, sort également à grande vitesse. La perte de charge, et par suite l'énergie absorbée, sont très réduites, tout en réalisant un refroidissement satisfaisant.

brillante, ne construit pas de moteurs à refroidissement direct pour son aviation militaire. Affirmons que des performances comme celles du major-général Udet, portant le record de vitesse sur 100 km à 634 km/h avec un avion *Heinkel He-112* à moteur « *DB 601* », sont absolument irréalisables avec les dispositions actuelles des moteurs à refroidissement direct.

Si ce type de moteur doit subsister, ce ne pourra être que par l'adoption de capotages beaucoup moins résistants, tels que les capots étudiés en France par M. Mercier (1) ou les derniers capots étudiés sur les mêmes principes par le « N.A.C.A. » ; par l'emploi de dispositifs de refroidissement mixte ; ou enfin, plus simplement encore, par l'adaptation du refroidissement par liquide aux moteurs en étoile. Mais on ne pourrait, dans ce dernier cas, leur conserver la dénomination de moteurs à refroidissement direct.

Les vols à haute altitude et le rétablissement de la puissance

Voici dix ans que Rolls-Royce établit son moteur « *Kestrel* » à compresseur à con-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 251, page 358.

duite mécanique, rétablissant la puissance à 4 300 m. C'est encore l'altitude de rétablissement choisie pour la plupart des moteurs à refroidissement par liquide, les moteurs à refroidissement direct devant se contenter de rétablir à une altitude légèrement moindre. Il est peu d'exemples, en technique aérienne, d'une stagnation pareille.

S'explique-t-elle par le manque d'intérêt du rétablissement de la puissance à une altitude supérieure ? On l'a soutenu quelquefois, mais il paraît inutile d'entreprendre la réfutation théorique de cette thèse au moment où l'aviation commerciale va en administrer la réfutation expérimentale avec la construction d'avions destinés à naviguer entre 6 000 et 7 000 m.

Naviguer à haute altitude, donc dans un air moins dense, réduit la résistance dans le rapport de la racine carrée des densités, et permet, en première approxima-

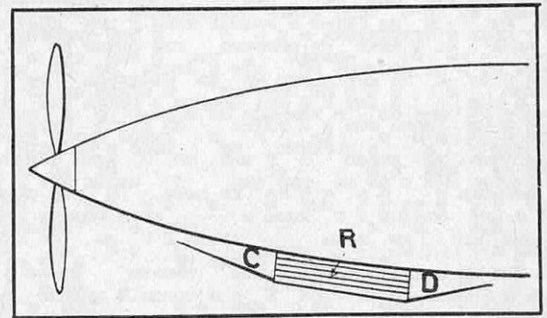


FIG. 2. — DISPOSITION SCHEMATIQUE D'UN RADIATEUR « EN TUNNEL »

Plus la vitesse de circulation de l'air dans le radiateur est élevée et plus grand est le gaspillage d'énergie. L'échange de chaleur croît, en effet, moins rapidement que la vitesse (exactement comme la puissance 0,8 de la vitesse), alors que la résistance opposée au passage de l'air croît presque comme le carré de cette vitesse. Le radiateur « en tunnel » a pour but d'éviter cette résistance, qui deviendrait prohibitive sur les avions actuels. L'air qui circule dans le radiateur R est admis par l'intermédiaire d'une tuyère divergente C, qui le ralentit en même temps qu'il transforme en pression l'excédent de vitesse. Après avoir traversé à faible vitesse le radiateur, il s'échappe par l'intermédiaire d'une tuyère convergente D, qui transforme en sens inverse cette pression en vitesse. L'ensemble peut être raccordé convenablement au fuselage, dont la résistance à l'avancement est à peine augmentée.

tion, d'augmenter la vitesse dans le rapport de la racine cubique des densités. Cela du moins tant que les sujétions imposées par la navigation et le rétablissement de la puissance ne réduiront pas, dans des proportions trop élevées, ce gain sur la résistance.

Sur un appareil destiné au transport des passagers, la navigation à haute altitude impose la cabine étanche (1), assez lourde, et peut entraîner des risques nouveaux très graves en cas de rupture brusque d'étanchéité. L'objection ne porte guère dans la navigation entre 6 000 et 7 500 m, telle qu'elle est demandée dans le programme des avions transatlantiques des *Pan American Airways*. On se borne à rétablir la pression correspondant à l'altitude de 2 500 m, ce qui soulage d'autant les parois de la cabine. Une rupture brusque d'étanchéité, faisant tomber la pression de 560 à 300 mm de mercure est gênante, mais non mortelle.

Sur les avions militaires, la question se présente différemment. Les avantages de l'altitude sont tels qu'on ne saurait se borner à ce stade élémentaire. L'altitude permet le gain de vitesse, mais elle présente des avantages directs aussi importants. Elle met à l'abri du tir de D. C. A.; elle permet à l'avion poursuivi de s'échapper en prenant de l'altitude, s'il a l'avantage du plafond; elle permet au chasseur de transformer, par un piqué, sa supériorité de plafond en supériorité de vitesse. La course à l'altitude offre par conséquent les mêmes avan-

tages militaires que la course à la vitesse.

D'autre part, les sujétions constructives sont moindres que pour les appareils commerciaux. On peut se contenter, pour le pilote de monoplace, ou même l'équipage du multiplace, du scaphandre aérien (1) au lieu de la cabine étanche. On peut accepter, pour s'assurer un avantage militaire de cette importance, de courir les risques du non-

fonctionnement ou de perforation accidentelle qu'on hésiterait à admettre sur avion commercial. Et même, on doit reconnaître que la solution du scaphandre individuel comporte sur un avion militaire des risques moindres que la cabine étanche.

Les avantages du compresseur

Les sujétions imposées au moteur par le rétablissement de la puissance en altitude portent sur le compresseur et le refroidissement.

L'emploi du compresseur entraîné par une turbine à gaz d'échappement a été pendant

longtemps considéré comme la seule solution parfaite du problème de la suralimentation en altitude. Elle devait utiliser une puissance « gratuite », celle qui se perd dans les gaz d'échappement. Cette récupération part d'une intention louable, mais, comme elle présente des difficultés qui ne sont pas encore entièrement surmontées, il nous paraît beaucoup plus simple de prélever jusque là la puissance nécessaire sur l'arbre du moteur. La liaison établie entre la turbine d'échappement et le rétablissement en altitude a eu pour principal effet, de 1916 à 1929, de mas-

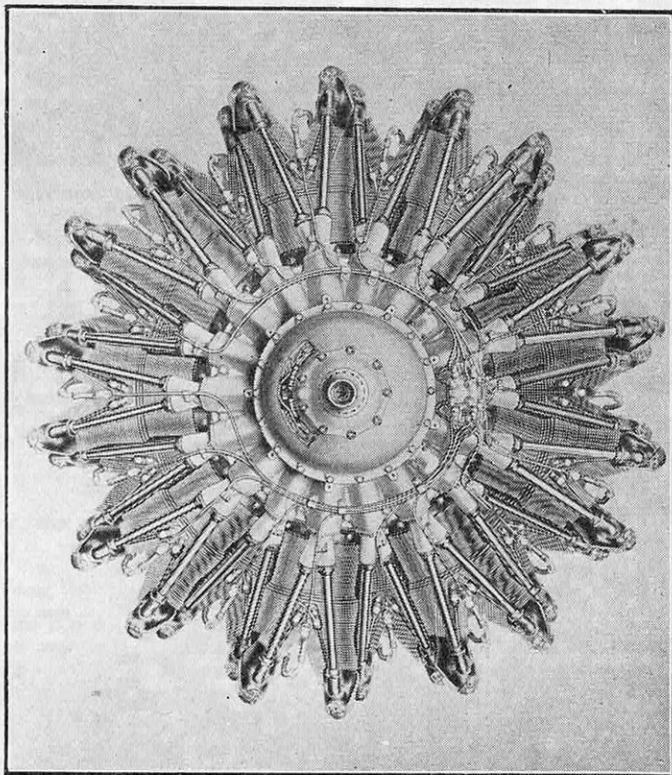


FIG. 3. — MOTEUR FRANÇAIS « GNOME ET RHONE L-18 » EN ÉTOILE A REFOUILLISSEMENT PAR AIR

Les 18 cylindres sont répartis en deux étoiles concentriques. Sur les fûts des cylindres et des culasses, la surface radiante des ailettes a été portée au maximum. Ce moteur de 1 400 ch ne présente cependant qu'un diamètre de 1 m 40.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 255.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 222, page 435.

quer les avantages énormes de celui-ci par les difficultés que l'on rencontrait dans la mise au point de celle-là. Commençons donc par prélever sur l'arbre du moteur autant de puissance qu'il en faudra pour conduire des compresseurs à toute altitude jugée désirable. Il sera toujours temps de restituer ensuite celle qu'on aura pu prélever sur les gaz d'échappement, et le moyen le plus simple sera peut-être encore de les utiliser directement à une propulsion d'appoint par réaction.

Au surplus, et en dépit des solutions souvent bien sommaires des problèmes thermodynamiques présentés par la compression, le bénéfice qu'on en retire est tellement incontestable qu'on ne comprend guère le peu d'intérêt apporté au relèvement de l'altitude de rétablissement.

L'emploi de compresseurs à deux, puis trois étages, le refroidissement de l'air entre étages de compression, dont l'ensemble permettra un fonctionnement économique vers 10 000 à 12 000 m, s'imposent d'une manière absolue comme première étape dans le relèvement des plafonds. Il faut cesser de considérer le compresseur comme un accessoire auquel on tolère tout juste quelques kilogrammes et quelques décimètres cubes sur l'arrière d'un moteur, sans se soucier de la puissance qu'il absorbe ni de la température de l'air qu'il débite. Le compresseur est un élément essentiel du moteur d'avion moderne qui occupera sous peu, avec ses radiateurs d'air, un volume supérieur à celui du moteur.

Il n'est d'ailleurs pas douteux que l'utilisation normale des gaz d'échappement, prélevés à la température maximum que pourront tolérer des aubages de turbine, ne soit l'entraînement du compresseur. Mais il serait dommage d'attendre cette mise au point en laissant inutilisées les possibilités ouvertes par le vol en altitude, auxquelles suffit le développement du compresseur mécanique.

Le problème du vol en altitude devient alors un simple problème de refroidissement, qu'il nous reste à examiner.

Le refroidissement en altitude

A mesure qu'on s'élève, l'air se refroidit, ce qui favorise l'échange de chaleur dans des surfaces radiantes établies pour le vol au voisinage du sol. Mais sa pression diminue, ce qui agit en sens inverse.

L'effet de la réduction de pression l'emporte très rapidement sur l'effet de l'abaissement de température. Cela devient d'ailleurs tout à fait évident dès

qu'on atteint la stratosphère, où la pression continue à diminuer quand la température reste constante. Mais, aux altitudes inférieures, le comportement des moteurs à refroidissement direct et des moteurs à refroidissement par liquide est assez différent.

Il est bien évident, tout d'abord, que le problème ne saurait se poser d'une manière aiguë pour le moteur à refroidissement par liquide. Il suffit de consentir au développement de radiateurs qui s'impose.

Il n'en est pas de même pour le moteur à refroidissement direct. On s'imagine quel-

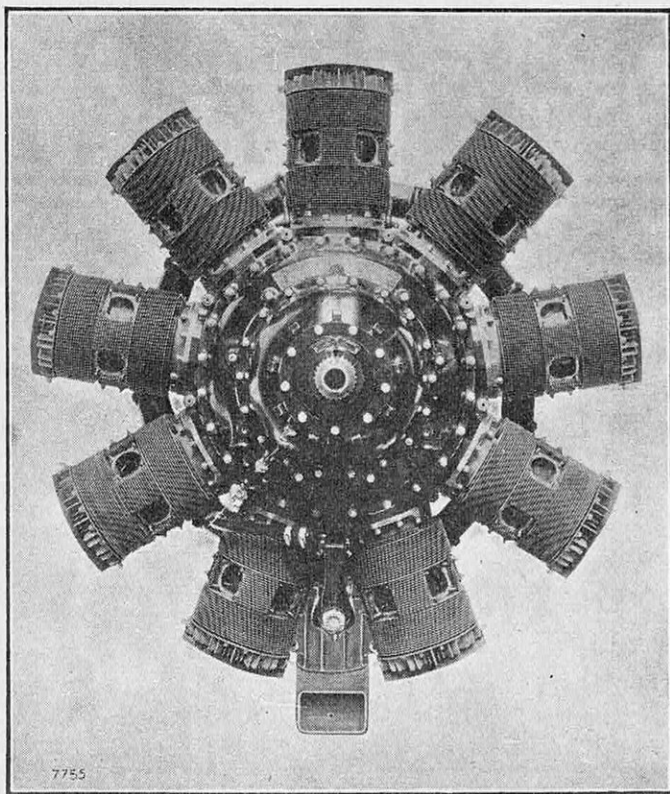


FIG. 4. — MOTEUR ANGLAIS SANS SOUPAPES « BRISTOL PERSEUS » A REFOUILLISSEMENT PAR AIR

La puissance maximum est de 900 ch environ à 2 000 m et le diamètre frontal de 1 m 32. La suppression des soupapes et de leurs commandes semble faciliter l'installation, dans les capotages, de déflecteurs amenant l'air aux différentes parties à refroidir.

quefois qu'il suffit, là encore, de développer la surface d'échange par l'emploi d'ailettes plus serrées et plus hautes pour parer aux difficultés. La limite est très rapidement atteinte. A serrer davantage les ailettes, la théorie comme l'expérience montrent qu'on ne gagne plus rien, et à les faire plus hautes, on ne gagne guère davantage, le problème étant alors de faire parvenir la chaleur au sommet de l'ailette.

Dans un courant d'air de vitesse donnée, on ne peut pas indéfiniment accroître la quantité de chaleur échangeable par conductibilité et convection à la surface air-métal ; on est limité par la conductibilité du métal employé. On dispose, au contraire, d'une marge très supérieure lorsqu'il suffit d'accroître la vitesse de circulation d'un liquide intermédiaire.

Le moteur refroidi par liquide présente sur le moteur à refroidissement direct un deuxième avantage ; c'est ce que l'on peut appeler l'autorégulation du refroidissement en altitude et qui tient à la très grande différence de température des surfaces radiantés.

Un radiateur, dimensionné pour l'échange au sol entre de l'eau à 90° C et

de l'air à 15° C, a besoin de relever de 66 % sa puissance d'échange du fait de la baisse de densité lorsqu'on le transporte dans de l'air à 5 000 m. Mais il gagne 44 % du fait de l'abaissement de température. Comme la vitesse de circulation de l'air, liée à celle de l'avion, serait relevée de 18 % si la vitesse croissait suivant la racine cubique de la densité, et que l'échange serait, de ce fait, majoré de 14 % (loi d'échange en $V^{0,8}$), on voit qu'il y a sensiblement compensation et que le radiateur dimensionné au sol est encore convenable à 5 000 m.

Si l'on refait le raisonnement pour un

moteur à refroidissement direct dont les points chauds seront à 250° C, l'effet de la densité et de la vitesse de l'avion reste le même. Mais le gain du fait de l'abaissement de température, proportionnel à la différence des températures air-paroi, n'est plus que de 15 %. Le refroidissement direct est nettement plus sensible que le refroidissement par liquide à l'effet de l'altitude, comme d'ailleurs, et pour la même raison, le refroidissement à l'eau est moins sensible que le refroidissement à l'éthyl-glycol à haute température.

Enfin, l'effet de volant du liquide dépasse l'effet de volant des parois métalliques d'un cylindre à refroidissement direct, par la différence des capacités calorifiques du liquide et du métal. L'effet est très accentué si l'on fait entrer en compte la chaleur d'évaporation du liquide, en admettant une évaporation partielle qui peut avoir son intérêt au cours de certaines manœuvres militaires. Le plein gaz en montée, sous toute pente, à toute altitude, ouvre des possibilités qu'on n'apprécie pas pleinement avec l'avion d'aujourd'hui, où le moteur traîne encore

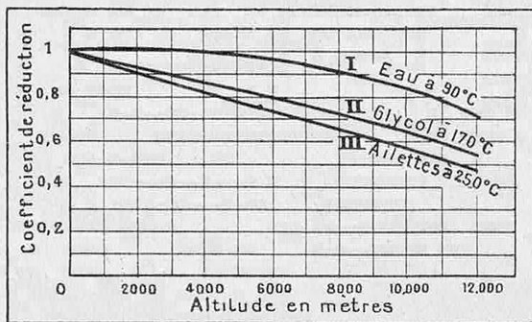


FIG. 5. — RÉDUCTION DE LA PUISSANCE DE REFROIDISSEMENT EN ALTITUDE

A mesure que l'avion s'élève, les organes de refroidissement, radiateur ou ailettes, sont balayés par un air plus raréfié et leur puissance d'échange s'en trouve réduite. Mais, en sens inverse, l'air est plus froid, et la vitesse de l'avion s'accroissant, la vitesse de l'air au contact des surfaces d'échange augmente dans le même rapport. C'est l'effet global de ces trois facteurs que représente le graphique ci-dessus, qui donne, en fonction de l'altitude, le coefficient de réduction de la puissance de refroidissement. La courbe I se rapporte à un moteur refroidi par de l'eau à 90° C ; la courbe II à un moteur refroidi par de l'éthyl-glycol à 170°, donc au voisinage de son point d'ébullition ; la courbe III, à un moteur à refroidissement direct dont la température des points les plus chauds atteindrait 250° C. Le graphique montre la faible influence de l'altitude sur la puissance de refroidissement du radiateur à eau, ou à l'éthyl-glycol, à basse température (110-130° C), et la grosse réduction que subit par contre la puissance de refroidissement du moteur à refroidissement direct.

ses 2,5 kg par ch. Mais sommes-nous si loin de l'avion militaire chargé à 1 kg par ch ? Et l'avion à charge ainsi réduite pourra monter à près de 60 m par seconde à la verticale, à plus de 80 m par seconde sous 45°, sous le seul effet du moteur. Quel avantage, pour le moteur à refroidissement par liquide, de pouvoir faire gagner 500 à 1 000 m en partant en chandelle, même s'il doit perdre 1 litre d'éthyl-glycol, pendant que l'adversaire, muni d'un moteur à refroidissement direct, qui voudrait l'imiter, grillerait son moteur en vingt secondes !

On entend quelquefois soutenir que le mo-

teur à refroidissement direct est capable de se refroidir en altitude, et donner comme preuve les records d'altitude qui ont appartenu fréquemment et appartiennent encore à de tels moteurs. Mais quelle était donc, au plafond de ces appareils, la fraction de la puissance au sol que développaient leurs moteurs ? Sur un avion commercial qui marche en croisière avec presque moitié de la puissance au décollage, on peut utiliser jusqu'à 6 000 ou 7 000 m le refroidissement direct ; c'est ce que donneront les moteurs de ce type sur les avions transatlantiques dont les *Pan American Airways* envisagent l'exploitation à cette altitude. Mais, si l'on demande à un moteur d'avion militaire de rétablir à 12 000 m, ce n'est pas pour le seul plaisir de se promener à cette altitude sans condition de vitesse ; on peut déjà l'atteindre avec les moteurs rétablissant à 5 000 m. Ce que l'on veut, c'est

combattre là-haut ; c'est pouvoir marcher à pleins gaz ; c'est ne pas être obligé de les réduire après dix secondes de montée en chandelle à cette altitude ; c'est, lorsqu'un des moteurs d'un bimoteur sera avarié, ne pas être obligé de descendre à basse altitude chez l'ennemi quand l'autre, s'il pouvait refroidir sa pleine puissance, ramènerait l'appareil à haute altitude à 200 km de là.

On avait déjà bien du mal avec les moteurs à refroidissement direct lorsqu'on leur demandait les 750 ch qu'ont longtemps donnés les types de même cylindrée qu'aujourd'hui.

En admettant que la mécanique résiste aux 1 200 ch qu'on veut en tirer maintenant, comment espère-t-on évacuer les calories qu'ils dégageront ? On peut relever une vitesse de piston ou une charge de paliers en comptant sur les progrès de la nitruration ou du bronze au plomb. Mais le coefficient de convection est déplorablement passif.

Pour peu qu'un pays prenne conscience de l'énorme supériorité militaire qu'on acquiert, sans grands frais d'imagination, en ajoutant une deuxième roue à un compresseur, tous les autres seront obligés de suivre, et la fin du moteur à refroidissement direct ne sera pas loin.

L'élévation des puissances unitaires

La course à la vitesse imposera des avions de plus en plus gros, qui demanderont des puissances de plus en plus élevées. On peut les obtenir soit par la multiplication de

moteurs de puissance modérée, soit par l'emploi en moins grand nombre de moteurs de puissance accrue.

Avec la disposition actuelle des moteurs, en étoile ou en V, l'emploi du nombre minimum de moteurs les plus puissants qui soient est favorable à la finesse. On trouvera un avantage marqué dans l'emploi des moteurs nouveaux de grande puissance unitaire et la réduction du nombre des fuseaux-moteurs. Peut-être n'en serait-il plus de même, surtout avec les appareils de tonnage modéré, si l'on se décidait à étudier des moteurs plats,

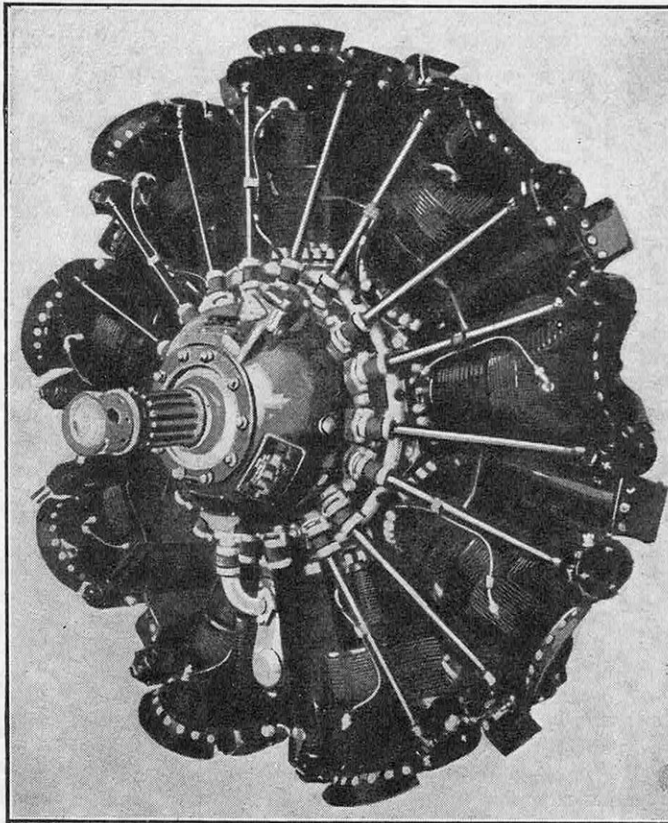


FIG. 6. — MOTEUR AMÉRICAIN « WRIGHT CYCLONE » EN ÉTOILE A REFOUILLISSEMENT PAR AIR

Ce moteur en simple étoile comporte 9 cylindres et développe au décollage 1 100 ch à 2 400 t/mn. Au régime de croisière, il utilise 950 ch en consommant 200 g d'essence à 95 d'octane par ch/h. Son diamètre frontal est de 1 m 40.

qu'on puisse loger entièrement dans le bord d'attaque de l'aile.

L'accroissement des puissances unitaires, hautement désirable, peut s'obtenir soit par augmentation des cylindrées élémentaires, soit par multiplication du nombre des cylindres.

La première méthode pose des problèmes de jour en jour plus difficiles. On aurait certainement pu augmenter la course et l'alésage admis il y a quelques années. Mais, avec les nouveaux carburants, et, dans le cas des moteurs à refroidissement indirect, avec les nouveaux liquides réfrigérants, le cylindre travaille dans des conditions de plus en plus dures qui ne permettent guère d'envisager un accroissement de ses dimensions. Dans le cas particulier du moteur à refroidissement direct, plus la cylindrée élémentaire est forte, plus le refroidissement est difficile. Il ne paraît guère possible de dépasser, en moteurs à re-

froidissement direct, le volume de cylindre de 3,3 litres d'un « Wright Cyclone » (9 cylindres pour 30 litres).

Reste la ressource de multiplier le nombre des cylindres. C'est ce que font présentement tous les constructeurs. Les moteurs en étoile à un plan passent à deux plans ; les moteurs à 14 cylindres deviennent des moteurs à 18 cylindres. Les moteurs en V se montent en tandem, ou s'accouplent en moteurs en X ou en H.

Là encore s'affirme la supériorité du moteur à refroidissement indirect. On ne conçoit pas, sur un même moteur en étoile à refroidissement direct, la multiplication au delà de deux des plans de cylindres. On ne peut pas installer en tandem les moteurs en étoile. On peut, au contraire, aller beaucoup plus loin qu'on ne l'a fait jusqu'ici dans la voie de la multiplication des cylindres du

moteur à refroidissement indirect commandant une hélice ou deux hélices coaxiales.

Les formules d'avenir du moteur d'avion

Les formes du moteur d'avion auxquelles nous avons été habitués pendant la dernière décade, moteur à refroidissement direct de 9 à 14 cylindres en étoile, moteur à refroidissement par liquide de 12 cylindres en V, sont en voie de disparition rapide.

L'élévation des puissances unitaires impose la multiplication du nombre des cylindres ; l'affinement aérodynamique oblige à disposer

ces cylindres en de nombreux plans les uns derrière les autres. La vitesse, dont on ne peut plus guère rechercher l'accroissement dans une amélioration de la finesse de la cellule, tendra de plus en plus à être demandée à un relèvement de l'altitude de navigation, auquel ne peut s'adapter le moteur à refroidissement direct.

La solution de cet ensemble d'exigences

doit être cherchée dans deux voies, dont chacune correspond au développement des types de moteurs actuels, en V ou en étoile.

La première est la multiplication des lignes de cylindres actionnant un même arbre, moteurs en X, moteurs en H, peut-être moteurs en étoile à six branches.

La deuxième est la multiplication des plans de cylindres montés l'un derrière l'autre, limités à deux pour l'instant, et dont il faudra bien augmenter le nombre si l'on veut, soit dépasser les 1 800 à 2 000 ch que peuvent donner les moteurs à 18 cylindres en deux plans, soit ramener le gabarit de ce moteur à celui du fuselage de monoplace.

Les deux méthodes conduisent à la même formule limite, à la parité près du nombre des cylindres dans un plan perpendiculaire à l'axe, qui n'a pas grande importance.

CAMILLE ROUGERON.

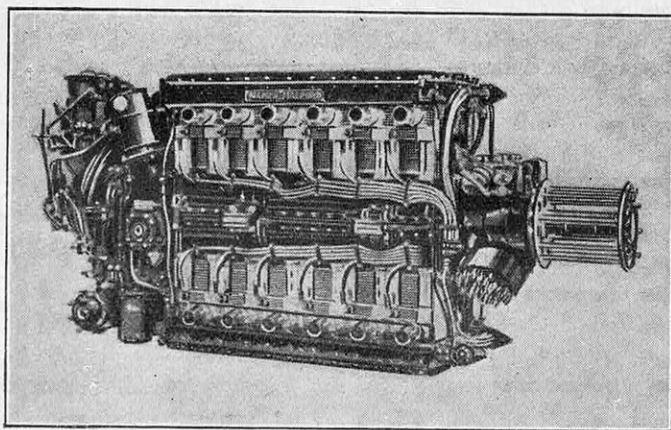


FIG. 7. — MOTEUR ANGLAIS « NAPIER-HALFORD DAGGER » DE 24 CYLINDRES EN H A REFROIDISSEMENT PAR AIR

Ce moteur se compose de deux blocs comprenant chacun deux rangées de six cylindres et formant par leur réunion la lettre H. Sur son axe central prolongé se trouve installé un compresseur. Ce moteur développe 700 ch environ de puissance nominale, consommation 210 g au ch/h et pèse 575 kg. Chaque cylindre développe ainsi 29 ch seulement, ce qui fait que le problème du refroidissement, même par air, est résolu d'une manière relativement aisée.

LA « LUMIÈRE NOIRE » AU LABORATOIRE ET DANS L'INDUSTRIE

Par Maurice DÉRIBÉRE

INGÉNIEUR E. B. P.

De très nombreux composés chimiques, minéraux et organiques, lorsqu'ils sont soumis à l'action des rayons ultraviolets et plus particulièrement d'une sélection de ces rayons constituant la « lumière de Wood » (improprement appelée « lumière noire », parce qu'en dehors du domaine de perception de l'œil humain), émettent par fluorescence un rayonnement visible qui peut servir à les caractériser. La méthode d'analyse par fluorescence est fondée sur les différences observées dans l'intensité et la couleur de ce rayonnement secondaire. A la fois rapide et d'une extrême sensibilité, puisqu'elle permet de déceler certains éléments même à l'état de traces, cette méthode présente en outre sur les méthodes classiques, en particulier celles de l'analyse chimique, l'avantage de ne pas détruire ni même modifier les corps examinés, ce qui justifie l'usage étendu qui en est fait pour la recherche des fraudes et les expertises criminelles. Aujourd'hui, le domaine d'application de la lumière noire débord largement le laboratoire physique, chimique ou biologique, pour s'étendre à d'innombrables industries : textiles, alimentation, blanchissage, matières colorantes, fabrication du caoutchouc, traitement des huiles minérales et végétales, etc., sans oublier les effets décoratifs que met à profit de plus en plus fréquemment la technique théâtrale.

Si, au moyen d'un prisme de quartz ou de fluorine, nous décomposons la lumière blanche du Soleil en l'étalant sur un écran, nous obtenons une gamme de couleurs composantes allant du rouge au violet en passant par l'orange, le jaune, le vert, le bleu et l'indigo. Les physiiciens ont coutume de distinguer ces composantes d'après leur longueur d'onde exprimée en angströms (1), car les couleurs sont choses d'appréciation, tandis qu'un nombre fixe une longueur d'onde sans ambiguïté. Le violet correspond aux plus faibles longueurs d'onde de la lumière visible, mais, plus bas encore, existent des rayons chimiquement et physiologiquement actifs. Ce sont les rayons ultraviolets qui, au fur et à mesure de la diminution de leur longueur d'onde, se rapprochent des rayons X.

Supposons que, sur l'écran où nous avons étalé notre lumière décomposée, nous déplaçons un fragment de platino-cyanure de baryum. En passant dans le rouge, dans l'orange, dans le jaune, dans le vert, il réfléchit ces couleurs en paraissant lui-même successivement rouge, orangé, jaune, vert. Mais dans le bleu et le violet, il a encore des reflets verts qui apparaissent sur le fond bleu ou violet. Puis, passant dans les rayons ultraviolets invisibles, il demeure vert lumineux.

(1) L'angström (Å) vaut 1 dix-millionième de millimètre.

Ce phénomène surprenant est celui de la fluorescence (1), et l'on dit que le platino-cyanure de baryum est doué d'une fluorescence verte. Les rayons ultraviolets peuvent, en effet, être absorbés par diverses substances qui émettent alors un rayonnement de longueur d'onde différente. Une loi très générale, la loi de Stokes, précise que la longueur d'onde du rayonnement secondaire ainsi émis est supérieure à celle du rayonnement primaire exciteur.

Par suite, le rayon exciteur ultraviolet étant invisible, le rayon émis peut fort bien tomber dans le domaine visible. La substance apparaîtra alors lumineuse et brillamment colorée dans l'obscurité : elle est fluorescente.

La fluorescence est une véritable transformation d'énergie. Le corps reçoit une énergie lumineuse, l'absorbe et, par une transformation interne, restitue une partie de cette énergie, toujours sous la forme lumineuse. Le phénomène est très voisin de celui de la phosphorescence, mais il est instantané et n'existe que pendant la durée de l'excitation ; il cesse pratiquement avec elle, tandis que la phosphorescence s'accompagne d'une accumulation d'énergie lumineuse qui n'est restituée ensuite que peu à peu. Les deux phénomènes, physiquement parlant, sont d'ailleurs si proches l'un de l'autre que les

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

physiciens les considèrent comme deux variantes d'une même propriété de la matière : celle de photoluminescence. Ils ont dû aussi, pour les distinguer scientifiquement, faire appel à la température qui a une action sensible sur la phosphorescence qu'elle accroît, alors que la fluorescence n'en est pas affectée ou même est diminuée.

Une substance étant soumise à une irradiation ultraviolette, elle paraît lumineuse si elle est fluorescente. La couleur et l'intensité de cette luminescence sont caractéristiques de la substance considérée ou de ses impuretés ; aussi, l'on conçoit l'intérêt de l'examen des corps par un tel procédé essentiellement rapide et n'entraînant aucune destruction de la matière soumise à l'examen.

Les lampes pour rayons ultraviolets

Les phénomènes de fluorescence sont connus depuis fort longtemps; on ne sait cependant les utiliser dans la pratique que depuis qu'on sait produire commodément des rayons ultraviolets et les séparer de la lumière visible qui gêne considérablement les observations.

Les lampes à vapeur de mercure produisent une lumière bleuâtre et beaucoup de rayons ultraviolets. Elles furent reconnues comme d'excellentes sources de ces rayons sous la réserve d'être faites en quartz, car le verre ordinaire n'est pas assez transparent aux radiations de courtes longueurs d'onde. Les brûleurs de quartz sont encore très utilisés et constituent les appareils les plus puissants. D'autres appareils, toutefois, ont été mis ces dernières années sur le marché avec un succès mérité par leur prix et leur commodité d'emploi. Les lampes luminescentes au mercure à superpression méritent à cet égard une mention spéciale. De sim-

ples vieilles à luminescence azote-argon donnent aussi en certains cas d'excellents résultats. L'arc électrique avec électrodes adéquates est employé avec succès dans divers appareils puissants malgré l'inconvénient d'un fort pourcentage en rayons calorifiques infrarouges.

Mais plus délicat encore que le problème de l'obtention des rayons actifs était celui de leur filtrage. Un physicien américain, R.-W. Wood, s'est attaché, durant de longues années, à rechercher des écrans permettant cette séparation du rayonnement

visible. Il a pu enfin réaliser un verre noir à l'oxyde de nickel qui, placé devant un brûleur de quartz, ne laisse passer que le rayonnement ultraviolet compris entre 3650 et 3663 Å° et la raie 3341 Å°. Cet ensemble invisible, particulièrement favorable à l'excitation des fluorescences les plus usuelles et situé au-dessus des radiations physiologiquement dangereuses, a pris

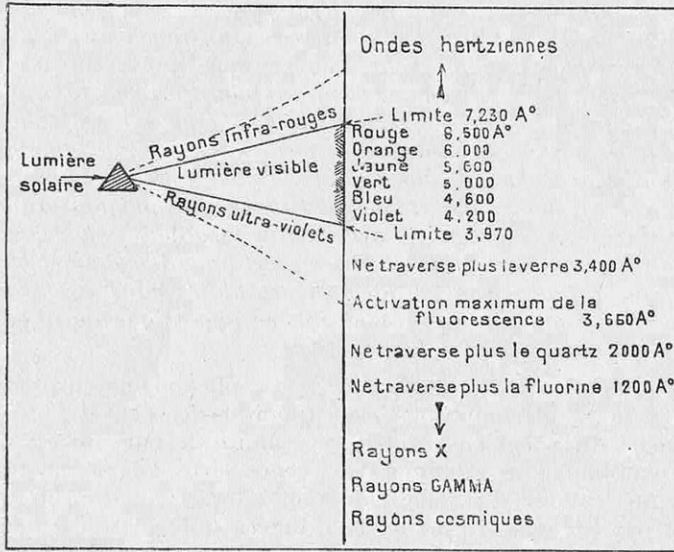


FIG. 1. — LA DÉCOMPOSITION DE LA LUMIÈRE SOLAIRE ET LA GAMME DES DIVERSES RADIATIONS DEPUIS LES ONDES HERTZIENNES JUSQU' AUX RAYONS COSMIQUES

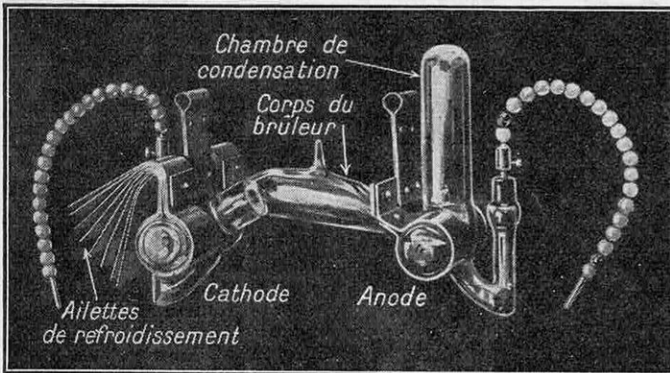
On voit notamment que l'ultraviolet ne traverse plus le verre, ce qui oblige à faire appel au quartz pour la confection des lampes utilisées en vue de produire ce rayonnement.

le nom de « lumière de Wood » et, plus généralement aujourd'hui, de « lumière noire ».

Ces termes s'appliquent d'ailleurs indifféremment à des ensembles de radiations qui, selon les besoins de la pratique, peuvent être un peu plus resserrés ou un peu plus larges, tout en demeurant autour de la longueur d'onde moyenne de 3 650 Å°.

Les applications de la « lumière noire »

La découverte de Wood allait trouver pendant la Grande Guerre un champ d'application fertile et particulièrement important dans les services secrets des armées alliées. Bayle et Fabre transposèrent ensuite la lumière de Wood dans les laboratoires de la Sûreté Générale où elle se montra étrangement efficace dans les recherches des fraudes



(Verrerie Scientifique.)

FIG. 2. — BRÛLEUR EN QUARTZ A VAPEUR DE MERCURE POUR LA PRODUCTION DE RAYONS ULTRAVIOLETS

Dans ce brûleur, à courant continu, 110 volts, l'émission du rayonnement ultraviolet a lieu dans le corps central.

et dans maints domaines de la criminologie.

Bientôt, elle se répandit dans les laboratoires de biologie où elle continue, à l'heure actuelle, à jouer un rôle important, puis dans les laboratoires de chimie et de physicochimie. Aujourd'hui, grâce aux progrès de l'appareillage et à une connaissance meilleure des techniques opératoires, elle a conquis une place de premier plan dans les industries les plus variées, comme d'ailleurs aussi dans la décoration, la signalisation, les expertises.

Une revue complète de tous les domaines où la « lumière noire » est utilement appliquée, serait inabordable dans le cadre d'un

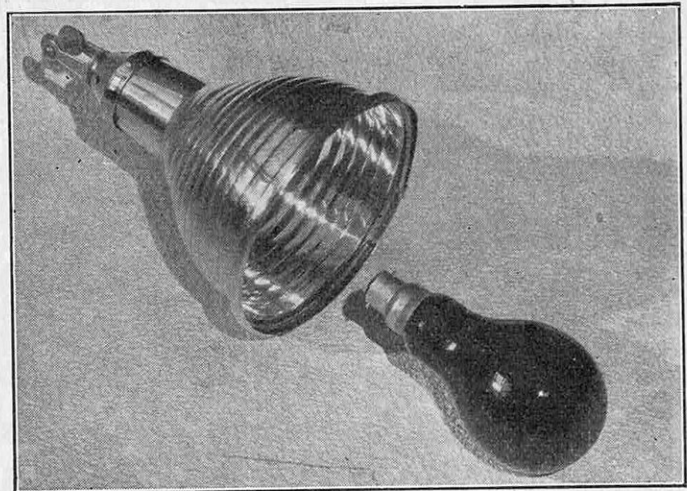
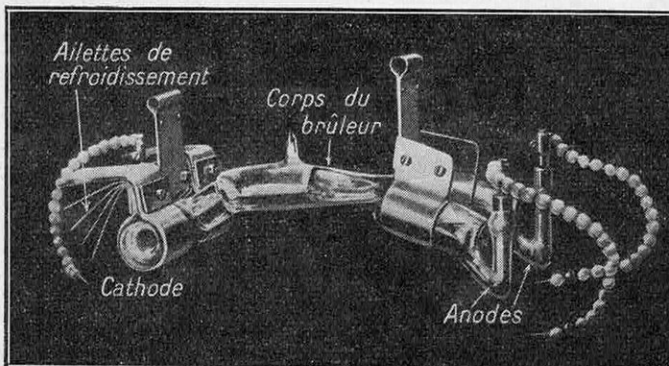
(C^{ie} des Lampes Mazda.)

FIG. 4. — LAMPE NOIRE (M. A. 300) A HAUTE PRESSION DE MERCURE ET SON RÉFLECTEUR EN ALUMINIUM



(Verrerie Scientifique.)

FIG. 3. — AUTRE TYPE DE BRÛLEUR EN QUARTZ POUR LA PRODUCTION DE RAYONS ULTRAVIOLETS

Ce modèle, à courant alternatif 110 à 250 volts, comporte deux anodes en vue d'utiliser les deux alternances du courant.

article de revue ; c'est pourquoi nous devons nous borner à préciser quelques exemples choisis parmi les plus démonstratifs.

L'industrie du textile et des colorants

Dans les industries textile et tinctoriale, l'emploi de la lumière de Wood s'est beaucoup développé en ces dernières années. Les fibres, les colorants, les matières d'apprêt peuvent être ainsi différenciés ; les taches mises en évidence et identifiées ; des défauts d'impression, de teinture, de mercerisage, de débouillissage mis en relief. Les textiles artificiels

ont des fluorescences variables selon leur nature. La viscose est jaune soufre, la rayonne acétate violette, la rayonne nitrocellulosique couleur chair, la rayonne au cuivre blanche sous la lumière noire, et ces textiles artificiels ne se distinguent pas seulement entre eux, mais aussi de la soie naturelle qui est bleue sous les rayons ultraviolets filtrés.

Certaines espèces de coton ont des aspects qui caractérisent leur provenance et une réaction simple à l'orthohydroxyquinoléine permet de les distinguer du lin en lumière de Wood.

On distinguera de même le

vrai coton mako, brun, de son imitation en coton teint, obscur ; le poil de chameau de la laine teinte ; le chanvre de manille du sisal et autres fibres de valeur moindre...

Les taches sont généralement plus visibles sous la lumière noire qu'au jour. Leur fluorescence permet souvent de les identifier et, en outre, de les circonscrire. Le détachage sous la lumière de Wood permet une économie de temps et de solvant, ainsi qu'une grande sûreté dans le travail et la suppression du risque de cernes ou de retour de la tache au séchage. En bonneterie et dans les tissages, le contrôle des taches grasses par ce moyen est très utile ; de même à la teinture, où une tache grasse serait la cause première d'un défaut irrémédiable.

Beaucoup de colorants organiques en solution ou sur supports sont fluorescents, et il s'ensuit, outre de grandes possibilités décoratives, un moyen d'investigation et de contrôle. On pourra aussi contrôler des impressions avant développement des couleurs et éviter, en indiennes notamment, de très grosses pertes qui étaient auparavant inévitables.

Les extraits tannants et tinctoriaux montrent aussi d'importantes divergences en lumière de Wood et l'on pourra reconnaître s'il s'agit d'extraits d'écorce, de bois, de feuilles ou de galles et knoppenn, les extraits de ces diverses parties des plantes donnant sur bande de flanelle des luminiscences respectivement violette, jaune, brun olive et jaune brun, qu'il est facile de distinguer avec netteté.

Papeterie, caoutchouc

Dans les papeteries, on identifiera en fluorescence certaines celluloses et, surtout, leur aptitude à être blanchies. Il faudra d'autant plus de chlore pour blanchir une pâte cellulosique qu'elle est plus fortement fluorescente.

La caractérisation de moisissures, des contrôles d'imperméabilité et de résistance à l'eau, l'examen de filigranes, etc., se font utilement en lumière de Wood.

Dans l'industrie du caoutchouc, on pourra

contrôler les charges en lumière noire et observer ainsi leur nature et leur pureté. Les gommés, extraites à l'acétone et dissoutes dans le benzol, donnent aussi des fluorescences distinctives. De nombreux produits auxiliaires, notamment les anti-oxydants, les adoucisseurs, les accélérateurs, ont des fluorescences variables qui permettent souvent de les reconnaître et de les identifier de façon simple et rapide.

Industrie chimique

Dans la grosse industrie chimique, l'emploi de la lumière de Wood est souvent un cas d'espèce. Presque partout, il est un utile et précieux auxiliaire.

Les résines et gommés naturelles se distinguent par leur fluorescence : la gomme arabique et la gomme adragante possèdent une fluorescence verte, l'agar-agar bleue, les laques vermillon ou jaune orangé, les copals jaune, le gaïac mauve, etc.

Les cires, les solvants, les pigments pour peintures ont des luminiscences caractérisant leur nature, leur mode d'obtention, leur provenance.

Huiles minérales et végétales

Un domaine spécialement intéressant est celui des huiles. Sous forme brute, les huiles minérales ont une fluorescence brune ou jaunâtre si elles viennent de Turquie, bleue si elles viennent d'Amérique ou de Roumanie. Celles du Texas sont plus vives que celles de Californie.

Après préparation, les huiles lubrifiantes ont une fluorescence vive qui s'atténue peu à peu au travail et disparaît presque complètement lorsque l'huile est usée. C'est donc un moyen de contrôle du degré d'altération. La fluorescence peut donner au surplus des renseignements sur la susceptibilité d'une huile au gommage, sur son traitement ultérieur, sur sa valeur.

Les huiles végétales montrent également d'intéressantes distinctions. Une huile d'olive apparaîtra en orangé lumineux si elle est naturelle, mais sera vert bleuâtre si elle est raffinée. L'huile de ricin « fluoresce » en bleu, l'huile de colza en brun, l'huile de coton en violet, l'huile de lin en jaune ver-

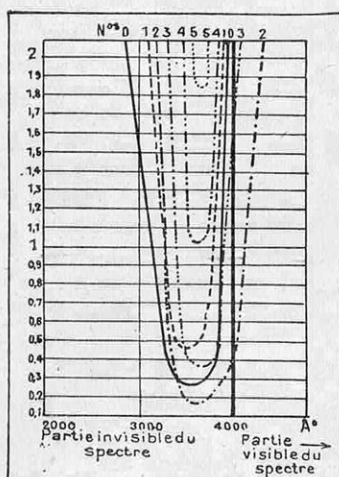


FIG. 5. — DIAGRAMMES DE DIVERS FILTRES PERMÉABLES AUX RAYONS ULTRAVIOLETS

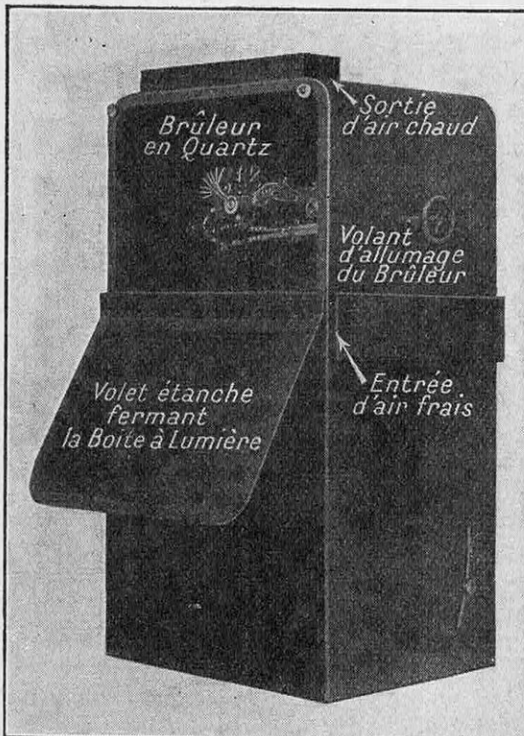
Ces courbes, dont chacune porte le numéro du filtre étudié, montrent pour quelle gamme de longueurs d'onde ce filtre est perméable. Le n° 4 correspond au verre original de Wood.

dâtre si elle est naturelle, et en bleu clair si elle est raffinée. Des mélanges, des altérations peuvent être mises en évidence grâce à des séries étalons ou par l'emploi de techniques particulières, au surplus fort simples et consistant par exemple à faire monter l'huile par capillarité dans un papier filtre qui sera ensuite examiné en lumière noire, ou encore à examiner des taches sur lin blanchi ou sur papier filtre.

Alimentation

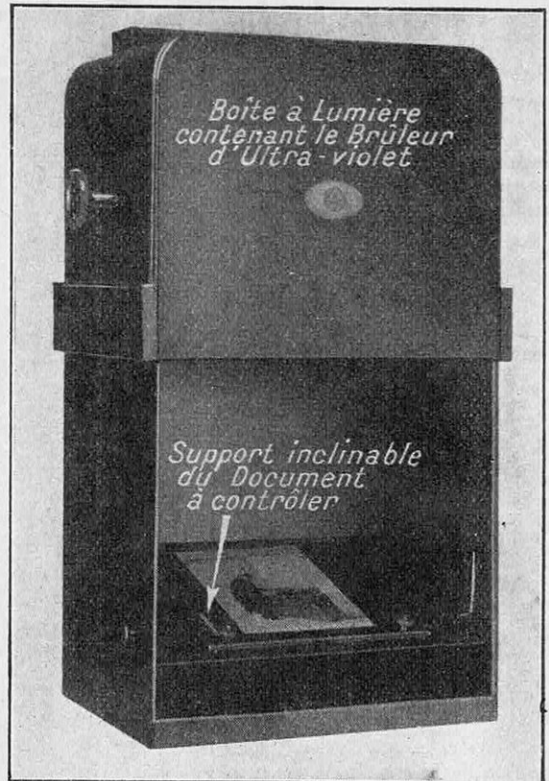
L'industrie alimentaire a trouvé dans la lumière noire un auxiliaire particulièrement précieux et que les services des fraudes utilisent, d'ailleurs, avec efficacité. Une farine sera de blé si elle est blanc bleuâtre, d'avoine si elle est mauve ou rose mauve, de pomme de terre si elle est gris bleuâtre faible, de riz si elle est bleue à reflets verdâtres ou blanchâtres. Les farines de vesce ou de pois s'y manifesteraient en points orangés brillants et un peu d'habitude permettra même d'évaluer le pourcentage de l'addition.

Le lait frais est jaune, plus vieux sa fluorescence passe au bleu violacé ; s'il est



(Verrerie Scientifique.)

FIG. 6. — FACE ARRIÈRE D'UNE LANTERNE DE CONTRÔLE A LA LUMIÈRE DE WOOD, MONTRANT LE BRÛLEUR A VAPEUR DE MERCURE PRODUISANT LE RAYONNEMENT ULTRAVIOLET



(Verrerie Scientifique.)

FIG. 7. — VOICI COMMENT ON DISPOSE LE DOCUMENT A CONTRÔLER A LA LUMIÈRE DE WOOD DANS LA LANTERNE DE LA FIGURE 6, VUE ICI SUR SA FACE AVANT

chargé de streptocoques, ceux-ci seront décelés par une luminescence verdâtre. Dans les fromages, le mûrissement fait évoluer la fluorescence du jaunâtre au sombre et on peut estimer ainsi le degré de maturité. Les moisissures vivantes « fluorescent » en bleu ; elles restent obscures lorsqu'elles sont mortes.

Le lard, le saindoux, le beurre, les graisses, les œufs sont utilement contrôlés en lumière de Wood. Les fabriques alimentaires emploient d'ailleurs ces méthodes de plus en plus.

Dans les raffineries, on distingue le sucre inverti dans le saccharose par l'apparition d'une nuance laiteuse à reflets jaunâtres, au lieu de la fluorescence bleu azuré normale.

Dans les brasseries, il est possible de contrôler la valeur des grains d'orge. Ceux qui ont une fluorescence violette sont meilleurs que ceux qui fluorescent en jaune.

La fluorescence d'une bière permet d'évaluer approximativement son âge et de faire des contrôles simplifiés de l'albumine ou de l'aluminium.

Industrie minérale

Dans les industries minières, le triage et le classement de certains minéraux fluorescents (scheelite, minerais d'uranium, willémitte de New Jersey) se font en lumière noire ; des exploitations souterraines ont même été tentées en Amérique, pour ces minéraux, en munissant les mineurs de lampes portatives de Wood.

En métallurgie, les laitiers fusants se distinguent avant fusement des laitiers stables par la présence de points fluorescents en lumière de Wood.

Les limites d'emploi et l'avenir de l'analyse par fluorescence

Comme on le voit par ces divers exemples, pris entre beaucoup d'autres, la lumière noire n'est plus aujourd'hui l'apanage du laboratoire purement scientifique, ni même du laboratoire d'application. Elle a pénétré dans la pratique et cela non seulement pour des fins de décoration, signalisation, publicité, mais aussi comme auxiliaire direct de l'industrie. La petite industrie même l'a adoptée, y compris parfois le petit artisan.

Ainsi verrons-nous le teinturier-dégraiseur muni d'une telle lampe lui permettant de déceler des taches invisibles dans son arrière-boutique. Ailleurs, c'est toute une batterie de lampes sous laquelle se déroule un tissu imprimé mais non développé. A la lumière ordinaire, ce tissu est encore vierge en apparence, car le colorant n'est pas encore développé. Sous la lumière de Wood, il apparaît avec une vive luminosité. Le moindre défaut sera constaté immédiatement et le remède sera apporté avant développement et sans pertes.

Cette précieuse lumière noire, c'est la même que celle utilisée en ce laboratoire d'où sortent de mystérieuses nouvelles ; en ce poste de douane où elle sert à contrôler l'essence, certaines pailles, certains tissus ; en ce bureau de contre-espionnage ; en cette banque où un lavage sera mis en évidence ; chez ce collectionneur de timbres-poste ou cet expert d'art ; dans cette vitrine lumineuse ; dans ce cinéma où des lettres de feu restent visibles dans l'obscurité ; sur cette scène où se déroulent les merveilleux ballets fluorescents de la Loie Fuller.

Rien n'est universel pourtant, et il nous

faut aussi nous mettre en garde contre un enthousiasme qui gagne le profane lorsqu'il a utilisé pour la première fois la lumière de Wood.

Les fluorescences peuvent être modifiées par des traces infimes d'impuretés, par un chauffage, par un traitement particulier. La méthode nécessite donc une certaine prudence et une bonne connaissance des bases techniques. Sous cette réserve, elle puise dans le même fait un autre intérêt : celui de permettre des analyses extrêmement précises d'impuretés ou de traces de corps par des modes opératoires simplifiés. Elle permet aussi, en maints domaines de chimie analytique, d'atteindre de très grandes précisions.

Le simple examen visuel sous la lumière de Wood laisse souvent aussi la place à des techniques plus appropriées. Il sera usuel d'examiner un corps solide sur une cassure récente plutôt que sous forme brute ; pour un liquide on observera souvent avec intérêt les taches sur support ou les montées sur bandes de capillarité.

Les examens microscopiques en fluorescence ont été rendus abordables par les travaux du professeur Haitinger qui utilise des « fluorochromes » ou corps rendant certaines parties des préparations luminescentes et remplissant ici le même rôle que les colorants biologiques en microscopie ordinaire.

F. Vlès préconise les examens de fluorescence avec modification possible des longueurs d'ondes excitatrices. Certains corps qui ne sont pas fluorescents en lumière de Wood usuelle, comme le verre ordinaire par exemple, le deviennent dans l'extrême ultraviolet de plus faible longueur d'onde.

Ch. Dhéré établit les spectres complets de fluorescence où apparaissent des bandes caractéristiques et qui permettent des distinctions et des précisions plus importantes que la simple évaluation d'une couleur. Il observe d'ailleurs non seulement le spectre visible réfléchi, mais aussi les fluorescences infrarouges, invisibles au regard, mais que des plaques spéciales permettent d'enregistrer.

L'industrie suit avec intérêt ces recherches scientifiques d'où découleront les techniques nouvelles, plus rapides et plus précises, qu'elle appliquera demain.

MAURICE DÉRIBÉRÉ.

LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

La déflexion électrostatique en télévision

LES progrès considérables accomplis depuis quelque temps par les récepteurs de télévision sont en grande partie dus aux améliorations apportées aux systèmes de déflexion provoquant le déplacement du spot lumineux sur l'écran des tubes à rayons cathodiques. Les deux types de déflexions électrostatique et électromagnétique se développent et se perfectionnent parallèlement sans que l'on puisse encore prévoir si une des méthodes sera adoptée plutôt que l'autre pour la réalisation des futurs récepteurs de télévision. Nous allons examiner sommairement les avantages et les inconvénients de la déflexion électrostatique.

Dans les systèmes actuels de télévision, deux tensions en « dents de scie » (1) sont appliquées aux plaques de déflexion horizontale et verticale des tubes à rayon cathodique pour « balayer » l'écran récepteur suivant un nombre de lignes et un nombre d'images par seconde correspondant très exactement au « balayage » de l'appareil de prise de vue : iconoscope ou autre. Les différents types de circuit permettent d'obtenir ces tensions en « dents de scie », opèrent d'une façon analogue et utilisent la tension aux bornes d'une capacité chargée lentement à travers une résistance (ou mieux, par un dispositif « à courant constant »), et déchargée ensuite brusquement par un procédé quelconque. Le temps de décharge est d'environ 10 % du temps de charge. Plus récemment, on a fait usage d'une charge brusque suivie d'une décharge lente.

(1) Voir dans ce numéro, page 369.

La décharge de la capacité à travers un thyatron (tube à atmosphère gazeuse et à trois électrodes dont une grille de commande) fut longtemps le seul procédé utilisé (fig. 1). Lorsque la capacité C se charge à travers la résistance $R+r$, la tension d'anode du thyatron devient de plus en plus positive; lorsqu'elle atteint la valeur d'amorçage, définie par la polarisation de la grille, le tube s'ionise et la capacité se décharge brusquement. On fait à ce système deux reproches : les thyatrons sont fragiles et d'un fonctionnement instable; aussi, dans beaucoup de récepteurs de télévision, préfère-t-on

n'utiliser que des circuits équipés par des tubes à vide poussé. Le circuit de la figure 2 est équipé de deux triodes et fonctionne à l'envers du précédent. La capacité C est chargée brusquement à travers la triode A , puis elle se décharge lentement à travers une résistance R et une self L .

On utilise aussi parfois comme générateur de tension de balayage, des systèmes dérivés du circuit représenté par la figure 3. Ils sont très simples et ne comportent qu'un seul tube à vide. Dans un tel circuit, la capacité C se charge à travers une résistance R ; la tension recueillie à ses bornes est appliquée par l'intermédiaire du primaire d'un transformateur sur l'anode d'une lampe convenablement polarisée. Lorsque cette tension aura atteint une valeur positive telle qu'une

oscillation ait tendance à y prendre naissance, la capacité se déchargera brusquement et ainsi de suite.

La caractéristique de charge ou de décharge d'une capacité à travers une résistance peut être

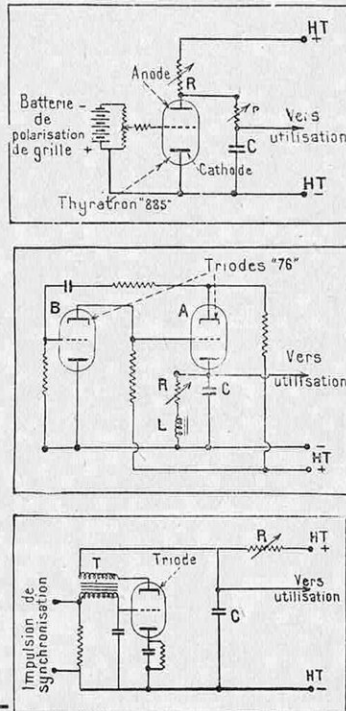


FIG. 1, 2, 3. — DISPOSITIFS FOURNISSANT DES TENSIONS EN « DENTS DE SCIE »

Dans le dispositif de la figure 1, la capacité C se charge à travers la résistance $R+r$ et la tension d'anode du thyatron devient de plus en plus positive jusqu'à la tension d'amorçage du thyatron. A ce moment, C se décharge brusquement. Avec le circuit de la figure 2, comprenant 2 triodes, la capacité est, au contraire, chargée brusquement, puis se décharge lentement à travers R et L . La figure 3 représente un système dérivé des précédents : C se charge à travers R et la tension est recueillie sur l'anode d'une lampe convenablement polarisée. Lorsque la valeur positive de la tension est suffisante, la capacité C se décharge brusquement.

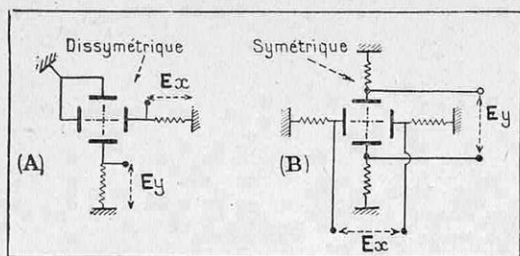


FIG. 4. — SCHEMA DE PRINCIPE DE LA DEFLEXION ELECTROSTATIQUE

(A) : plaques de déflexion connectées d'une façon dissymétrique ; E_x , E_y , tensions de balayage ;
 (B) : montage symétrique des plaques de déflexion.

supposée pratiquement linéaire si l'on n'en utilise qu'une faible portion vers l'origine : le premier sixième, par exemple. Ceci évite la complication des anciens dispositifs de « chargé à courant constant », tels que ceux utilisant l'espace filament-plaque, d'une penthode alimentée à tension-grille et tension d'écran constantes, dans les limites où le courant-plaque reste indépendant de la tension-plaque.

Lorsque l'on excite directement les plaques de déflexion verticale et horizontale d'un tube à rayon cathodique, à l'aide de deux générateurs de tension, tels que nous venons de les décrire, ces plaques sont connectées d'une façon dissymétrique, figure 4 (A). Cette méthode très simple présente malheureusement quelques inconvénients : en effet, deux des plaques de déflexion sont reliées à la masse, c'est-à-dire maintenues au potentiel de l'électrode la plus positive du tube. Les potentiels des deux autres plaques variant en fonction des tensions de balayage, la distribution du potentiel du centre des plaques variera aussi ; la vitesse des électrons ne sera donc plus la même suivant que leur faisceau se dirigera vers le centre de

l'écran, vers le haut, vers la droite, etc. Il en résultera un manque de netteté du spot lumineux sur certaines zones de l'image et surtout une déformation de la surface balayée : au lieu d'être parfaitement rectangulaire, elle se présentera sous la forme d'un trapèze, c'est pourquoi ce phénomène est souvent désigné sous le nom de « distorsion trapézoïdale ». Pour éviter ce défaut, il faut donc maintenir constant le potentiel sur l'axe des plaques ; on y parvient à l'aide d'un montage « symétrique », figure 4 B. Les plaques d'une même paire sont alimentées respectivement par des tensions en dents de scie, de mêmes formes, de mêmes valeurs, mais de polarités inverses.

La déflexion symétrique est une complication indispensible pour les tubes à grand écran, car l'angle de déflexion maximum du faisceau est considérable et la distorsion trapézoïdale y est accentuée. La déflexion dissymétrique donne cependant de bons résultats avec les tubes de petit diamètre et permet ainsi la réalisation de récepteurs de télévision en utilisant des montages relativement peu compliqués.

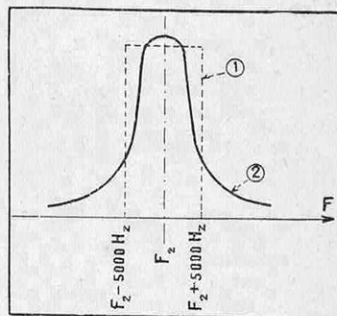


FIG. 6. — COURBES DE SÉLECTIVITÉ DE DEUX FILTRES DE BANDES, IDÉAL ET RÉEL

Le filtre idéal ne laisse passer qu'une bande exactement délimitée. Sa courbe de sélectivité est un rectangle. En réalité, la courbe d'un filtre de bande usuel présente la forme.

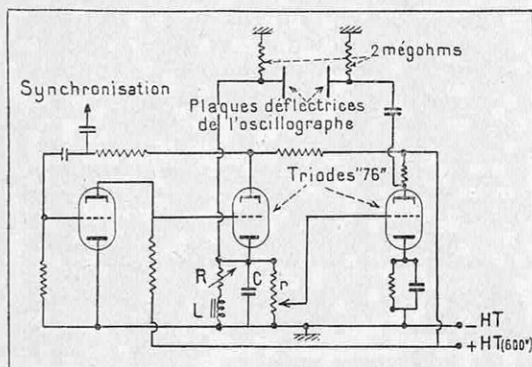


FIG. 5. — SYSTÈME DE DEFLEXION SYMÉTRIQUE ÉQUIPÉ DE TRIODES A VIDE

Déflexion horizontale (lignes) : $R = 50\ 000 \ \omega$; $r = 500\ 000 \ \omega$; $L = 100$ Henrys ; $C = 0,001 \ \mu F$.
 Déflexion verticale (images) : $R = 250\ 000 \ \omega$; $r = 500\ 000 \ \omega$; $L = 2\ 000$ Henrys ; $C = 0,25 \ \mu F$.

Filtres de bande moyenne fréquence et quartz piézoélectrique

LES qualités essentielles d'un récepteur superhétérodyne, musicalité et sélectivité, sont fonction, pour la plus grande part, des propriétés des « transformateurs » moyenne fréquence assurant la liaison entre les différents étages d'amplification situés entre le « changement de fréquence » et la détection. Ceci est dû à l'effet de filtre de bande qui leur incombe. Si l'onde reçue, de fréquence porteuse F , est modulée par une fréquence acoustique f , on sait que l'on peut considérer cette émission comme formée de trois parties distinctes : l'onde porteuse F , d'amplitude constante, et deux ondes, également d'amplitude constante, ayant respectivement comme fréquence $F + f$ et $F - f$; l'ensemble des composantes de fréquences $F + f$ et $F - f$ constitue ce que l'on appelle les bandes latérales. Par le proces-

sus du « changement de fréquence », une autre fréquence porteuse F_2 se substitue à la fréquence initiale F , tandis que les bandes latérales deviennent $F_2 + f$ et $F_2 - f$. L'expérience prouvant qu'une audition musicale est encore agréable si l'on fixe la limite supérieure de f à 3 000 hertz, la largeur de bande de fréquence que doivent transmettre les dispositifs de liaison entre étages « moyenne fréquence », pour ne pas altérer la qualité d'une telle réception, est égale à $2f$, soit 10 000 hertz. D'autre part, si les fréquences porteuses des émissions les plus voisines ne diffèrent de l'émission reçue que de 11 000 hertz, il est indispensable que ces mêmes dispositifs de liaison suppriment totalement non seulement les porteuses, mais aussi toutes les composantes des bandes latérales de ces émissions. La courbe de sélectivité idéale de ces « transformateurs moyenne fréquence » devrait être rectangulaire (fig. 6), afin de transmettre également tout le spectre de fréquence que comporte la modulation de l'émission reçue et d'éliminer toutes les autres fréquences.

L'utilisation des propriétés des circuits couplés avec noyaux de fer à faibles pertes constitue actuellement la meilleure solution de ce problème. On sait, en effet, que si l'on fait varier le degré de couplage de deux circuits accordés sur la même fréquence, la courbe de sélectivité d'un tel ensemble présente à partir d'un certain couplage, appelé couplage critique, deux bosses qui lui confèrent une « bande passante » beaucoup plus large que celle d'un même circuit accordé, considéré isolément. Malheureusement, les flancs de ces courbes sont inclinés et obliques, si l'on désire une bonne sélectivité, à sacrifier un peu de la musicalité, et inversement. Tout récemment, les récepteurs superhétérodynes ont bénéficié, sous le nom

de « sélectivité variable », d'un très intéressant perfectionnement : il consiste à permettre à l'utilisateur de faire varier à son gré le couplage des circuits accordés des transformateurs moyenne fréquence. Il est ainsi possible, chaque fois qu'une sélectivité poussée n'est pas indispensable, par exemple pour l'écoute des stations très proches ou très puissantes, d'augmenter le couplage et d'étaler ainsi la bande passante de façon à obtenir des auditions d'excellente musicalité.

Il n'est pas impossible que, d'ici peu de temps, la fidélité et la sélectivité des récepteurs

superhétérodynes s'améliorent encore notablement, lorsque l'on saura « tailler » industriellement des cristaux piézoélectriques possédant non plus une fréquence unique, mais une « bande de fréquence » de résonance. Les cristaux de quartz piézoélectriques uti-

lisés habituellement en radiotechnique possèdent des faces rigoureusement planes et parallèles, leurs fréquences propres de résonance variant avec leur épaisseur. Si donc l'on taille de tels cristaux de quartz très légèrement en forme de coin, ils se comportent comme la juxtaposition d'un grand nombre de quartz possédant des fréquences individuelles de résonance différant peu les unes des autres, mais dont l'ensemble constitue une véritable « bande de résonance ». Les limites extrêmes en seront fixées par les épaisseurs minima et maxima de chaque cristal. Les flancs des courbes de sélectivité que des cristaux ainsi taillés permettent d'obtenir sont parfaitement verticaux, de sorte que les superhétérodynes qui les utilisent dans leurs transformateurs « moyenne fréquence » sont à la fois fidèles et sélectifs. Souhaitons qu'un tel perfectionnement ne reste pas trop longtemps l'apanage exclusif des récepteurs de luxe.

ANDRÉ LAUGNAC.

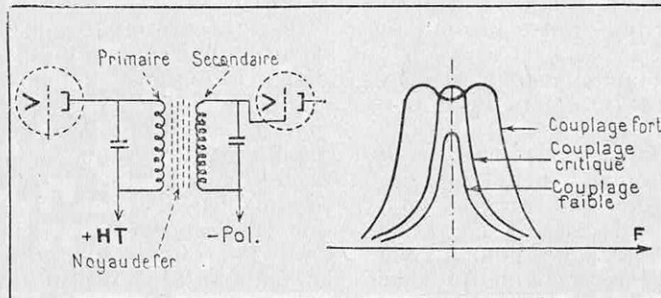


FIG. 7. — COURBES DE SÉLECTIVITÉ (À DROITE) DE DEUX CIRCUITS ACCORDÉS SUR LA MÊME FRÉQUENCE POUR DIFFÉRENTS COEFFICIENTS DE COUPLAGE (À GAUCHE)

L'énergie sous toutes ses formes est à la base de la civilisation moderne et la puissance industrielle d'un pays dépend de ses richesses en énergies naturelles. Un rapport présenté au Congrès National Economique par M. Guiselin, et faisant état des trois grandes sources d'énergie (chutes d'eau, charbon, pétrole), a montré, en évaluant toutes les énergies en charbon à 6 000 calories, que la Sarre pourrait disposer de 21 000 t de charbon par habitant ; la Grande-Bretagne, 4 000 t ; l'Allemagne, 3 800 t ; la France, 700 t ; l'Italie, 5 t. Ces chiffres suffisent à montrer le besoin urgent, pour notre pays, de mettre en œuvre ses ressources hydrauliques.

L'ORGANISATION DE L'ARMÉE DE L'AIR EN FRANCE

L'ESPRIT de l'organisation de l'Armée de l'Air a été défini récemment par le Ministre de l'Air dans le rapport qu'il a adressé au Président de la République :

« L'Armée de l'Air, pour pouvoir exploiter à fond les qualités qui lui sont propres : aptitude instantanée à la manœuvre, rapidité d'intervention, soudaineté de l'action, doit disposer d'une organisation territoriale poussée et de services diligents qui lui assurent les moyens nécessaires partout où elle doit intervenir.

« Si la tâche du commandement est complexe, celle des services est non moins importante.

« Le système en vigueur est basé sur le principe que le commandement des formations de combat doit pouvoir se consacrer entièrement à sa mission de préparation des unités à la guerre et que, pour arriver à ce résultat, il doit être déchargé du souci de pourvoir les unités de tout ce qui leur est nécessaire pour vivre et combattre.

« L'organisation actuelle a ainsi recherché l'allègement de la tâche du commandement dans une séparation entre les formations de combat et les services que l'expérience fait apparaître comme trop profonde à beaucoup d'échelons. Il est dès lors à craindre que les chefs de ces formations ne se désintéressent, pendant une grande partie de leur carrière, de la satisfaction de leurs besoins.

« Plutôt que d'adopter deux hiérarchies, troupes et services, parallèles et trop souvent distinctes, il paraît plus logique de donner aux chefs, à tous les échelons, les moyens de commandement nécessaires pour assurer à la fois le commandement des troupes et la direction des services chargés de pourvoir à leurs besoins.

« Le principe universellement admis de la subordination des services au commandement sera strictement appliqué et les commandants des unités aériennes exerceront à tous les échelons les prérogatives de commandement qui en feront des chefs. »

Comment sont constituées les forces aériennes françaises

Les services que l'armée de l'air est appelée à rendre au pays sont évidemment nombreux. Elle doit, en effet, non seulement comporter des moyens d'attaque, mais encore être capable de défendre le territoire contre les incursions aériennes ennemies, venir en aide à l'Etat-Major pour lui apporter les renseignements si précieux à l'élaboration des plans stratégiques de l'armée (en lui faisant connaître tous les mouvements de troupes et les transports de matériel de

l'autre côté du front), donner aux formations engagées dans le combat des indications précises sur le front de l'adversaire, collaborer étroitement au réglage des différents tirs d'artillerie (qu'il s'agisse de la préparation de tirs de barrage, de tirs de concentration sur des zones déterminées, ou de tirs de destruction contre des fortifications, des batteries ou des nids de résistance ennemie). Enfin, on sait que, depuis peu, certaines missions spéciales peuvent être confiées à une troupe d'élite transportée en armes par avions et qui, apparaissant soudain à l'intérieur des lignes ennemies, serait susceptible de désorganiser certaines formations, de détruire certains obstacles, des dépôts de carburants ou de munitions, des usines de fabrication de guerre, des centrales productrices d'énergie, etc. On sait aussi (1) que la France a organisé de telles unités dont l'entraînement, notamment au saut en parachute, s'effectue au centre d'Istres qui dispose des moyens nécessaires.

L'armée aérienne comprend donc, en vue de satisfaire à toutes ces exigences, des formations : de chasse, de bombardement, de reconnaissance, d'observation, d'aérostation, d'infanterie de l'air.

Voici, parmi les appareils de l'Armée de l'Air française, quelques caractéristiques d'avions :

Pour la chasse : le monoplane à aile basse, monoplace *Morane-Saulnier*, type 405, équipé d'un moteur Hispano-Suiza type 12 Ygrs d'une puissance de 860 ch à 2 600 tours/mn à l'altitude de 3 320 m, entraînant une hélice à pas variable Ratier type 1495.

Ses performances, réalisées en mission de jour, sont les suivantes : vitesse, 443 km/h à l'altitude de 8 000 m atteinte en 15 mn 2 s ; distances d'envol, 285 m ; d'atterrissage, 360 m (en tenant compte du survol d'un obstacle de 8 m) ; autonomie, 800 km à l'altitude de 4 000 m et à la vitesse de 320 km/h.

Le monoplane *Bloch-200*, qui atteint 500 km/h et qui a été spécialement étudié pour que le pilote, placé au droit du bord d'attaque de l'aile, dispose d'une visibilité totale pour l'attaque. Il possède une grande puissance de feu, étant armé de 2 mitrailleuses et de 2 canons d'ailes.

Le triplane de chasse *Potez* type 630, monoplane cantilever, à aile haute de 16 m d'envergure, de 32,70 m² de surface portante, de construction entièrement métallique (alliages légers), pesant 3 600 kg. Il est équipé de deux moteurs Hispano-Suiza, type 14 AB, d'une puissance de 670 ch à 2 400 tours/mn et à l'altitude de 3 300 m

1) Voir *La Science et la Vie*, n° 237, page 264.

entraînant chacun une hélice à pas variable de type Hispano-Suiza 31 et 32 ou Ratier 1447 et 1448. Vitesse, 475 km/h à l'altitude de 4 000 m atteinte en 5 mn; plafond pratique, 10 500 m; distances d'envol, 230 m; d'atterrissage, 301 m (avec survol d'un obstacle de 8 m); autonomie, 960 km à 4 000 m et à la vitesse de 320 km/h.

Pour le bombardement : le bombardier rapide *Leo-45*, monoplan cantilever à ailes basses, d'une grande finesse, est équipé de 2 moteurs Hispano-Suiza 14-AA, 14 cylindres en double étoile refroidis par l'air de 1 078 ch chacun au décollage en surpression et de 1 100 ch à l'altitude de rétablissement actionnant des hélices Hispano-Hamilton à 3 pales à pas réglable en vol à 2 positions, pourvus de freins. D'un poids total de 11 000 kg (charge par m² : 161 kg, et par cheval, 5 kg), d'une envergure de 22,5 m, cet avion possède une vitesse maximum de 483 km/h à 4 000 m (470 à 5 000 m) et une vitesse de croisière de 435 km/h; autonomie, 2 600 km; temps de montée à 4 000 m, 10 mn; atterrissage et décollage en 400 m.

Le bombardier rapide *Anriot-340*, monoplan cantilever, équipé de 2 moteurs Gnome et Rhône 14 No de 1 000 ch, actionnant 2 hélices tripales à pas variable en vol. Poids total, 8 000 kg; envergure, 23 m; surface portante, 67,5 m²; vitesse maximum à 4 000 m, 490 km/h; de croisière à 4 000 m, environ 435 km/h; plafond, 10 000 m; autonomie, 2 000 km.

Citons aussi, comme *avion de combat*, le *Breguet 690-C3*, monoplan à ailes médianes bimoteur (2 moteurs Hispano-Suiza 14 AB), de structure entièrement métallique, sauf le revêtement entoilé des empennages, rigide et résistant, conforme au programme français des avions d'attaque mais susceptible, en outre, d'être utilisé pour le bombardement léger. Pesant 4 300 kg, il mesure 15,365 m d'envergure, 28,92 m² de surface portante. Sa vitesse maximum est de 490 km/h à 4 500 m; il monte à 4 000 m en 6 mn et son autonomie est de 3 heures de vol.

Du point de vue de l'organisation, les formations d'aviation constituent des escadrilles, des groupes et des escadres; il y a 2 ou 3 escadrilles par groupe et 2 ou 3 groupes par escadre. De son côté, l'aérostation comporte des compagnies et des bataillons.

Enfin l'infanterie de l'air comprend des compagnies d'infanterie et des escadrilles d'avions de transport.

En ce qui concerne les formations de combat, elles sont groupées en brigades et en divisions aériennes. La brigade réunit dans une même base aérienne : 1° soit 2 ou 3 escadres aériennes de même nature constituant ou non la brigade du temps de guerre et, éventuellement, d'autres formations; soit une escadre aérienne et des formations diverses non réunies en escadres; 2° des

services nécessaires pour assurer la mise en œuvre de toutes ces formations.

Quant à la division, elle comprend, soit 2 ou 3 brigades, soit 1 brigade et des formations d'aviation ou d'aérostation non réunies en brigades.

Commandement et inspections

Le commandement de la division aérienne, sous l'autorité du général commandant la région, est conçu dans le sens indiqué plus haut, à savoir que les chefs possèdent les moyens d'assurer à la fois le commandement des troupes et la direction des services chargés de pourvoir à leurs besoins.

Responsable de la préparation des formations à leur rôle du temps de guerre et de leur mobilisation, le chef de la division règle leur instruction, leur entraînement, leur entretien, l'entraînement des réserves, et dirige les services.

De même, le commandant de brigade est responsable de l'instruction, du ravitaillement et de la préparation détaillée de la mobilisation de la formation qu'il commande.

A l'échelon inférieur, le commandant d'escadre assure l'instruction tactique, technique et aérienne de ses unités, leur préparation à la mobilisation, l'entretien du matériel, la gestion des effectifs.

Le groupe, lui, constitue une unité technique et administrative élémentaire. Son commandant veille à sa préparation à la guerre, à sa mobilisation, à son administration.

Enfin, le chef d'escadrille est chargé de régler tous les détails du service aérien et de l'instruction du personnel.

En ce qui concerne les escadres ou groupes aériens d'observation, leur commandant, qui est le représentant de l'Armée de l'Air auprès des hautes autorités terrestres ou navales désignées par le ministre, est chargé, indépendamment de ses fonctions de commandant d'escadre ou de groupe, d'assurer la liaison avec ces autorités en vue d'organiser l'instruction en commun des cadres et de la troupe.

Mais il faut assurer l'unité de vue indispensable à toute armée. A cet effet, le général chef d'état-major général, vice-président du conseil supérieur de l'Armée de l'Air, est chargé de l'inspection générale de l'Armée de l'Air et de la défense anti-aérienne. Il dispose pour cela d'inspecteurs généraux (généraux de division) n'ayant aucune attribution de commandement, mais dont les rapports d'inspection, annotés par le général chef d'état-major, sont transmis au ministre. Les inspecteurs généraux établissent les directives d'instruction conformément aux instructions du général chef d'état-major de l'Armée de l'Air.

Ainsi, l'Armée de l'Air française constitue un ensemble cohérent et homogène, dont toutes les parties constitutives sont orientées par des principes rationnels.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

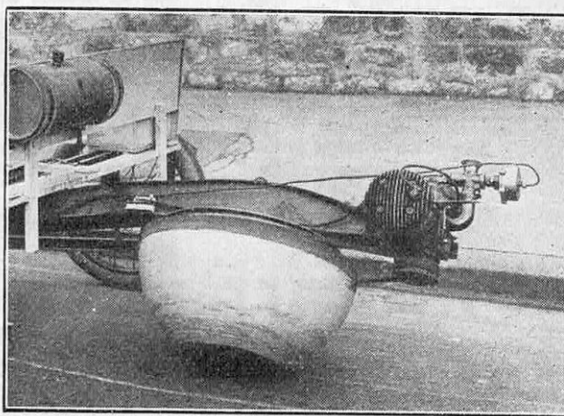
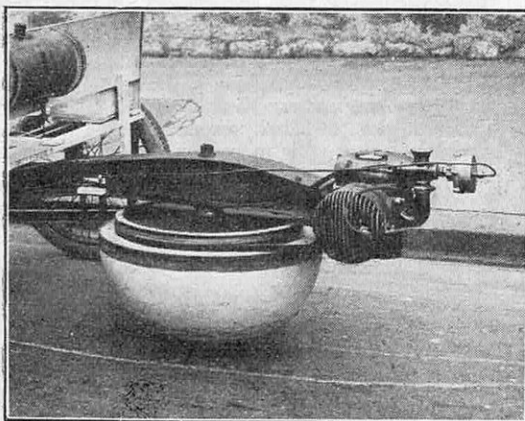
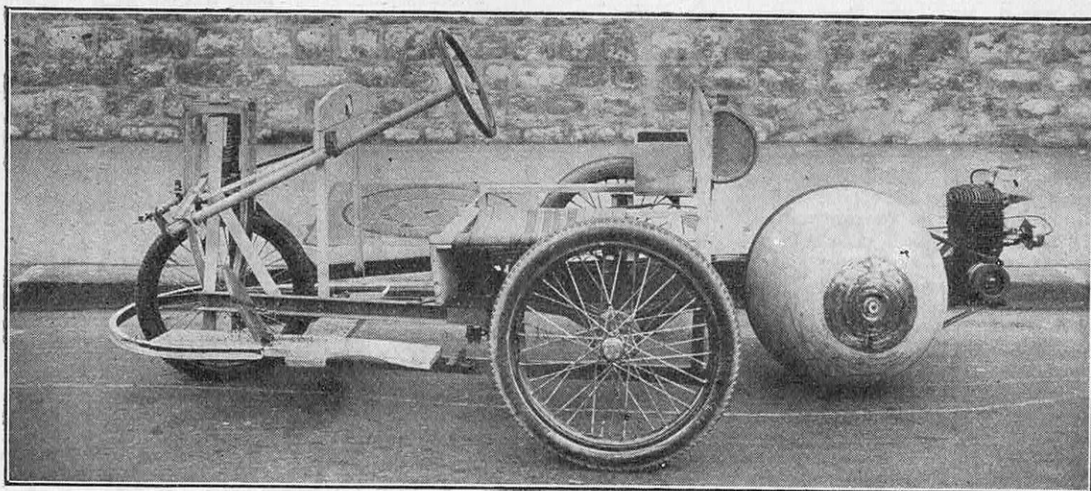
Changement de vitesse continu grâce à la roue motrice sphérique

L'AUTOMOBILE a bénéficié déjà de bien des perfectionnements, parmi lesquels les boîtes de changement automatique de vitesse figurent parmi les plus appréciés. Nos lecteurs connaissent déjà (1) les solutions adoptées, qu'il s'agisse soit d'un système semi-automatique, dans lequel le conducteur prépare à l'avance la démultiplication désirée entre le mouvement de l'arbre moteur et de l'arbre de transmission, soit d'un système complètement automatique où la démultiplication des vitesses s'effectue d'elle-même suivant la valeur de

l'effort résistant opposé à la marche de la voiture. On sait que le changement de vitesse est nécessaire par suite du manque de souplesse du moteur à explosions dont le rendement faiblit rapidement dès que la vitesse de rotation s'écarte de celle pour laquelle il a été calculé et construit. Malheureusement, les « mécaniques » des boîtes de vitesse automatiques sont assez compliquées, coûtent fort cher et ne sont guère applicables à la voiture ordinaire.

Le colonel Lamé a cependant imaginé un dispositif extrêmement simple, qui a déjà effectué plus d'une centaine de kilomètres et dont, par conséquent, on ne peut mettre en doute l'efficacité. C'est la roue motrice sphérique. Imaginons, à l'arrière d'un véhicule, une demi-sphère animée par le moteur d'un mouvement de rotation autour de son axe. Si cet axe est

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



LA ROUE SPHÉRIQUE MOTRICE DU COLONEL LAMÉ DANS TROIS POSITIONS DIFFÉRENTES : EN HAUT, POSITION DISPOSÉE POUR LE MAXIMUM DE VITESSE (AXE HORIZONTAL); EN BAS, A GAUCHE, « POINT MORT » (AXE VERTICAL); A DROITE, POSITION INTERMÉDIAIRE (AXE INCLINÉ)

perpendiculaire au sol, la demi-sphère pivote simplement sur elle-même et ne produit aucun effort moteur pour le véhicule. D'ailleurs, dans cette position, le « pôle » de la demi-sphère est matérialisé par l'extrémité de l'axe qui est fixe et qui, faisant saillie de quelques millimètres par rapport à la surface sphérique, repose seul sur le sol ; la roue peut donc tourner librement « au point mort », sans frottement ni usure. Si, au contraire, on incline l'axe de rotation, la demi-sphère tend à rouler sur le sol et, par suite, à propulser le véhicule. Elle prend contact avec le sol suivant une circonférence dont le rayon est d'autant plus grand que l'axe se rapproche de l'horizontale. Lorsque l'axe atteint cette dernière position, la sphère roule suivant son grand cercle et donne au véhicule le maximum de vitesse. Ainsi, entre les deux positions extrêmes (depuis l'axe vertical qui correspond au point mort jusqu'à l'axe horizontal qui correspond à la prise directe), on peut à volonté, suivant l'inclinaison de l'axe, faire rouler la demi-sphère sur une circonférence de rayon variable. Si la vitesse de rotation de l'axe est constante, la voiture roulera d'autant moins vite que l'on s'approchera du « point mort » (axe vertical). En outre, en inclinant l'axe dans le sens opposé au premier, on obtient automatiquement la marche arrière.

Ainsi, sans engrenages, sans débrayage, sans différentiel, le changement de vitesse continu est réalisé. D'ailleurs, le colonel Lamé a adapté son invention à un petit véhicule automobile à deux places (175 kg à vide) qui a effectué, avons-nous dit, plus de 100 km dans Paris. La demi-sphère est entraînée par le moteur au moyen d'une courroie ou d'une chaîne. Elle est montée avec le moteur sur une poutre caisson placée à l'arrière et articulée par son extrémité avant à un joint à la cardan situé au centre de gravité de la voiture. Ce joint est porté par un plateau tournant autour de l'axe longitudinal du véhicule et avec lequel on donne à l'ensemble propulseur l'inclinaison convenable.

On se souvient peut-être d'une solution analogue essayée sur des voitures pour réaliser un changement de vitesse continu, solution connue sous le nom de « transmission par plateaux ». Le moteur entraînait constamment un disque vertical. Ce disque entraînait par friction un autre disque ou galet calé sur l'arbre de transmission et perpendiculaire au premier. En faisant varier la distance du point de contact des deux disques au centre du premier disque, on obtenait évidemment des vitesses différentes de l'arbre de transmission. Mais la faible surface de frottement interdisait l'utilisation de cet appareil en dehors des puissances très faibles. Avec la roue sphérique motrice, il n'en est plus de même, car le sol est infiniment plus rugueux qu'un disque d'acier. De plus, la roue ayant des dimensions très notablement supérieures à celles du galet susmentionné, les pressions locales restent faibles et ne risquent pas d'engendrer les usures rapides généralement constatées dans le premier système. Il reste évidemment à étudier la meilleure garniture à employer sur la sphère. Toutefois, l'inventeur estime qu'une voiturette à deux places, capable de rouler à 80 km/h, n'exigerait qu'un moteur à 2 temps de 270 cm³, ne pèserait qu'une centaine de kilogrammes, ne consommerait que 4 litres d'essence aux 100 km et ne coûterait que 6 000 f. Ne serait-ce pas là une solution de la voiture populaire?

Calorifère et cuisinière combinés à grand rendement

UN appareil de chauffage rationnellement conçu doit, évidemment, utiliser le maximum de calories du combustible employé. En outre, il sera d'autant plus économique que ce combustible sera meilleur marché. C'est dans cet esprit qu'a été mis au point un calorifère au charbon que nous avons eu d'ailleurs l'occasion de signaler déjà (1). Rappelons-en les caractéristiques : la combustion du charbon comporte, on le sait, plusieurs phases. Tout d'abord, la distillation avec production d'hydrocarbures gazeux mélangés d'hydrogène et combustibles. Ensuite, la combustion



LA CUISINIÈRE-BUFFET CINEY

proprement dite, c'est-à-dire la réaction du carbone sur l'oxygène en donnant de l'oxyde de carbone et du gaz carbonique. La transformation en gaz carbonique produisant 8 000 calories (par kilogramme) et celle en oxyde de carbone 2 600 calories seulement, il y a un intérêt évident à réaliser une combustion complète. Nous avons montré comment le calorifère *Ciney* utilise toutes ces phases de la combustion grâce au retour vers le charbon incandescent des gaz incomplètement brûlés, mélangés à un appoint d'air, en vue d'obtenir le meilleur rendement. Enfin, rappelons que cet appareil à feu continu brûle de la braisette d'antracite beaucoup moins chère que les charbons de qualité et que la répartition de la chaleur dans une pièce est améliorée grâce au léchage, par les gaz chauds, de tubes à ailettes. L'air froid, aspiré par le bas, se dégage chaud au sommet.

C'est sur le même principe que vient d'être créée la cuisinière-buffet (ci-dessus) d'une belle présentation, capable de chauffer économiquement un appartement de 200 m², facilement réglable au moyen d'un volet d'admission d'air sur la porte du cendrier et de la clé de buse prévue à cet effet. De chaque côté du foyer sont

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 220, page 34

situés les fours à rôtir chauffés par les gaz chauds et sous chacun d'eux un four étuve. Pour le chauffage, il est assuré par des bouches de chaleur latérales qui créent une circulation constante d'air chaud le long des parois.

Entre autres résultats obtenus, signalons qu'un tel appareil allumé sans interruption pendant six mois à chauffé environ 200 m³ et a assuré les besoins de la cuisine avec une consommation de 9 kg de combustible par 24 heures, que la cuisson d'un poulet moyen n'exige que 25 minutes. Son changement se fait une fois par jour, mais, lorsque le feu n'est pas poussé, il peut durer jusqu'à 36 heures.

FORGES DE CINEY, à Givet (Ardennes), ou à Paris, 7, boulevard du Temple.

Les segments racleurs « 3 E » Amédée Bollée

L'usure et la consommation d'huile des moteurs. — La consommation d'huile des moteurs augmente en raison de l'usure :

1° Parce que le jeu des bielles augmente et que les bielles envoient une plus grande quantité d'huile au bas des cylindres ;

2° Parce que le jeu des pistons dans les cylindres augmente et que les pistons entraînent une plus grande quantité d'huile. Il arrive ainsi que le débit des racleurs devient trop petit ;

3° Parce que l'huile arrive à boucher les fentes ou les trous des racleurs ordinaires. Leur débit devient nul en pareil cas.

Les racleurs « 3 E ». — Les racleurs « 3 E » débitent une plus grande quantité d'huile que les racleurs ordinaires à fentes ou les racleurs à trous car on place 3 éléments de raclage au lieu du racleur unique et chaque élément de raclage appuie séparément sur la paroi du cylindre.

Dans ces conditions, les éléments continuent d'appuyer tous à la fois sur la paroi des cylindres usagés et même dans le cas où les pistons basculent dans les cylindres.

La face inférieure de chaque élément de raclage est largement évidée. L'huile coule entre les éléments de raclage. Les déplacements des éléments les uns sur les autres assurent un nettoyage automatique et continu des passages d'huile entre les éléments. Les racleurs « 3 E » ne sont donc pas sujets à l'encrassement. Leur usure est très lente et leur utilisation ne présente aucun risque à l'égard des cylindres, car ils sont de la même qualité de fonte (au four électrique) que tous les autres segments Amédée Bollée et ils fonctionnent à frottement doux sur la paroi des cylindres, indépendamment des mouvements latéraux des pistons puisqu'ils sont assemblés avec du jeu dans les gorges des pistons.

Les racleurs « 3 E » se montent avec des segments de compression ordinaires. Ce sont des économiseurs d'huile. Leurs dimensions correspondent aux dimensions des racleurs ordinaires à fentes ou des racleurs à trous. Les racleurs « 3 E » sont donc interchangeables avec les racleurs d'origine.

V. RUBOR.

AMÉDÉE BOLLÉE, Le Mans (Sarthe).

CHEZ LES ÉDITEURS (1)

Il n'existe pas de rayons cosmiques, par N. Botezatu. Tipographia Universala, Cluj (Roumanie), 1937.

M. Botezatu est professeur au lycée roumain de Baeti-Turda. Sa brochure, écrite dans un français excellent, commence par un exposé très complet et très objectif des documents acquis jusqu'en 1936 au sujet des rayons cosmiques ; il est évident que l'auteur possède à fond son sujet, sans toutefois en avoir cette connaissance directe qui ne peut s'acquérir que par l'expérimentation. Mais il n'accepte pas l'hypothèse à laquelle se rallie actuellement le monde savant, ni l'explication qu'on donne des trois ordres d'expériences sur lesquelles on prétend s'appuyer :

1° Le phénomène de la lente décharge d'un électroscope est dû, selon M. Botezatu, au fait que les molécules des corps gazeux environnants transportent l'électricité du corps chargé sur la paroi de la boîte dans laquelle est enfermé l'électroscope ;

2° Le phénomène des gerbes dans la chambre de Wilson est dû à l'action simultanée de deux facteurs, à savoir : le champ magnétique qu'on utilise dans l'opération avec cette chambre et son excitation extérieure qui peut être une radiation électromagnétique ordinaire ;

3° Le phénomène des coïncidences dans la méthode avec les compteurs d'électrons est dû au fait que le dispositif mis en œuvre peut fonctionner comme un circuit oscillant, sous l'action

d'une radiation électromagnétique ordinaire.

Assurément, ces explications méritent d'être examinées avec soin. Mais elles ne sont elles-mêmes que des hypothèses, et le titre de cette brochure aurait, en conséquence, gagné à être moins affirmatif et péremptoire. D'ailleurs, je ne vois pas que ces explications puissent rendre compte d'un fait capital : c'est que l'intensité des phénomènes s'accroît lorsqu'on s'élève dans l'atmosphère et diminue lorsqu'on immerge l'appareil dans l'eau d'un lac ; il est vrai que M. Botezatu déclare (page 27) que ceci est en dehors de son sujet. Le lecteur impartial acceptera difficilement qu'il en soit ainsi ; mais il ne manquera pas d'accorder toute son attention aux hypothèses défendues par M. Botezatu.

L. H.

Les mathématiques pour tous, par Lancelot Hogben. Un volume de 687 pages in-8°. Prix franco : France, 103 f 50 ; étranger, 108 f 50.

La traduction française de l'ouvrage de l'éminent professeur à l'Université d'Aberdeen, qui a connu un tirage de plus de 100 000 exemplaires en langue anglaise et des traductions en italien, espagnol, norvégien, danois, suédois, finnois, etc., sera vivement appréciée de tout le grand public cultivé, mais non spécialisé. C'est une présentation nouvelle des mathématiques qui les rend accessibles à un immense cercle d'esprits pour lesquels elles demeuraient jusqu'ici un domaine fermé.

Le mérite d'Hogben est d'avoir résolument sacrifié la rigueur d'une logique scolastique aux besoins immédiats des esprits qui cherchent

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

avant tout à acquérir rapidement l'habileté nécessaire dans l'emploi du plus merveilleux instrument de travail que les hommes aient inventé. Plus de démonstrations pesantes, plus de cheveux coupés en quatre ; des résultats clairs, des méthodes simples, directes, qui utilisent le bon sens et l'intuition, sans aucune dialectique, et qui, à l'aide de nombreux exercices essentiellement pratiques, mettent bien en main, à l'ouvrier le plus rebelle, cet outil infiniement souple et délicat que sont les mathématiques. L'auteur met successivement à la portée du lecteur les débuts historiques des mathématiques, la géométrie, l'arithmétique, l'algèbre, les triangles sphériques, la science des graphiques, les logarithmes, les éléments de l'analyse, la statistique. « A mon avis bien pesé, a dit H.-G. Wells, en parlant de cet ouvrage, il s'agit là d'un grand livre, d'un livre de première importance, que devrait lire tout jeune homme intelligent — de quinze à vingt ans — qui cherche à comprendre notre univers. »

C. R.

Manuel de sécurité maritime, par M.-J. Marsouin. Prix franco : France, 26 f ; étranger, 30 f.

Ce manuel est destiné à tous ceux qui se préparent à la marine marchande ; il renferme donc tout ce que l'on doit connaître des dispositifs et règlements, y compris les plus récents, concernant l'incendie à bord (légalisation, prévention, détection, extinction, etc.). Une partie est spécialement consacrée aux gaz de combat, en vue de protéger le personnel navigant et de prendre les mesures les plus efficaces pour sa sauvegarde.

Huiles minérales, par Delehay. Prix franco : France, 62 f ; étranger, 66 f.

Voici un recueil de méthodes d'analyses, choisies parmi celles qui ont fait leurs preuves, à l'usage des laboratoires ayant à effectuer couramment des recherches et dosages variés sur les produits les plus répandus, d'origine miné-

rale et organique, et cela tout en utilisant un outillage relativement restreint. Aujourd'hui, devant l'importance notamment des dérivés du pétrole, les expertises sur ces « marchandises » deviennent de plus en plus fréquentes. Ce petit manuel, essentiellement pratique, est complété par une partie consacrée à la législation et à la réglementation des hydrocarbures destinés à la carburation et à la combustion dans les différents moteurs et autres applications industrielles de plus en plus répandus en France.

Les arbres du Maroc, comment les reconnaître, par Louis Emberger. Prix franco : France, 32 f ; étranger, 35 f 50.

Histoire et dessous de la radio en France et dans le monde, par Benjamin Huc et François Robin. Prix franco : France, 20 f ; étranger, 22 f 50.

Ce petit livre est accessible aux lecteurs « curieux », même parmi les moins instruits en matière de radioélectricité. Ils pourront ainsi se rendre compte de ce que les « vulgarisateurs », suivant l'ancienne et désuète formule, auraient appelé, dans leur langage imagé et inexact, l'« histoire du miracle des ondes ». Ils y verront notamment comment est née la radio, comment elle a progressé dans les différents pays du monde et le parti qu'ont su en tirer la plupart des nations au point de vue politique, économique, financier, éducatif, artistique.

Mon caméléon, par Francis de Miomandre. Prix franco : France, 24 f ; étranger, 27 f.

Voici le premier ouvrage de la nouvelle collection : *Scènes de la vie des bêtes*, consacré à un animal de bien petite taille, mais qui a toujours intrigué par ses particularités de changement de couleur, de formes, etc. L'auteur, qui a observé lui-même, nous fait assister, sous une forme agréable à lire, à la vie même de l'animal.

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



COURS PAR CORRESPONDANCE

MÉCANIQUE

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.

Contremaître : Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Constructions mécaniques - Technologie - Croquis coté et dessin.

Technicien : Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Chimie - Mécanique - Règle à calcul - Résistance des matériaux - Technologie - Constructions mécaniques - Croquis coté et dessin.

Ingénieur-adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique théorique - Règle à calcul - Mécanique appliquée - Electricité - Statique graphique - Machines et moteurs - Dessin.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Mécanique rationnelle - Résistance des matériaux - Thermodynamique - Chimie industrielle - Machines motrices - Electricité - Usinage - Machines-outils - Construction d'usines.

CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Technologie - Dessin - Notions d'aviation.

Dessinateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Notions de Physique - Mécanique pratique - Technologie - Croquis et dessin - Aviation.

Technicien : Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Trigonométrie pratique - Physique - Chimie - Mécanique - Résistance des matériaux - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Aviation (moteur et avion) - Croquis coté et dessin.

Ingénieur-adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Mécanique - Règle à calcul - Constructions mécaniques - Statique graphique - Mécanique appliquée - Outillage - Electricité - Construction d'avions - Aérodynamique - Dessin.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique industrielle - Chimie industrielle - Mécanique - Thermodynamique - Résistance des matériaux - Electricité - Const. d'avions.

ÉLECTRICITÉ

Monteur : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Electricité pratique - Dessin électrique.

Dessinateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Mécanique - Electricité industrielle - Dessin - Danger des courants - Eclairage électrique.

Conducteur : Arithmétique - Algèbre - Géométrie - Notions de Trigonométrie - Physique - Mécanique - Chimie - Règle à calcul - Technologie - Moteurs industriels - Electricité industrielle - Dessin électrique.

Ingénieur-adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Règle à calcul - Mécanique - Résistance des matériaux - Electricité - Mesures - Eclairage - Bobinage.

Ingénieur : Mathématiques générales - Géométrie analytique - Géométrie descriptive - Physique - Applications mécaniques - Hydraulique - Electrotechnique - Telsais - Calculs - Mesures - Production et distribution - Appareillage électrique - Electrochimie.

CHIMIE

Aide-chimiste : Notions d'Arithmétique, Géométrie, Algèbre - Dessin - Chimie : métaux, métalloïdes.

Préparateur : Arithmétique, Géométrie, Algèbre pratiques - Physique - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques.

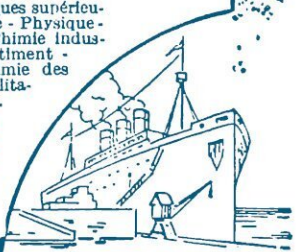
Chef de laboratoire : Arithmétique - Géométrie - Algèbre - Notions de Trigonométrie - Physique - Electricité - Chimie : métaux, métalloïdes, chimie organique - Manipulations chimiques - Analyse chimique.

Ingénieur-adjoint : Algèbre - Géométrie - Trigonométrie - Chimie générale : métaux, métalloïdes, chimie organique - Electricité - Métallurgie - Analyse chimique.

Ingénieur : Mathématiques supérieures - Electricité - Chimie - Physique - Electrometallurgie - Chimie industrielle - Chimie du bâtiment - Chimie agricole - Chimie des parfums - Analyse qualitative et quantitative.

SECTION SPÉCIALE DE RADIOTECHNIQUE COURS GRADUÉS DE MATHÉMATIQUES

Programme gratuit sur demande
Joindre un timbre pour la réponse.



J'AI UNE AMIE *parfaite*



4 places
4 portes
95 à l'heure
6 à 8 litres aux
100 km.



c'est ma...

202

Peugeot

LA 202 EST LA VOITURE
LA PLUS ÉCONOMIQUE
DU MARCHÉ

PUB. R. FOMAC