

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 55. n. 263. Mai 1939
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1939
Collation	1 vol. (XXVIII p.-p.[333]-412) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 263
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.263

Mai 1939

5 francs

la Science et la Vie



Voir page 335

Une magnifique encyclopédie médicale

MON DOCTEUR

Deux forts VOLUMES

Publié sous la direction du Docteur H.-M. MENIER

o Reliure o
demi-chagrin
format 16x24

avec la collaboration scientifique et professionnelle de MM. les Docteurs de la Faculté de médecine de Paris.

L'œuvre splendide

que nous présentons au Public constitue la plus instructive des Encyclopédies populaires de Médecine et d'Hygiène qui soient parus jusqu'à ce jour.

Rompant avec tous les errements du Passé qui consistaient à présenter un ouvrage de médecine sous la forme aride et indigeste de Dictionnaire, les auteurs ont conçu, rédigé et fait exécuter cette importante publication dans la forme Encyclopédique beaucoup plus rationnelle, plus scientifique et surtout plus pratique, ainsi qu'en témoigne le Plan général exposé ci-dessous.

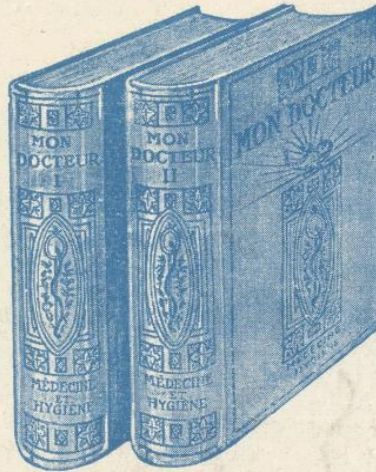
1^o L'Anatomie complète et les fonctions physiologiques de chaque organe; le groupe de toutes les maladies constitutionnelles et accidentelles affectant chaque organe; et pour chacune des maladies dans leur ordre successif, les différentes mesures préventives et les nombreux traitements qui peuvent être employés pour obtenir un résultat certain, une guérison rapide, une cure merveilleuse;

2^o La Comparaison des symptômes des maladies analogues ou voisines;

3^o Les règles à suivre dans les cas d'accidents soudains;

4^o Enfin la suppression de tout conseil contraire à la morale et aux bonnes mœurs. Ce qui réalise l'immense supériorité de cette encyclopédie, c'est la réunion en un seul ouvrage des

MÉTHODES MODERNES employées pour prévenir, soigner et guérir toutes les maladies.



Faute de connaître de façon suffisante la constitution et le fonctionnement de nos organes, les principes d'hygiène que l'on doit observer, les soins que notre corps réclame pour être Fort et Vigoureux :

L'Homme ne meurt pas, il se tue!

Un admirable Musée d'anatomie

est annexé à l'ouvrage, sous forme de

MODÈLES DÉMONTABLES

du corps de l'homme en 6 tableaux, de la femme en 9 tableaux, de la gestation en 15 tableaux, représentant plus de 600 détails d'organes en 8 couleurs, qui montrent toutes les fonctions physiologiques des organes entre eux au moyen de feuillets découpés et superposés.

UN INDEX ALPHABÉTIQUE contenant tous les noms des maladies et traitements permet de trouver instantanément l'organe affecté, la maladie et le traitement cherchés.

MON DOCTEUR

se compose de deux superbes volumes reliés dos cuir, fers spéciaux, format in-8° 16x24, renfermant près de 1.500 pages de texte avec de nombreuses gravures et de magnifiques hors-texte en couleurs.

Cette admirable publication devient pour tous un ami fidèle et sûr, un guide judicieux, éclairé et pratique, qui a sa place marquée dans chaque foyer, dans toute bibliothèque.

L'ouvrage complet est terminé et livrable immédiatement. Pour faciliter à tous l'acquisition de cet important ouvrage, nous en effectuons l'envoi, payable **20 francs par mois**.

Livraison à domicile. -- Encaissement par la poste

PLAN GÉNÉRAL

Organes de la Circulation : Cœur - Vaisseaux - Artères - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Organes de la Respiration : Trachée - Artère - Bronches - Poumons - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Appareil digestif : Œsophage - Estomac - Intestins - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Organes Urinaires : Reins - Vessie - Urètre - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Fonctions et Soins de la Peau : Epiderme - Derme - Muqueuse - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Organe de la Pensée : Le Cerveau - Le Cervelet - Moelle épinière - Système nerveux - Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Appareils de la Locomotion : Les Os et les Muscles - Anatomie - Physiologie - Fractures - Maladies - Traitements.

Organes Génitaux de l'Homme : Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Organes Génitaux de la Femme : Anatomie - Physiologie - Fécondation - Grossesse - Maladies, Soins et Traitements.

Les Enfants : Maladies - Soins préventifs - Traitements.

Maladies Constitutionnelles : Constitution - Hérité - Tares - Rachitisme, etc. - Soins et Traitements.

Maladies Infectieuses : Bactéries - Epidémies - Prophylaxie et Traitements.

Organes de la Vue, de l'Odeur, de l'Œil, de l'Anatomie - Physiologie - L'oreille : Anatomie - Physiologie - Maladies et Traitements.

Plaies - Contusions - Narcose : Soins et Traitements.

Notions Générales : sur l'emploi et le dosage des Médicaments - Application de divers modes de Traitements.

Les Urines : Analyses et Indications. Soins aux Malades : Chambre - Aération - Lit - Massages - Bains - Douche - Lotions - Frictions - Maladies contagieuses à l'Ecole.

Les Accidents : Premiers secours - Asphyxies - Syncope - Empoisonnements - Brûlures - Fractures - Pansement - Transport des Blessés.

Les Aliments : Valeur alimentaire de chacun : Eau - Lait - Beurre - Fromage - Œufs - Viandes - Légumes secs, verts - Champignons - Fruits - Sucre - Miel - Condiments - Café - Thé - Chocolat - Cacao - Boissons - Bière - Vin - Eau-de-vie - Nourriture et Nutrition. - Toxicologie.

Régimes et Cures : Fiévreux - Convalescents - Régime Diététique - Reconstituant - Lacté - Cure de fruits, de raisin et d'air.

Bains et Eaux Thermales : Stations Balnéaires, Climatériques, Estivales et Hivernales - Bains de Lumière.

Orthopédie : Déviations et Déformations des Os, du Rachis, du Dos, des Hanches, des Pieds, etc. - Traitements et Cures.

Service Militaire : Aptitude Physique - Modes d'examen - Exemption - Ajournement - Aptitude aux différentes armes.

Hygiène générale et Hygiène de l'Habitation : Condition des Logements salubres - Exposition - Aération - Chauffage - Eclairage - Distribution des Appartements - Propreté - Désinfection. - Plantes Médicinales.

BULLETIN DE COMMANDE

Veillez m'adresser l'ouvrage MON DOCTEUR en 2 volumes reliés, au prix de 275 francs payable : a) par traite de 20 francs tous les mois jusqu'à complet paiement; b) en trois versements mensuels (avec 5 %) de chacun 87 francs; c) au comptant (avec 10 %) en un seul versement de 247 fr. 50. Port et Emballage en sus 15 francs, et 1 franc par traite pour frais d'encaissement.

Nom et Prénoms..... Profession.....
Adresse..... Signature :
Ville.....
Département.....

Remplir et signer ce Bulletin et l'envoyer à la

LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET SOCIÉTÉ ANONYME 278, b^d St-Germain, PARIS-7^e
Capital : 20 millions

BON pour une NOTICE détaillée.

Veillez m'adresser gratis et franco la Documentation relative à

MON DOCTEUR

Nom et Prénoms.....
Adresse.....
Profession.....
Ville..... Dép.....
Découper et envoyer ce Bon à la

PUB. C. BLOCH

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, Électriciens et T. S. F.) et de Toulon (Mécaniciens de la Marine et de l'Aviation Maritime) ; à l'École des Elèves-Officiers, à l'École des Elèves-Ingénieurs Mécaniciens, de Brest.

MARINE MARCHANDE

Aux Brevets d'Elève-Officier, Lieutenant au long cours ; à 1x 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'École des Sous-Officiers Pilotes d'Istres ; à l'École des Mécaniciens de Rochefort ; à l'École Militaire de l'Armée de l'Air ; à l'École des Officiers Mécaniciens de l'Air.

AVIATION MARITIME

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

AVIATION CIVILE

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

PUBL. C. RLOCH

HENCHER

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

Santé Force Vigueur l'Électricité

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, débilisés, affaiblis et déprimés.

1re Partie : SYSTÈME NERVEUX.

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

2me Partie : ORGANES SEXUELS ET APPAREIL URINAIRE.

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

3me Partie : MALADIES de la FEMME

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

4me Partie : VOIES DIGESTIVES

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

5me Partie : SYSTÈME MUSCULAIRE ET LOCOMOTEUR

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

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

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

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

C'EST GRATUIT

Hommes et femmes, célibataires et mariés, écrivez une simple carte postale à l'Institut Moderne du Dr L. P. GRARD, 30, Aven. Alex.-Bertrand, BRUXELLES-FOREST, pour recevoir par retour, sous enveloppe fermée, le précis d'électrothérapie avec illustrations et dessins explicatifs. Affranchissement pour l'Étranger: Lettres 2,25. Cartes 1,25.

Tous ceux qui emploient UNE RÈGLE A CALCULS



pourront lire enfin une **MÉTHODE NOUVELLE** conçue pour tous, ornée de nombreux clichés, qui les renseignera pleinement sur toutes les règles. Elle contient en outre tous les poids, mesures, résistances, pression et dilatation des métaux, des solides, des liquides, calculs d'intérêt de fractions, son, lumière, etc., qui en font un exposé clair, unique, complet. Le vol. fr 15 frs

MARC

Pour connaître tous les services que rendent dans toutes les professions les règles à calculs, découpez ce bon, renvoyez-le 24, rue de Dunkerque, Paris-10°, vous recevrez gratis une notice.

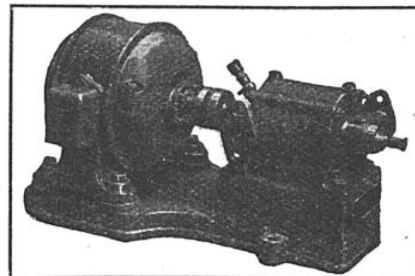
Nom _____

Adresse _____

A _____

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS



ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

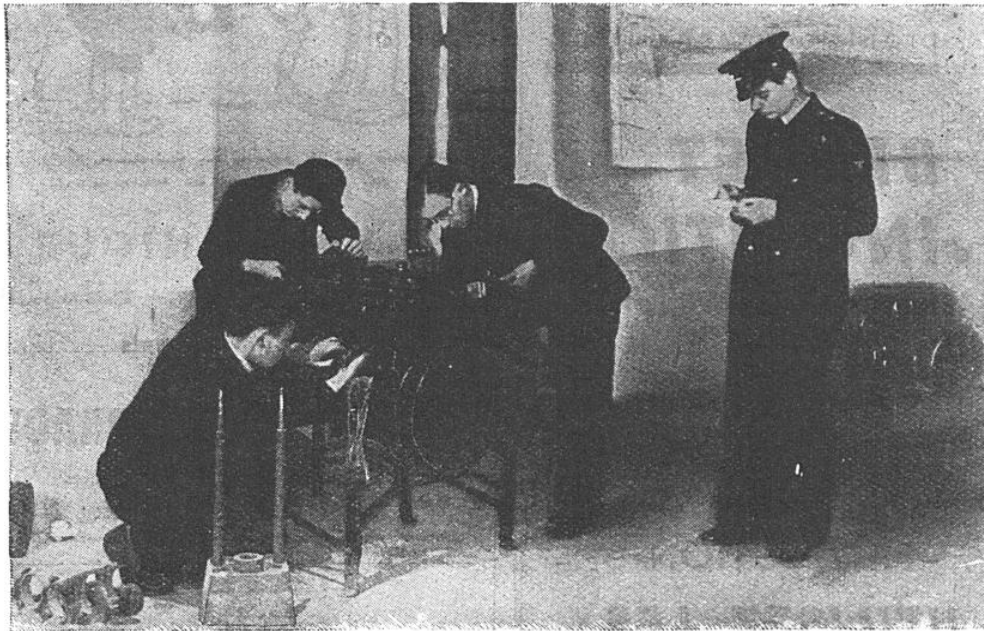
Distribution d'eau sous pression
par les groupes

DAUBRON

POMPES INDUSTRIELLES

tous débits, toutes pressions, tous usages

LES OFFICIERS-MÉCANICIENS DE LA MARINE MARCHANDE



ÉLÈVE-OFFICIER MÉCANICIEN SURVEILLANT LE DÉMONTAGE D'UN MOTEUR

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

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

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

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

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

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

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

IL FAUT SE PRÉPARER LE PLUS TOT POSSIBLE.

L'Ecole de Navigation maritime et d'Officiers mécaniciens vous y préparera
SUR PLACE OU PAR CORRESPONDANCE

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

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

PUBL. C. BLOCH

Une **INVENTION
NOUVELLE**

est souvent une source de
profits pour son auteur.

Un **BREVET
d'INVENTION**

bien étudié permet
seul d'en tirer parti.

POUR AVOIR
UNE BONNE
PROTECTION

**UTILISEZ LES
SPÉCIALISTES**

DE
LA SCIENCE ET LA VIE

●
RENSEIGNEMENTS
GRATUITS SUR PLACE
ET PAR ÉCRIT AU
SERVICE SPÉCIAL DES
INVENTIONS NOUVELLES
DE
LA SCIENCE ET LA VIE

●
23, RUE LA BOÉTIE
PARIS (VIII^e)

PUBL. C. BLOCH



- Depuis qu'il prend du Quinium Labarraque, il
s'occupe en force à tous les coins de rue.

VIN TONIQUE

Fortifiant

Fébrifuge

Anémiés — Convalescents — Fiévreux
prenez du

QUINIUM LABARRAQUE

En vente toutes pharmacies
Dépôt : Maison FRÈRE, 19, rue Jacob, Paris-VI^e

PUBL. C. BLOCH

Depuis

25 ans

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

LAUREYS F^{res}

17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10^e

TÉLÉPH. 1
PRO. 99.37

**PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE**

Triomphe!

Une production
répondant à la faveur croissante
du public consacre le triomphe de la nouvelle
PRIMAQUATRE-SPORT RENAULT
"La voiture qui double"
125 à l'heure - 11 CV d'assurance - 11 litres aux 100
Puissant servo-frein mécanique.
Vente à crédit grâce à l'intervention de la D.I.A.C., 47 bis, avenue Hoche - Paris

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 32 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° 42.703, 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° 42.706, concernant toutes les *classes complètes* de l'**Enseignement secondaire** officiel depuis la onzième jusqu'au *Baccalauréat* inclusivement — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux divers *baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

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

BROCHURE N° 42.711, 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° 42.715, 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° 42.723, 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° 42.727, 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° 42.732, 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° 42.738, concernant la préparation à toutes les carrières de l'Agriculture, des Industries agricoles et du Génie rural, dans la Métropole et aux Colonies.
(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

BROCHURE N° 42.743, 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° 42.748, concernant la préparation aux métiers de la Couture, de la Coupe, de la Mode et de la Chemiserie : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modéliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 42.751, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 42.756, concernant la préparation aux carrières du Journalisme : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, etc.
(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 42.760, 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° 42.767, 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° 42.771, concernant l'enseignement de tous les Arts du Dessin : Cours universel de Dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les Métiers d'art et aux divers Professorats, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques.
(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

BROCHURE N° 42.775, 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° 42.781, 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° 42.786, concernant l'Art d'écrire (Rédaction littéraire, Versification) et l'Art de parler en public (Eloquence usuelle, Diction).

BROCHURE N° 42.791, concernant l'enseignement pour les enfants débiles ou retardés.

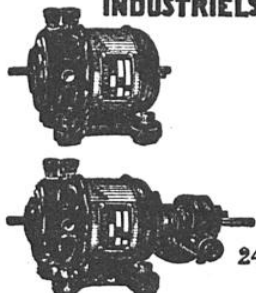
BROCHURE N° 42.793, concernant les carrières féminines dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 42.798, Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté.

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE
59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

PETITS MOTEURS INDUSTRIELS

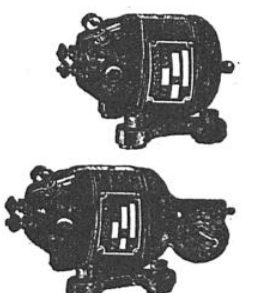


240 ^{ch} B. JEAN-JAURES
BILLANCOURT



TELEPHONE
MOLITOR 12.39

L. DRAKE CONSTRUCTEUR



PUBL. C. BLOCH

SOURDS

Pour chaque degré de surdité, un
PHONOPHORE

NOUVEAUX MODÈLES
à conduction osseuse et aérotympanique
Remboursement partiel par Assurances sociales
DÉMONSTRATIONS GRATUITES

SIEMENS PHONOPHORE Co, Service "S"
4, rue Chauchat, Paris (9^e) - PROVENCE 98-77

LE MICRO-PROJECTEUR

ainsi que toutes les nouveautés créées
en optique, projecto-film,
visionneur pour films, liseur
à miroirs, microscopes et loupes
de toutes sortes sont fabriqués par

L'OPTIQUE COMMERCIALE

7, rue de Malte, Paris

En vente chez tous les bons opticiens

Les loisirs familiaux

avec un vélocar, modèle familial, agréable petite voiturette à pédales, le père, la mère et les enfants peuvent se promener ensemble à l'abri des intempéries. Et dans des conditions de confort dont ne peuvent pas se réclamer les cyclistes ou tandémistes. Demandez la notice illustrée aux
Établissements VELOCAR
68, rue Roque-de-Fillol, à Puteaux (Seine).



OFFREZ A VOS AMIS
UN ABONNEMENT A

La Science et la Vie

VOUS LEUR FEREZ
== PLAISIR ==

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS
et 155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

DEVEZ-VOUS RADIO-TECHNICIEN ou SOUS-INGÉNIEUR DIPLOMÉ...

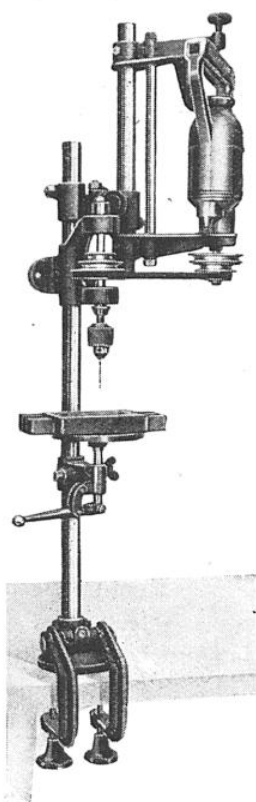
En suivant les Cours par correspondance de
**L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE
SUPÉRIEURE DE T. S. F.**
51, boulevard Magenta, PARIS-X^e

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

Construction, Montage, Dépannage
et alignement de tout poste

Cours complet : 250 francs
DIPLOME FIN D'ÉTUDES

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



L'OUTILERVÉ

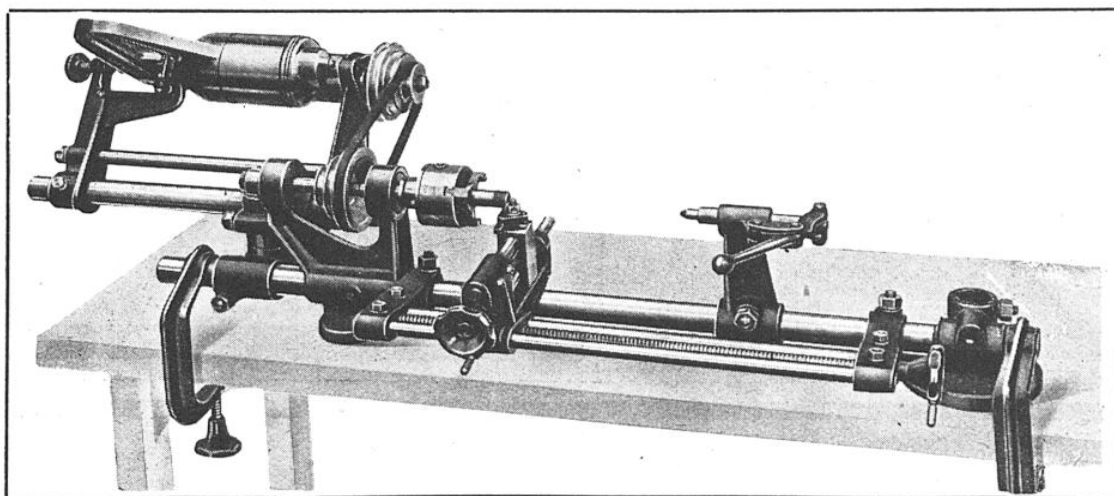
Que de travaux attrayants et utiles n'exécuterait-on pas si l'on possédait l'outillage nécessaire ! Mais on recule devant les frais d'une installation coûteuse et toujours encombrante.

L'OUTILERVÉ remplace tout un atelier.

L'OUTILERVÉ a plusieurs vitesses, robuste et précis, est susceptible d'exécuter les travaux les plus divers grâce aux multiples combinaisons de montages réalisées ; il se branche sur n'importe quelle prise de courant.

Les nombreux accessoires fournis avec cet appareil sont contenus dans un élégant coffret en bois verni dont les dimensions sont les suivantes : longueur 1 m., largeur 0 m. 260, hauteur 0 m. 270. Le poids total de l'ensemble est d'environ 37 kilogrammes. Son prix relativement bas le met à la portée de toutes les bourses.

L'OUTILERVÉ est un collaborateur précieux et un ami sûr et dévoué.



Demander notices et tous renseignements au constructeur

**SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'APPAREILLAGES
MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES**

74, rue Saint-Maur, PARIS-XI°
Téléphone : Roquette 96-50 (2 lignes groupées)

PUB. C. BLOCH

*tous nos déboires antérieurs.
 Bref, en matière de Tirage de plans, la
 meilleure solution consiste, à mon avis, à
 employer un Electrographe de la Verrierie Scientifique.
 Vous pouvez donc écrire à cette société
 12 Avenue du Maine à Paris XV^e et vous*

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

LA
**POLYCHROME
 DUBUIT**



PUBL. C. BLOCH



NOMBREUSES RÉFÉRENCES DANS
 TOUTES LES BRANCHES DE L'INDUSTRIE

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

PRÉSENTATION MODERNE
4 fois moins chère que l'étiquette
 (VOIR ARTICLE DANS LE N° 227, PAGE 429)

MACHINES DUBUIT
 60, rue de Vitruve

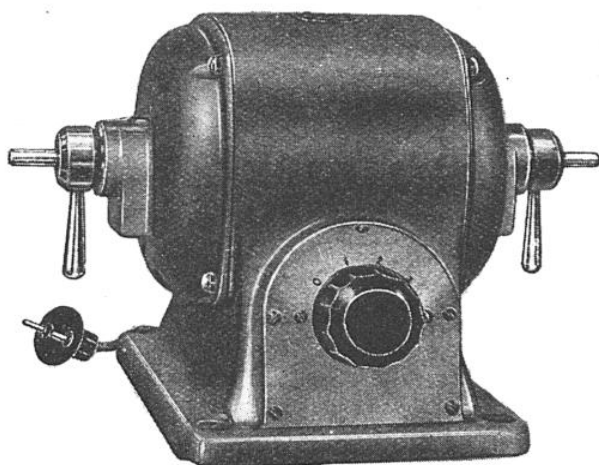
PARIS
 Roq. : 19-31

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

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

MOTEURS D'INDUCTION POUR TOUTES APPLICATIONS

Mono, bi et triphasés silencieux, de 1/100 à 1/2 H P

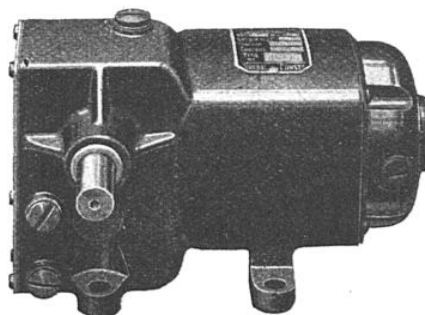


TOUR DE LABORATOIRE
à 2 ou 3 vitesses

~~~~~  
**TOURET POUR AFFUTAGE  
ET POLISSAGE**

~~~~~  
MOTEUR MONOPHASÉ
à renversement de marche

MOTEUR MONO, BI, TRI
courant continu
AVEC RÉDUCTEUR
-- DE VITESSE --



Toutes vos exigences satisfaites - - - Tous vos problèmes résolus

~~~~~  
**R. VASSAL**

INGÉN.-CONSTRUCTEUR

13, rue Henri-Regnault, SAINT-CLOUD (S.-et-O.) - Tél. : Val d'Or 09-68

PUB. C. BLOCH.

CIGARETTES  
**noja**



**TABAC  
D'ORIENT**

**RÉGIE FRANÇAISE · CAISSE AUTONOME D'AMORTISSEMENT**



# Situation lucrative

agréable, indépendante, active et immédiate

dans le Commerce ou l'Industrie, sans Capital

Beaucoup de jeunes gens des deux sexes, après leurs études ou leur service militaire, cherchent en vain une situation et semblent ignorer qu'un industriel n'a jamais trop de commandes; que pour faire travailler un ingénieur dans une usine, il faut vingt représentants apportant des commandes; c'est pourquoi les bons représentants sont très recherchés et bien payés, tandis que les ingénieurs sont trop nombreux. Pour une situation lucrative et indépendante de **représentant chef de vente, ingénieur commercial** ou, si vous préférez la vie sédentaire, de **directeur commercial**, pour vous préparer rapidement, tout en gagnant, il faut vous adresser à

**L'Ecole Technique Supérieure de Représentation et de Commerce**

Fondée et subventionnée par "l'Union Nationale du Commerce Extérieur"  
pour la formation de négociateurs d'élite.

**Tous les élèves trouvent des situations**

Ils sont retenus d'avance par les industriels qui les font travailler pendant leurs études.

L'Ecole T. S. R. C. n'est pas universelle, elle est spécialisée, c'est la seule de ce genre, la seule fondée par des hommes d'affaires qui sont les premiers intéressés à faire gagner de l'argent à leurs élèves en les utilisant comme collaborateurs et qui, seuls, sont qualifiés pour décerner un diplôme efficace; elle enseigne d'abord par correspondance les meilleures méthodes et perfectionne ensuite facultativement l'élève sur place en le faisant débiter sous la direction de ses professeurs avec des gains qui peuvent couvrir ses frais d'études. Avant toute décision, demandez la brochure n° 66, qui vous sera adressée gratuitement avec tous renseignements, sans aucun engagement, à l'Ecole T. S. R. C.

**3 bis, rue d'Athènes, PARIS**

## LES LANGUES SANS EFFORT

# ASSIMIL

**LA MÉTHODE FACILE**

est la seule méthode qui vous fait entendre chez vous, à votre heure, la langue parlée, vivante, animée, avec toutes ses expressions familières et pittoresques. La progression est si ingénieuse et les explications si claires que vous apprenez rapidement et

**SANS AUCUN EFFORT**

Si vous êtes débutant, **ASSIMIL** vous guidera aimablement et sûrement. Si vos connaissances sont rouillées ou insuffisantes, **ASSIMIL** les remettra à neuf et les complètera.

**GROSSE ÉCONOMIE DE TEMPS ET D'ARGENT**

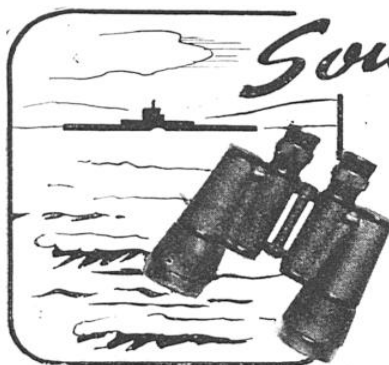
Essai de 7 leçons et documentation contre 2 fr. 50 en timbres par langue :

**ANGLAIS, ALLEMAND, ESPAGNOL  
ITALIEN ou NÉERLANDAIS**

**ASSIMIL (Sc), 15 bis, rue de Marignan, Paris-8<sup>e</sup>, Elysées : 70-68**

**FOIRE DE PARIS : hall 40, stand 4017**

**BELGIQUE : ASSIMIL (Sc), 58, rue Lesbroussart, Bruxelles**



## Sous-marin à babord

Pub. R.-L. Dupuy

Une forme grise dans le lointain...  
un sous-marin vient d'émerger,  
c'est le moment d'ajuster votre  
**jumelle.**

En voyage, en croisière, seule, une  
bonne jumelle vous permettra de  
profiter de tous les plaisirs de vos  
randonnées.

Demandez, à votre opticien la luxueuse plaquette  
"UN RÊVE RÉALISE" ou l'histoire de l'optique  
à travers les âges ; ou réclamez-la à BBT KRAUSS,  
82, rue Curial, PARIS.

La 7×50 TALUX, série  
armée, est la jumelle  
de grande clarté adop-  
tée par les marins...



### DEVENEZ RAPIDEMENT SPÉCIALISTE EN T. S. F.

Construction, Montage, Dépannage tous  
appareils, Cours (théorie et pratique)  
oraux et par correspondance.

#### DIPLOME FIN D'ÉTUDES

Première leçon gratuite à qui se recomman-  
dera de **La Science et la Vie.**

**COURS NADAUD, 1, place Jussieu, Paris (Ve)**

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

(Joindre un timbre de 0 fr. 90.)

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.. . . . | 75 fr.  |
|                                                 | { | Six mois.. . . .   | 140 fr. |
|                                                 | { | Un an.. . . .      | 220 fr. |
| ÉTRANGER (tarif postal réduit)                  | { | Trois mois.. . . . | 80 fr.  |
|                                                 | { | Six mois.. . . .   | 155 fr. |
|                                                 | { | Un an.. . . .      | 300 fr. |
| ÉTRANGER (tarif postal aug-<br>menté.. . . . .) | { | Trois mois.. . . . | 120 fr. |
|                                                 | { | Six mois.. . . .   | 235 fr. |
|                                                 | { | Un an.. . . .      | 460 fr. |

Frais de chèque, mandat ou recouvrement à la charge de l'abonné.  
Les abonnements partent du 1<sup>er</sup> et du 15<sup>e</sup> de chaque mois.  
L'envoi par chèque postal (compte n° 5.070) coûte 1 franc.

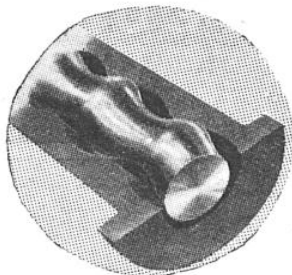


**LA RADIESTHÉSIE**scientifiquement expliquée  
par la théorie de la**RADIO - DÉSINTÉGRATION**Résultats précis et applications pratiques grâce  
à la méthode et aux appareils sélectifs de**M. L. TURENNE**Ingénieur-E. C. P., ancien professeur de T. S. F.  
à l'Ecole d'artillerie de Fontainebleau.19, rue de Chazelles, PARIS (17<sup>e</sup>) Téléphone :  
Wagram 42-29Etude 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**

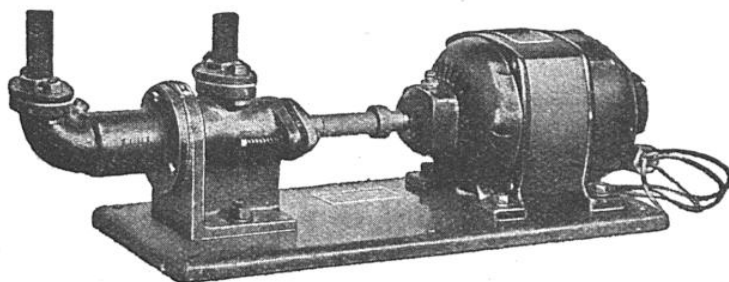
Envoi franco de notices explicatives

RECHERCHE D'EAU, DE MÉTAUX, etc.  
Etudes sur plans. — Installations d'eau  
POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE**DE VRAIES  
BESANÇON****directement de la fabrique.**Choisissez, à votre goût, une montre de prix honnête et de qualité sûre et durable... Demandez le luxueux Album Montres N° 39-65 (600 modèles en tous genres et à tous prix), offert par les **Établissements SARDA**, les réputés fabricants installés depuis 1893 à Besançon, capitale de l'Horlogerie française.

Echange, reprise, transformation de montres et bijoux anciens.

CONDITIONS  
SPÉCIALES  
aux lecteurs  
de **SCIENCE**  
et **VIE****SARDA**  
**BESANÇON**  
FABRIQUE D'HORLOGERIE DE PRÉCISION**AVANTAGES**TOUS FLUIDES  
LIQUIDES OU GAZEUX  
EAU — VIN — PURIN  
MAZOUT — ESSENCE  
LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS  
LIQUIDES ALIMENTAIRES  
CRAIGNANT L'ÉMULSION  
SILENCIEUSES  
AUTO-AMORÇAGE  
SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE  
USURE NULLE - ÉCONOMIE  
— TOUTS DÉBITS —  
— TOUTES PRESSIONS —  
FACILITÉ D'ENTRETIEN**POMPES EN CAOUTCHOUC**  
**P. C. M.**

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

De nombreuses pompes fonctionnent à bord des croiseurs  
*Dunkerque, Strasbourg, Richelieu*, pour tous liquides.**POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE**  
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL. MICHELET 3748

*Je n'ai plus les yeux fatigués...*

... depuis que je porte une lunette HORIZON, munie de verres à images ponctuelles STIGMAL. Correcteur parfait de la vue, le verre STIGMAL la protège contre l'action nocive des rayons ultra-violet, et permet une complète visibilité sur toute l'étendue de sa surface.



*verres* **STIGMAL**

En vente chez les opticiens-spécialistes (prix imposés). La Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, Paris, ne vend pas aux particuliers.



Editeurs: FÉLIX ALCAN, Paris - NICOLA ZANICHELLI, Bologne - AKADEMISCHE VERLAGSGESELLSCHAFT m. b. H., Leipzig - DAVID NUTT, Londres - G. E. STECHERT & Co., New York - F. KILLIAN'S NACHFOLGER, Budapest - F. ROUGE & Cie, Lausanne - THE MARUZEN COMPANY, Tokyo.

1939 — 33 ANNÉE

## "SCIENTIA"

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

Directeurs: G. B. BONINO, P. BOTTAZZI, G. BRUNI,  
A. PALATINI, G. SCORZA,  
Secrétaire général: PAOLO BONETTI

**EST L'UNIQUE REVUE** à collaboration vraiment internationale - à diffusion vraiment mondiale - de synthèse et d'unification du savoir, traitant par ses articles les problèmes les plus nouveaux et les plus fondamentaux de toutes les branches de la science: philosophie scientifique, histoire des sciences, enseignement et progrès scientifique, mathématiques, astronomie, géologie, physique, chimie, sciences biologiques, physiologie, psychologie, histoire des religions, anthropologie, linguistique.

**EST L'UNIQUE REVUE** qui puisse se vanter de compter parmi ses collaborateurs les savants les plus illustres du monde entier.

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

ABONNEMENT: Fr. 400 »

Il est accordé de fortes réductions à ceux qui s'abonnent pour plus d'une année. Adresser les demandes d'abonnement pour la France et ses Colonies à la Librairie FÉLIX ALCAN, 108, boulevard Saint-Germain, Paris (6°).

## Cours spéciaux de Révision oraux ou par correspondance

pour les jeunes gens et jeunes filles  
qui doivent subir les examens du

Brevet élémentaire — B. E. P. S.  
B. S. — Baccalauréat  
en JUIN-JUILLET

PRIX MODÉRÉS. RENSEIGNEMENTS SUR DEMANDE

Cours NADAUD scientifique et littéraire  
1, place Jussieu, Paris (5°)

## INVENTEURS

POUR VOS  
**BREVETS**

**L. DENÈS**  
INGÉNIEUR-CONSEIL  
35, Rue de la Lune, PARIS 2°

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S".

## LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation  
Scientifique et Industrielle

## ÉCOLE FRANÇAISE DE RADIOÉLECTRICITÉ

10, rue Amyot (près le Panthéon)

"Véritable lycée de la Radio"

Port-Royal 05-95

### PRÉPARATION A TOUS LES DIPLOMES OFFICIELS DE L'ÉTAT

Officiers radios de la Marine marchande — Radios d'Air-France — Inspecteurs radios de la Sûreté nationale — Opérateurs d'aérodromes des Colonies, etc.  
Enseignement sur 3 années — Examen d'entrée directe en 2<sup>e</sup> ou 3<sup>e</sup> année.

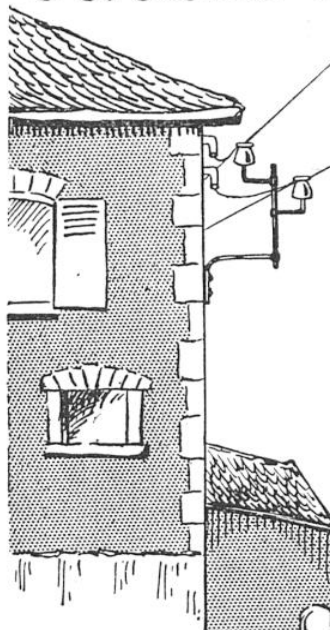
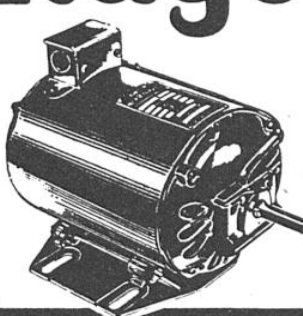
Ouverture d'un cours préparatoire à l'année scolaire 1939-1940: **AVRIL 1939**

Renseignements complets sur les programmes et les carrières de la radio par retour du courrier

FUR. C. BLOCH.



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

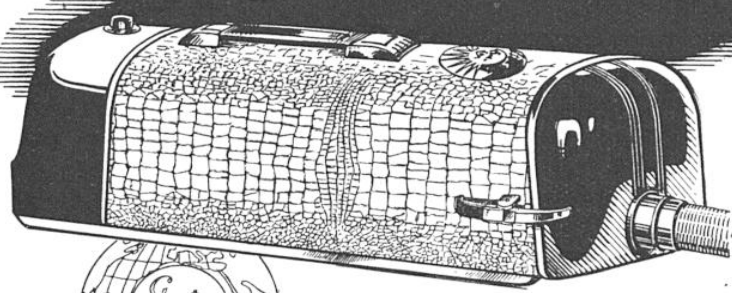



**Ragonot-Delco**  
ETS RAGONOT  
15, Rue de Milan - PARIS-IX\*  
Téléphone: Trinité 17-60 et 61

Pub. R.-L. Dupuy

THÉO. ROGER

*Sensation*



Ligne impeccable, puissance accrue, maniement simplifié, accessoires perfectionnés et consommation réduite, sont quelques-unes des innovations du nouvel Aspirateur-assainisseur-souffleur.

**LUX-SENSATION**

Pour les connaître toutes et avoir la preuve qu'un dépoussiérage rapide et intégral apporte économies, hygiène, santé et confort, acceptez une démonstration gratuite chez vous, sous la garantie Electro-Lux, certitude de votre satisfaction complète.

**ELECTRO-LUX**  
26, Boulevard Malesherbes - PARIS 8\*

# DIMANCHE ILLUSTRÉ

Avec ses lectures passionnantes, ses dessins des meilleurs humoristes, ses renseignements précieux, ses contes, ses romans, ses photos curieuses, ses enquêtes, ses reportages, est bien

**LE MAGAZINE  
DE LA FAMILLE**

# LE JOURNAL DE TOTO

Par l'immense succès qu'il a connu dès son premier numéro, a montré combien heureuse était sa formule et réussie sa présentation. Chaque jeudi, plus de trois cent mille enfants l'attendent avec impatience.

**LE JOURNAL DE TOTO  
L'AMI DES ENFANTS**

Administration : 20, rue d'Enghien — Paris (10°)

Publicité : EXCELSIOR-PUBLICATIONS, 118, Champs-Élysées — Paris (8°)



**UNIQUE EN FRANCE !!!**

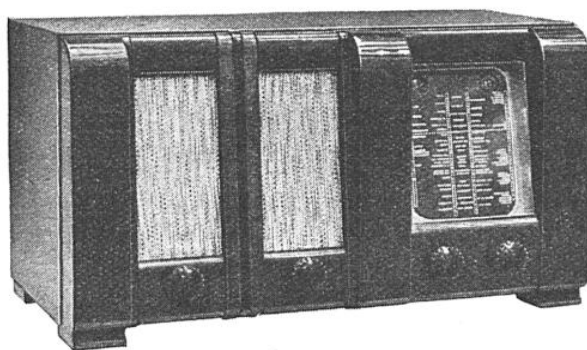
L'application nouvelle de notre **GARANTIE STANDARD DE 3 ANS**  
 SERVICE D'ENTRETIEN et ÉCHANGE INSTANTANÉ de tous châssis  
 3 vérifications gratuites par AN ou postes, quelle que soit la cause de l'arrêt

Notre dernière création 1939

## L'ULTRAMERIC VIII TOUTES ONDES

Haute fidélité musicale

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



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

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

PRIX de réclame net **1.395.»**  
 Poste complet ..

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

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

MAISON DE CONFIANCE

PUBL. C. BLOCH

# GAZOGÈNE

# L O N

## Etablissements du CASTEL

BUREAUX COMMERCIAUX :

11, rue Tronchet, PARIS-IX<sup>e</sup>

Téléphone : ANJOU 36-54

FABRICATION et MONTAGE

pour

Tourisme - Poids lourds - Tracteurs - Autocars

Bateaux - Moteurs fixes - Locotracteurs

## LE GAZOGÈNE NATIONAL

Voir l'article dans le n° d'Avril 1939 de "Science et Vie", page 270.

PUBL. C. BLOCH

**LISEZ**  
**tous les vendredis**

**l'Aéro**

OU VOUS TROUVEREZ  
des rubriques variées  
des meilleurs auteurs sur

**l'Aviation, l'Automobile, le Vélo, la Moto  
ET LES SPORTS.**



IL EST JEUNE,  
VIVANT,  
ATTRAYANT

~~~~~ A DÉTACHER ICI ~~~~~

A titre de propagande, **abonnement gratuit d'un mois**, sur
simple demande, accompagnée de cette annonce, adressée à
l'AÉRO, 114, CHAMPS-ÉLYSÉES, 114, PARIS (8^e)

On nous communique :

Le JOURNAL des FONCTIONNAIRES

116, avenue des Champs-Élysées, Paris

nous adresse les informations suivantes :

Les nombreux concours publiés dans les colonnes du Journal correspondent à des besoins urgents de l'Administration, tant en France qu'aux Colonies, pour des emplois techniques ou purement administratifs. Le Ministère des Finances ayant accordé les crédits, les nominations seront très rapides.

Quoi qu'il en soit, pour obtenir des collaborateurs-fonctionnaires du JOURNAL DES FONCTIONNAIRES, 116, avenue des Champs-Élysées, Paris, un conseil d'orientation professionnelle gratuit, il suffit d'indiquer dans une lettre comportant une enveloppe timbrée pour la réponse :

- 1° La date de naissance ;**
- 2° Les diplômes possédés le cas échéant ;**
- 3° Les préférences.**

IL Y A *Toujours* du Travail POUR UN BON TECHNICIEN *Radio*...



LE développement industriel toujours croissant de la Radio et de ses débouchés explique les grands besoins de l'Industrie en techniciens de — valeur, depuis le simple monteur jusqu'à l'ingénieur conseil. —
Aucun diplôme n'est plus apprécié par les chefs d'entreprise que celui — que décerne en fin d'études —

L'ÉCOLE CENTRALE de T. S. F.

La grande école française de la Radio

JEUNES GENS...

qui lisez cette Revue et qui aimez la Radio, soyez prévoyants, préparez dès maintenant votre avenir en vous inscrivant aux COURS du JOUR — du SOIR — ou par CORRESPONDANCE de

L'ÉCOLE CENTRALE de T. S. F.

La pépinière des Radios français

qui, en quelques années, a déjà instruit, formé, diplômé et pourvu de situations enviables plus de

15.000 JEUNES TECHNICIENS

• Demandez-nous le « Guide des Carrières professionnelles militaires T. S. F. »



ÉCOLE CENTRALE DE T-S-F

12 rue de la Lune PARIS 2^e



Telephone Central 78.87

PUB. SERV. PROP. E.T.S. (N° 1)

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 : Elysées 65-94 à 98

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays
Copyright by La Science et la Vie, Mai 1939 - R. C. Seine 116-544

Tome LV

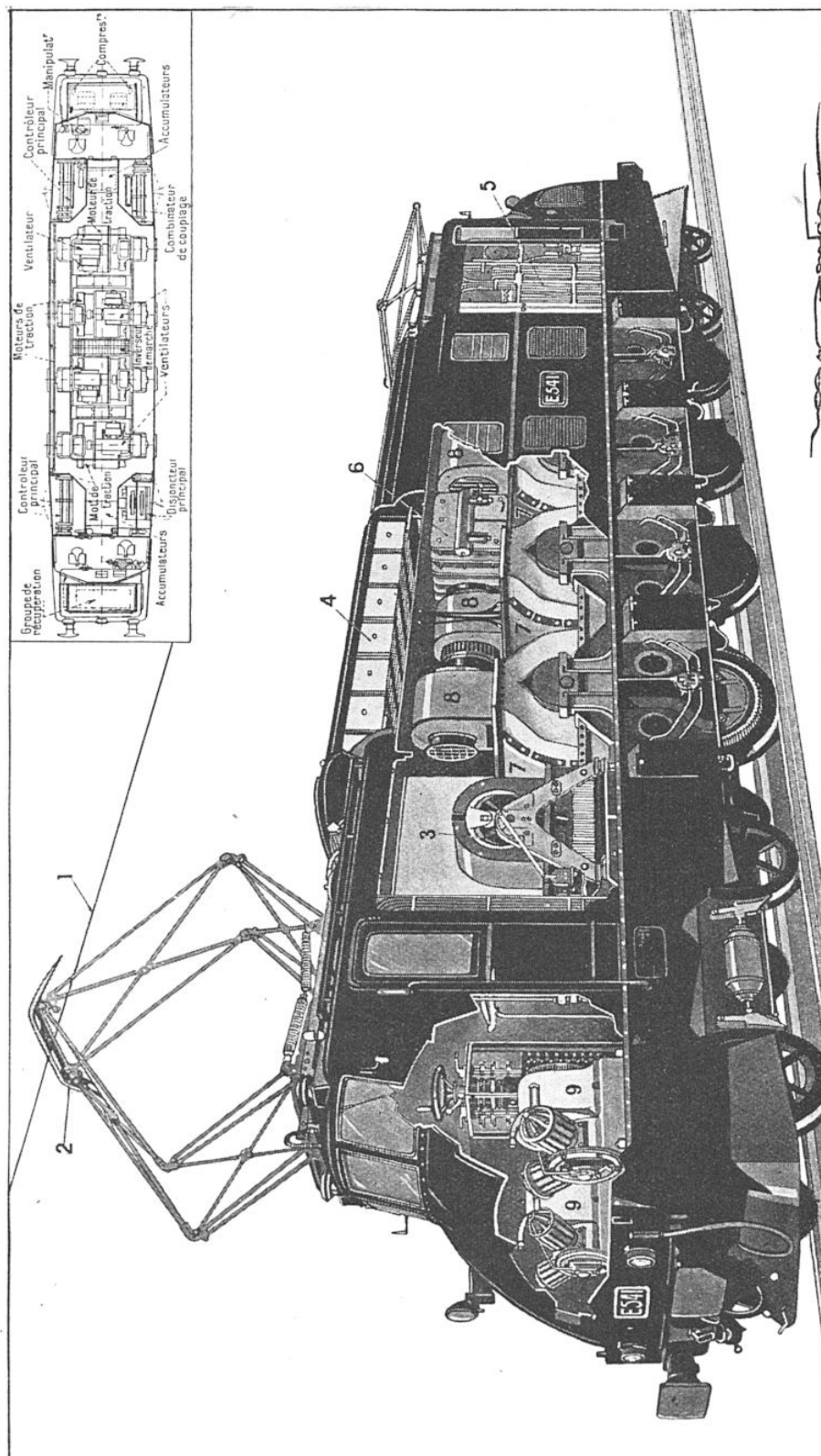
Mai 1939

Numéro 263

SOMMAIRE

| | | |
|--|------------------------------|-----|
| Où en est la traction électrique sur rails ? | Jean Marchand | 335 |
| <i>La locomotive électrique moderne est-elle plus puissante, plus rapide, plus économique que la locomotive à vapeur ? Quels sont les problèmes techniques que soulève l'électrification des chemins de fer et comment les résout-on aujourd'hui ?</i> | | |
| Givre, givrage et dégivrage à bord des avions modernes | L. Houlevigne. | 344 |
| <i>Le dépôt subit de glace sur les ailes et les organes essentiels d'un avion pendant le vol constitue une grave menace pour la sécurité des transports aériens. Voici les procédés modernes de dégivrage.</i> | | |
| De la météorologie empirique naît une science véritable : la mécanique de l'atmosphère. | Charles Brachet | 351 |
| <i>Pour accroître la précision et la portée dans le temps des prévisions météorologiques, il importe de dégager les lois générales qui régissent les mouvements d'ensemble de l'atmosphère.</i> | | |
| Les illusions des sens | Marcel Boll. | 359 |
| <i>Le savant a appris depuis longtemps à douter de l'objectivité de ses perceptions sensorielles, alors que « l'homme de la rue » leur accorde généralement une confiance totale. Voici de remarquables exemples des « erreurs » que peut commettre l'œil humain.</i> | | |
| La « vie » du globe terrestre révélée par la photographie aérienne .. | Victor Jouglu | 370 |
| <i>La photographie à haute altitude révèle au géographe et au géophysicien le mécanisme des transformations que subit l'écorce terrestre sous l'action des phénomènes naturels. C'est aussi un précieux instrument pour l'exploration archéologique des territoires où s'épanouirent des civilisations aujourd'hui disparues.</i> | | |
| Le III ^e Reich à la conquête du marché mondial de l'automobile : la voiture populaire allemande | Henri Petit. | 379 |
| <i>Voici comment a été conçue et mise à l'essai la voiture populaire allemande, comment elle est dès maintenant vendue, et comment elle sera fabriquée dans des usines d'Etat qui doivent « sortir » dans deux ans 500 et dans six ans 5 000 voitures par jour !</i> | | |
| La renaissance du croiseur de bataille : le « Scharnhorst » et le « Gneisenau » menacent gravement nos communications maritimes .. | Camille Rougeron. | 385 |
| <i>Les deux nouvelles unités de la flotte allemande, entrées en service il y a quelques mois, surclassent tous les bâtiments de surface actuellement existants, autres que les cuirassés. Pourrons-nous parer à cette menace et protéger nos bâtiments de commerce ?</i> | | |
| Notre Poste d'écoute | S. et V. | 393 |
| Les grands courants du trafic maritime britannique et leur défense .. | H. Pelles des Forges | 396 |
| <i>Que savons-nous du cancer ? Que pouvons-nous contre lui ?</i> | | |
| <i>Le biologiste ignore encore les causes premières de la cancérisation des tissus, mais le médecin, élucidant les modalités du développement des tumeurs malignes, rend chaque jour plus efficaces les méthodes modernes de traitement, qu'il s'agisse des interventions chirurgicales ou de l'application scientifiquement dosée des rayons X ou du rayonnement du radium.</i> | | |
| La T. S. F. et la vie | Jean Labadié. | 398 |
| <i>André Laugnac 410</i> | | |

L'électrification ferroviaire s'est étendue principalement en Europe où l'on compte aujourd'hui quelque 20 000 km de voies équipées électriquement. Confort des voyageurs, souplesse d'exploitation au moyen de locomotives bien adaptées aux divers services, rendement énergétique élevé obtenu par l'emploi des sous-stations automatiques munies de redresseurs à vapeur de mercure, tels sont les grands avantages de la traction électrique. La couverture de ce numéro représente la locomotive ultra-moderne qui, récemment, sur une section de la ligne Paris-Bordeaux, a soutenu la vitesse de 160 km/h avec un train de 350 t et a atteint, avec 200 t, la vitesse de 180 km/h. (Voir l'article page 335 de ce numéro.)



(Compagnie Electromécanique et Fives-Lille.)

VUE D'ENSEMBLE DE L'ÉQUIPEMENT ÉLECTRIQUE DE LA LOCOMOTIVE DE GRANDE VITESSE LA PLUS MODERNE DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE DES CHEMINS DE FER FRANÇAIS (S. N. C. F.), RÉGION SUD-OUEST (ANCIENS RÉSEAUX P.-O.-MIDI)

C'est cette machine du type 2 D 2 (1 bogie porteur — 4 essieux moteurs — 1 bogie porteur) qui, tout récemment, a remorqué un train de 441 t à la vitesse moyenne de 118,74 km/h de Paris à Bordeaux (582 km en 4 h 54 mn). Le courant, capté sur la ligne caténaire 1 par les pantographes 2, traverse d'abord le disjoncteur principal 3, puis les résistances 4 (utilisées notamment pour le démarrage) avant de parvenir aux quatre moteurs de traction 7 refroidis par les ventilateurs 8. Un contrôleur principal permet d'insérer dans le circuit le nombre de résistances voulu pour obtenir la vitesse désirée. Le combinateur de couplage 5 sert à monter les moteurs soit en série (démarrage), soit en série-parallèle, soit en parallèle (vitesse maximum). L'inverseur 6 est utilisé pour changer le sens de la marche. A une extrémité de la machine on voit les compresseurs d'air 9 pour le freinage pneumatique.

OU EN EST LA TRACTION ÉLECTRIQUE SUR RAILS ?

Par Jean MARCHAND

INGÉNIEUR I. E. G., LICENCIÉ ÈS SCIENCES

Pour l'Europe seulement, on compte actuellement 20 000 km environ de voies ferrées électrifiées ; chaque année, cette longueur s'accroît en moyenne de 1 500 km. Ce développement remarquable est dû avant tout à la souplesse d'exploitation de ces lignes, la traction électrique autorisant la mise en circulation — avec un rendement sensiblement égal — soit de trains lourds (rapides de grandes lignes), soit de trains légers (lignes de banlieue, services de ramassage). On peut admettre qu'une locomotive électrique est capable d'assurer le même service que trois locomotives à vapeur, d'où une économie de matériel appréciable. Cependant les progrès de l'électrification ferroviaire ne résultent pas seulement des perfectionnements apportés par la technique moderne à la construction des locomotives électriques. Ils sont liés en effet, pour la production de l'énergie, au développement de l'électrification générale du pays et, pour son utilisation économique, aux acquisitions récentes de l'électrotechnique dans le domaine des lignes de transport de force et des stations de transformation. Le redresseur à vapeur de mercure, grâce à sa souplesse de fonctionnement et à son rendement élevé, a conquis aujourd'hui une large place dans les sous-stations destinées à alimenter à la tension convenable (variable avec les pays) la ligne d'amenée du courant aux pantographes des locomotives. Il doit fournir bientôt une solution vraiment pratique au problème du freinage par récupération qui, permettant des économies d'énergie substantielles, autorisera, dans un avenir prochain, une exploitation encore plus rationnelle des réseaux ferroviaires électrifiés.

Traction électrique et traction à vapeur

EN dehors de toute considération d'ordre économique, il est, entre la traction à vapeur et la traction électrique, une distinction capitale qu'il ne faut pas perdre de vue si l'on veut saisir les divers problèmes soulevés par ces deux modes d'exploitation du rail.

En effet, tandis que la locomotive à vapeur est à la fois l'usine formatrice de l'énergie potentielle d'un combustible en énergie utilisable et la consommatrice de cette énergie, par contre, la locomotive électrique n'est que l'aboutissement d'une longue chaîne commençant aux centrales thermiques ou hydrauliques, se poursuivant à travers les diverses stations de transformation, les lignes de transport d'énergie, les stations d'alimentation de la voie. Elle n'est que l'utilisatrice de l'énergie.

Cette fonction limitée fait d'ailleurs sa faiblesse et sa force. Sa faiblesse, car — et c'est là un des principaux arguments des partisans de la vapeur — la locomotive électrique n'est pas autonome, du moins tant que ne sera pas découvert l'accumulateur léger et de grande capacité. Sa force, car

elle dispose de quantités quasi illimitées d'énergie. Alors que la machine à vapeur voit ses dimensions — et par suite sa puissance — limitées par la capacité de travail du chauffeur (1) et que ses progrès (2) ne peuvent provenir que de la meilleure utilisation de la quantité d'énergie contenue dans le combustible qu'on peut lui fournir, la locomotive électrique, au contraire, profite de toutes les ressources énergétiques d'un pays, d'origine hydraulique ou thermique, drainées par les vastes réseaux modernes d'interconnexion.

Si la traction électrique a connu, notamment en Europe, au cours de ces vingt dernières années un développement remarquable, il est hors de doute qu'elle le doit à cette souplesse d'utilisation de l'énergie qui constitue le moyen le plus efficace de réduire le gaspillage et de mettre en valeur des ressources qui seraient inutilisables pour la traction sans la transformation en énergie électrique.

(1) Il s'agit bien entendu des locomotives à vapeur chauffées au charbon. Il existe aux Etats-Unis des locomotives brûlant du mazout. Sur d'autres, le chargement du charbon dans le foyer est automatique.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 405.

Aussi, si le voyageur a discerné immédiatement dans la traction électrique une source appréciable de confort, le transporteur y a trouvé, grâce au choix varié de locomotives exactement adaptées à leurs fonctions, un mode d'exploitation économique.

Enfin, du point de vue national, n'oublions pas que la France doit importer chaque année quelque 10 milliards de francs de combustibles solides et liquides (dont 6 milliards de charbon). La mise en valeur systématique de ses vastes richesses en houille blanche, pour lesquelles le chemin de fer électrifié constituera un des meilleurs clients, doit contribuer puissamment à l'amélioration de sa balance commerciale.

Le problème de la traction électrique est donc très vaste. C'est surtout en Europe qu'il a été étudié, bien que la première électrification de grande ligne ait été réalisée aux Etats-Unis, il y a plus de quarante ans, pour la traversée souterraine de la ville de Baltimore par le chemin de fer de Baltimore and Ohio (1). Nous avons montré déjà, en effet, comment les Etats-Unis, riches en combustibles liquides, tendaient à exploiter les voies ferrées au moyen de locomotives Diesel-électriques de grande vitesse (2).

Voyons donc tout d'abord pourquoi l'électricité conquiert de plus en plus le rail, ensuite quels ont été les perfectionnements apportés récemment au matériel et enfin les tendances actuelles en vue de rendre de plus en plus économique l'électrification des chemins de fer.

Le développement et les avantages de la traction électrique

En France, les premières applications de la traction électrique remontent à l'année 1900 (section de Paris-Quai D'Orsay à Paris-Austerlitz, ligne de Paris-Invalides à Versailles-Rive gauche ouverte à l'occasion de l'Exposition Universelle). Vinrent ensuite : l'électrification de la banlieue du réseau de l'Etat, celle du réseau du Midi en 1922, de la ligne Paris-Vierzon en 1926 prolongée par la suite jusqu'à Brive; Paris-Le Mans et Paris-Bordeaux automatiquement prolongée jusqu'à Hendaye par la ligne du Midi déjà électrifiée Bordeaux-Hendaye. Ajoutons-y, pour être complets, l'électrification de lignes de montagne dans les Alpes.

Dans une récente communication, M. Pa-

(1) La longueur des voies électrifiées atteint, aux Etats-Unis, 4 229 km, ce qui est peu étant donné l'étendue du pays.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 412.

rodi, directeur honoraire de l'électrification du chemin de fer Paris-Orléans et membre de la Commission locale française d'organisation, a donné des chiffres précis sur l'électrification en Europe.

Plus de 10 500 km ont été électrifiés au cours de ces dix dernières années avec un taux d'accroissement moyen de 1 500 km par an. Sur ces 18 506 km circulent environ 3 800 locomotives et 4 000 automotrices représentant une puissance globale de l'ordre de 12 millions de ch (1).

Or, ce parc de près de 8 000 locomotives assure un trafic total voisin de 350 millions de trains-km (2), soit le remorquage de 120 milliards de tonnes-km brutes (3) — locomotives non comprises. Il ne faudrait pas moins de 20 000 machines à vapeur pour un service équivalent. Ainsi, il apparaît aujourd'hui qu'une locomotive électrique remplace plus de deux (presque trois) locomotives à vapeur. Sur une longue ligne, telle que Paris-Hendaye, le parcours entier peut être effectué par une seule locomotive électrique contre quatre à vapeur.

M. Garreau, ingénieur principal à la S. N. C. F., a exposé également les diverses raisons qui favorisent l'extension de l'électrification en France. Toujours du point de vue général, il rappelle notamment que la traction électrique absorbe 7 % de la consommation totale d'énergie électrique du pays et que le chemin de fer électrique devient, par la force des choses, un facteur important de l'électrification générale.

En outre, on sait que le rendement des machines et du transport de l'énergie électrique est élevé. Il atteint 75 % au pantographe de la locomotive et 65 % aux roues motrices (4). D'autre part, l'excellente utilisation du matériel que nous avons signalée, par rapport au matériel vapeur, se double des économies des frais de conduite des trains que l'on peut évaluer à 50 % (un seul agent peut assurer la conduite de la locomotive et observer les signaux) ainsi que des économies sur l'entretien. Certes, il faut tenir compte de l'amortissement des installations fixes, mais celui-ci est indépendant du trafic alors que les économies d'explo-

(1) Les quelque 20 000 km de voies électrifiées en Europe se répartissent ainsi (en km) : Italie, 3 929 ; Suède, 3 355 ; France, 2 997 ; Suisse, 2 362 ; Allemagne, 2 263 ; Grande-Bretagne, 1 072 ; Autriche, 900, etc. Aux Etats-Unis, 4 229 km de voies sont électrifiés.

(2) Nombre de trains multiplié par le nombre de km parcourus.

(3) Nombre de tonnes multiplié par le nombre de km parcourus.

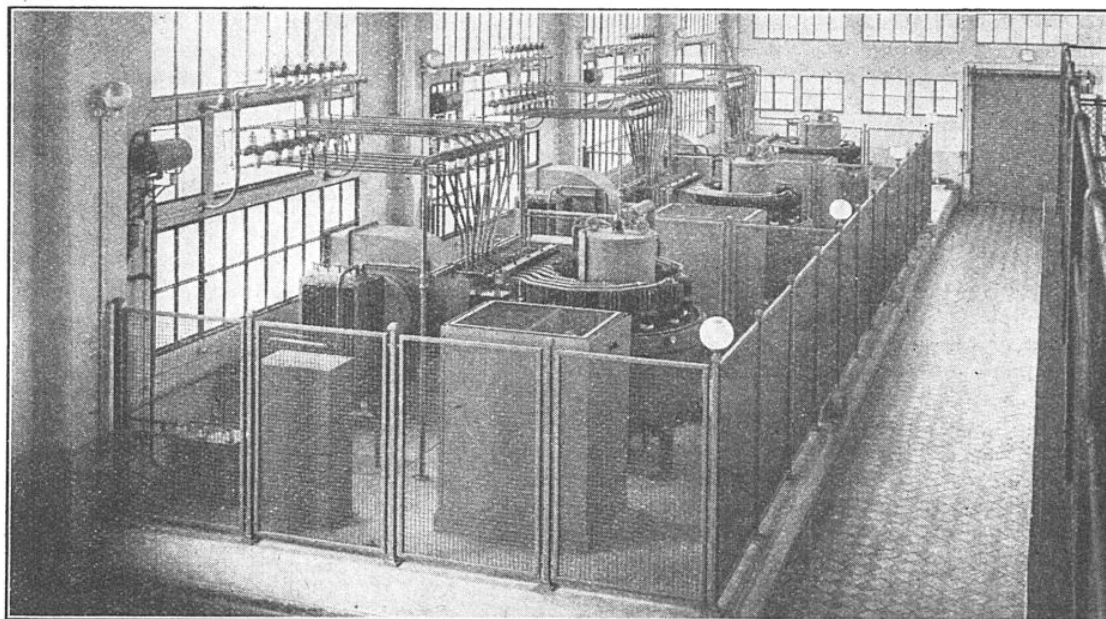
(4) Le rendement de la locomotive à vapeur est beaucoup plus faible, de l'ordre de 10 %.

tation lui sont proportionnelles et que l'électrification favorise précisément les gros trafics (1). Les économies croissent donc rapidement par rapport à cet amortissement. Elles peuvent prendre une valeur d'autant plus élevée que les installations fixes sont en général prévues pour faire face à une augmentation de trafic notable.

Enfin, du point de vue technique, il faut mentionner la remarquable capacité de surcharge des locomotives électriques (50 % pendant deux heures et 200 % pendant

fractionnement des trains est encore facilité par la faible dimension des moteurs électriques (le rendement étant sensiblement aussi bon pour les petites et les grandes puissances), ce qui permet de répartir l'effort de traction tout le long du train sur un grand nombre d'essieux et de constituer de véritables rames automotrices.

Quant à la sécurité, elle s'accroît évidemment du fait que le conducteur d'un train électrique se trouve dans d'excellentes conditions pour l'observation de la signalisation.



(Compagnie Electro-Mécanique.)

FIG. 1. - SOUS-STATION AUTOMATIQUE ÉQUIPÉE AVEC DES REDRESSEURS A VAPEUR DE MERCURE
La photographie ci-dessus représente les trois redresseurs à vapeur de mercure (dont un de secours) de la station de Porchefontaine, sur la ligne Paris-Le Mans.

5 minutes), capacité due, à la fois, aux caractéristiques des moteurs et à l'immense réserve d'énergie à la disposition de la machine électrique, alors que la locomotive à vapeur sur la voie est abandonnée à elle-même. Il en résulte une régularité de marche exceptionnelle. Toutefois, la dépense d'énergie étant, en traction électrique, sensiblement proportionnelle à la charge, son avantage le plus éminent est d'autoriser une circulation économique des trains, quel que soit leur tonnage, ce qui est précieux notamment pour les services de banlieue (2). Le

(1) Ainsi, tandis que la longueur des lignes électrifiées du P.-O. ne représente que 8,7 % du rés. au, leur trafic correspond à 25 % du trafic total.

(2) Ainsi le trafic de la gare Saint-Lazare, à Paris, est passé, entre 18 h 30 et 19 h 30, de 23 000 voyageurs en 1924 à 60 000 actuellement.

Comment l'Europe a électrifié ses voies ferrées

La première question qui s'est posée aux techniciens de l'électrification est évidemment le choix du courant. Le courant continu est utilisé en France, Algérie et Maroc, Belgique, Hollande, Espagne, Danemark, Angleterre et, depuis peu, en Italie. Par contre, le courant alternatif (16 2/3 périodes) a été choisi par l'Allemagne, la Suède, la Norvège et la Suisse. Si ce dernier conduit à un petit nombre de sous-stations d'alimentation des lignes (1), il exige la construction d'usines spéciales ou d'un appa-

(1) La tension d'alimentation de la ligne est, en effet, plus élevée et, par suite, l'intensité du courant et la chute de tension sont plus faibles. On peut donc espacer les sous-stations.

reillage de conversion onéreux, la fréquence $16\frac{2}{3}$ n'étant pas industriellement adoptée. Quant au courant continu (à 1 500 ou 3 000 V), il autorise l'établissement de locomotives relativement simples, mais nécessite de nombreuses et coûteuses sous-stations par suite de la tension plus faible adoptée. Pour une même puissance, l'intensité est plus forte et la chute de tension aussi. Il faut rapprocher les sous-stations. Chaque pays a, en fait, adopté la forme du courant qui lui a paru la plus rationnelle. En France, c'est le continu 1 500 V qui a été choisi, car, au début de l'électrification française, on émit des doutes sur le fonctionnement de l'appareillage à 3 000 V. D'ailleurs, le continu 1 500 V convient parfaitement à la majorité des lignes. Certaines auraient peut-être gagné à l'utilisation du continu 3 000 V.

Le matériel fixe de la traction électrique

L'électrification des chemins de fer faisant partie de l'électrification générale, nous n'engloberons dans le matériel fixe ni les centrales thermiques ou hydrauliques productrices d'énergie, encore que certaines d'entre elles aient été construites pour les besoins du rail (cas du P.-O., région S.-O. de la S. N. C. F.), ni les grandes lignes de transport d'énergie. Nous arrivons ainsi aux sous-stations transformant le courant alternatif haute tension en continu 1 500 V pour l'alimentation des moteurs de traction.

De très importants progrès ont été réalisés dans ce domaine. Ainsi les convertisseurs tournants, constitués par un moteur à courant alternatif entraînant une dynamo à courant continu ou par une commutatrice, tendent à céder la place au redresseur à vapeur de mercure. On sait qu'un tel redresseur comprend essentiellement une cuve contenant de la vapeur de mercure à faible pression (0,001 mm) et deux électrodes d'amenée de courant. Pendant la demi-période où le sens de la tension alternative appliquée au tube est convenable, le courant passe (sous forme d'un flux d'électrons émis par la cathode incandescente) de la cathode vers l'anode. Mais, pendant la demi-période suivante, le sens de la tension est inversé et le courant ne passe plus. Le courant qui traverse le tube est donc toujours du même sens. On peut redresser les deux demi-périodes d'un courant alternatif monophasé et les 6 demi-périodes des trois phases d'un courant triphasé. Le courant redressé résultant se rapproche alors du courant vraiment continu, de même que la multiplica-

tion des cylindres d'un moteur rend le couple résultant plus continu. Ces redresseurs possèdent un rendement électrique élevé, de l'ordre de 98 %.

Mais le plus grand progrès est dû à l'emploi de redresseurs à grilles polarisées (1) qui assurent une protection extrêmement rapide de l'appareil contre les surintensités. Ces « mutateurs » à vapeur de mercure permettent soit de transformer l'alternatif en continu, soit le continu en alternatif, propriété précieuse pour mettre en œuvre le freinage par récupération, soit de transformer le triphasé à fréquence industrielle en monophasé de fréquence différente, $16\frac{2}{3}$ par exemple. Leur puissance atteint aujourd'hui 3 000 kW pour des tensions de 4 000 V et par suite convient parfaitement à la traction électrique en courant continu.

Un rendement élevé n'est pas la seule qualité du redresseur. Comme tous les appareils faisant appel à un flux électronique, ils ne possèdent pas d'inertie et se prêtent admirablement à la commande automatique qui est le dernier mot du progrès dans les sous-stations. Ainsi, aujourd'hui, les groupes redresseurs des sous-stations se mettent automatiquement en service suivant la charge de la ligne et se substituent automatiquement les uns aux autres en cas d'avarie de l'un d'eux. Cependant, le domaine de l'automatisme se limite aux opérations qui peuvent être exactement prédéterminées en fonction de certaines circonstances. Comme l'a dit M. Parodi, « les dispositifs automatiques assurent une protection sélective analogue à celle qui s'élabore dans la moelle épinière ». Lorsque le geste à exécuter exige un discernement, il faut une commande manuelle émanant d'un *cerveau*. Cette commande peut se faire sur place ou, mieux, être effectuée par un « régulateur » unique. C'est la *commande centralisée* qui tend maintenant à compléter l'automatisme. Non seulement elle assure une économie de main-d'œuvre, mais encore elle permet à un seul cerveau, au courant de tout ce qui se passe, de coordonner les manœuvres en vue d'une meilleure exploitation.

Toutefois, un problème important est celui de la répartition des sous-stations. La disposition classique consiste à les placer en des points tels que la chute de tension sur la ligne de contact ne dépasse pas une certaine valeur pour un trafic donné, et à déterminer la puissance du ou des groupes de chaque sous-station nécessaire pour faire face à ce trafic (avec un groupe en plus

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 181, page 3.

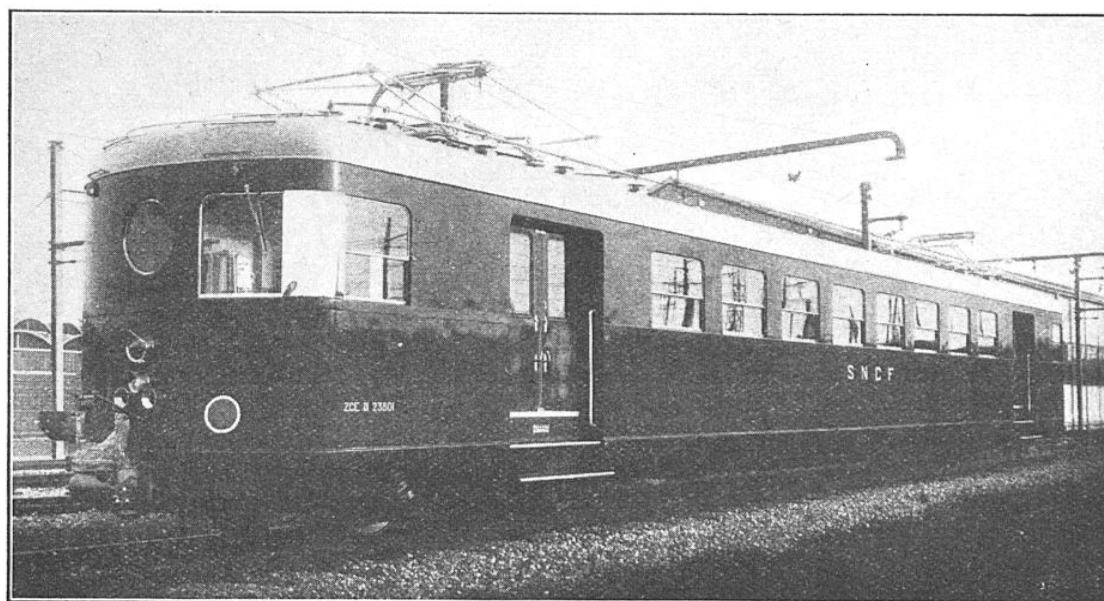
en réserve). Cette solution, qui offre toute sécurité, correspond à une mauvaise utilisation de la puissance puisqu'un groupe est en principe inutilisé dans chaque sous-station.

Le système anglais du « Southern Railway » (ligne de Londres à Brighton) dit des « sous-stations réparties », consiste au contraire à n'installer qu'un seul groupe dans chaque sous-station, mais à placer celles-ci à des distances plus faibles que celles indiquées par la théorie précédente de façon qu'une sous-station défaille

est rugueuse et userait rapidement le charbon. C'est pourquoi on la « forme » d'abord avec des frotteurs en acier dur. Ensuite, le charbon lui donne un poli très doux, de sorte que des machines à grande vitesse ont pu parcourir 40 000 km sans changer les frotteurs.

Ajoutons que ce système est également très efficace pour éviter les parasites radio-phoniques (1).

Telles sont les solutions les plus modernes actuellement en honneur pour l'équipement du matériel fixe de la traction électrique.



(Als-Thom.)

FIG. 2. — UNE AUTOMOTRICE DE RAMASSAGE DE LA S. N. C. F., RÉGION OUEST

Ces automotrices légères (38 t seulement à vide) sont remarquables par leurs qualités de vitesse et d'accélération. Elles atteignent, en effet, 150 km/h en 2 km, avec une accélération de 1 m/s par seconde.

puisse être remplacée par les deux qui l'encadrent (1). Au total, le nombre des *groupes* est inférieur à celui correspondant au système précédent dit des « sous-stations concentrées » et la puissance est beaucoup mieux utilisée.

Avant de quitter le matériel fixe, rappelons les essais de « formation » de la surface de contact des lignes caténaïres d'amenée du courant aux pantographes des locomotives en vue de munir ces derniers de frotteurs en charbon qui diminuent considérablement l'usure du fil et qui durent plus longtemps que les frotteurs en cuivre. En effet, après un certain temps de service avec des frotteurs en cuivre, la ligne

De leur côté, les locomotives sont parvenues à un stade d'évolution assez avancé, et les types de machines adoptés par les différents réseaux et les différents pays s'écartent peu les uns des autres pour un trafic donné.

La locomotive électrique moderne

Une locomotive est un engin essentiellement utilitaire, dont le degré de perfectionnement ne peut être évalué d'après une performance réalisée exceptionnellement. Il ne viendra jamais à l'idée d'un constructeur de locomotive d'établir un prototype en vue uniquement de conquérir un record, ainsi que cela se fait pour l'automobile et l'avion. Certes, la vitesse est une qualité appréciable; mais, pour la locomotive, à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 249.

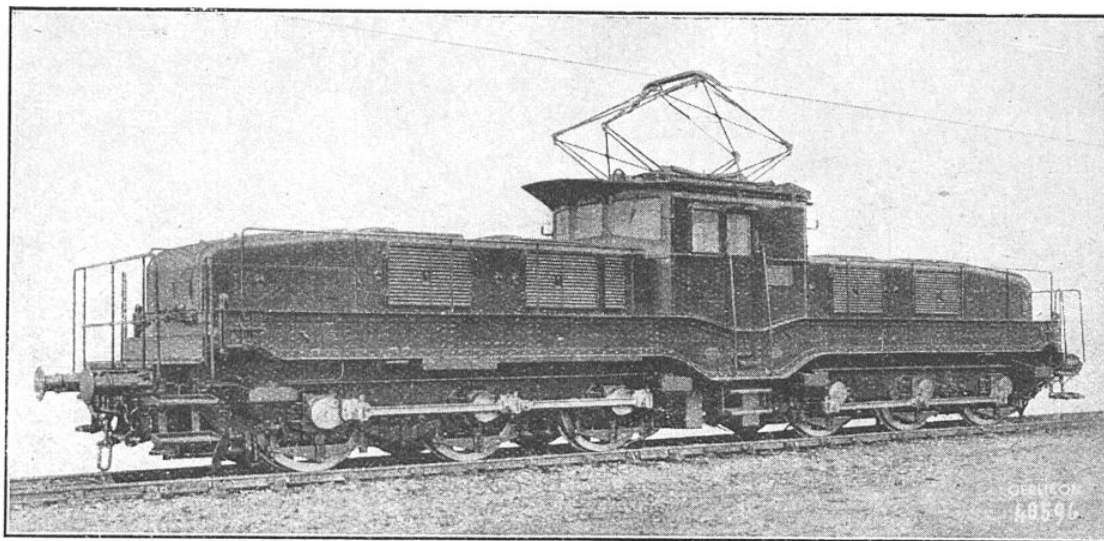
(1) Des groupes mobiles sur wagons sont prévus pour parer aux immobilisations de longue durée.

vapeur ou électrique, ce qui importe, c'est de remorquer avec le maximum de régularité des tonnages suffisants pour que les besoins du trafic soient satisfaits sans qu'il soit nécessaire de mettre en ligne un nombre de trains exagéré. Cette condition implique celle d'une vitesse moyenne assez élevée.

D'ailleurs, c'est bien à un accroissement lent et continu du tonnage et de la vitesse moyenne que nous assistons depuis la création de la locomotive. Après les tâtonnements et les essais inhérents à toute technique nouvelle, peu à peu les types des machines

ment du tout au tout de celle qui, dans une gare de marchandises, assure le refoulement des rames de 1 800 t sur la « butte » de triage des wagons, comme elle diffère aussi de celle qui, à 180 km/h remorque les trains rapides de quelque 200 t (1).

En France, les deux lignes les plus récemment électrifiées, Paris-Le Mans, Paris-Bordeaux, sont dotées de machines de grande vitesse, semblables à celles circulant sur les lignes de l'ancien P.-O. (aujourd'hui région Sud-Ouest de la S. N. C. F.). Le parc français des locomotives est d'ailleurs remar-



(Batignolles-Oerlikon.)

FIG. 3. — LOCOMOTIVE ÉTUDIÉE SPÉCIALEMENT POUR LE SERVICE DE LA BUTTE D'UNE GRANDE GARE DE TRIAGE (LES AUBRAIS-ORLÉANS)

Cette locomotive est capable de refouler très lentement, sur la butte de triage, à 1,5 km/h, des rames de 1 850 t. Les wagons, descendant isolément du côté opposé de la butte, sont dirigés vers les voies de formation des convois.

se sont normalisés. Dans ce domaine, la machine à vapeur est peut-être celle qui a subi récemment les perfectionnements les plus sensibles et qui ont le plus brusquement accru ses qualités (1). C'est d'ailleurs elle qui exige la solution des problèmes techniques les plus ardues, puisque, répétons-le, elle doit à la fois produire et utiliser l'énergie. Quant à la locomotive électrique, il est remarquable de constater combien chaque type de machine s'est stabilisé suivant le trafic à assurer. Evidemment, certains services particuliers exigent des machines de conception également particulière. La locomotive qui, avec ses 12 000 ch, est capable de remorquer quelque 600 t à 75 km/h sur les rampes du Saint-Gothard diffère évidem-

quable par l'homogénéité de sa composition. Ainsi, la grande majorité des trains rapides est tractée par des machines 2 D 2 (4 essieux moteurs entre 1 boggie avant et 1 boggie arrière); pour les trains omnibus ou de marchandises, ce sont les locomotives B B (deux fois 2 essieux moteurs). On compte 80 locomotives 2 D 2, 575 locomotives B B et quelques locomotives 2 CC 2 et 1 CC 1 sur la ligne de Modane (2).

(1) L'Allemagne étudie actuellement une machine dont la vitesse atteindrait 220 km/h.

(2) La classification par nombre d'essieux porteurs et moteurs se fait comme pour les locomotives à vapeur. Cependant, tandis que pour celles-ci on n'utilise que des chiffres (exemple : 231 pour les « Pacific » qui possèdent 1 boggie avant, 3 essieux moteurs, 1 essieu porteur arrière), pour la locomotive électrique on représente le nombre d'essieux moteurs par la lettre dont le rang correspond à ce nombre.

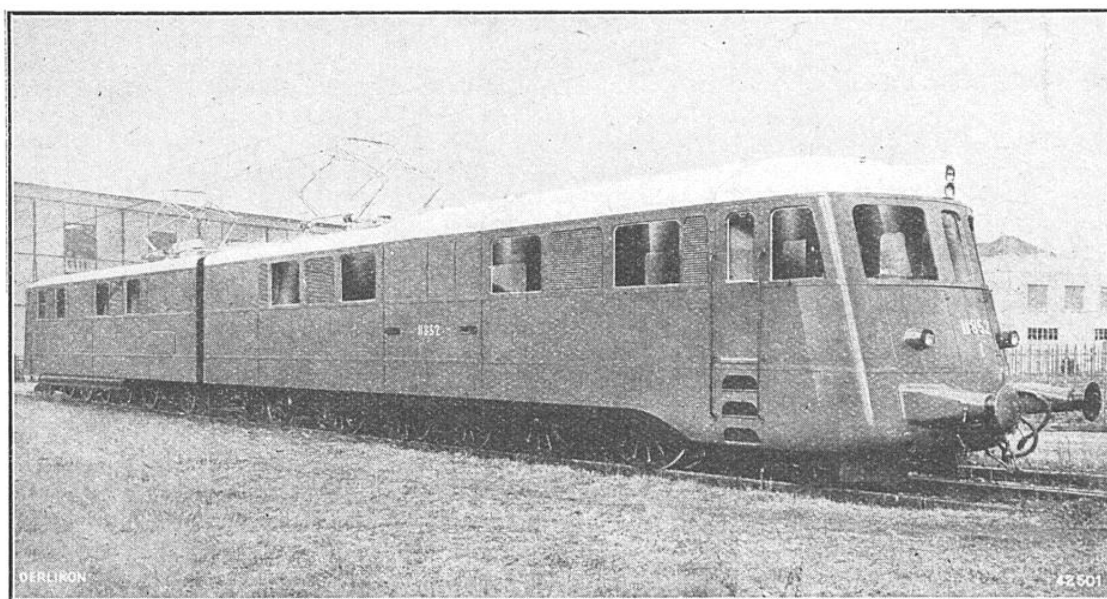
1) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 405.

Ces trois types de locomotives vont nous permettre de mesurer les progrès accomplis en traction électrique.

Les locomotives de vitesse

Citons, parmi les performances les meilleures — car, évidemment, sans chercher le record, il arrive tout de même que les performances s'améliorent, — celle réalisée lors de l'inauguration de la ligne Paris-Le Mans. Un train de 400 t, remorqué par une 2 D 2 construite par la Compagnie Electro-Mécanique et Fives-Lille, a atteint

avec une rame de 200 t (1). Normalement, elles sont prévues pour remorquer des trains de 800 t à 130 km/h sans chocs ni trépidations exagérées. Ces nouvelles locomotives (16 sont en construction) ont, en effet, 4 essieux moteurs chargés chacun à 20 t, ce qui leur procure un poids adhérent de 80 t. Leur poids total, en ordre de marche, c'est-à-dire avec tout l'approvisionnement de sable, d'huile et le personnel, est de 130 t. Leur puissance est de 5 000 ch en régime unihoraire et de 4 200 ch en régime permanent, dit continu, pour une tension



(Oerlikon.)

FIG. 4. — LOCOMOTIVE DOUBLE, D'UNE PUISSANCE DE 12 000 CH, DESTINÉE A LA REMORQUE DE TRAINS EXPRESS SUR LA LIGNE SUISSE DU SAINT-GOTTHARD

en pointe la vitesse de 156 km/h, soutenant régulièrement 130 km/h sur un parcours d'environ 70 km dont 6 en rampe de 8 mm par mètre. Dans ces machines, chaque essieu moteur est commandé par un moteur correspondant et la transmission est faite au moyen d'un accouplement déformable à bielles.

Sur la nouvelle ligne électrifiée Paris-Hendaye, les récents essais des nouvelles machines 2 D 2 de la Compagnie Générale de Construction de Locomotives (Batignolles-Châtillon) et de la Société Oerlikon démontrent les progrès accomplis. Avec un train de 350 t, une de ces locomotives a soutenu la vitesse de 160 km/h sur le parcours les Aubrais-Saint-Pierre-des-Corps sans que sa stabilité en soit affectée. Une autre machine du même type a atteint 180 km/h

de 1 350 V. Au-dessus de chaque moteur est situé le moteur électrique qui l'entraîne. Ce moteur est jumelé, c'est-à-dire composé de deux induits pour une même carcasse d'inducteur.

Voici le principe de la transmission de la puissance motrice, qui a été étudié en vue d'autoriser les grandes vitesses. Les bielles à mouvement alternatif sont supprimées. Chaque moteur possède deux pignons, un pour chaque induit, qui engrènent avec une même couronne dentée calée sur un

(1) Voici quels ont été en 1938 les services les plus rapides :

Traction à vapeur : ETATS-UNIS (New London-Portage, 69 km), 118,9 km/h ; ANGLETERRE (King's Cross-York, 303 km), 115,7 km/h ; FRANCE (Poitiers-Angoulême, 113 km), 113 km/h ;

Traction électrique : ETATS-UNIS (Wanigan-Kenosha, 24 km), 120,7 km/h FRANCE (Les Aubrais-

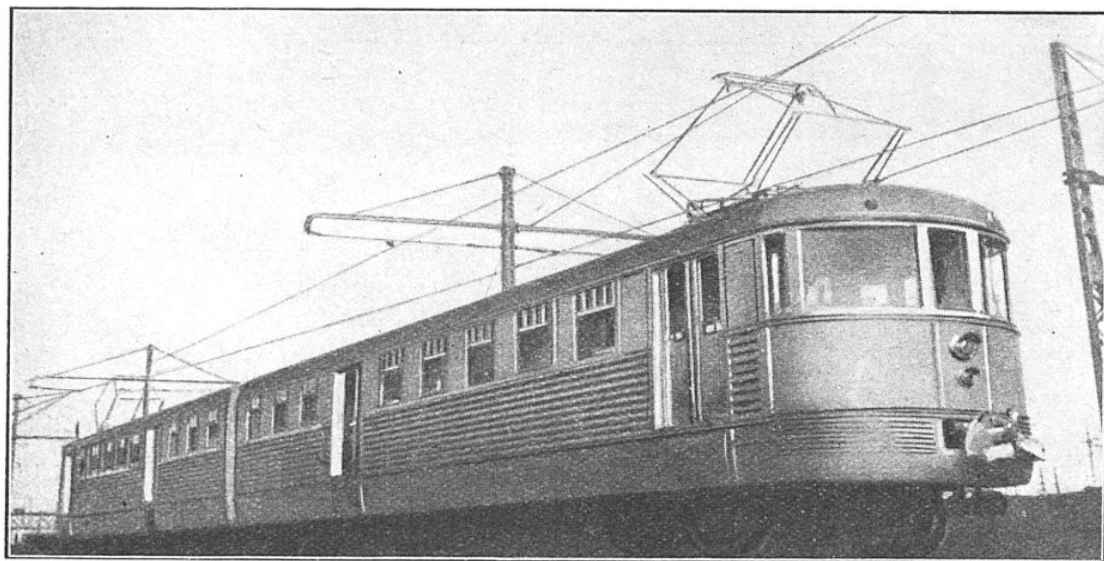
arbre creux entourant l'essieu. Le couple moteur est transmis depuis cet arbre creux (*quill*) à chaque roue de l'essieu par des transmissions élastiques constituées par de forts ressorts en hélice (*cup drive*).

Pour les lignes de montagne, grande puissance et forte adhérence s'imposent

Parmi les machines spéciales que nous avons citées, la nouvelle locomotive actuellement en construction pour les Chemins de

qui conduisent le courant à deux transformateurs principaux chargés d'abaisser la tension à la valeur convenable pour les moteurs. Le réglage de la vitesse se fait par variations de la tension du secondaire obtenue en agissant sur la tension primaire. Dans ces conditions, on n'agit que sur des intensités assez faibles et les appareils de commande sont moins encombrants.

Le poids total de la machine est de 244 t et son poids adhérent total de 160 t (20 t par essieu moteur). Elle doit remorquer



(Le Matériel de Traction Electrique.)

FIG. 5. — AUTOMOTRICE RAPIDE DE GRANDE BANLIEUE EN ACIER INOXYDABLE

D'une puissance de 1 410 ch, cette automotrice, dont la caisse est soudée, ne pèse que 74 t pour une longueur de 40 m. Sa vitesse est de 130 km/h et son accélération de 1 m/s par seconde. Une telle accélération serait désagréable si elle était brusquement appliquée. Aussi les « crans » de démarrage sont-ils nombreux pour assurer la progressivité de la mise en vitesse.

Fer Fédéraux suisses (ligne du Saint-Gothard) disposera d'une puissance de 12 000 ch. C'est une locomotive double dont chaque moitié comprend 1 essieu porteur, 2 essieux moteurs, 1 essieu porteur médian, 2 essieux moteurs, 1 essieu porteur. Au total, 6 essieux porteurs et 8 essieux moteurs. Elle est alimentée sous la tension monophasée de 15 000 V, 16 2/3 périodes par seconde, au moyen de deux pantographes

des trains express de 600 t (sans la locomotive) sur les rampes de 26 mm par mètre du Saint-Gothard à la vitesse de 65 km/h, et les trains de marchandises de 750 t à 50 km/h. L'effort de traction exercé par la locomotive est de 40 000 kg à 75 km/h. A ce moment, il faut accroître le poids adhérent et le porter à 172 t. On obtient ce résultat en déchargeant les essieux porteurs médians pendant la période de démarrage.

Les locomotives des gares de triage

Voici enfin les locomotives spéciales pour gare de triage. On sait que le triage de longues rames de wagons s'effectue par l'intermédiaire d'une « butte ». La rame, qui peut peser jusqu'à 1 850 t, est lentement refoulée par une locomotive. Chaque fois

Saint-Pierre-des-Corps, 112 km), 115,8 km/h ; ITALIE (Roma Team-Napoli Merg., 210 km), 115,6 km/h.

Récemment un train de 441 tonnes a été remorqué à 118,74 km/h de Paris à Bordeaux (582 km en 4 h 54 mn) ;

Autorails : ALLEMAGNE (Hannover-Hamm, Köln, 176,4 km), 132,3 km/h ; ETATS-UNIS (Grand Island-Colombus, 100 km), 131 km/h ; FRANCE (Paris-Longueau, 126 km), 121,9 km/h.

qu'un wagon dépasse le sommet de la butte, il descend par gravité de l'autre côté et est aiguillé, parfois automatiquement (1), vers la voie sur laquelle se forme le train auquel il est destiné. Les deux nouvelles machines en service à la gare de triage des Aubrais-Orléans, construites et étudiées spécialement pour ce service par le groupement Batignolles-Oerlikon, sont capables d'effectuer le refoulement de rames de 1 800 t à une vitesse pouvant descendre à 1,5 km/h sans qu'aucun échauffement dangereux des résistances utilisées pour réduire la vitesse soit à craindre. Seules, ces locomotives peuvent circuler à 25 km/h. Elles sont du type C C et comportent deux boggies attelés munis des organes de choc et de traction.

Les automotrices électriques

On voit combien les types de locomotives sont différents selon le service qu'elles doivent assurer. Les automotrices modernes nous apportent un exemple nouveau de cette spécialisation et du progrès accompli.

La formule est aujourd'hui la suivante (2) : allègement poussé au maximum, vitesse de plafond atteignant au moins 130 km/h et accélération de l'ordre de 1 m/s par seconde. Ainsi, la puissance continue (en régime permanent) par tonne à vide atteint maintenant 16 ch, alors que, vers 1919, elle n'était que de 7 ch. On voit le gain de poids réalisé.

La ligne Paris-Le Mans a constitué précisément un remarquable banc d'essai des automotrices électriques. Ainsi les automotrices dites de ramassage « Als-Thom », pesant à vide 38 t et d'une puissance de 600 ch, analogues à des autorails, mais où toute la surface est disponible pour les voyageurs, étaient destinées à un service très particulier (3). Ce service nécessite une grande vitesse et surtout une très grande accélération. Ces automotrices peuvent, en effet, atteindre 150 km/h en 2 km avec une accélération de 1 m/s par seconde. Aujourd'hui, elles assurent des services omnibus à des vitesses commerciales de 75 km/h sur des sections où les stations sont en moyenne éloignées entre elles de 7 km seulement.

Quant aux automotrices rapides de grande banlieue, ce sont des éléments à deux caisses sur trois boggies moteurs, à adhérence totale. Les combinaisons de couplage des six moteurs donnent des régimes de marche

très variés. La puissance est de 1 200 ch continus pour un poids total à vide de 74 t et une longueur de 40 m.

Signalons encore un nouveau type, la « Micheline électrique », qui bénéficie à la fois des avantages de la traction électrique et du roulement sur pneumatiques : grande faculté d'accélération et de freinage, confort, absence de bruit, de fumée et d'odeur. Le pneumatique étant isolant, des frotteurs assurent le retour du courant par le rail.

Enfin, une automotrice mixte est également réalisée. Elle est électrique et dispose de moteurs thermiques d'autorails pour circuler sur les sections non électrifiées.

A l'étranger, nous retrouvons les mêmes formules, le même souci d'allègement. Citons les automotrices doubles allemandes (1 200 ch, 100 t), hollandaises (900 ch, 79 t), l'électrotrain italien (1 500 ch, 105 t), les rames triples hollandaises (1 800 ch, 142 t), l'électromotrice italienne (500 ch, 37 t) et enfin, en Suisse, le train automoteur rapide qui possède de loin le plus grand excédent de puissance (2 400 ch, 113 t).

Que nous réserve l'avenir ? La recherche de l'économie

Les recherches techniques en cours, orientées vers la solution de problèmes d'ordre pratique, en raison même du rôle strictement utilitaire de la locomotive électrique, visent surtout à la réalisation d'économies de courant depuis la sortie de l'usine génératrice jusqu'à l'essieu moteur. Les économies qui pourraient provenir de perfectionnements apportés à l'équipement électrique ne peuvent être importantes. Le *freinage par récupération* retient par contre toute l'attention des techniciens. Et ce freinage, qui consiste à faire fonctionner la locomotive en génératrice de courant, lequel est récupéré par le réseau, est intimement lié à l'emploi du « mutateur » à mercure dont nous avons parlé et qui permet la conversion du courant continu en alternatif.

Citons encore, en dehors de la diminution de main-d'œuvre réalisée grâce aux sous-stations modernes, la recherche de l'allègement notamment pour les automotrices où le poids adhérent croît automatiquement avec la charge et le carénage aérodynamique, qui, dans certains cas, diminue de près de 50 % la consommation.

C'est de la solution de tels problèmes que dépend l'économie rationnelle de l'exploitation des chemins de fer et rien ne doit être négligé pour tâcher de diminuer leur déficit... qui est grand.

JEAN MARCHAND.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 236, page 111.

(2) D'après M. Garreau.

(3) Il consiste en des trains omnibus rapides qui « ramassent » les voyageurs aux gares où les express ne s'arrêtent pas pour les amener aux stations importantes et inversement.

GIVRE, GIVRAGE ET DÉGIVRAGE A BORD DES AVIONS MODERNES

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Le développement des lignes aériennes régulières, sur lesquelles les avions doivent circuler aussi bien l'hiver que l'été en suivant un horaire de plus en plus rigide, a mis au premier rang des préoccupations des pilotes et des constructeurs la lutte contre un danger redoutable : le givrage des avions. L'épaisse couche de givre qui se dépose sur les ailes, l'hélice, les commandes, les organes du moteur, lorsque l'avion entre en contact avec des gouttes d'eau surfondues en suspension dans l'atmosphère, l'alourdit, modifie son profil en augmentant la résistance à l'avancement et en réduisant sa portance, engendre des vibrations, paralyse le fonctionnement du moteur et des commandes, et peut ainsi provoquer la chute et la perte de l'appareil. Contre ce danger, rendu plus terrible encore par la soudaineté avec laquelle il se manifeste, les constructeurs ont imaginé et mis au point plusieurs méthodes de protection : rupture et fragmentation des couches de glace par des dispositifs mécaniques, réchauffage des surfaces menacées, emploi de liquides « antigivre ». Mais, là comme ailleurs, il est sans doute préférable et plus sûr de prévenir le mal. L'étude des conditions physiques favorables à la formation du givre et de la répartition des températures en altitude a fourni aux services météorologiques les bases scientifiques nécessaires pour la détermination des zones où le givrage est particulièrement à craindre, en vue de les signaler sans retard aux navigateurs aériens, et leur a permis également de formuler, à l'usage des pilotes, les règles pratiques de manœuvre à appliquer dès que se manifeste la première menace de givrage pendant le vol.

CES deux mots, givre et verglas, désignent un seul et même phénomène, généralement lié à une brusque solidification d'eau surfondue ; lorsque le dépôt solide se produit sur les arbres, sur les branches, sur les câbles ou fils électriques suspendus, il affecte des formes variées : efflorescences cristallines, couches concentriques, opaques ou translucides. Sur les chemins, le même phénomène prend le nom de verglas, et se caractérise par la production d'un vernis extrêmement glissant, d'épaisseur variable,

Le givre et le verglas ont causé de tout temps de désagréables, parfois même de dommageables accidents. On cite, par exemple, en janvier 1879, un givrage si intense que les branches des arbres furent rompues par le

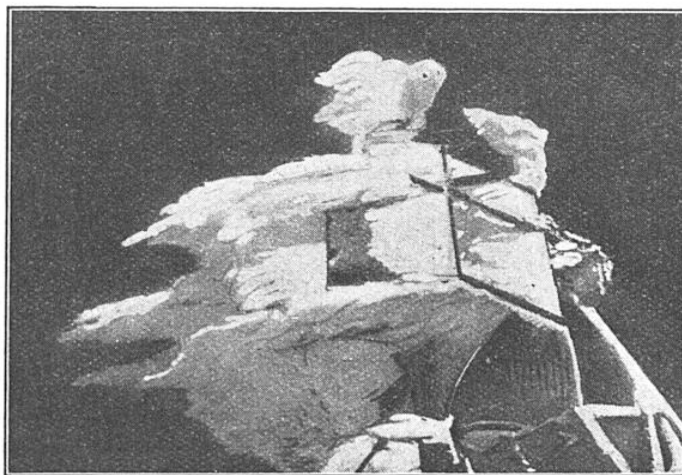


FIG. 1. — EFFET DE GIVRE A LA STATION D'ESSAIS INSTALLÉE AU SOMMET DU PUY-DE-DÔME

Le vent, soufflant de gauche à droite, a provoqué un dépôt important de givre opaque sur la plate-forme portant l'anémomètre au sommet du Puy-de-Dôme (1 460 m).

poids de la glace qui les recouvrait ; quant aux fils télégraphiques, ils furent, par endroits, recouverts d'une couche de glace de 38 mm de diamètre, dont le poids les brisa ou les entraîna au sol.

De tels accidents étaient, malgré tout, peu graves. Mais il n'en va plus de même depuis les progrès de la locomotion terrestre et aérienne ;

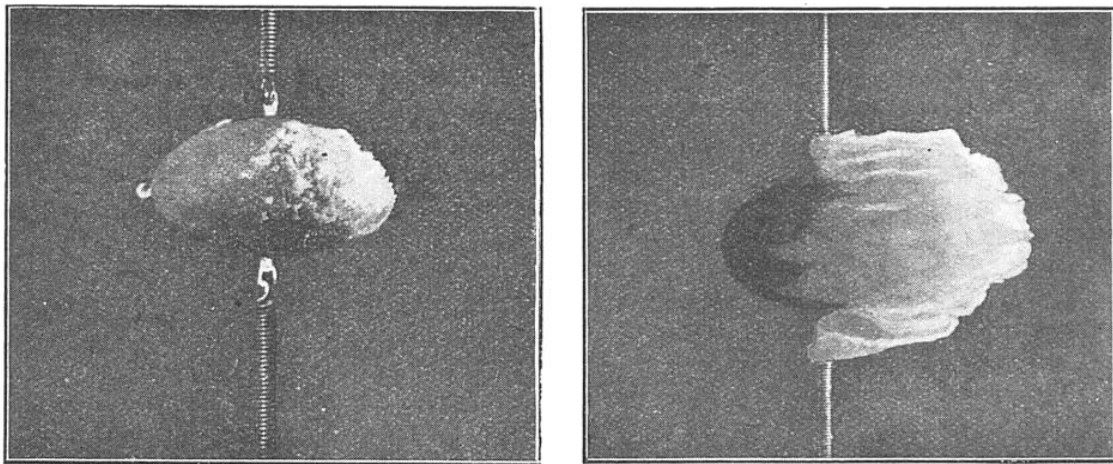


FIG. 2. — ÉTUDE DU GIVRAGE D'UN VOLUME DE FORME SIMPLE

Le vent souffle de droite à gauche. Le givrage commence à se manifester face au vent, par conséquent sur la face de droite de l'œuf, qu'il envahit au point d'en dénaturer le profil.

la route rugueuse d'autrefois est devenue aujourd'hui une surface unie, sur laquelle les automobiles se lancent à grande vitesse ; si le verglas vient à la recouvrir, le coefficient de frottement, ou l'adhérence des roues, peut diminuer brusquement dans le rapport de dix à un ; la voiture patine et les plus graves accidents peuvent alors se produire.

En ce qui concerne l'avion, les conséquences du givrage peuvent être catastrophiques. J'indiquerai tout à l'heure les principales ; le péril causé par ce phénomène météorologique est tellement grave qu'il a donné naissance à un grand nombre de recherches, effectuées tant à bord des avions eux-mêmes que dans divers observatoires de montagne (par exemple au Ventoux et au Puy-de-Dôme), où on a exposé au vent et aux nuages des maquettes reproduisant les diverses parties de l'avion, pour voir comment le

givrage opérait sur elles. Ces travaux ont été analysés dans la grande revue *L'Aéronautique* (n° 232 et 233, septembre et octobre 1938) par M. Dentan. C'est d'après cet auteur que nous rendrons compte à notre tour de ces recherches.

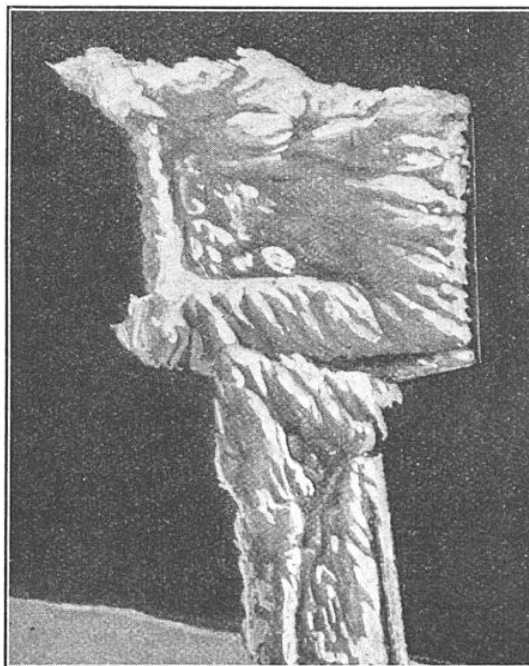


FIG. 3. — GIVRAGE D'UNE SURFACE PLANE DISPOSÉE OBLIQUEMENT PAR RAPPORT A LA DIRECTION DU VENT

Le givre forme des sortes de mèches qui semblent aller à la rencontre du vent.

Causes déterminantes du givre et du verglas

Le cas typique est celui où de l'eau en surfusion, vésicules de brouillard ou gouttes de pluie, vient à heurter une surface dont la température est voisine de zéro, et de préférence inférieure à cette température. L'existence de cet état, instable ou plus exactement métastable, est courante dans l'atmosphère. Les brouillards qui traînent sur les océans sont formés de minuscules gouttelettes, dont le diamètre est compris entre un centième et un dixième de millimètre ; elles se sont formées autour des embruns, c'est-à-dire des particules d'eau salée

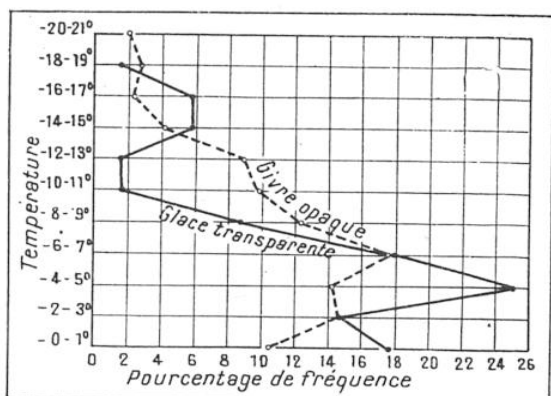


FIG. 4. — POURCENTAGE DE FRÉQUENCE DE LA GLACE TRANSPARENTE (VERGLAS) ET DU GIVRE OPAQUE

On a porté, pour un grand nombre d'observations, la proportion du nombre de cas de givre et de glace observés à une température donnée.

emportées par le vent à la crête des vagues, c'est-à-dire qu'elles se congèlent à une température d'autant plus basse qu'elles sont plus chargées de sel ; mais l'abaissement du point normal de congélation ainsi produit par la salure ne dépasse jamais 1 degré. Quant aux brouillards continen-

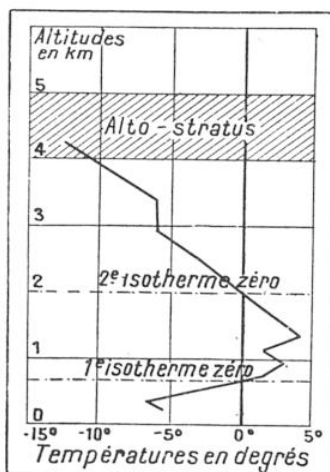


FIG. 5. — EXEMPLE DE COURBE DE LA TEMPÉRATURE EN FONCTION DE L'ALTITUDE UN JOUR DE VERGLAS
Cette courbe, relative à la température à Trappes, le 11 février 1936, montre qu'il existait deux zones dangereuses, l'une au-dessus de 2 000 m, l'autre au-dessous de 800 m. C'est vers 1 500 m qu'un avion aurait pu voler sans danger.

taux, formés autour des ions ou des grains de poussière, l'eau qui les constitue est presque pure, et, par suite se congèle normalement à zéro. Mais, qu'ils soient marins ou continentaux, ils se maintiennent à l'état liquide jusqu'à 10, 20 et parfois 30° au-dessous de zéro ; il suffit alors que ces gouttelettes surfondues viennent se briser contre un obstacle, ou rencontrent de la glace déjà formée, pour

que la surfusion cesse instantanément ; l'eau surfondu se solidifie, en dégageant la chaleur correspondant au changement d'état (80 calories par gramme) ; le reste se maintient à l'état liquide, mais peut à son tour se solidifier si la surface sur laquelle il se dépose est au-dessous de zéro, ou si l'évaporation produite par le vent dégage un froid suffisant ; en fait, les petites vésicules de brouillard font prise d'un seul bloc.

Les mêmes phénomènes peuvent se produire lorsque l'eau s'est agglomérée en gouttes de pluie, toujours surfondues, dont le diamètre peut atteindre 3, 4 et même 5 mm ; mais la nature du dépôt est en général différente : le givre formé par le brouillard est en général poreux et opaque, parce que les gouttelettes se sont solidifiées sans avoir le temps de s'agglomérer, laissant entre elles des vacuoles remplies d'air qui rendent la masse friable ; au contraire, les gouttes plus grosses s'étendent comme un vernis, en donnant un dépôt translucide et très dur.

En dehors de

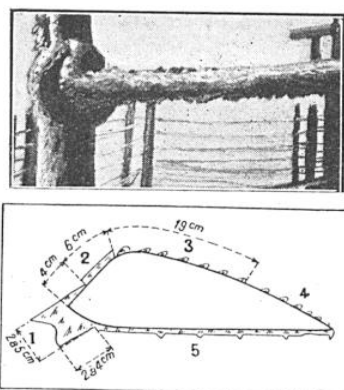


FIG. 6. — FORMATION DE GLACE TRANSPARENTE SUR UNE MAQUETTE D'AILE, A LA STATION DU MONT VENTOUX

Sous la photographie est dessiné le schéma d'interprétation du phénomène. C'est dans la zone 1 (bord de fuite) que les gouttes d'eau tombent en plus grand nombre, formant une épaisse couche de glace, alors que, dans la région 4, il ne s'en forme presque pas.

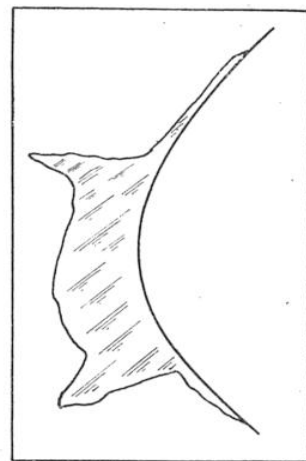
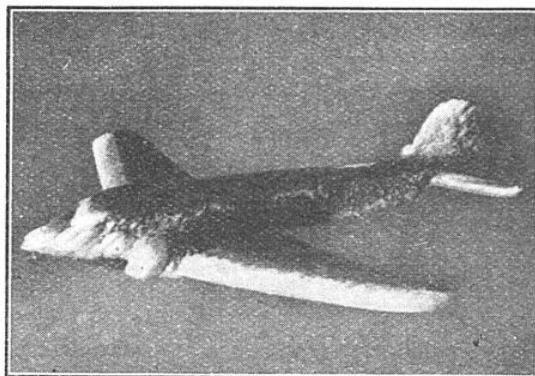
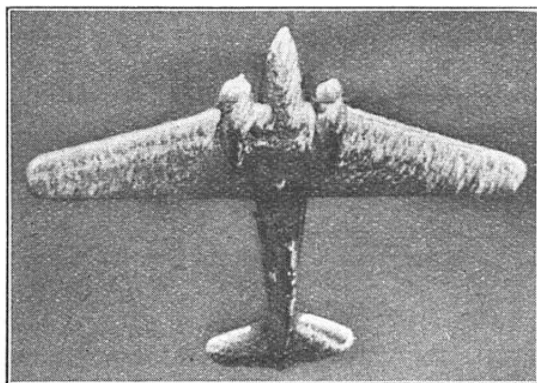


FIG. 7. — SCHÉMA D'UNE FORMATION DE GIVRE OPAQUE SUR LE BORD D'ATTAQUE D'UNE AILE
Le dépôt atteignait 30 mm d'épaisseur environ.



(Photo O. N. M.).

FIG. 8. — MAQUETTE D'AVION MONTRANT LES SURFACES LES PLUS DIRECTEMENT MENACÉES PAR LE GIVRAGE (EXPÉRIENCES EFFECTUÉES AU MONT VENTOUX)

ce cas typique, des dépôts de nature analogue peuvent se produire lorsqu'un solide, dont la température est très inférieure à zéro, vient à pénétrer dans un brouillard froid, mais non surfondu. L'évaporation peut aussi intervenir, et cet effet joue un rôle important à la surface des avions, où la vitesse du vent facilite le passage à l'état de vapeur, chaque gramme d'eau évaporée pouvant produire 6 grammes de glace à zéro. Et il arrive, en fait, que tous ces facteurs jouent simultanément.

Dans une atmosphère transparente, où l'eau est tout entière vaporisée, les mêmes phénomènes peuvent encore se produire, mais les dépôts solides n'acquièrent jamais une épaisseur dangereuse ; en se plaçant au point de vue pratique, ce cas doit donc être exclu, et le risque n'existe qu'à la traversée de zones pluvieuses ou chargées de brouillard.

Givrage des avions

Comme je l'ai dit, le givrage constitue, pour l'aviation, un risque grave contre lequel il importe de se prémunir ; il se produit parfois d'une façon tellement soudaine, qu'un pilote d'*Air-France*, M. Poirier, a vu en deux minutes toute la surface de son appareil se couvrir d'une couche de glace de 3 cm. J'emprunte à M. Dentan la liste des perturbations entraînées par le givrage, en notant que les trois premières sont, de beaucoup, les plus graves :

1° *Altération des qualités du vol* : vitesse réduite, stabilité longitudinale et transver-

sale compromise, diminution de la capacité ascensionnelle, vibrations et oscillations ;

2° *Blocage de divers mécanismes de transmission*, gouvernail, ailerons, mécanisme de commande de pas d'hélice, etc. ;

3° *Déséquilibre et baisse de rendement des hélices*, avec projection de blocs de glace sur les fuselages ;

4° *Troubles de moteurs*, obturation des orifices, givrage des carburateurs ou des radiateurs, courts-circuits de bougies ;

5° *Défaut de fonctionnement ou arrêt total des appareils de pilotage et de navigation, ou des appareils de T. S. F.* ;

6° *Formation d'une couche opaque de glace sur les fenêtres du pilote.*

Tout ceci justifie les recherches auxquelles le givrage des avions a donné lieu, et dont nous allons exposer sommairement les résultats.

Interrogeons d'abord les pilotes ; ils nous affirment que le givrage dangereux ne se produit jamais en atmosphère claire, mais seulement à la traversée des zones pluvieuses ou des nuages, généralement des stratocumulus ; les résultats d'une statistique anglaise, portant sur 217 cas

observés, sont représentés sur la figure 4, et on en peut déduire les conclusions suivantes : le givrage ne se produit que si la température extérieure est comprise entre 0° et - 20° C, plus de la moitié des cas s'étant produits entre 0° et - 5°. Ajoutons cependant qu'il faut être très circonspect dans l'évaluation des températures, parce que les mesures effectuées à la surface de l'avion diffèrent sou-

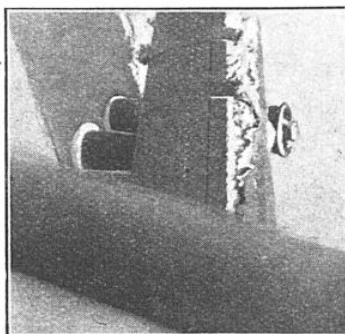


FIG. 9. — FORMATION DE GIVRE OPAQUE SUR UN MAT D'UNE CELLULE D'AVION

vent de plusieurs degrés de la température générale de l'air ; ceci s'explique aisément par l'existence, autour de l'appareil volant, de zones de compression et de décompression qui correspondent nécessairement, les premières à un échauffement adiabatique, les secondes à un refroidissement ; les résultats sont d'ailleurs différents suivant qu'il s'agit d'une surface isolante (bois ou toile) ou d'une paroi métallique, le métal agissant par sa conductibilité comme un égaliseur de température. Ces phénomènes thermiques ont été récemment et très soigneusement étudiés par M. Brun (1), mais je n'en saurais faire état dans ce bref exposé.

D'après l'expérience des pilotes, les deux cas les plus fréquents et les plus dangereux de givrage seraient les suivants :

1° L'avion pénètre dans une région chargée de vésicules ou de gouttelettes surfondues ; la glace se condense instantanément à son contact, ainsi qu'en témoigne le rapport suivant, présenté par le pilote Hansen : « ...l'indicateur de vitesse s'est

(1) Répartition des températures sur une aile d'avion. Publications scientifiques et techniques du Ministère de l'Air, 1938.

arrêté presque instantanément, parce que son bec était congelé ; les vibrations étaient telles que l'avion ne répondait plus aux mouvements du gouvernail de direction. En 5 ou 10 secondes, les nervures de l'extrados de l'aile disparaissaient sous une couche de glace, peu épaisse sur les bords extérieurs, mais la surface visible de l'aile entière était

uniformément couverte d'une lourde couche de glace... Par suite de la surcharge, l'avion perdait vite de l'altitude, malgré le moteur à plein gaz ; il tombait rapidement jusqu'à la base des nuages. Alors, la glace se mit à fondre rapidement et, à 1 000 m envi-

ron, elle disparut complètement. » Ajoutons que cette circonstance dangereuse pour l'avion, c'est-à-dire l'existence de l'eau surfondu, est liée très ordinairement à des inversions de température ; ces inversions sont bien plus fréquentes qu'on ne le pense généralement ; comme exemple, je reproduirai (fig. 5) les résultats d'un sondage effectué à Trappes, le 11 février 1936 à 10 heures ; on y voit que la température au sol était inférieure à -5° ; elle s'élevait jusqu'à $+4^{\circ}$ à 1 300 m, pour redevenir inférieure à 0 au-dessus de 2 km ; or ce jour-là

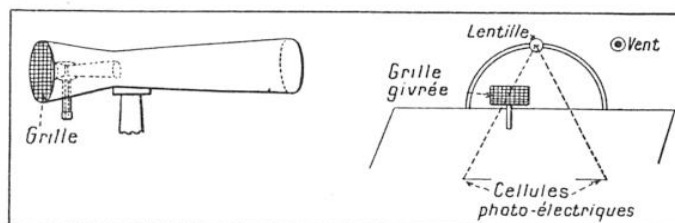


FIG. 10. — DISPOSITIFS AVERTISSEURS DE GIVRAGE

Une grille à mailles fines givre avant toutes les autres surfaces. Cette propriété est utilisée, à gauche, dans un dispositif mécanique : la grille, en s'obstruant, provoque une dépression enregistrée par un tube de Venturi ; à droite, la glace intercepte la lumière sur le trajet d'une cellule photoélectrique, phénomène qui est signalé par un montage différentiel par rapport aux indications d'une autre cellule photoélectrique.

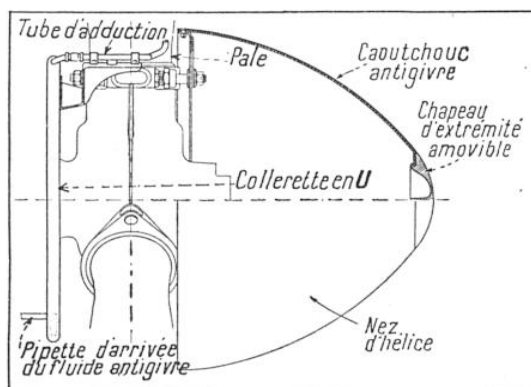
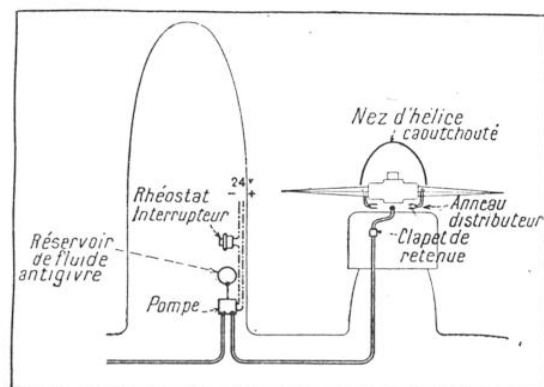


FIG. 11. — DISPOSITIF ANTIGIVREUR D'HÉLICE « COLOMBES-GOODRICH »

Il se compose d'un « nez » d'hélice en caoutchouc, recouvert de fluide antigivre, et d'un système de distribution qui permet d'amener à la base des pales d'hélice de 1,5 à 3 litres de liquide antigivre par heure. Ce liquide est réparti sur toute la pale par la force centrifuge.

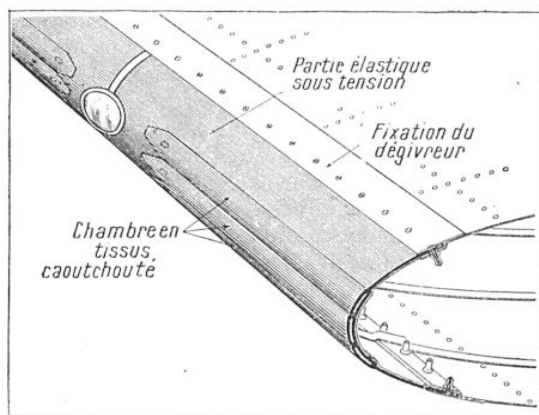


FIG. 12. - DÉGIVREUR MÉCANIQUE « COLOMBES-GOODRICH » ADAPTÉ SUR UNE AILE D'AVION

précisément, et à la même heure, deux hydravions volant au-dessous de 500 m éprouvèrent un givrage qui les contraignait à amérir ;

2° Un deuxième cas, presque aussi grave, se produit lorsque l'avion, après avoir séjourné longtemps dans une région à très basse température, pénètre dans un nuage où la température est voisine de zéro. Nécessairement, il se produit une condensation sur la paroi froide, la masse de glace formée dépendant de divers facteurs qu'on peut

soumettre au calcul. Mais il suffira de donner ici un exemple ; il se rapporte à un avion métallique allant, le 15 mai 1938, de Buenos-Aires à Santiago-du-Chili : « Après avoir traversé les Andes à grande altitude, avec 25° au-dessous de zéro, le pilote a dû rendre la main dans une zone nuageuse s'étendant de 4 000 à 1 500 m. A

la rentrée dans les nuages, l'appareil a été *subitement* recouvert d'une couche de glace qui a entraîné son déséquilibre, et le pilote n'a pu reprendre son contrôle qu'à la sortie des nuages, après une chute de 2 000 m ... ; le radiotélégraphiste a juste eu le temps de lancer un S. O. S. et les passagers ne s'aperçurent de rien, croyant à un trou d'air comme on en rencontre si souvent dans la région des Andes. »

Pour compléter ces études, il serait très important de connaître les parties de l'avion où le givrage se produit de préférence, ainsi que la qualité de la glace formée suivant les cas. On conçoit que ces études ne peuvent être poursuivies en avion, le pilote surpris par le givrage ayant d'autres soucis que de faire de la science. Mais les études ont pu utilement être poursuivies dans les observatoires de montagne, en exposant au vent et aux nuages des modèles représentant les diverses parties de l'avion. Les résultats ainsi obtenus, tant au Ventoux qu'au Puy-de-Dôme, sont partiellement reproduits par les figures 1, 2, 3 et 4. Ce serait une tâche longue, et probablement inutile, que d'exposer ces

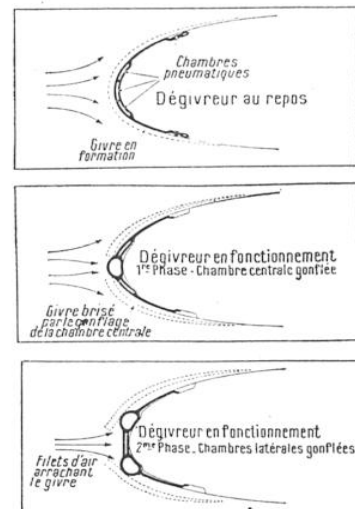


FIG. 14. — LE FONCTIONNEMENT EN TROIS TEMPS DU DÉGIVREUR PNEUMATIQUE (VOIR FIGURE 12)

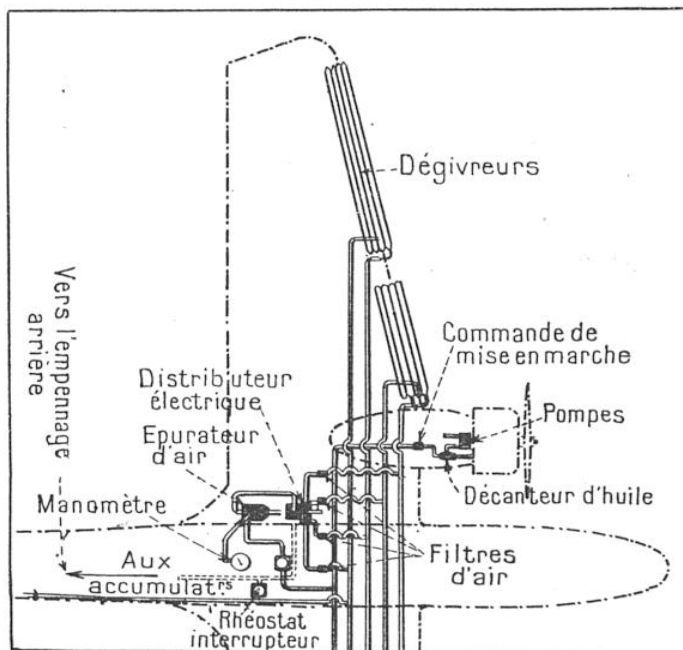


FIG. 13. — SCHÉMA DE LA DISTRIBUTION D'AIR A BORD D'UN AVION ÉQUIPÉ DU DÉGIVREUR PNEUMATIQUE « COLOMBES-GOODRICH »

résultats à un public non spécialisé ; je ferai seulement remarquer que les dépôts de givre ne forment pas, en général, une couche uniforme à la surface de l'avion ; ils présentent souvent des arêtes vives, surtout au voisinage du bord d'attaque, et ainsi on conçoit sans peine que le dépôt opère non seulement en alourdissant l'avion, mais plus encore en modifiant ses qualités aérodynamiques.

Comment se défendre contre le givrage ?

Toutes ces études ont été conduites dans un but pratique.

La solution la plus simple, pour éviter le givrage, semble être de passer au-dessus des nuages ; mais, d'une part, la navigation aérienne stratosphérique est loin d'être au point ; et, en admettant qu'elle devienne pratique, un avion qui aura volé plusieurs heures dans la stratosphère, où la température est voisine de -50°C , devra, pour atterrir, traverser les nuages, c'est-à-dire que le givrage interviendra précisément à l'instant le plus délicat du voyage, celui où le pilote a le plus grand besoin d'être maître de sa manœuvre.

La solution n'est pas là, au moins actuellement. Mais on peut, d'abord, faire état des indications météorologiques, transmises par radio, indiquant les zones dangereuses qu'il est prudent de contourner : ce sont, pendant la saison froide, le secteur sud d'un cyclone ou d'une dépression, et inversement le secteur nord pendant la saison chaude.

On peut encore consulter, à bord de l'avion, divers indicateurs dont le plus sûr est le thermomètre : on a vu, en effet, que les températures les plus redoutables pour le givrage étaient comprises entre 0° et -5° . On a encore imaginé des indicateurs de givrage (fig. 10) dont le principe repose sur l'obturation d'un grillage métallique par le dépôt solide ; mais ces appareils, qui ont très bien fonctionné au Ventoux, n'ont pas encore fait leurs preuves en plein vol.

Enfin, les spécialistes se sont mis à l'œuvre pour réaliser des *dégivreurs* qui, comme leur nom l'indique, visent à empêcher la formation de la glace, ou à la détacher à mesure qu'elle se forme. Les essais ont mis en œuvre les méthodes thermiques, chimiques et mécaniques.

Les premières consistent à utiliser les gaz d'échappement, ou le chauffage électrique, pour réchauffer les parties sensibles, bords des ailes, carburateurs ou vitres ; les essais sur maquettes ont donné de bons résultats,

mais il ne semble pas que la méthode ait encore fait ses preuves officielles en plein vol.

La méthode chimique, applicable surtout à l'hélice, consiste à recouvrir la surface à protéger d'un liquide gras ou antigel qui, en supprimant l'adhérence de la glace, permet qu'elle soit emportée par la force centrifuge ou par le vent. Ces procédés paraissent avoir donné lieu à des essais plutôt qu'à des applications régulières. En revanche, les procédés mécaniques Goodrich ont été adoptés pour les avions Bloch, d'Air-France, où ils donnent, paraît-il, d'excellents résultats.

Leur principe (fig. 12, 13 et 14) consiste à monter sur le bord d'attaque à protéger un tablier en caoutchouc dans l'épaisseur duquel on a ménagé des chambres en tissu caoutchouté, qu'une distribution d'air comprimé gonfle et dégonfle alternativement ; dans ces conditions, la couche de glace est brisée et les morceaux sont arrachés par le vent.

Toutes ces recherches, tous ces systèmes nous font juger de l'importance acquise par le verglas, jadis modeste phénomène météorologique, depuis que l'homme s'est lancé à la conquête de l'air ; la perte récente de l'avion allemand D. Alus, retrouvé avec ses onze voyageurs brûlés et écrasés dans un ravin des Alpes-Maritimes, prouve que le givrage est un des plus gros risques qui pèsent actuellement sur la navigation aérienne.

L. HOULLEVIGUE.

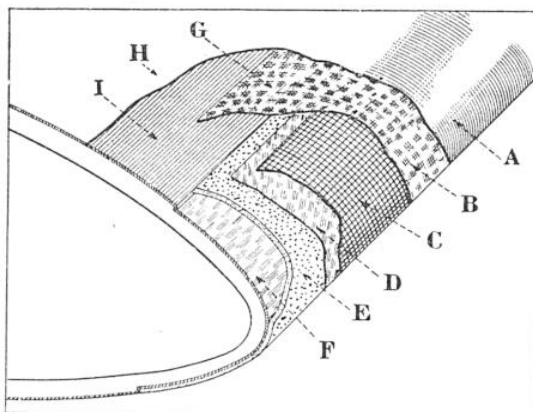


FIG. 15. — DÉGIVREUR D'AILE (PROCÉDÉ « RIDEAU-DUCRET » PAR RÉCHAUFFEMENT)

La toile métallique chauffante C, parcourue par un courant, est isolée électriquement au moyen des toiles B et D et protégée, au point de vue des pertes de chaleur vers l'aile, par une plaque de liège E ; le dispositif chauffant est placé dans un logement F, qui permet de ne pas modifier le profil normal de l'aile, et de raccorder les revêtements protecteurs A et H du corps de l'aile et du bord d'attaque.

DE LA MÉTÉOROLOGIE EMPIRIQUE NAIT UNE SCIENCE VÉRITABLE : LA MÉCANIQUE DE L'ATMOSPHÈRE

Par Charles BRACHET

La météorologie moderne dispose de puissants moyens d'information : stations innombrables réparties sur toute la surface du globe, navires météorologiques (1) stationnés au milieu des océans, ballons-sondes et radiosondes (2) analysant les conditions atmosphériques à basse et haute altitude, réseau de sondages par avion explorant quotidiennement l'atmosphère jusqu'à 6 000 m, émetteurs radiotélégraphiques assurant une centralisation rapide des observations locales et une diffusion non moins rapide des prévisions, etc... Grâce à cette organisation internationale, les météorologues dressent périodiquement la carte de l'évolution probable du temps, avec une précision aujourd'hui acceptable, au moins pour les quelques heures qui suivent. Cependant, de la masse énorme de renseignements dépouillés chaque jour, il est possible, en faisant abstraction des perturbations purement locales et des phénomènes quotidiens dont les variations font précisément la matière des prévisions empiriques courantes, de dégager les lois générales qui régissent les mouvements d'ensemble de l'atmosphère. La météorologie, jusqu'ici simple science naturelle purement descriptive, s'élève ainsi au rang de science physique, explicative et déductive. Grâce à cette « mécanique de l'atmosphère », encore seulement ébauchée aujourd'hui, sans doute pourra-t-on un jour accroître à la fois la précision et la portée dans le temps des prévisions météorologiques et en même temps élucider les causes et les modalités de la circulation aérienne stratosphérique, sur laquelle nous ne possédons que très peu de renseignements et qui intéresse au premier chef l'avenir des transports aériens à très grande distance.

LA météorologie n'est entrée dans la voie de l'observation coordonnée, scientifique, que pour répondre aux impérieuses nécessités de l'aviation. A plusieurs reprises, nous avons montré comment l'observation « synchrone », universelle et pluriquotidienne, s'était organisée internationalement afin de pouvoir répondre à l'urgente question de tout aviateur en partance : « Quel temps vais-je rencontrer sur ma route ? »

Tracée par étapes distantes de milliers de kilomètres et, dans le cas d'un raid, pour des traites pouvant excéder vingt-quatre heures, la route aérienne se trouve soumise à des variations météorologiques d'autant plus rapides qu'elles sont à la fois fonction du lieu et du temps.

Disposant de l'altitude, facteur capital d'économie, de vitesse et de sécurité, l'aviateur ne saurait se contenter d'un itinéraire plat ; il demande au « prévisionniste » une carte de route à *trois dimensions*. Or, c'est seulement depuis 1937 que les radiosondages (3),

désormais inscrits dans le programme international des prévisions, sur l'initiative française, fournissent les indications d'altitude : vent, température, hygrométrie — tous renseignements essentiels concernant les risques les plus divers : perte de temps, givrage, visibilité, franchissement des obstacles géographiques. Les prévisions sont valables, en l'état actuel de la météorologie, pour une durée de vingt-quatre heures.

Déduites à partir des observations numériques que les centres rassemblent avec promptitude, on ne peut déjà plus les taxer d'empirisme. Les « prévisionnistes » travaillent, en effet, d'après des règles que l'on doit dire « certaines », à condition de limiter leur portée.

Toutefois, il existe, de par le monde, des phénomènes météorologiques dont la régularité rivalise avec celle des révolutions planétaires. Citons, par exemple : les pluies tropicales dont les crues du Nil sont un des effets les plus réguliers ; l'apparition de la mousson, à date fixe, dans l'océan Indien, etc.

Il existe aussi des « objets » météorologiques, les typhons, dont la trajectoire se trouve mathématiquement déterminée sur

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 85.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 14.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 254, page 90.

la carte, dès l'instant qu'on possède les éléments caractéristiques du phénomène.

Il existe enfin des courants d'une grande permanence géographique, tels les vents alizés ; et d'autres dont la direction dominante apparaît fort nette, telles ces perturbations qui, de l'Atlantique-Ouest, se dirigent vers l'Europe, les trois quarts du temps, avec une intensité toujours plus accusée dans ce sens que dans le sens inverse.

Ces quelques exemples suffisent pour nous inciter à penser que, par-dessus les phénomènes quotidiens dont les variations font la matière des prévisions empiriques courantes, on peut édifier une météorologie beaucoup plus générale, intéressant l'ensemble de l'atmosphère et dont les phénomènes se dérouleraient à une « échelle » supérieure, suivant des lois naturelles à découvrir. Cette météorologie d'ensemble a fait, depuis cent ans, l'objet de théories et d'hypothèses dont le tri commence à

devenir possible à la lumière, justement, des observations accumulées par la « météo » de tous les jours, destinée aux aviateurs.

D'autre part, ce n'est pas sans motif que des savants tels que M. Wehrlé, directeur de notre Office Météorologique, et son collaborateur M. Dedebant pensent qu'une juste vision de la *Mécanique de l'Atmosphère* (c'est ainsi qu'ils nomment la future météo à grande échelle) aura une féconde répercussion sur le développement des prévisions pratiques. Elle nous apporterait, par surcroît, des connaissances indispensables touchant la haute atmosphère dont l'aviation compte faire le boulevard de ses voyages futurs.

On a beaucoup parlé, à tort et à travers,

de la stratosphère. Ce n'est pas le milieu idéalement calme qu'y voient certains vulgarisateurs. Ses perturbations sont, tout au contraire, considérables : M. Bureau, sous-directeur de l'O. N. M., cite le cas d'un ballon-sonde qui, parvenu aux altitudes stratosphériques, parcourut le trajet Bruxelles-Vienne à la vitesse moyenne de 500 km/h. Les causes et les modalités de la circulation aérienne stratosphérique sont précisément l'un des objets de la *Mécanique de l'Atmosphère*, — dont nous allons maintenant exposer les principes originaux.

L'atmosphère, chaudière ouverte

Pour expliquer la « vie météorologique » de l'atmosphère, on s'est longtemps borné à invoquer la différence de température qui sépare les régions polaires des équatoriales, par suite de l'inclinaison de l'axe terrestre sur l'écliptique. Dans ces vues simplifiées, les mers tropicales s'évaporent ;

l'atmosphère tropicale, saturée, va condenser son humidité aux latitudes supérieures, ce qui suscite la formation de courants aériens à haute altitude, tandis que des courants à basse altitude ramènent l'air, refroidi et desséché, du pôle à l'équateur. Ces derniers courants seraient les vents alizés, les précédents les contre-alizés. Tel était le thème central de la *Mécanique de l'Atmosphère* suivant les idées du XIX^e siècle.

De ce schéma, trop simple, il ne faut retenir que le rôle évident de « chaudière » joué par les océans aux latitudes tropicales et celui de « condenseurs » tenu par les deux calottes glaciaires. Mais nous observons aussitôt que, loin d'être réservée aux tropiques, l'évaporation se rencontre, graduée

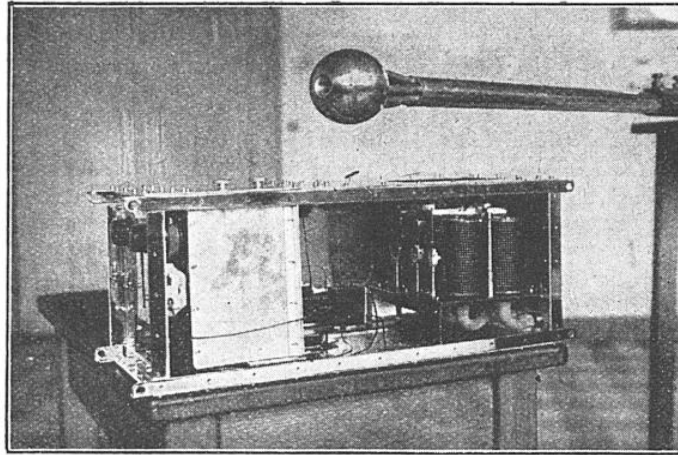


FIG. 1. — L'ANÉMOCLINOMÈTRE KAMPÉ DE FERIET

Cet instrument comporte une sphère creuse dont l'axe contient un « venturi » épanoui en entonnoir sur le pôle (visible ici). La sphère est, en outre, percée d'une multitude de trous orientés dans toutes les directions. La vitesse du vent, dans n'importe quelle direction, se mesure, dès lors, par les « différences de pression » relevées : 1° entre le « venturi » central et la « pression de référence » fournie pour l'ensemble des autres « trous » ; 2° entre deux trous symétriquement placés par rapport à l'axe, dans un plan horizontal ; 3° entre deux trous symétriquement placés par rapport à l'axe, mais dans un plan vertical. L'anémoclinomètre relève ainsi les vitesses du vent dans toutes les directions.

à l'infini, jusque dans le moindre lac, jusque dans la moindre flaque d'eau, à toutes les latitudes. L'océan Glacial lui-même possède une « tension de vapeur » et, semblablement, la condensation n'est jamais nulle aux basses latitudes.

Le « travail mécanique » que représentent les mouvements météorologiques résulte bien d'une transformation « thermodynamique », — c'est-à-dire d'une dépense de chaleur à laquelle pourvoit finalement le rayonnement solaire. Mais, loin de prendre la forme circulaire simple qui règne dans les tuyaux de nos « machines à vapeur », cette transformation de chaleur en « travail aérien » — disons aérodynamique — comporte une remarque capitale : *elle n'est pas canalisée.*

La circulation thermodynamique de l'atmosphère possède des « sources chaudes » et des « sources froides » secondaires, parfois variables, égaillées en latitude, en altitude, et qui provoquent des perturbations locales, parfois remarquablement périodiques, telles les *moussons* des Indes : mousson d'été causée par l'appel d'air du continent surchauffé, mousson d'hiver de sens inverse. En sorte que la différence de température dominante « polaire-équatoriale » ne saurait déterminer que les grandes lignes de la circulation atmosphérique, et que ces grandes lignes sont si bien dissimulées que le vent local paraît n'obéir qu'au *hasard*.

Les observations météorologiques locales et les lois du « hasard »

Nous venons de prononcer le mot « hasard ». C'est un des maîtres-mots de la science thermodynamique, — en vertu de la théorie cinétique des gaz, dans laquelle les molécules innombrables s'entre-choquent *au hasard*. Et le calcul des probabilités, fondé sur la notion de « grands nombres », permet d'éta-

blir une relation mathématique entre les vitesses moléculaires, d'une part, et, d'autre part, la *température d'ensemble* du gaz considéré, température qui tend à *s'uniformiser* à l'intérieur des parois d'un récipient. Nous allons voir que les lois du hasard vont également devenir la base d'une *Mécanique de l'Atmosphère* érigée en science rationnelle.

Complétons toutefois notre examen des conditions « thermodynamiques » de l'atmosphère par l'observation suivante : dans une vapeur « sous pression », encluse par une chaudière, la température tend à *s'uniformiser* à cause des barrières qu'opposent les

parois à toute déperdition extérieure, soit par « fuite », soit par « rayonnement » (1); dans l'atmosphère, tout au contraire, loin de s'uniformiser, la température se *diversifie à l'infini* au hasard des condensations locales.

De plus, l'atmosphère librement étendue vers le ciel se trouve seulement limitée par le sol terrestre, — véritable « paroi »

qu'elle « enveloppe », — tandis que les vapeurs de la thermodynamique classique *sont enveloppées* par les parois du système moteur. La « pression atmosphérique » est donc un facteur très différent des « pressions » qu'on étudie en *vase clos*. Tout comme la température, la pression *locale*, loin de tendre vers un équilibre stable, varie perpétuellement. L'expression de cette variation n'est autre que le *vent*, — la *pluie* et la *brume* demeurant l'expression plus spéciale des variations thermiques.

En fait, pour nous résumer, les *pressions* et les *températures* atmosphériques demeurent bien en liaison mutuelle constante, tout comme celles de la thermodynamique

(1) Les transformations thermodynamiques (celles, par exemple, de la vapeur dans un cylindre) sont dites « adiabatiques » quand l'enceinte où elles s'effectuent sont imperméables à la chaleur, ce qui est l'idéal.

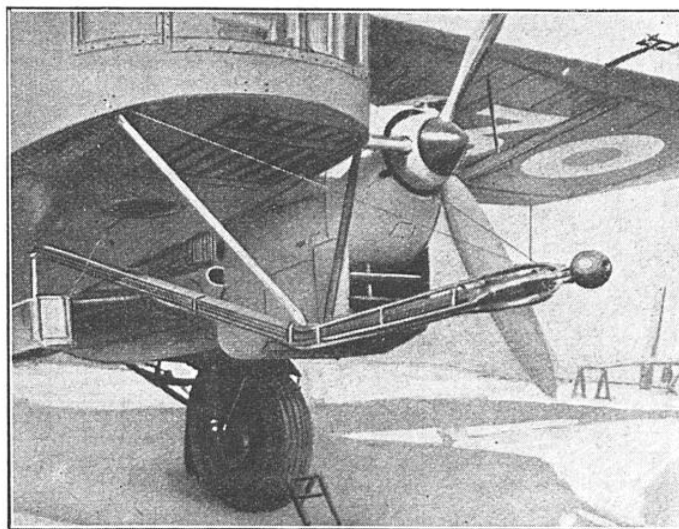


FIG. 2. — L'ANÉMOCLINOMÈTRE EN PLACE SUR L'AVION D'OBSERVATION MÉTÉOROLOGIQUE

classique. Seulement, tandis que, dans un récipient clos, pression et température *s'uniformisent* rapidement, c'est l'inverse qui se produit dans l'atmosphère en raison des grandes distances et pour une autre raison que nous verrons plus loin : les températures et les pressions y sont en perpétuelles variations *locales*. Ces caractéristiques de l'atmosphère courent après un équilibre qu'elles n'atteignent jamais.

Les « lois du hasard » ont contribué à l'édification d'une Thermodynamique ; elles peuvent fonder une Mécanique de l'Atmosphère

Ce contraste va nous permettre d'entrer immédiatement dans l'exposé des principes imaginés par MM. Wehrlé et Dedebeant pour la constitution d'une Mécanique de l'Atmosphère.

L'« uniformité » de pression et de température régnant dans un vase clos n'est qu'apparente.

Si nous pouvions entrer dans un récipient rempli de gaz en nous rapetissant jusqu'à l'échelle de grandeur d'une molécule, afin de *suivre du regard* les mouvements que la théorie cinétique lui attribue, nous verrions la molécule gazeuse circuler « au hasard », ainsi que nous le rappelions tout à l'heure. L'inventeur de la théorie cinétique moléculaire (1), Clerk Maxwell, a même imaginé les faits et gestes auxquels pourrait se livrer un petit « démon » inséré, comme nous venons de l'imaginer, dans le milieu gazeux, à l'échelle moléculaire.

Comprenant la thermodynamique de toute autre façon que nos ingénieurs, ce démon pourrait jouer à ceux-ci des tours pendables ; renverser, par exemple, leurs prévisions les mieux établies de « pression »

et de « température » dans le cycle moteur d'une machine thermique.

Or, justement, cette position de « démon moléculaire » — simple rêverie dans la théorie des gaz — devient l'humaine réalité dans une mécanique de l'atmosphère. Le « démon de Maxwell » *localisé* dans l'atmosphère au sein de laquelle il se trouve littéralement perdu, *sans aucune vision personnelle d'ensemble*, ce démon n'est autre que notre « météorologiste » !

Avec son attirail de thermomètres, de baromètres, d'hygromètres, le *météorologiste-observateur local* voit défiler devant lui des « perturbations » atmosphériques voyageant d'un seul bloc, dont chacune peut figurer, s'il plaît à ses yeux de théoricien, une « entité » présentant de fortes analogies avec la « molécule » d'un gaz.

Plongé dans l'atmosphère terrestre comme le démon de Maxwell dans l'éprouvette à gaz du laboratoire, le météorologiste peut et doit exécuter l'effort de pensée *inverse* de celui qui a précisément guidé les théoriciens du gaz.

Il doit raisonner ainsi : « Je ne puis observer que des « perturbations météorologiques » *isolées*, locales. Je note leur vitesse de déplacement ainsi que tous leurs caractères distinctifs.

Après cette opération, grâce à des moyennes statistiques, je vais tâcher de découvrir les lois générales météorologiques intéressantes de l'ensemble de l'atmosphère. Si j'y parviens, j'aurai conquis, *ipso facto*, vis-à-vis de l'atmosphère terrestre, une sorte de *point de vue de Sirius* strictement analogue à celui du physicien *manipulant* le gaz pris en bloc dans un cylindre moteur. Ainsi, je posséderai les données nécessaires pour écrire une *Mécanique de l'Atmosphère* dont la précision rivalisera, peut-être, avec celle de la thermodynamique des gaz. »

Le projet est grandiose.

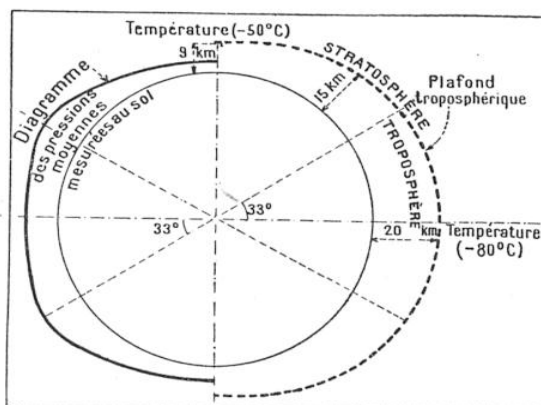


FIG. 3. — LA STRATOSPHERE : DIAGRAMMES REPRESENTANT SES ALTITUDES, SES TEMPÉRATURES ET LA RÉPARTITION DES PRESSIONS. Loin d'être située à une altitude uniforme, la stratosphère se rencontre à l'altitude de 9 km aux pôles, à 20 km à l'équateur, à 15 km aux latitudes tempérées. La température stratosphérique non plus n'est pas uniforme : le thermomètre marque -50°C dans la stratosphère du pôle et -80°C dans celle de l'équateur. Enfin, les pressions atmosphériques moyennes mesurées au sol marquent un maximum sensible vers la latitude 33° . Les diagrammes représentatifs ci-dessus marquent ces hétérogénéités de la stratosphère.

(1) Que Boltzman a développée jusqu'à lui permettre d'exprimer les lois expérimentales de la thermodynamique.

La « molécule météorologique »

Pour en définir les dimensions, M. Wehrlé part d'une constatation expérimentale.

Considérez un facteur météorologique quelconque : par exemple, la « vitesse ascendante » de l'air, sur un terrain de 10 km². Au même instant, vous pourrez observer, sur les différentes « verticales » de ce terrain, des vents ascendants de plusieurs mètres par seconde, capables de soutenir, par conséquent, un planeur volant « à la voile » et, aussi, des vents descendants non moins importants. Si vous faites la *moyenne statistique* de ces courants verticaux, vous obtenez une vitesse résultante de quelques centimètres seulement à la seconde. Elle peut être, du reste, soit *positive* (dirigée vers le ciel), soit *négative* (dirigée vers le sol). Et vous aurez beau choisir un « temps » troublé, — ou très calme, — la résultante obtenue sera toujours de l'ordre du centimètre par seconde, et non du mètre par seconde.

Le vent vertical correspond à la différence entre le « gradient » de pression (autrement dit à une variation de pression le long de la verticale) et l'accélération de la pesanteur.

Recommençons l'opération pour les différences de température relevées sur le même élément de surface de 10 km². Là encore, la résultante statistique accusera une « température moyenne » parfaitement limitée à quelque fraction de degré C.

On peut recommencer le raisonnement pour n'importe lequel des facteurs météorologiques : le vent horizontal, par exemple. Sur l'espace considéré, l'anémomètre décelera des « rafales » extrêmement diverses : il faudra même, pour déceler ces différences de vitesse, des anémomètres « fins » tels que les anémomètres à *fil chaud* (1), ou encore des anémomètres de *faible inertie*. Par contre, un lourd moulin à vent « hollandais » tourne

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 197, page 407.

ron, à vitesse uniforme, ignorant les rafales « fines » qui varient dans l'aire battue par ses ailes. Plusieurs éoliennes légères dispersées sur l'aire en question de 10 km² pourront d'ailleurs accuser des vents légèrement différents. Mais, tout compte fait, de *gros moulins* (à grande inertie) indiqueront toujours des vitesses sensiblement égales sur tous les points de la « cellule » géographique.

Nous comprenons maintenant que la température, la pression, les vents horizontaux et verticaux couvrant, à un instant donné, l'élément de 10 km² suffisent à la caractériser du point de vue d'une Mécanique de l'Atmosphère, — exactement comme la

vitesse et la masse d'une molécule gazeuse caractérisent celle-ci dans la cinématique des gaz.

Le calcul des probabilités peut donc s'emparer, en toute sécurité, de l'« élément » météorologique ainsi défini.

Il ne reste plus au « mécanicien » atmosphérique qu'à déterminer les conditions de mouvement des

cellules météorologiques, c'est-à-dire l'analogie des « conditions aux limites » que figurent, dans la thermodynamique moléculaire, les parois du récipient.

Le domaine de la Mécanique atmosphérique : entre Ciel et Terre

Le domaine dans lequel sont destinées à se mouvoir les « cellules météorologiques » (1) est limité, en bas, par le sol terrestre, en haut, par le vide céleste.

Ces deux « conditions aux limites » donnent à la Mécanique de l'Atmosphère tout son caractère concret. Les « rugosités de la Terre » — continents découpés comme on sait, chaînes de montagne, d'altitudes si

(1) Il est évident que l'unité météorologique ainsi constituée ne conserve pas indéfiniment son « identité » à la manière d'une molécule gazeuse, mais seulement pendant une durée appelée « temps de persistance », analogue au temps qui s'écoule entre deux chocs d'une molécule. Nous ne pouvons entrer, ici, au fond de la théorie de M. Wehrlé,

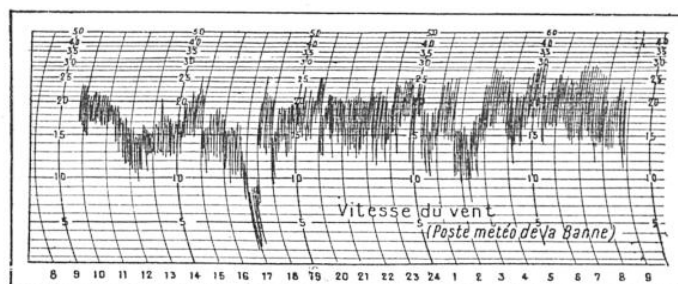


FIG. 4. — UN DIAGRAMME DU MANOMÈTRE DIFFÉRENTIEL QUI, BRANCHÉ SUR L'ANÉMOCLINOMÈTRE, FOURNIT LES VITESSES DU VENT À CHAQUE INSTANT

Les vitesses sont figurées en coordonnées (curvilignes) sur le cylindre enregistreur. Les temps (heures) graduent les génératrices dudit cylindre. On aperçoit, par la richesse des dentelures, combien sont multiples les variations de la vitesse du vent dans l'espace d'une heure seulement. La moyenne des vitesses en vingt-quatre heures est cependant assez peu troublée.

diverses — introduisent évidemment des « coefficients de frottement » extrêmement variés dans les divers mouvements atmosphériques. Mais la face de la Terre une fois donnée pratiquement immuable, — avec ses courants océaniques dont l'intervention thermique est évidente, mais dont le régime est heureusement quasi permanent, — il n'en reste pas moins que les lois générales d'une Mécanique de l'Atmosphère seront applicables.

Il ne faut donc pas renoncer à l'hypothèse rationnelle d'un globe idéal, uniformément poli, en tant que support nécessaire de la Mécanique de l'Atmosphère.

Dans cette hypothèse, le calcul montre que les pressions atmosphériques moyennes (nous savons maintenant ce que signifie cette expression « statistique ») se répartissent en fonction de la latitude de l'équateur aux pôles, suivant une loi précise. Cette loi donne lieu au graphique de la figure 3. Elle se vérifie exactement, surtout dans l'hémisphère austral, mieux dégagé que le boréal de terres émergées.

Le calcul permet encore de déterminer la loi de variation des températures moyennes (même observation que pour la pression) mesurées soit au sol, soit dans la stratosphère, soit dans la zone qui sépare pratiquement la « troposphère » de la « stratosphère » et que l'on nomme « tropopause » (1).

(1) Rappelons que la stratosphère est définie en principe par l'absence d'humidité et la constance de la température. La troposphère (atmosphère inférieure) contient les nuages et sa température décroît avec l'altitude en raison de 0° C par mètre.

On observe (comme le veut la théorie) que si, au sol, la température décroît de l'équateur au pôle, c'est exactement l'inverse qui se produit dans la stratosphère : celle-ci est « froide » jusqu'à — 85° C à l'équateur et « chaude » jusqu'à — 50° C aux pôles.

Le plafond troposphérique, ou, ce qui revient au même, le plancher stratosphérique, varie avec la latitude : il se situe vers 9 ou 10 km au pôle ; à 12 ou 13 km aux latitudes européennes ; à 20 km dans le plan de l'équateur.

Ces variations statiques sont, du reste, modifiées par les saisons et aussi par les mouvements aériens massifs et accidentels de ce que l'école norvégienne appelle les « fronts froids ». Les masses polaires d'air froid peuvent, dans leurs mouvements, transporter en quelque sorte leur tropopause, c'est-à-dire provoquer un abaissement de la stratosphère.

Quelles sont les bases de ces calculs, dont les résultats sont aujourd'hui confirmés par les radiosondages ?

Nous allons, pour terminer, en donner une idée, en nous excusant, bien entendu, de ne pouvoir nous livrer ici aux développements qui seraient nécessaires.

Le vent de « circulation générale » est perpendiculaire aux directions que lui assigne le « bon sens »

Il convient, tout d'abord, de se défaire de la vieille idée, radicalement fautive, d'une double circulation atmosphérique en altitude, telle que celle (déjà mentionnée) des vents alizés allant de l'équateur au pôle et

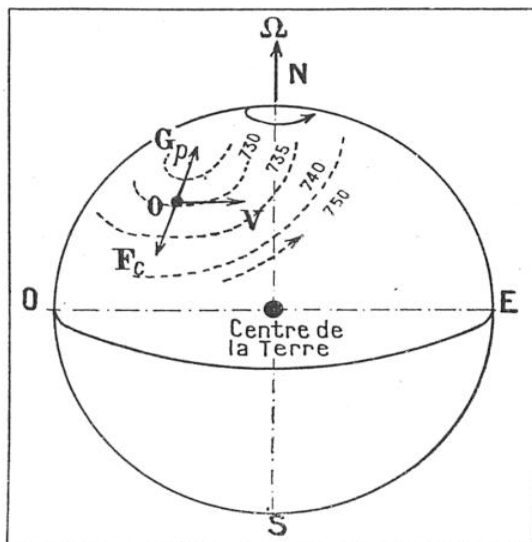


FIG. 5. — LE VENT DU GRADIENT SUIT LES LIGNES D'ÉGALE PRESSION

Soit un « cyclone » (isobares de cotes décroissantes de la périphérie au centre : pressions de 750, 740, 730 mm de mercure mesurées à la même altitude, celle du niveau de la mer). Une particule d'air située en O est ainsi soumise à la force G_p perpendiculaire aux isobares. Mais la rotation Ω du globe terrestre introduit une nouvelle force F_c (force de Coriolis) perpendiculaire à la direction du vent et dirigée vers la droite (hémisphère nord). Comme il doit y avoir équilibre entre ces deux forces, le vent est forcément tangent à l'isobare et tourne en sens inverse des aiguilles d'une montre autour du « cyclone ». Il tournerait dans le sens des aiguilles d'une montre autour d'un anticyclone. Telle est la théorie du vent de gradient. Les règles de circulation qui en résultent avaient été trouvées empiriquement par Buys-Ballot, qui les a énoncées dans sa fameuse loi : « Dans l'hémisphère nord, un observateur se plaçant dans la direction du vent de manière à le recevoir dans le visage aura les basses pressions à droite et les hautes pressions à gauche. »

contre-alizés retournant du pôle à l'équateur. En réalité, la circulation atmosphérique verticale demeure pratiquement nulle.

La circulation générale atmosphérique est donc tout entière horizontale. Les vents sont ou « troposphériques » ou « stratosphériques », mais ils résultent toujours d'un « gradient » (1) horizontal des pressions barométriques.

Seulement, — et c'est ici le théorème fondamental de la Mécanique Atmosphérique, — il convient de se faire du vent de circulation générale une notion moins simple que celle d'un « courant d'air » s'écoulant, par exemple, dans un souterrain du métro, par suite d'une différence de pression existant entre ce souterrain et l'extérieur.

Si vous ouvrez la valve d'un pneumatique gonflé, le « vent » qui jaillit est perpendiculaire aux *niveaux étagés des pressions qui décroissent* de l'intérieur à l'extérieur. Les lignes d'égale pression (isobares), que portent les cartes météorologiques, entourent, d'ordinaire, un noyau central. Il semblerait donc que le vent résultant des différences de pressions marquées par les « isobares » doive se diriger, *perpendiculairement à ces lignes*, du côté des basses pressions.

Si le noyau est un centre de haute pression, le vent résultant devrait s'éloigner radialement du centre. Si le noyau est un centre de dépression, le vent devrait accourir de la périphérie. Cette théorie simpliste de

(1) On appelle « gradient » d'une quantité physique quelconque (température, pression, vitesse), suivant une direction déterminée, le taux d'accroissement ou de diminution de cette quantité le long de cette direction.

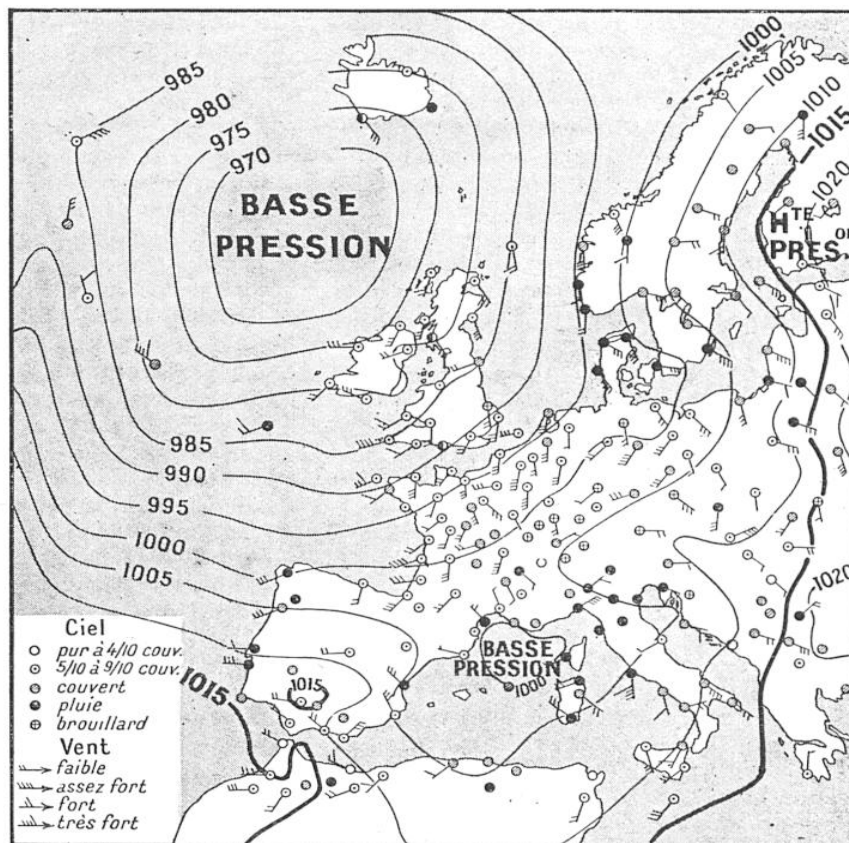


FIG. 6. — CARTE MONTRANT LA DISPOSITION DES VITESSES DU VENT PAR RAPPORT AUX LIGNES D'ÉGALES PRESSIONS (ISOBARES)

On voit que la loi des répartitions des vitesses tangentiellément aux lignes isobares s'applique d'autant mieux que les perturbations locales sont moins à craindre. Par exemple sur l'Océan, le vent « tourne » dans le sens inverse des aiguilles d'une montre autour des dépressions barométriques.

« vases communicants » ne vaut pas dans l'atmosphère : nous savons que, dans un « typhon », le noyau du tourbillon est un centre de dépression très marqué. Cependant le vent « tourne » — à quelle vitesse vertigineuse ! — autour de lui...

Il en est de même du vent produit par la succession d'isobares « en pente douce » qui sont l'ordinaire des cartes météorologiques : le vent n'est pas perpendiculaire, mais presque tangent aux isobares.

La « force de Coriolis » (1) régit toute la Mécanique de l'Atmosphère

Ce fait, paradoxal pour le sens commun, devient rationnel si l'on considère la « force » sinon la plus puissante, mais la plus continue qui, avec la pesanteur, domine toute la

(1) Du nom du mathématicien français qui la mit en évidence, il y a plus d'un siècle.

mécanique terrestre : la « force de Coriolis ». C'est une force dérivée de la rotation terrestre, — tout à fait distincte, insistons-y, de la force centrifuge. Elle se manifeste *dans tout mouvement* réalisé à la surface du globe et s'exerce perpendiculairement à la direction de ce mouvement. Elle est dirigée perpendiculairement à la vitesse *vers la droite* (dans le sens du mouvement) dans l'hémisphère Nord ; *vers la gauche*, dans l'hémisphère Sud ; elle est maximum quand la vitesse est dirigée suivant un méridien ; nulle quand la vitesse est dirigée suivant un parallèle. Exemple : un train qui roule dans l'hémisphère Nord est déporté vers la droite de son mouvement. En sorte que toutes les voies ferrées de notre hémisphère voient leur *rail de droite* s'user, intérieurement, plus vite que celui de gauche.

Comment la force de Coriolis va-t-elle influencer la circulation atmosphérique ?

C'est assez simple. Les différences de pressions atmosphériques les plus faibles provoquent des courants aériens d'autant plus rapides que l'on se trouve loin du sol, — c'est-à-dire dégagé des forces de frottement. La force de Coriolis, *étant proportionnelle à la vitesse du mouvement qu'elle influence*, s'applique avec une grande intensité à ces courants, *parce qu'ils sont rapides*. Elle devient alors du même ordre de grandeur que la force de pression. Le vent *uniforme*, à vitesse *constante*, s'établit quand il y a *équilibre entre les deux forces*. Il est donc perpendiculaire à leurs deux directions et, par conséquent, de même sens que les lignes isobares.

Cela semble paradoxal, mais il suffit, pour dissiper le paradoxe, de comprendre qu'un *mouvement uniforme*, même rapide, n'exige pas l'intervention d'une force : il représente, tout au contraire, un état d'équilibre entre les forces existantes, à condition, bien entendu, que le frottement soit éliminé. Et c'est justement le cas théorique de l'atmo-

sphère, surtout de la haute atmosphère.

Munis de ces principes, si nous pouvions suivre encore plus avant les créateurs de la Mécanique de l'Atmosphère nous verrions que, de par les lois du « vent de gradient » (1), — celui dont nous venons d'esquisser la théorie, — la circulation atmosphérique s'organise rationnellement en *altitude* et en *latitude*, en fonction de la force de Coriolis dont l'intensité va croissant de l'équateur au pôle, le long d'un méridien.

Chose curieuse, les auteurs retrouvent pour la Mécanique de l'Atmosphère les mêmes figures de « rotation différenciée » que les astronomes observent à la surface du Soleil : les différentes zones de la « photosphère » tournent avec des vitesses angulaires qui dépendent de leur latitude sur le globe solaire, la bande équatoriale tournant plus rapidement que les bandes de latitudes plus élevées.

Nous n'allons pas plus loin, mais nous considérons sans peine que la Mécanique de l'Atmosphère apporte au météorologiste des assises solides. Stratosphère et tropopause sont pour lui des « êtres » scientifiques d'une existence aussi « rationnelle » que le Soleil et la Lune dans la théorie des marées. Armé des observations concrètes lui parvenant des quatre coins de son horizon et de théories subsidiaires puissantes, telles que celle des « fronts froids » ondulant autour des pôles, le météorologiste peut espérer manœuvrer un jour sinon avec la précision de l'astronome, du moins avec une assurance qui pourrait augmenter la portée dans le temps et la précision de ses prévisions.

CHARLES BRACHET.

(1) Ainsi nommé parce que le calcul montre qu'il est *proportionnel* au « gradient des pressions » entre deux isobares.

N. D. L. R. — Les figures 1 et 2 sont extraites de la publication scientifique et technique du Ministère de l'Air : *Contribution à l'étude du sol en atmosphère agitée*, par PAUL DUPONT.

En 1933, on comptait 610 véhicules à gazogène (1) ; 700 en 1934 ; 1 200 en 1935. D'après une récente statistique de l'Office national d'encouragement à l'utilisation des carburants forestiers, leur nombre serait actuellement de 8 000. Il serait souhaitable, tant au point de vue de la défense nationale — difficultés du ravitaillement en essence (2) en temps de guerre — que pour améliorer notre balance commerciale du temps de paix, que ce nombre soit fortement augmenté. La fédération nationale du bois estime que l'on pourrait facilement atteindre à brève échéance 35 000 véhicules à gazogène qui contribueraient utilement à écouler une partie de la production excédentaire de bois de l'ordre de 3 millions à 3 millions et demi de tonnes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 262, page 270. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 466.

LES ILLUSIONS DES SENS

Par Marcel BOLL

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ — DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

Notre connaissance de l'univers et des lois qui le régissent repose en dernière analyse sur la coordination et l'interprétation des données immédiates de nos sens. Si l'« homme de la rue » leur accorde généralement une confiance totale, le savant a appris depuis longtemps à douter de l'objectivité de ses perceptions sensorielles. On sait, en particulier, que nos organes ne nous permettent en aucune manière de percevoir les véritables constituants de l'univers : électrons, positrons, neutrons, photons. Mais même à l'échelle humaine, les illusions des sens (anomalies et hallucinations mises à part) sont fréquentes. L'œil, par exemple, qui est l'organe auquel nous faisons en général le plus large crédit, est précisément celui qui présente les illusions les plus connues et les plus nombreuses, qu'il s'agisse d'évaluer des distances, des perspectives ou des reliefs, ou d'apprécier des angles, des intensités lumineuses ou des couleurs. Seule une longue expérience nous a appris à corriger inconsciemment, dans la vie quotidienne, la plupart des indications erronées, incomplètes ou contradictoires que nous donnent nos sens et dont la recherche scientifique ne saurait faire état, tant qu'une mesure objective ne les a pas corroborés.

De même que l'on confond trop souvent la science et la technique — lesquelles sont, respectivement, les modes les plus perfectionnés de la pensée et de l'action —, de même on se laisse aller à opposer, sans raison valable, la théorie et la pratique. Quand, dans la vie de tous les jours, nous entendons opposer « pratiquement » à « théoriquement », nous pouvons être sûrs que la « théorie » invoquée n'est alors que la traduction d'une expérience défectueuse.

Plusieurs esprits éminents se sont élevés contre un tel préjugé, né lui-même de constatations superficielles ou de généralisations passionnées. C'est tout d'abord le philosophe Royer-Collard (1763-1845) : « Déclarer la théorie superflue, écrivait-il, c'est avoir l'outrecuidance de dire : *je n'ai pas besoin de savoir ce que je dis, quand je parle, ni de savoir ce que je fais, lorsque j'agis.* » Le regretté professeur Edmond Goblot (1858-1935) remarquait fort pertinemment : « Le meilleur théoricien est exposé à se tromper, s'il n'a pas assez pratiqué, comme aussi le meilleur praticien, s'il n'a pas assez étudié. » Rappelons également la boutade de l'astronome anglais Arthur Eddington (1882) : « La question n'est pas de savoir si nous devons nous appuyer sur l'observation ou sur la théorie. Ce qu'on appelle *un fait* est, dans tous les cas, l'interprétation théorique d'une observation. Mais utilisons-nous, pour cela, les ressources les plus complètes de

la théorie moderne ? En ce qui me concerne, je ne vois aucune raison de préférer les théories d'il y a cinquante ans aux instruments datant de la même époque. »

C'était là une thèse familière au grand mathématicien Henri Poincaré (1854-1912), qui répondait victorieusement aux « adversaires des théories » : strictement parlant, vous n'avez pas le droit d'affirmer : « Il passe un courant électrique dans tel circuit » ; vous devez vous contenter de dire : « Je vois une lampe s'allumer, je vois une boussole tourner, je vois des bulles de gaz se détacher d'une électrode ». En méprisant la « théorie », on s'interdit à tout jamais de s'écrier : « Il n'y a plus de jus », ou « Mes accus sont à plat », car ce sont là des interprétations, déjà passablement complexes, d'impressions sensorielles. Il faudrait même aller beaucoup plus loin dans cette voie scabreuse et se borner à des phrases plus vagues comme : « Je sens que ma rétine est impressionnée par une lumière, par un déplacement d'objets... », si bien que la *réalité du monde extérieur* serait à chaque instant remise en question, car nous n'assistons jamais qu'à des changements individuels, et le monde extérieur n'est que l'interprétation cohérente et systématique de ces modifications directement perçues.

Tel est le problème général qui se pose à chacun de nous et que nous avons résolu une fois pour toutes, machinalement, sans trop y réfléchir. Mais ce problème réappa-

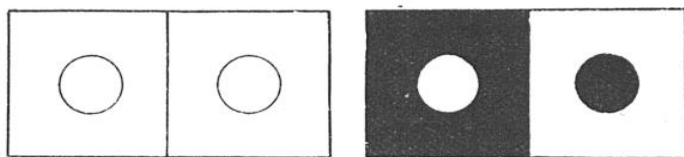


FIG. 1 ET 2. — EXEMPLE TYPIQUE D'ERREUR DANS L'ÉVALUATION DES DISTANCES PAR NOTRE ŒIL

La figure 2 (à droite) est identique à la figure 1 (à gauche). Mais le cercle central est tantôt blanc sur fond noir, tantôt noir sur fond blanc. Le cercle blanc paraît, sur cette deuxième figure, notablement plus grand que le cercle noir.

rait dans un cas fort curieux et d'un intérêt général, dans le cas où il y a contradiction entre les données de deux sens différents ou entre deux applications différentes d'un même organe sensoriel : c'est précisément en cela que consistent les illusions des sens.

Les « cinq » sens

Une tradition séculaire veut que nous ayons cinq sens : la vue, l'ouïe, le toucher, le goût et l'odorat. En vérité, nous en avons bien plus que cela : au moins huit, et peut-être une vingtaine (si l'on tient compte des subdivisions) : telle est aujourd'hui la classification admise par les physiologistes, à la suite des travaux de Yerkes (Londres, 1911). L'énumération, que nous avons apprise par cœur dans notre enfance, oubliait des sens de premier ordre, comme le *sens de l'équilibre*, qui se localise dans une partie de l'oreille interne (sacculé, utricule et canaux semi-circulaires), ou comme la *cénesthésie*, laquelle est l'ensemble de nos sensations internes, et dont nous prenons conscience par les sentiments diffus de bien-être ou de mal-être, de bonne humeur (gaieté), de mauvaise humeur (énervement), de tristesse et d'inquiétude. En comptant bien, on arrive ainsi jusqu'aux huit sens, dont nous allons donner la liste.

Mais on peut aller plus loin, en séparant, sous deux rubriques, des sens voisins, dont les sièges sont différents : ainsi, le sens de la couleur ne provient pas de l'excitation des mêmes éléments rétinien que le sens lumineux (ou sens achromatique) ; de plus, il est expérimentalement hors de doute que le sens de la chaleur et le sens du froid sont fournis par des organes distincts, qu'on trouve dans la peau. Ceci dit, nous parvenons au classement suivant :

- 1° *Vue* (sensations achromatiques et chromatiques) ;
- 2° *Ouïe* (bruits et sons) ;

3° *Sens statique* (équilibre et vertige) ;

4° *Sensibilité périphérique ou sensations cutanées* (pression, chatouillement, chaleur, froid, volupté, douleur) ;

5° *Sens musculaire* (muscles, articulations, tendons) ;

6° *Cénesthésie* ;

7° *Goût* ;

8° *Odorat*.

D'autres sens ont été proposés dans ces dernières années, mais

ils sont dus à ce que la bonne foi de leurs auteurs a été surprise : citons, par exemple, la *sensibilité supranormale* de Charles Richet (1850-1935), par laquelle il « expliquait » le médiumnisme et la télépathie ; il suffit, à ce propos, de rappeler que Paul Portier, son successeur, omet intentionnellement de parler de la métapsychique dans la biographie très complète qu'il lui a consacrée. Citons aussi la vision extrarétinienne (ou *sensibilité paroptique*), dont nous avons dénoncé, dès 1924, le caractère fallacieux ; aucun fait contrôlé n'est venu modifier ces conclusions depuis quinze ans, et Henri Piéron, professeur au Collège de France, écrivit ici même (1) : « L'œil permet seul, grâce à son appareil optique transparent très perfectionné, une perception des formes que ne possède jamais la surface cutanée. Aussi la sensibilité, dite paroptique, décrite quatre ou cinq fois depuis un siècle, et qui permettrait de lire son journal avec la peau, n'est-elle qu'une erreur due à la fraude des sujets, qui se servent de leurs yeux sous le bandeau qu'on leur met, grâce au petit interstice que la saillie nasale ménage toujours. »

Le terrain étant ainsi déblayé, il nous faut encore préciser que les illusions des sens ne comprennent pas leurs *anomalies* : ainsi l'astigmatisme et le daltonisme n'entrent aucunement dans notre sujet. Nous laisserons de côté le rêve (ou hallucinations

(1) *La Science et la Vie*, n° 95, page 420.

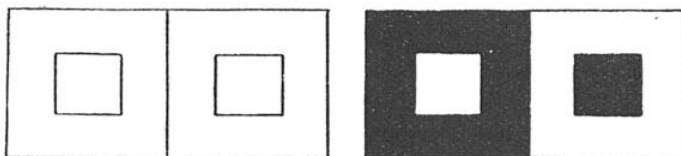


FIG. 3 ET 4. — AUTRE EXEMPLE D'ERREUR COMMISE DANS L'ÉVALUATION DES DISTANCES

Ces deux figures sont la réplique des figures 1 et 2. Les carrés de la figure 3 sont identiques deux à deux ; la figure 4 reproduit la figure 3, avec un pourtour noirci ou avec un centre noirci. Le carré blanc paraît notablement plus grand que le carré noir.

pendant le sommeil) et les hallucinations pendant la veille, qui proviennent nécessairement d'intoxications d'origine endogène ou exogène ; les hallucinations que l'on attribue aux hystériques ou aux hypnotisés sont toujours simulées.

L'intensité lumineuse

L'œil est l'organe intellectuel par excellence : c'est donc celui qui présente les illusions les plus connues et les plus nombreuses. Le physiologiste et physicien allemand Hermann von Helmholtz (1821-1894), dont les études font encore autorité, disait ironiquement : « Si un opticien m'avait livré un appareil optique aussi médiocre que l'œil, je me serais considéré en droit de le refuser, en me servant d'expressions assez sévères » ; il écrivit d'ailleurs, dans le même sens, cette phrase dont nous rencontrerons maintes applications : « On pourrait dire que la nature s'est complu à accumuler les contradictions, pour enlever tout fondement à l'hypothèse d'une harmonie pré-établie. » Notre compatriote Élie Mascart (1837-1908) accuse l'œil d'avoir « tous les défauts optiques possibles », en reconnaissant toutefois qu'ils ne sont pas assez prononcés pour être trop nuisibles dans la pratique courante. Et nous verrons plus loin que le savant américain Robert-Andrews Millikan (1868—, lauréat Nobel 1923) émet un avis analogue.

La vue nous renseigne sur l'intensité lumineuse en lumière blanche (ou en lumière peu colorée), sur les formes planes (associations complexes de distances et de directions), sur la « profondeur » et les formes spatiales (perspective et relief), sur les couleurs (lumières colorées et matières colorées). Chacune de ces particularités — dont l'ensemble constitue la vision — donne lieu à des illusions, que nous allons rapidement passer en revue.

Par rapport à l'intensité lumineuse, l'œil est uniquement un *appareil différentiel* : il apprécie avec une bonne précision (à quel-

ques pour cent près) l'égalité d'éclairement de deux surfaces blanches contiguës. Ce principe sert de base à la photométrie visuelle ; mais les mesures d'intensité lumineuse ont pu, dans ces derniers temps, s'affranchir de « l'équation personnelle » de l'observateur, grâce à l'emploi systématique des photocellules.

Au contraire, l'œil se trompe dans des proportions énormes lorsqu'il s'exerce à des mesures absolues, soit simultanées, soit successives. Lorsque deux surfaces voisines sont inégalement éclairées, il se rend bien

compte que l'une l'est plus que l'autre, mais il est incapable de savoir si c'est deux fois ou vingt fois. Citons également les phénomènes d'adaptation et d'éblouissement : une lampe électrique, allumée dans une rue en plein jour, produit une lumière à peine perceptible ; le brusque passage, en été, du souterrain du métro dans la rue et le passage inverse donnent lieu à une gêne souvent pénible, car l'intensité lumineuse devient tantôt cent mille fois plus grande, tantôt, au

contraire, cent mille fois plus petite.

Les contrastes simultanés jouent dans le phénomène de l'*irradiation* : on nomme ainsi la vision d'un objet brillant sur fond obscur, ou d'un objet sombre sur un fond très éclairé. Dans le premier cas, il paraît plus grand qu'il n'est en réalité ; dans le second, il paraît, au contraire, plus petit. Nos figures 1-6 nous en donnent quelques exemples :

1° La figure 1 représente deux grands carrés contigus, identiques, à l'intérieur desquels ont été tracées deux petites circonférences, elles aussi identiques. Le même dessin est reproduit à droite (fig. 2) ; mais, dans un cas, le cercle est blanc sur fond noir ; dans l'autre, il est noir sur fond blanc ;

2° Les figures 3 et 4 montrent que l'effet est le même si la figure centrale est un carré. Ces quatre figures indiquent que les contrastes peuvent occasionner des erreurs notables dans l'évaluation directe des distances « au jugé » ;

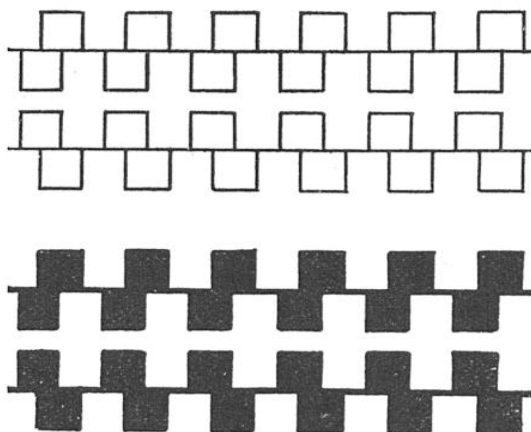


FIG. 5 ET 6. — LA FIGURE DE LEHMANN

Dans la figure 5, les deux lignes droites apparaissent bien parallèles. Il suffit, en bas (fig. 6), de noircir les vingt-quatre carrés pour que cessent à la fois l'horizontalité et le parallélisme.

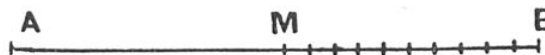


FIG. 7. — ESPACE DIVISÉ DANS LE PROLONGEMENT DE L'ESPACE NON DIVISÉ

Le point M paraît le milieu de AB. En fait, la distance A M est supérieure à la distance M B de 10 %.

3° La « figure de Lehmann » (fig. 5 et 6) a été imaginée pour prouver que l'irradiation provoque aussi des déformations : l'empiétement du blanc sur le noir dans les carrés noirs de la figure 6 fait que les deux lignes noires, en réalité parallèles, paraissent diverger vers la gauche. Dans la figure 5, où les carrés sont blancs, l'illusion disparaît.

C'est Helmholtz qui a fourni l'explication la plus plausible de ces agrandissements, de ces rapetissements et de ces déformations : la mise au point (ou accommodation) de l'œil n'est jamais qu'approchée, à cause des imperfections optiques de l'œil, et la lumière s'étend au delà de l'image géométrique de la surface observée, tandis que l'obscurité empiète sur cette image. Mais, comme la sensation lumineuse ne varie pour ainsi dire pas avec l'intensité, lorsque celle-ci est forte, on remarque moins la diminution de lumière à l'intérieur de la surface blanche que l'éclairement des régions situées à l'extérieur, d'où une extension apparente du cercle blanc (ou du carré blanc) sur fond noir.

La rétine nous fait en outre percevoir des images, qui ne correspondent à rien dans le monde extérieur :

1° Les images consécutives sont des conséquences directes de l'inertie de la rétine. En voici deux exemples simples : on fixe un objet très brillant pendant un certain temps. Puis on regarde une feuille de papier blanc, modérément éclairée : il apparaît alors sur le papier une tache sombre, reproduisant exactement l'objet brillant. Si, après avoir fixé ce dernier, on avait plongé le regard dans l'obscurité, on aurait vu apparaître,

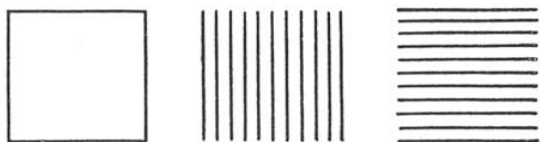


FIG. 8, 9 ET 10. — LES CARRÉS DE HELMHOLTZ

Les deux dessins 9 et 10 ont exactement les mêmes dimensions que le carré de la figure 8. Or, le dessin de la figure 9 a l'apparence d'un rectangle plus large que haut ; le dessin de la figure 10, l'apparence d'un rectangle plus haut que large.

avec un léger retard, une réplique de l'objet, mais, cette fois-ci, en clair sur fond sombre ;

2° Normalement, le nerf optique, qui aboutit à la rétine, est excité par de la lumière. Mais, même si cette excitation n'est pas causée par de la lumière, le cerveau l'interprète comme tel : c'est pourquoi un coup de poing lancé sur l'œil nous fait véritablement voir, selon l'expression populaire, trente-six chandelles, et, au point de vue physiologique, c'est véritablement un phénomène lumineux qui s'est produit. Quand on fait passer un courant électrique à travers la tête, en s'arrangeant pour qu'il atteigne le nerf optique, on constate facile-



FIG. 11 ET 12. — UNE ILLUSION CLASSIQUE : AIGRETTES ET FLÈCHES DE TSCHERNING

Les deux longueurs horizontales sont identiques, bien que celle de gauche, terminée par des aigrettes (fig. 11), paraisse beaucoup plus longue que celle de droite, terminée par des flèches (fig. 12).



FIG. 13. — LES HIRONDELLES D'EBBINGHAUS

C'est une autre forme de l'illusion précédente : l'œil de l'hirondelle du milieu est, en réalité, à égale distance des yeux des deux autres.

ment des sensations lumineuses (appelées également phosphènes) (1).

Images consécutives et phosphènes sont, en quelque sorte, des hallucinations d'ordre physiologique, puisque le sujet y « reconnaît » des lumières qui n'existent pas dans la réalité. Ces images se produisent constamment ; mais, comme elles ne sont d'aucune utilité et qu'elles sont même plutôt nuisibles pour notre exploration du monde extérieur, nous avons pris l'habitude de les négliger.

Erreurs sur les distances

Poursuivons notre examen des figures planes, des formes à deux dimensions.

1° La figure 7 nous permet de constater que les longueurs divisées apparaissent, en général, plus longues que les longueurs non divisées : bien que A M et M B semblent

(1) Les phosphènes, dont nous parlons, peuvent être occasionnés par une grande fatigue. (Ces images « irréelles » sont à rapprocher des sifflements d'oreille, des frissons de fièvre, des « cafards » sans cause...),

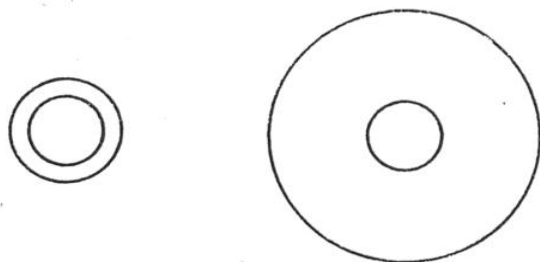


FIG. 14 ET 15. — CERCLES DE DELBŒUF
(PREMIER EXEMPLE)

Le cercle intérieur de gauche (fig. 14) paraît plus grand que le cercle intérieur de droite (fig. 15). En réalité, ces deux cercles sont égaux.

égaux, on vérifiera, par mesure directe, que AM a 32 mm et MB , 30 mm seulement ; c'est là un exemple typique d'une contradiction entre deux applications d'un même sens, la vue... Et nul ne contestera, je pense, qu'il faut se fier à la mesure directe (1). Comme le disait Helmholtz, les sensations visuelles ne sont que des *signes*, qu'une longue expérience nous apprend à interpréter.

L'explication proposée récemment par Armand de Gramont mérite d'être citée, car elle insiste sur la complexité, sur la synergie des gestes les plus simples, les plus familiers : « C'est par un effort musculaire que nous prenons connaissance des distances, et c'est par le souvenir de cet effort que nous jugeons de la situation de tel ou tel objet. On peut comparer les appréciations de l'œil à des mesures de longueur déduites de l'évaluation de l'effort accompli : le kilomètre d'un très mauvais chemin semblera plus long que celui d'une piste unie. L'œil, en parcourant le segment uniforme AM , glisse sans arrêt d'une extrémité à l'autre ; au contraire, sur

(1) C'est une « démonstration géométrique » du vers de La Fontaine (livre XI, fable VII, *le Paysan du Danube*, vers 1) :

Il ne faut point juger des gens sur l'apparence.

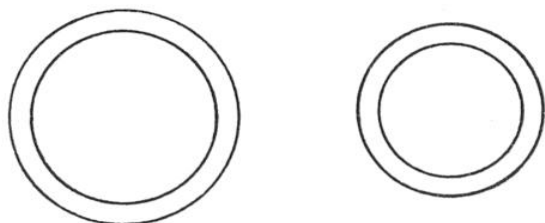


FIG. 16 ET 17. — CERCLES DE DELBŒUF
(DEUXIÈME EXEMPLE)

Le cercle intérieur de gauche (fig. 16) est égal au cercle extérieur de droite (fig. 17). Et, cependant, le premier semble plus grand que le second.

le segment divisé MB , l'œil doit faire état des traits intermédiaires. Ne comportant pas les mêmes obstacles, les deux trajets ne sauraient présenter des durées identiques. Franchi d'une traite par un train rapide, le même parcours semble plus réduit qu'effectué par un train omnibus, qui s'arrête à toutes les stations. »

Cette même illusion se révèle nettement par les carrés de Helmholtz : la figure 8 représente un carré exact ; la figure 9, le même carré hachuré verticalement ; la figure 10, encore le même carré, mais hachuré horizontalement. Les déformations dues à un système quelconque de rayures parallèles sont fréquentes : les architectes,

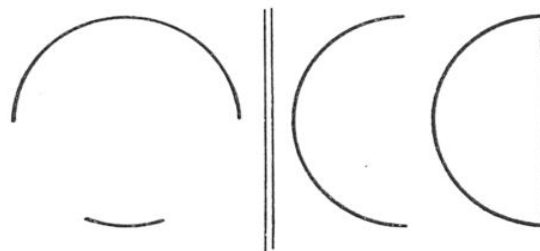


FIG. 18, 19 ET 20. — ARCS DE CERCLE ET
DEMI-CERCLES DE MULLER-LYER

Dans le cercle brisé, le petit arc du bas semble se trouver plus haut qu'il n'est en réalité (fig. 18). Le demi-cercle sans diamètre (fig. 19) paraît plus grand que le demi-cercle complété par son diamètre (fig. 20) ; on pourra cependant vérifier que ces demi-cercles sont égaux.

les décorateurs, les couturiers utilisent constamment des illusions de ce genre ;

2° Divers auteurs, comme Muller-Lyer et Tscherning, ont indiqué une autre erreur d'appréciation : deux segments horizontaux (fig. 11 et 12) sont terminés aux deux bouts, l'un en aigrette, l'autre en flèche. C'est le premier qui semble le plus long (1). Pour Armand de Gramont, ce phénomène est à nouveau imputable à l'effort nécessaire pour faire décrire à l'œil la longueur totale de chacun des deux dessins. On peut voir là l'origine de l'usage des panaches, chapeaux à plumes et autres accessoires, qui allongent la silhouette du personnage et le font paraître plus grand ;

3° Des étendues sont influencées par d'autres, qui leur sont juxtaposées, et il en résulte, selon des cas, soit un rapetissement, soit un agrandissement. On connaît notamment les cercles de Delbœuf, dont nous donnons deux exemples (fig. 14-15 et

(1) Ebbinghaus (1908) a concrétisé la même illusion sous une forme différente (fig. 13).

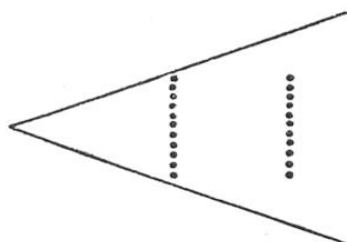


FIG. 21. — LES LIGNES DE POINTS DE PONZO

Les deux lignes verticales sont égales, mais celle de droite paraît plus courte que celle de gauche.

angle, paraissent inégales, et, en conséquence, les points de la ligne de gauche semblent plus nombreux que ceux de l'autre ligne : la perception de la pluralité peut, elle aussi, comporter des illusions ;

4° Un certain nombre d'illusions sont liées à la place que les figures occupent dans le champ visuel ; lorsqu'on inverse des lettres ou des chiffres (8, B, H, S) :

8 B H S

les parties qui se trouvent en haut semblent anormalement agrandies (1) ;

5° Les dimensions verticales (ou voisines de la verticalité) paraissent accrues par rapport aux dimensions horizontales (fig. 22). Si les façades des immeubles qui bordent les deux côtés du haut de l'avenue des Champs-Élysées étaient rabattues sur la chaussée, elles laisseraient libre une bande large de 30 mètres ! Un triangle équilatéral, dont un côté est horizontal, donnerait l'impression que ce côté horizontal est trop petit par rapport aux deux autres : n'en déplaise aux géomètres, les côtés du triangle que l'œil juge équilatéral (fig. 23) ne sous-tendent pas des arcs égaux dans un cercle (2). Cette illusion, toutefois, ne se

produit pas pour les cercles, comme Wilhelm Wundt (1832-1920) l'a fait remarquer. Il convient de noter, à ce propos, que

(1) On connaît la plaisanterie classique, qui consiste à prier une personne non prévenue d'indiquer la hauteur, au-dessus du sol, d'un chapeau haut de forme ou d'un chapeau melon ; les évaluations sont exagérées de 50 % ou de 100 %.

(2) Les lignes de Mellinghoff (fig. 24) ont une explication analogue.

FIG. 22. — ALLONGEMENT ILLUSOIRE DE LA VERTICALE

On pourra constater qu'en fait, les deux lignes sont égales.

fig. 16-17) ; le cercle brisé de Muller-Lyer (fig. 18) et les deux demi-cercles du même auteur (fig. 19-20).

Dans la figure 21, les lignes formées de points, subissant l'influence des côtés de l'angle,

toutes les roues nous apparaissent comme circulaires ; et c'est bien là une illusion d'optique que de percevoir des circonférences, alors que, 99 fois sur 100, la roue se présente à nos yeux comme une ellipse... ;

6° Nous reviendrons plus loin, à propos du relief, sur les figures ambiguës, où se manifestent des « conflits d'influence ». En jetant un coup d'œil sur les figures 25 et 26, nous constatons que l'étoile à six branches est à la fois l'ensemble de deux triangles disposés tête-bêche et un hexagone surmonté

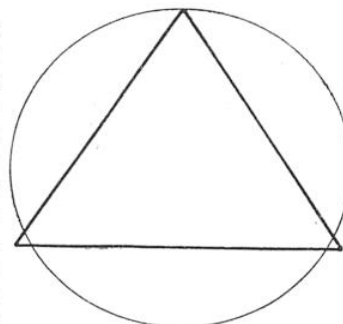


FIG. 23. — UN TRIANGLE QUI PARAÎT ÉQUILATÉRAL TOUT EN NE L'ÉTANT PAS

Pour s'en rendre compte immédiatement, il suffit de tourner cette livraison de 120°.

FIG. 24. — LES LIGNES DE MELLINGHOFF

Qui croirait que la ligne inférieure de droite est exactement dans le prolongement de la ligne supérieure de gauche ? Il n'y a qu'à prendre une règle ou, plus simplement, qu'à tourner la figure de 90°.

de six petits triangles (fig. 25) ; quant aux six points (fig. 26), ils nous suggèrent tantôt trois lignes verticales, tantôt trois lignes horizontales, tantôt une croix d'addition, tantôt une croix de multiplication, tantôt une croix gammée, tantôt un carré, muni ou non de ses diagonales et des perpendiculaires élevées au milieu des côtés.

Erreurs sur les directions

L'évaluation des angles « au jugé » pose un problème analogue à celui de l'appréciation des distances. En fait, il se produit des apparences comparables à celle qui est

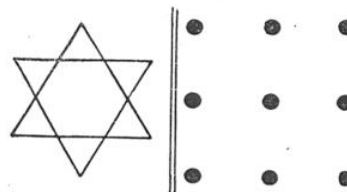


FIG. 25 ET 26. — FIGURES AMBIGUËS

L'étoile de gauche (fig. 25) peut se décomposer en deux grands triangles ; en un hexagone et six petits triangles. Les six points dessinés à droite (fig. 26) suggèrent toute une série de figures complètement distinctes (rayures, croix, carrés, etc.).



FIG. 27 ET 28. — ANGLE DIVISÉ ET ANGLE NON DIVISÉ

L'angle divisé paraît plus grand que l'angle non divisé. Ils sont réellement égaux, comme on le reconnaît en décalquant l'un des deux sur un papier transparent et en le reportant sur l'autre. L'explication est la même que pour la figure 7.

mise en évidence (pour les longueurs) par la figure 7 : lorsque deux angles sont égaux (fig. 27 et 28), c'est celui qui comporte le plus de fragmentations qui semble le plus grand. L'explication est encore la même : notre conviction spontanée est emportée par le souvenir de mouvements oculaires, qui correspondent à un effort supérieur de parcours pour la figure 28 que pour la figure 27.

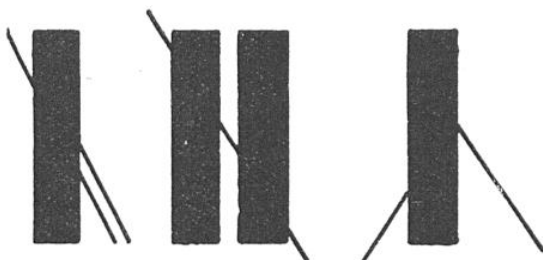


FIG. 29, 30 ET 31. — ERREURS DANS L'APPRECIATION VISUELLE DES DIRECTIONS

Fig. 29 (figure de Poggendorff) : on se trompe sur celle des obliques du bas qui prolonge l'oblique du haut. — Fig. 30 (autre figure de Poggendorff) : les trois obliques sont, en réalité, dans le prolongement l'une de l'autre. — Fig. 31 (figure de Delbœuf) : l'oblique de gauche paraît couper celle de droite beaucoup trop bas.

Cette habitude, que nous avons contractée à la longue et sans en prendre conscience, a pour effet de nous faire surestimer les angles très aigus (de quelques degrés) et de nous faire sous-estimer les angles très obtus (voisins de 180°) : il en résulte un certain nombre d'illusions classiques, dont nous donnerons plusieurs exemples :

1^o Considérons un rectangle épais, coupé sous un angle faible par une ligne fine. Comme chacun des angles aigus semble plus grand qu'il ne l'est, les deux portions de la sécante conservent bien une même

direction, mais elles ne se présentent plus dans le prolongement l'une de l'autre. Les figures de Poggendorff (fig. 29 et 30), la figure de Delbœuf (fig. 31) sont des illustrations connues depuis longtemps de ces apparences erronées ;

2^o Notre figure 32 représente cinq parallèles ; on les a redessinées en dessous (fig. 33), mais en les prolongeant par des portions de lignes droites convenablement orientées : le parallélisme primitif est complètement aboli (T. Lipps, 1897) ;

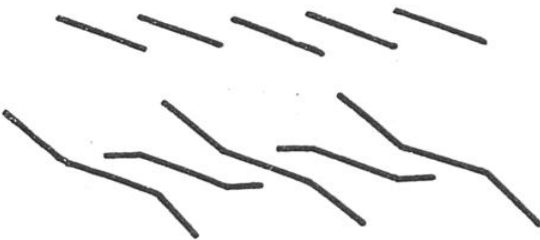


FIG. 32 ET 33. — LES PARALLÈLES DE LIPPS

La figure du haut (fig. 32) représente cinq lignes parallèles. Pour que ce parallélisme n'apparaisse plus, il suffit (fig. 33) de prolonger les cinq parallèles par des lignes convenablement orientées.

3^o La même destruction du parallélisme se retrouve dans deux modèles dus à Zöllner (fig. 34, 35 et 36) ;

4^o Inversement, les figures 37 et 38, dues à Hering (1864), donnent, l'une et l'autre, l'impression de parallélisme vertical ; mais c'est parce que le dessinateur a triché et que les quatre lignes principales sont brisées (au milieu) ;

5^o Mentionnons, dans le même ordre d'idées, l'illusion de Gatti (1926) : la surestimation des petits angles a pour conséquence de déformer la circonférence (fig. 39) en un œuf, dont le petit bout est en bas.

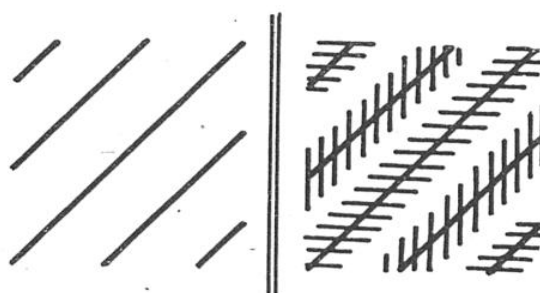


FIG. 34 ET 35. — UN MODÈLE DE ZÖLLNER

On voit (fig. 34) cinq obliques parallèles, qui sont redessinées à côté (fig. 35) : le parallélisme est rompu, et cette illusion tient, une fois de plus, à notre surestimation inconsciente des petits angles (fig. 27 et 28).

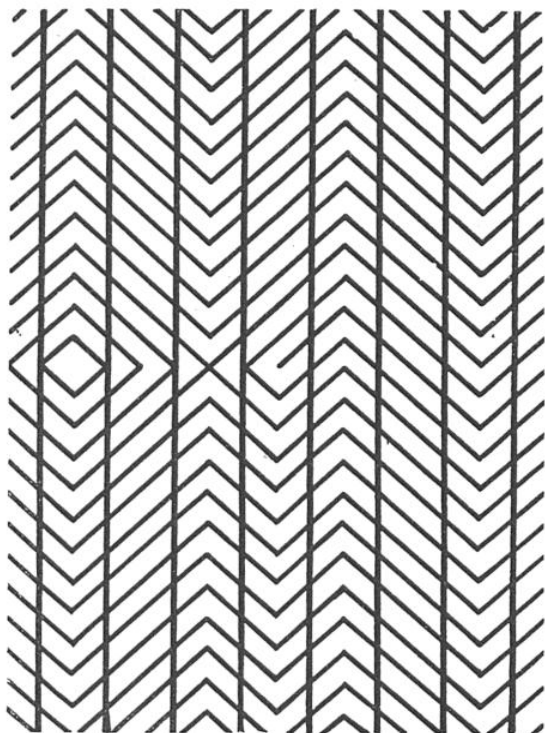


FIG. 36. — UNE AUTRE FIGURE DE ZÖLLNER
Les huit verticales sont parfaitement rectilignes. Toutefois, les quatre premières paraissent brisées ; la cinquième et la sixième semblent converger vers le bas ; la septième et la huitième vers le haut.

Illusions de profondeur

Si, maintenant, nous passons aux figures dans l'espace, aux formes à trois dimensions, nous retrouvons, avec plus de netteté, des figures ambiguës, où des conflits d'influence provoquent des perceptions instables, des perspectives réversibles.

1^o La plus simple a été décrite par le grand physicien autrichien Ernst Mach (1838-1916) ; elle est connue sous le nom de *livre de Mach* (1886) et représentée par la figure 42 : est-ce la tranche (fig. 40) ou le dos (fig. 41) qui est tourné vers nous ? Voici les indications que donne le psychologue américain E.-B. Titchener : « Si vous fixez une ligne extérieure (1) ou si vous déplacez votre regard de l'extérieur de la figure vers l'intérieur, vous verrez le livre ouvert de votre côté (2). Si, au contraire, vous fixez la ligne médiane (1) ou si vous déplacez votre regard de l'intérieur vers l'extérieur, c'est le dos du livre que vous verrez (3). Et, si vous pensez que le livre se

(1) De la figure 42.

(2) Apparence de la figure 40.

(3) Apparence de la figure 41.

renverse quand vous vous y attendez, vous constaterez qu'en fait le point de fixation, lui aussi, a changé » ;

2^o Le cube de Necker est à la base de diverses illusions curieuses. On a dessiné en perspective (fig. 45) un cube bien régulier, par exemple le cube qui serait déterminé par six arêtes, six aiguilles à tricoter identiques. Lorsqu'on essaie de « projeter » ce dessin dans l'espace par un effort d'attention, c'est à l'apparence de la figure 43 que l'on arrive le plus facilement (la face verticale $ABCD$ est en avant, et on voit également la face horizontale supérieure $ABPQ$). On peut néanmoins, avec un peu d'habitude, donner à la figure 45 l'apparence de la figure 44, dans laquelle la face verticale $PQRS$ est la plus rapprochée de nous et où l'on voit en outre, au premier plan, la face horizontale inférieure $RSCD$;

3^o L'escalier-corniche de Schröder se trouve reproduit par la figure 48 ; on y voit plus facilement les marches d'un escalier (fig. 46) ; mais, en fixant le coin supérieur droit, on y distingue également les entailles ménagées dans une corniche (fig. 47) ;

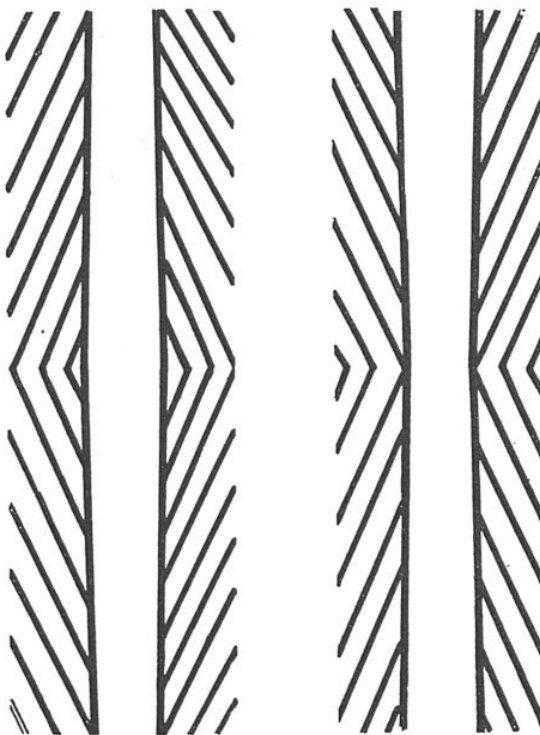


FIG. 37 ET 38. — IL SUFFIT DE « TRICHER »
POUR RÉTABLIR LE PARALLÉLISME

Si, dans ces figures de Hering, les verticales semblent bien parallèles, c'est qu'en réalité on a dessiné des lignes verticales brisées.

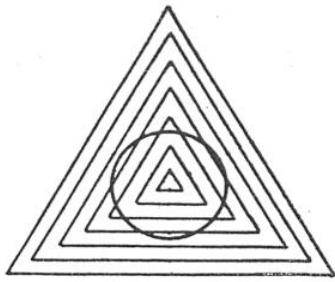


FIG. 39. — L'ILLUSION D'OPTIQUE DE GATTI

Tout le monde voit, au centre du dessin, un œuf, dont le petit bout est en bas. Mais, si on décalque cet « œuf » sur un papier transparent, on s'aperçoit que c'est une boule bien régulière.

24 losanges contigus et régulièrement disposés ; elle se trouve reproduite (fig. 50) avec des taches noires et grises, si bien qu'elle contient six cubes égaux ;

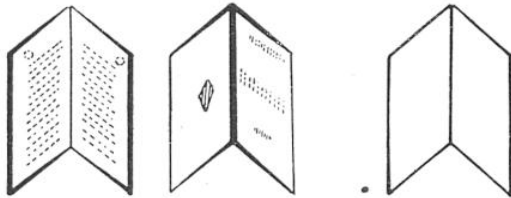


FIG. 40, 41 ET 42. — LE LIVRE DE MACH
Grâce aux détails qu'elles comportent, les figures 40 et 41 évoquent respectivement un livre dont l'intérieur est tourné vers nous et un livre dont nous voyons la couverture. En l'absence de tout repère (fig. 42), on perçoit tantôt l'une, tantôt l'autre de ces apparences. C'est ce que l'on nomme une perspective réversible.

mais on en voit sept, lorsqu'on fait tourner cette livraison de 180°. L'ambiguïté provient de ce que l'œil interprète plus volontiers le cube dans la position de la figure 43 que dans celle de la figure 44.

Les exemples qui précèdent concernaient essentiellement la représentation plane du relief. Nous n'insisterons pas sur la perspective, qui nous fait évaluer la distance qui nous sépare des gens, des bêtes et des choses, à la condition que nous

4° L'ambiguïté des dessins peut conduire à des indécisions sur le nombre de leurs éléments : ainsi la figure 49 comporte six cubes ou trois cubes, selon qu'on la fait tourner de 45° vers la gauche ou de 45° vers la droite. De même, la figure 51 représente 24 losanges contigus et ré-

soyons, au préalable, familiarisés avec la taille des gens, bêtes et choses. Ces appréciations sont susceptibles d'erreurs, puisque nous prenons l'habitude d'attribuer aux personnages, par exemple, une taille qui dépend de leur distance apparente : ainsi, dans la figure 52, le personnage antérieur (celui qui marche devant l'autre) paraît le plus grand, alors qu'il est plus petit de 10 %.

Illusions chromatiques

Nous avons tous l'impression que chaque objet possède une couleur déterminée —

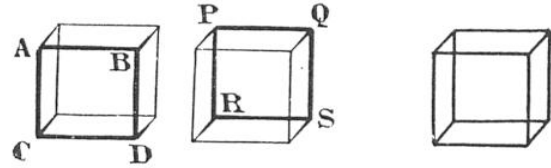


FIG. 43, 44 ET 45. — LE CUBE DE NECKER

Le cube de la figure 43 a sa face A B C D tournée vers nous ; c'est la face P Q R S que le cube de la figure 44 nous présente. Lorsque l'on contemple le dessin sans repères (fig. 45), on perçoit tout naturellement l'apparence de la figure 43. Mais, en fixant la face P Q R S, on peut fort bien la voir « surgir » en avant. Nous avons là un nouvel exemple de figures ambiguës.

qui serait « sa couleur réelle » — tout comme chaque objet a une certaine forme ou une certaine dureté. En fait, on devrait plutôt assimiler la couleur d'un objet à sa température ; un même objet peut présenter diverses couleurs, de même qu'il peut être plus ou moins chaud, plus ou moins froid :

1° Ce que nous croyons être la « couleur réelle », c'est celle que l'objet présente à la lumière du jour. C'est tout simplement sa couleur habituelle : elle n'est pas plus réelle que d'autres. L'emploi de l'arc à vapeur de mercure (1) commence à nous familiariser avec les couleurs « bizarres » (inaccoutumées) :

(1) Et aussi, dans une certaine mesure, l'emploi des tubes au néon.

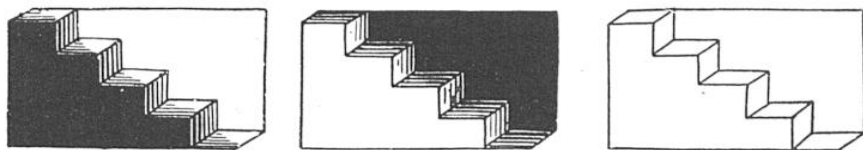


FIG. 46, 47 ET 48. — L'ESCALIER-CORNICHE DE SCHRÖDER

Ce qui distingue les figures 46 et 47, c'est la position respective des murs noir et blanc. Sur la figure 46, le mur noir est devant, le mur blanc derrière ; entre les deux se placent les marches d'un escalier (vues par en dessus). Sur la figure 47, le mur noir est encore devant, le mur blanc derrière ; entre les deux, on voit alors les saillies successives d'une corniche (vues par en dessous). En regardant alors la figure (tout unie) 48, on saute d'une perception à l'autre, avec prédominance de la première (tout au moins au début de l'expérience).

la peau de nos interlocuteurs paraît alors verte et leurs lèvres noires. C'est un phénomène *physique* d'absorption lumineuse, que l'œil enregistre ;

2° Au contraire, la perception des « couleurs subjectives » est un phénomène d'ordre *physiologique* : on sait depuis longtemps qu'une lumière blanche, succédant brusquement à du noir, peut ne pas apparaître tout d'abord comme blanche. Ce fait est mis en évidence par le disque de Benham (fig. 53) ;

3° Citons encore le phénomène de Purkinje (du nom du savant tchèque qui le décrit en 1819) : on éclaire faiblement deux feuilles de papier contiguës, l'une en lumière rouge, l'autre en lumière bleue, de telle façon qu'elles semblent également éclairées. Si l'on augmente *dans la même proportion* les deux intensités, on constate que l'éclairage rouge paraît devenir *plus intense* que l'éclairage bleu.

Cette erreur commise dans l'appréciation des couleurs intervient à chaque instant. La lumière de la Lune nous semble plus bleue que celle du Soleil, quoique la première contienne une plus grande proportion de radiations rouges. Au théâtre, on reconstitue la lumière du jour, non pas avec les lampes du même nom (1), mais avec un éclairage jaune-orangé ; inversement, les effets de crépuscule s'obtiennent avec des lampes bleues, qui peuvent avoir une puissance suffisante, sans nuire à l'effet désiré. Ajoutons qu'instinctivement,

(1) Les lampes dites « lumière du jour » comportent une ampoule bleutée.

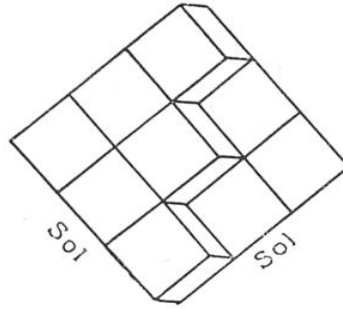


FIG. 49. — SIX CUBES OU TROIS CUBES ?

La réponse dépend de ce que le sol est placé à droite ou à gauche.

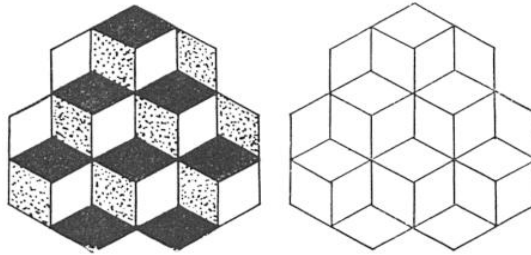


FIG. 50 ET 51. — LES CUBES DE WINTERRI

On part des vingt-quatre losanges de la figure 51. Les taches noires et grisées de la figure 50 décèlent six cubes dans la position actuelle, mais il y en a sept, lorsqu'on tourne la figure à l'envers.

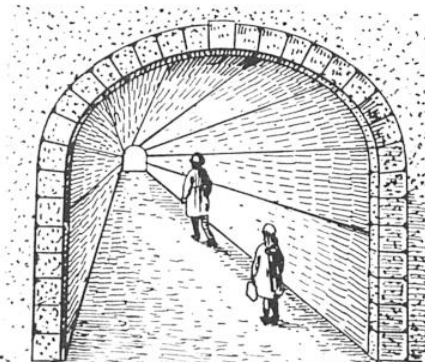


FIG. 52. — ILLUSION DE PERSPECTIVE

Nous sommes habitués à déduire la taille des personnes de la distance qui les sépare de nous. Dans le dessin ci-dessus (Henri Piéron), les lignes convergentes nous suggèrent la perspective, et nous voyons le personnage le plus éloigné plus grand que l'autre (alors qu'il est notablement plus petit).

les bonnes maîtresses de maison ont un faible pour les éclairages roses : la lumière bleue exagère les imperfections de la peau, tandis qu'un éclairage riche en rouge fait valoir les carnations...

Illusions cutanées

Les sens du toucher sont bien moins riches en illusions que la vue. Tout le monde connaît l'illusion d'Aristote (fig. 54) : si, les yeux fermés, nous croisons le médus et l'index, et si nous roulons avec

les doigts ainsi croisés une bille de 10 mm environ de diamètre, nous croyons toucher deux billes. L'illusion

peut également se constater entre les deux lèvres, après en avoir déplacé une horizontalement par rapport à l'autre. Dans les deux cas, l'apparence s'explique par le fait que les régions actuellement impressionnées par un même objet ne peuvent l'être simultanément, pour les positions normales, par

deux objets différents. Inversement, si, au moyen de deux crayons disposés parallèlement, on appuie sur le médus et l'index écartés, on éprouve l'impression d'un seul et unique objet.

Les organes de sensibilité thermique donnent également lieu à des illusions et à des erreurs d'interprétation : l'épiderme est un mauvais thermomètre, qui n'enregistre que des variations de température. Il est d'expérience

courante que le tiède paraît chaud après le froid et froid après le chaud (1).

(1) Les boissons dites « rafraîchissantes », à base de menthe, par exemple, doivent leurs propriétés à ce que le menthol anesthésie les

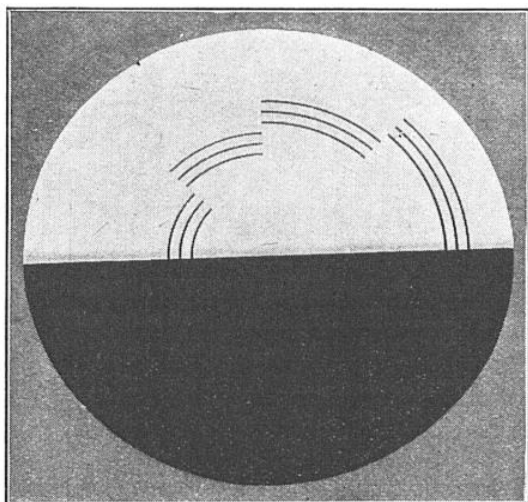


FIG. 53. — LE DISQUE DE BENHAM

L'œil peut voir des couleurs qui n'existent pas. Ainsi, quand le disque ici dessiné tourne autour d'un axe passant par son centre et perpendiculaire à lui dans le sens des aiguilles d'une montre, on aperçoit quatre bandes colorées, bleu, vert, mauve et rouge, depuis le centre jusqu'à la périphérie.

Le contact direct de l'épiderme avec les objets nous renseigne sur un échange de chaleur, et non sur une température : quand on marche pieds nus sur un tapis épais, puis sur un carrelage, le carrelage n'est pas plus froid que le tapis. Cela n'empêche pas qu'à la suite d'un raisonnement impeccable, mais reposant sur des prémices fausses, certaines personnes, désireuses de boire un verre d'eau fraîche le matin à leur réveil,

organes du chaud (corpuscules de Ruffini) sans agir sur les organes du froid (bulbes de Krause).

n'ont rien trouvé de mieux que de mettre, la veille au soir, leur verre d'eau sur le marbre de leur table de nuit...

Telles sont, brièvement énumérées, les principales erreurs de nos organes sensoriels : c'est la vision qui en comporte le plus, et cependant c'est en elle que nous avons le plus confiance. Notre confiance est, nous l'avons vu, bien mal placée ! « Le témoignage de nos yeux, précise R.-A. Millikan, est peut-être un des moins sûrs que nous possédions. Constamment, nous voyons des choses qui n'existent pas, même si l'éducation de nos sens a été irréprochable. Ce qu'il y a de plus certain, ce sont les rapports que l'esprit reconnaît comme conséquence logique d'une mesure exacte. » Méfions-nous donc de cette forme de réalisme, qui nous fait croire que nous voyons le monde tel qu'il est : non seulement nous ne percevons pas les véritables constituants de l'Univers, mais, même à l'échelle humaine, il nous faut toujours compter avec la possibilité d'une illusion de nos sens abusés ». Toute perception doit être répétée, affinée, analysée, exprimée, interprétée, avant de devenir un fait scientifique, avant de constituer une vérité objective.



FIG. 54. — UNE ILLUSION BIEN CONNUE, QUI REMONTE A ARISTOTE

MARCEL BOLL.

Le directeur des recherches sur la haute tension au laboratoire de la General Electric Company, M. Mac Eachron, entreprenant des études sur la foudre, a eu l'idée de mettre à profit l'existence à New York de l'Empire State Building (380 m) pour effectuer des enregistrements photographiques des décharges électriques qui se produisent au sommet de ce bâtiment au cours des orages.

M. Mac Eachron a pu ainsi observer que, le plus souvent, l'éclair se formait dans le sens ascendant et comportait une série de décharges préparatoires suivant le même trajet et ionisant l'air de plus en plus jusqu'au moment où se produisait la ou les décharges principales suivant le chemin conducteur ainsi tracé et précédant le « choc en retour » en sens inverse marquant la fin de la série. La durée totale du phénomène pouvait atteindre 0,4 seconde. Les décharges vers le haut s'effectuaient à une vitesse de 4 000 km/s et celles du « choc en retour » à 90 000 km/s. L'intensité a atteint jusqu'à 160 000 ampères, et on a pu évaluer entre 35 et 164 coulombs les quantités d'électricité échangées entre ciel et terre lors d'un éclair.

LA « VIE » DU GLOBE TERRESTRE RÉVÉLÉE PAR LA PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE

Par Victor JOUGLA

La surface terrestre, qui, en dehors des séismes, jouit d'une stabilité relative, n'en est pas moins en perpétuelle évolution. Le géographe, s'il veut véritablement « décrire la Terre », ne doit pas se contenter d'en donner une vue statique. Il doit se préoccuper de son histoire passée, de son évolution actuelle, comme il ferait d'un être vivant. Certains géographes l'avaient tenté, mais la « vie » du globe leur échappait pour une grande part en raison de l'immensité, à la fois dans le temps et dans l'espace, de l'échelle des phénomènes étudiés. La photographie aérienne est venue apporter un nouveau et merveilleux moyen d'investigation pour l'étude des processus physiques par lesquels la face de la Terre se modèle sous nos yeux. Toute son histoire, ses plissements successifs, son érosion par les glaciers, les cours d'eau, les vents, etc., laissent en effet à sa surface des marques indélébiles, que l'observateur déchiffre aisément sur les clichés pris à altitude convenable. Enfin, l'homme même inscrit aussi sa trace sur les régions qu'il habite et qu'il transforme. Cette trace nous révèle une histoire de l'humanité plus profonde que les anecdotes des textes : l'histoire de l'habitat, des cultures, etc., en un mot de la civilisation humaine.

BRANCHE essentielle du savoir humain, la géographie n'est pas considérée d'ordinaire comme une science difficile. D'aucuns lui refusent même le titre de science.

La « description » de la « face de la Terre » — à laquelle Suess, fondateur de la géologie, consacra cependant toute une encyclopédie — semble n'exiger, au premier abord, qu'un savoir-faire d'observateur doublé d'un talent littéraire, mis à part le chapitre des mesures géodésiques qui regardent, comme on sait, les cartographes. Il est vrai que, de plus en plus soucieux de précision, ceux-ci ont exécuté de véritables tours de force de « physique », science exacte, en s'aidant de la T. S. F. pour mesurer, par exemple, la distance des antipodes à *quelques mètres près*. Grâce à de telles mesures, les générations futures sauront s'il est vrai que les continents se déplacent comme l'affirme Wegener ; si l'Islande se disloque, ainsi que de récents explorateurs ont cru le constater ; à quelle vitesse l'océan érode certaines côtes, tandis que d'autres rivages se soulèvent ; avec quelle lenteur se désagrègent les montagnes, etc... Mais, en admettant que l'ère des *descriptions métriques* de la Terre ait atteint son apogée, ce n'est là qu'un premier chapitre de la géographie. Une carte même ultra-précise n'enseigne pas grand-chose sur le « pays réel ».

Ce mot à la mode prend ici toute sa signification de pays « vivant » intégralement de sa vie totale. Celle-ci comporte l'existence d'une flore naturelle, d'une agriculture s'il est peuplé, d'habitats, citadins ou campagnards, dont l'ont meublé les hommes en fonction de leurs mœurs, sociales et politiques, elles-mêmes reliées à la morphologie du sol, à sa fertilité, à ses ressources hydrauliques et, finalement, à son passé, tant climatique qu'historique. Tel est le domaine total de la géographie. Il n'est pas près d'être épuisé.

Vue de ce biais, la géographie dépasse le stade de la science descriptive pour devenir, en quelque sorte, une véritable « biologie » de la Terre. Et l'on comprend que le mot de Voltaire reste toujours vrai : « La géographie est de tous les arts celui qui a le plus besoin d'être perfectionné. »

Grâce à l'aviation, les perfectionnements de l'*art* géographique ont pris des proportions véritablement grandioses.

En promenant l'amiral Byrd au-dessus du continent antarctique, l'avion a permis d'explorer les dernières terres qui restaient inconnues.

Sous la conduite d'amateurs explorateurs comme le baron de Foucaucourt, dont le récit *Vingt mille lieues dans les airs* paraissait le jour même de sa mort, en plein Sahara, l'avion a permis d'inspecter en

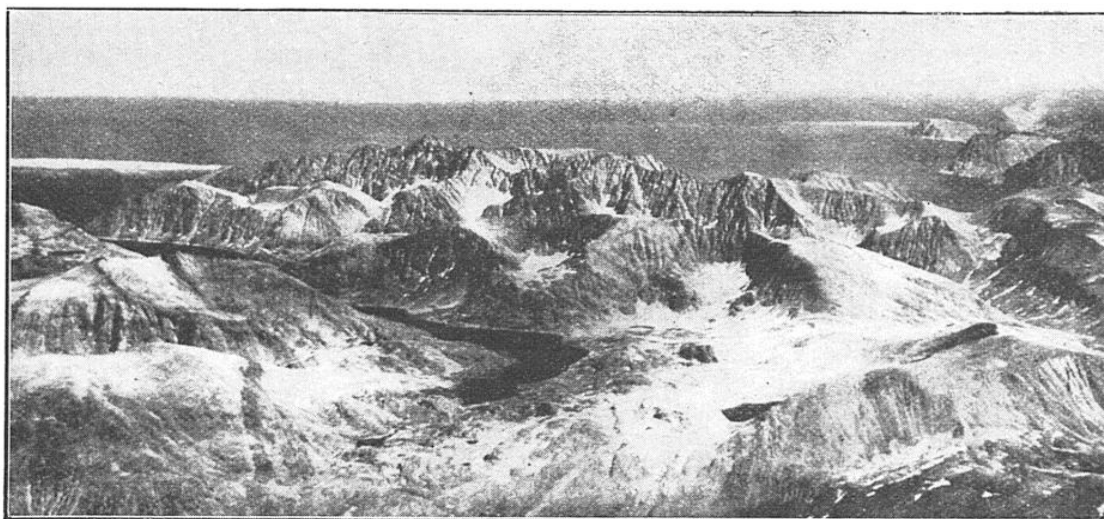


FIG. 1. — ALPES EN MINIATURE, DANS LES GLACES DU LABRADOR

Ces montagnes n'ont que quelques centaines de mètres d'altitude ; cependant elles offrent tous les caractères de l'érosion glaciaire qui détermina au cours des âges géologiques le profil de nos Alpes.

détail les coins les plus reculés de l'Afrique. Mais encore, de ce biais, l'avion n'a fait que poursuivre et parfaire l'œuvre exploratrice des caravanes de Strabon comme celle des caravelles de Colomb. Il transporte l'explorateur n'importe où, plus loin et plus vite que tout autre moyen de locomotion. Or, voici que depuis dix ou quinze ans, l'avion apporte, en outre, au géographe un élément absolument inattendu.

Sous l'objectif du photographe aérien, des déserts ont ressuscité tout un passé fantôme singulièrement vivant ; des contrées aussi peu mystérieuses, en apparence, que les vieux comtés de l'Angleterre, ont révélé les mœurs agricoles des civilisations disparues qui les occupèrent à l'âge du bronze ; les frontières réelles de l'empire romain se sont inscrites sur le cliché aérien tandis que l'archéologue,

sur le sol, les foulait sans les voir ; enfin, la vue d'ensemble de certains accidents morphologiques (rochers dentelés ou dunes mouvantes) ont expliqué au géographe le processus physique par lequel la face de la Terre se modèle sans cesse, sous les influences climatiques dont ces processus mor-

phologiques sont, à leur tour, des facteurs essentiels.

Comme on le voit, tout s'engrène, anatomie et physiologie, sur la Terre considérée comme un être vivant.

Nous voulons présenter aujourd'hui quelques exemples (choisis entre mille parmi les plus démonstratifs) de semblables thèmes d'observation.



FIG. 2. — LA FORMATION D'UN DELTA

L'embouchure de la Kander, dans le lac de Thun (Suisse), montre le processus avec une merveilleuse précision.

La morphologie terrestre aperçue d'avion

C'est à l'un des plus éminents géographes français, M. Em. de Martonne, de l'Institut



FIG. 3. — LA « MER DE SABLE » ET L'« HYDRODYNAMIQUE » ÉOLIENNE

Les dunes du Sahara s'orientent dans le lit du vent et « déferlent », en apparence, dans une direction perpendiculaire à l'avancement des collines mouvantes. Au premier plan, une « rorafa » (remous) traversée par une arête, qui indique bien le caractère inattendu du tourbillonnement du « vent de sable ».

de Géographie de l'Université de Paris que revient l'honneur d'avoir présenté cette évolution lorsqu'il prédisait, il y a vingt ans, que la photographie concurrencerait la carte, sur les atlas. « Savez-vous, me disait-il au cours de l'entretien qu'il a bien voulu m'accorder et auquel je dois de pouvoir présenter la plupart des faits signalés ici, que la *Géographie universelle*, publiée par l'un de nos éditeurs les plus consciencieux, comporte comme illustrations une photographie aérienne sur dix « figures ? » L'un des derniers volumes en comporte même une sur trois. On refait le cadastre de la France par photographies aériennes (1).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 111.

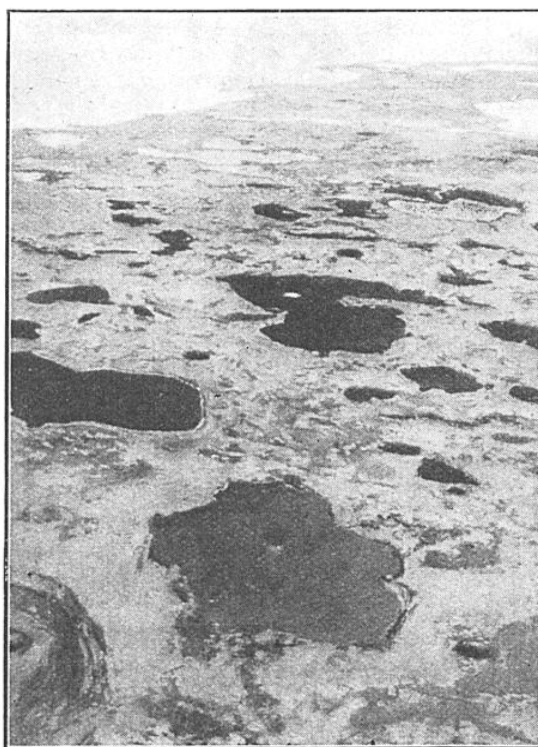


FIG. 4. — LE DELTA DU MACKENZIE (EXTRÊME NORD-CANADIEN)

Le sol, gelé sur 100 m de profondeur, dégèle superficiellement en été en formant des lacs boueux pour se geler à nouveau en hiver en transformant ces lacs en turgescences.

mais c'est là, tout aussi bien, une carte d'état-major. Nous délaissions volontairement ce point de vue cartographique.

C'est la « morphologie » — étude des formes et reliefs — des terrains qui trouve dans l'objectif aérien un œil capable de saisir à volonté l'ensemble ou le détail d'un système orographique, d'un bassin fluvial (1). Simple question d'altitude. *La Science et la Vie* a publié la photographie du fameux barrage Hoover, sur le Colorado, prise de 7 800 m d'altitude. Pas une vallée tribu-

(1) M. Em. de Martonne a exposé ses vues à ce sujet dans une conférence très remarquée au récent *Congrès de Géographie aérienne*, et nous a permis de reproduire ici quelques-unes des photographies qu'il y a présentées.

taire du fleuve n'échappe au regard d'ensemble avec, mesurable, si l'on veut, au micromètre, l'importance relative des surfaces intéressées, des profondeurs d'érosion, etc...

En France, le massif, si curieux pour les géologues, de la Grande Chartreuse, n'est véritablement connu que par les photographies d'ensemble qu'on en possède. Mieux : voulez-vous comprendre comment s'est sculpté, sous l'action des vents, des pluies et surtout *des glaciers*, au cours de

Voici (fig. 2) la photographie aérienne d'une modeste rivière, la Kander, détournée il y a moins d'un siècle vers le lac suisse de Thun où nous la voyons en train de construire son delta. Si la rive comportait certains accidents, une falaise, par exemple, et si elle était battue par des marées, la figure serait tout autre : l'ensablement viendrait longer la côte.

Si la place ne nous faisait défaut, nous publierions une vue aérienne de la vallée du Var aux abords de la Méditerranée.

Nous apercevions alors non plus le modeste delta « bouché », sans avenir, qui prolonge le lit du torrent actuel, mais le *delta* des époques géologiques (pleistocène). Soulevé, puis érodé, ce delta constitue aujourd'hui les collines chargées d'oliviers et de mimosas, avec leurs gorges profondes, qui font le charme pittoresque des environs de Nice. Des levés géographiques et des journées d'échantillonnage, sac au dos, ne sauraient aboutir à cette exacte et large vue d'ensemble obtenue par quelques déliées photographiques.

La formation des

deltas soulève des problèmes d'hydraulique et d'hydrodynamique dont nous avons fourni un aperçu au cours de l'exposé, que nous avons fait ici, des travaux de M. Camichel touchant les barrages fluviaux (1). L'hydrodynamique aérienne intervient à son tour dans l'érosion sablonneuse des déserts. Voici (fig. 3) une vue caractéristique de ce phénomène, prise dans le Sud algérien. Au dernier plan de la figure, on aperçoit une crête de dunes qui est *parallèle au vent dominant*, et non transversale comme on pourrait s'y attendre par une fausse analogie de la « mer de sable » et de l'océan aux vagues *poussées* par le vent. Au premier plan, formant un croissant étrange, coupé

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 239, page 341.

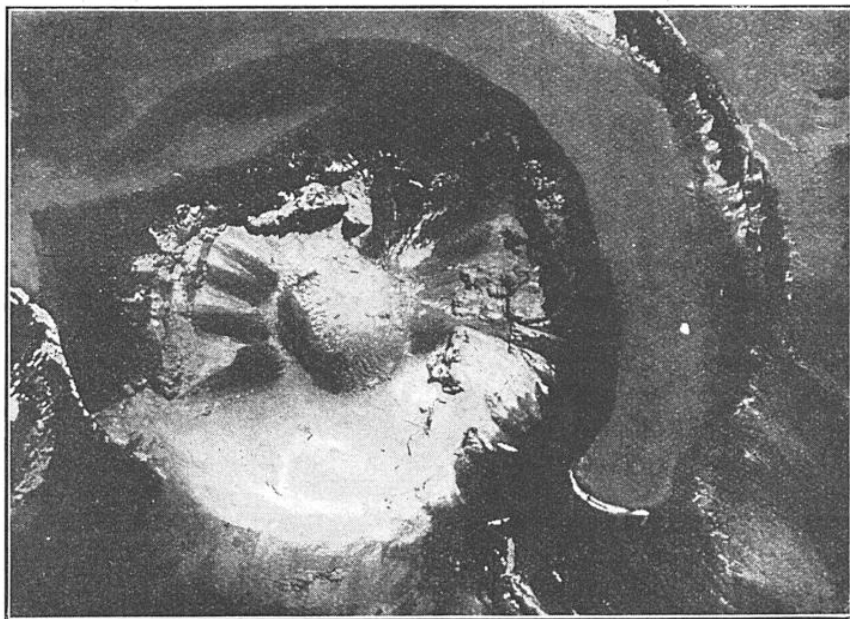


FIG. 5. — LE CRATÈRE DU VOLCAN MISTI, VOLCAN DE LA CORDILLÈRE PÉRUVIENNE, DONT L'ALTITUDE ATTEINT 6 100 MÈTRES

On aperçoit les traces étagées des deux dernières éruptions avec, au centre, le renflement du « bouchon » de la troisième éruption qui se prépare. Au bas du cliché : la brèche d'écoulement des laves qui vont se mêler aux glaces entourant le cratère dont l'altitude dépasse celle du mont Blanc.

millions de siècles, le profil chaotique des Alpes ? Voyez la photographie aérienne ci-jointe (fig. 1). Elle représente seulement une chaîne miniature, analogue aux Alpes (quelques centaines de mètres d'altitude), située à la pointe N.-O. du Labrador. A la droite du cliché, vous voyez un pan du plateau primitif non encore profondément attaqué par les glaces. Par contre, au centre (second plan), n'est-ce pas une chaîne alpine réduite ? Quelque chose comme un lambeau de dessin méticuleux de la totalité des Alpes françaises auquel le grand géodésien Helbronner a consacré sa vie ?

Voulez-vous « voir », étalé comme sur un tableau noir, le mécanisme alluvionnaire par lequel s'édifie un « delta » de fleuve ?

d'une arête médiane, nous apercevons une « rorafa » — en arabe *remous* — qui montre comment le vent creuse la dune en « à-pic », tout en la faisant « rouler » en avant, suivant une ligne de faite aiguë.

Du désert brûlant et sablonneux, passons aux « toundras » glacées du Nord canadien. Voici le delta du fleuve Mackenzie. Ne dirait-on pas d'un paysage lunaire ? Cette curieuse mosaïque de lacs et de turgescences provient du dégel *superficiel* qui, périodiquement, chaque année, contracte le sol, glacé sur *plusieurs centaines de mètres* en profondeur. En hiver, des turgescences remplacent les dépressions (fig. 4).

Le mécanisme d'une éruption volcanique vous intéresse-t-il ? Le voici, non plus théoriquement expliqué, mais *vu* sinon en action, du moins prêt à se déclencher, dans cette photographie aérienne du cratère du Misti, volcan de la Cordillère du Pérou. On aperçoit, sur cette vue (fig. 5), deux cercles de crêtes formés par les projections des deux dernières éruptions. Et la troisième s'amorce, au centre exact du cratère, sous la forme d'un « bouchon de champagne » dont le dôme arrondi *sautera* quelque jour. Une fois de plus, la lave débordera par la brèche visible sur le bord du cratère, à la base du cliché.

M. de Martonne, survolant les déserts du

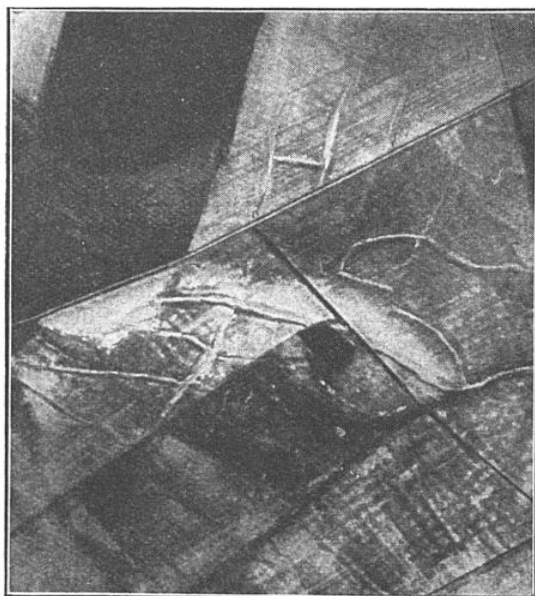


FIG. 6. - VUE D'UNE CAMPAGNE DU HAMPSHIRE
Ce cliché du lieutenant Crawford montre, sous les champs modernes allongés qu'exige rationnellement la nature du sol, les champs en carré d'une civilisation « celtique » ancienne, que le spécialiste date de l'âge du bronze.

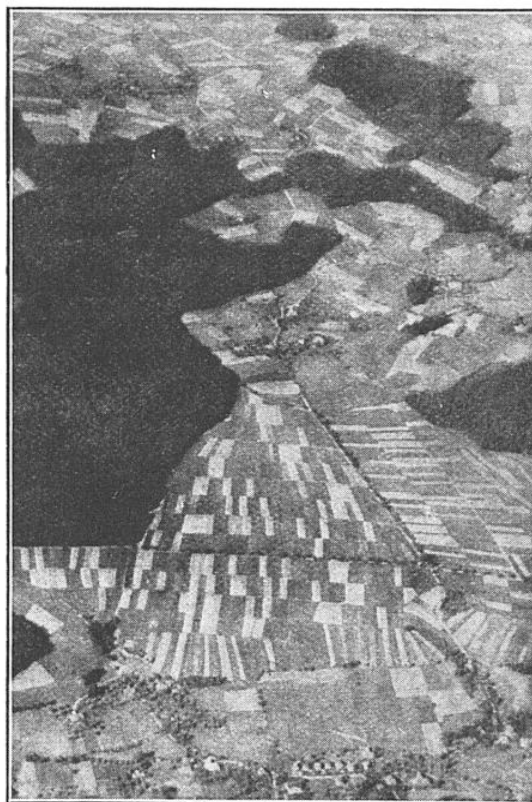


FIG. 7. — L'ÉVOLUTION DES CULTURES EN PENNSYLVANIE

La forêt primitive (noire) recule devant l'assaut méthodique des champs cultivés. En même temps, ceux-ci se morcellent et diminuent de longueur dans la culture moderne, qui, contrairement à celle des pionniers, dispose d'engrais chimiques pour compenser l'épuisement du sol.

Pérou, a pu photographier une maigre rivière. Ce mince filet d'eau a suscité l'apparition de soigneuses cultures, dues aux paysans indiens, avec une coupure extrêmement nette marquant les pentes arides de cette « vallée-oasis ».

Le principe de la recherche archéologique par photographie aérienne

Puisque nous venons de rencontrer la trace de l'homme sur la face terrestre, ne la quittons plus et passons à l'étude aérienne des « terroirs » dans laquelle s'est spécialisé, chez nous, M. Demangeon, professeur à la Sorbonne.

C'est le lieutenant aviateur Crawford, de la R. A. F. britannique, qui, durant la guerre, en Arabie, puis de retour en Angleterre, fit ces découvertes archéologiques par photographie aérienne, auxquelles le

R. P. Poidebard a donné tant d'éclat, depuis.

Le principe de recherche est celui-ci : tout bouleversement, même ancien, d'un terrain, suivant des lignes géométriques, laisse des traces séculaires. Les fondations d'un édifice rasé et recouvertes depuis ; les fossés creusés une fois, puis comblés par le temps ; les sillons d'un labour couvrant une surface polygonale, tout cela suffit pour imprimer au terrain une marque à peu près insaisissable au piéton non averti, mais visible dans une photographie d'ensemble, prise de haut : une fourmi cheminant sur un tableau ne peut comprendre la signification d'une faible variation de teinte rencontrée en chemin ; de loin, le géomètre voit dans cette variation imperceptible un trait de craie, fût-il délavé.

La discontinuité de ces marques sur le sol se révèle soit par une différence de luxuriance dans la végétation (si petite qu'elle soit, celle-ci apparaît surtout à la lumière rasante du crépuscule ou de l'aube, dans les pays ensoleillés), soit par l'affleurement des couches d'un sous-sol dont la couleur contraste avec celles des couches superficielles : les tranchées « crayeuses », creusées en Champagne durant la guerre, seront visibles dans mille ans, quelle que soit l'intensité des labours et la variété des cultures dont les recouvriront nos arrière-neveux.

En Irak, le lieutenant Crawford, photographiant des tranchées turques, avait donc découvert des vestiges de forteresses romaines. En Angleterre, dans le Sussex, dans le Hampshire, il découvrit... des labours de l'époque préhistorique (fig. 6) ! Examinons de près l'importance de cette découverte.

La photographie aérienne appliquée à l'étude des terroirs

Il faut d'abord savoir quelles sont les relations entre la constitution d'un sol arable et son mode d'exploitation par le labour, industrie millénaire.

Dans les pays du Sud de l'Europe, en France notamment, le « champ » est, d'ordinaire, *carré*. Pourquoi ? La couche fertile du sol est mince. Il est inutile de la fouiller en profondeur. Par contre, il est rationnel de l'ameubler par des labours croisés. La charrue (l'*araire* latine) sera donc plate, attelée d'un seul couple de bœufs, voire d'un seul cheval ou d'un âne. L'attelage, ainsi compris, « tourne » aisément au bout du sillon. Le labour *en carré*, rationnel de par la nature du sol, le devient encore, de surcroît, en vertu de la souplesse de l'attelage.

Dans le Centre et l'Ouest européens (terres grasses de l'Ukraine, par exemple), le sol est fertile sur une grande profondeur. On a donc intérêt à n'effectuer qu'un seul labour, *mais profond*. La charrue aura donc un soc à déversoir, un avant-train à roues (dans sa forme moderne). Et plusieurs rangs de bœufs seront nécessaires pour la tirer — ce qui rendra pénible le retour en fin de sillon. Celui-ci, donc, sera prolongé le plus loin possible. Conclusion : le champ sera « allongé » — d'autant que l'on renonce au second labour transversal.

Cette différence morphologique des champs labourés se retrouve de part d'autre d'une ligne qui, en France, part de Caen, passe par le Sud de la Beauce, suit le cours moyen de l'Yonne, longe la Côte-d'Or (au sud), et se termine à l'ouest du Jura en s'infléchissant jusqu'au confluent de la Saône et du Doubs. Au-dessus de cette ligne, les champs sont allongés ; au-dessous, ils sont carrés.

Dans le monde entier, on rencontre de semblables contrastes.

Encore un peu de réflexion.

Mais la logique primitive (cette logique de l'*homo faber*, très antérieure à celle de l'*homo sapiens*, l'empirisme ayant toujours en tout cas précédé la science), cette logique empirique est moins forte que la routine, d'autant qu'il s'agit de routine paysanne. Supposons donc que des « Celtes » habitués au labour carré suggéré par le sol gaulois franchissent la Manche et envahissent l'Angleterre, ils commenceront par labourer leur conquête *en carré*, surtout si les indigènes conquis ne connaissent pas encore la charrue. C'est justement ce qui dut se produire à l'âge du bronze.

Et c'est pourquoi, sous le cadastre actuel et rationnel des champs « allongés » du Hampshire, les photographies aériennes du lieutenant Crawford ont décelé les vestiges d'un morcellement en carrés, bien antérieur à l'actuelle remise au point de l'ordre naturel des choses.

La photo ci-jointe (fig. 6) — choisie au hasard — est l'un des spécimens obtenus par le sagace aviateur. N'est-ce point admirable ?

Les travaux du professeur Demangeon

Vous pensez bien qu'à la suite d'une telle découverte, l'esprit français allait l'utiliser avec sa *méthode* bien connue.

M. Demangeon a donc réuni une collection impressionnante de photographies aériennes des « terroirs » les plus variés, prises dans toutes les parties du monde. Sur des clichés obtenus en Pensylvanie, on

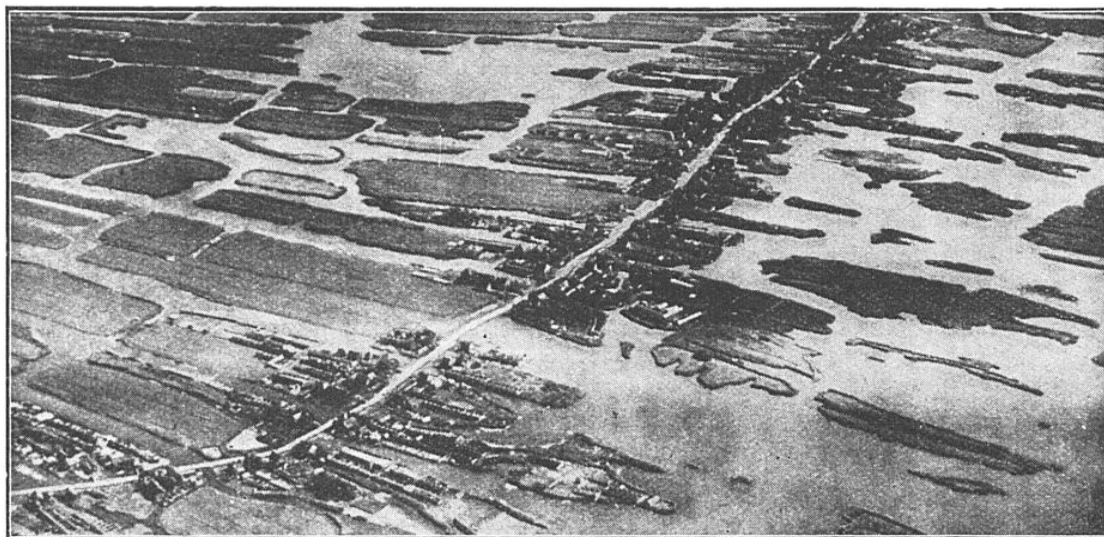


FIG. 8. — L'ASPECT AÉRIEN DU « WATERLAND » HOLLANDAIS

On voit ici la lutte des paysans contre les eaux : les champs cultivés alternent avec les champs d'eau.

aperçoit une mosaïque de champs carrés insérés à l'intérieur de grands « rectangles » : ceux-ci délimitent les concessions *primitives* de l'État américain aux colons premiers débarqués. Le terroir s'épuise. Donc, le champ se modifie. C'est une évolution inverse de celle des terrains du Hampshire (fig. 7).

Ne nous attardons pas et passons au village — à la forme des agglomérations paysannes. Si le terroir est très morcelé, les habitants ont intérêt à se grouper en villages. C'est le cas de la Côte-d'Or, du Brandebourg, du Palatinat, du Japon. Si le domaine comporte de vastes parcelles de culture, la « ferme » isolée devient la règle. Ici encore, la répercussion de la nature du sol sur la géographie sociale est évidente. Nous ne pouvons malheureusement faire

défiler ici la collection des clichés qui illustrent les thèses de M. Demangeon.

Nous préférons choisir quelques photographies montrant *in vivo* les phases de la conquête de la terre nourricière par l'homme. Ainsi, sur le cliché aérien d'une forêt riveraine de l'Amazonie, une hutte isolée apparaît dans la clairière. Dix explorateurs peuvent longer la rive sans l'apercevoir. L'habitat humain de ces régions inexplorées est révélé par la photographie aérienne avec, pour ainsi dire, sa densité démographique.

Considérez encore cette vue (fig. 8) du *Waterland* hollandais : la lutte du paysan contre l'eau des polders y est inscrite. Et, de même, cet autre cliché (fig. 9) montre la régularisation du cours de l'Isar, en Bavière, par ses rive-



FIG. 9. — LA VALLÉE DE L'ISAR (BAVIÈRE). Autrefois marécageuse et « trop large », elle s'est rectifiée sous l'action des travaux paysans.

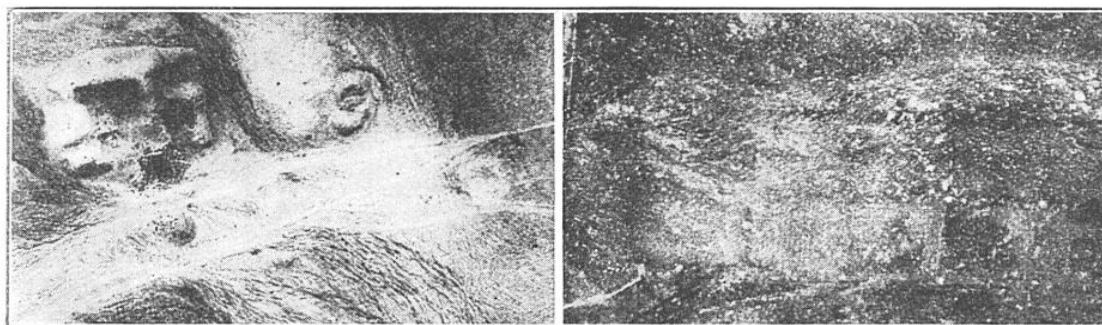


FIG. 10. — LE « RÉBUS » DE KAN EL KHEYR

Les clichés aériens du R. P. Poidebard montrent, à gauche, l'enceinte fortifiée (invisible au sol) dont une tour ruinée constitue le seul vestige actuel. Les deux « cratères » voisins sont d'anciens puits comblés (passés inaperçus au sol) ; sur la photographie de droite apparaît une seconde enceinte cultivée divisée en carrés possédant à leur angle chacun une borne d'irrigation.

Le « rébus » archéologique de Kan el Kheyr

De la vie agricole, actuelle et passée, dévions vers la vie civile et militaire ou, si vous préférez, délaissions la géographie économique pour entrer dans la géographie politique.

Procédons, comme ci-dessus, par un exemple concret que nous empruntons à l'œuvre déjà classique du R. P. Poidebard.

A l'ouest de l'ancienne ville de Palmyre, une tour ruinée se dresse dans une région désertique. Elle porte le nom arabe de Kan el Kheyr. Que « signifie-t-elle » dans l'histoire de l'humanité ? Aucune inscription ne le dit. Aucun vestige perceptible au sol ne révèle

l'architecture d'ensemble dont elle était certainement intégrante. Les photographies relevées par le R. P. Poidebard vont nous instruire au delà de toute espérance (fig. 10).

Vue de 1 000 m d'altitude, la tour apparaît située dans l'angle d'une enceinte carrée dont les murs rasés cachent leurs

fondations sous les vallonements du sol. Mais non loin de cette enceinte, deux disques blancs apparaissent : ce sont d'anciens puits.

Des « puits-citerne » ou des « puits-source » ? De cette seconde hypothèse, il s'ensuivrait que le climat s'est modifié plus encore qu'on ne le pense. Mais suivons l'exploration aérienne du R. P. Poidebard.

Une seconde photographie, prise un peu plus loin, décèle l'existence d'une enceinte

plus vaste, rectangulaire, elle-même subdivisée en petits carrés. Ces carrés élémentaires portent chacun, dans un angle, un petit « point blanc » : le vestige d'une « borne-fontaine » d'irrigation — d'une irrigation parcimonieuse, il va sans dire. L'enceinte rectangulaire figure donc dans un terrain de culture que

défendait le « château » (première enceinte) et qu'il alimentait, par échange de services. D'autre part, les « puits » d'alimentation du château, situés en aval des bornes d'irrigation, ne pouvaient être que des « citernes », non des sources.

Mais alors, d'où provenait l'eau ?

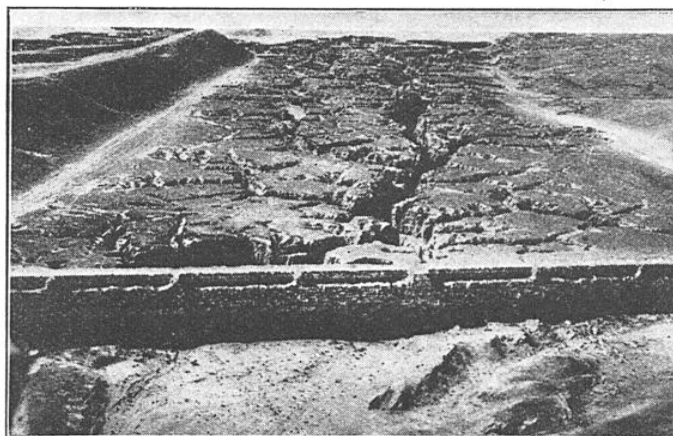


FIG. 11. — LE « RÉBUS » DE KAN EL KHEYR (SUITE)

L'ancien barrage (aujourd'hui réceptacle de boues pluviales) qui alimentait le château fort de Kan el Kheyr. En haut du cliché, à gauche, la trace de l'ancienne voie romaine (invisible au sol).

Il n'est, pour répondre à cette question, que de suivre les traces, à peine visibles, des canalisations. Et ceci nous conduit à un barrage situé sur le versant sud de la chaîne montagneuse de Palmyre. On trouve là, effectivement, un mur qui, aujourd'hui, ne correspond à rien. Les boues d'alluvion que l'on aperçoit en amont du mur proviennent des rares pluies actuelles, bien insuffisantes pour esquisser même l'ébauche d'un étang. L'orage passé, les boues se craquelent au soleil (fig. 11).

Pourtant, à l'époque romaine, le mur soutenait un véritable barrage. Les amorces des canalisations sont visibles. Dans l'angle du cliché, la voie romaine apparaît. Au sol, le piéton la foule sans s'en douter.

Volney, l'élégiaque Chateaubriand des « ruines de Palmyre », n'avait certainement pas imaginé jusqu'où, dans la campagne, pouvaient s'étendre les célèbres lamentations qu'il proférait sur les fûts colossaux du temple démoli.

L'apothéose de la géographie historique par l' « archéologique triomphante »

L'exemple que nous venons de développer est, du reste, bien insuffisant pour jauger l'œuvre dont il n'est qu'un épisode. Les travaux du R. P. Poidebard, systématisés, ont abouti à une synthèse que, depuis longtemps, espéraient les archéologues spécialistes : délimiter les frontières mouvantes, suivant les époques de l'ancien empire romain, en Orient.

L'ouvrage du R. P. Poidebard : *La trace de Rome dans le désert de Syrie* (1) expose les étonnants résultats de son exploration systématique de cette vaste mer de sable, dont Palmyre, écrit-il, est la « Venise ».

Avec quelle patience, quelle sagacité, quelle préparation par une érudition de premier ordre, volant à bord de nos avions militaires qui patrouillent sans cesse au-dessus de ce désert, le R. P. Poidebard sut interpréter les moindres indices du sol, utilisant (grâce à la virtuosité des pilotes) les « contre-jour » du soleil, la lumière rasante matinale ou vespérale, la réflexion même des nuages par temps couvert, recherchant l'altitude optimum pour voir ce qu'il fallait voir, seule une étude attentive de l'œuvre peut le montrer.

Quoi qu'il en soit, les voies romaines (retrouvées d'instinct par les caravanes

méharistes comme par les ingénieurs qui tracèrent l' « autostrade Weygand ») formant les « chemins de rocade » de la frontière asiatique de Rome, apparaissent comme ressuscitées sur les clichés du savant ; les murs des fortifications mieux encore. Tous les 30 milles, le *castellum*, gîte d'étape, apparaissait à son tour. Tous les 10 milles, c'est la tour d'observation et de signalisation optique. Et les « points d'eau » jalonnent cette organisation défensive, avec une telle précision qu'ils semblent marquer, même aujourd'hui, les zones de fertilité relative qui règlent, par les pâturages saisonniers, les va-et-vient de la « transhumance » des tribus poussant leurs immenses troupeaux, de la montagne à la plaine et réciproquement, au printemps et à l'automne. Peut-être sont-ce là des indices utilisables pour retrouver des nappes hydrauliques souterraines, dont discutent les géologues.

Puis, les villes-frontières se dessinent à leur tour, avec leur enceinte civile et leur camp retranché — refuge éventuel de la population devant l'incursion des Parthes, des Bédouins. La superposition des défenses arabes aux défenses romaines montre encore l'histoire des alliances auxquelles Rome confia longtemps le soin de coopérer au barrage des invasions qui, finalement, submergèrent l'Empire. C'est tout un passé vivant qui se révèle sur ces plaques photographiques.

Ajoutons qu'ayant terminé l'exploration du *limes* oriental, le R. P. Poidebard s'est attaqué à la prospection photographique des grands ports antiques de Tyr et de Carthage. Car l'avion sonde les profondeurs marines, comme on sait, avec la même aisance que la surface des déserts. Ces travaux, terminés, viennent de paraître (1).

Des émules du savant religieux prélèvent, de leur côté, chaque fois qu'ils le peuvent, d'autres traces de l'Empire romain, en Algérie, en Tunisie.

Avec le R. P. Poidebard, en dix ans (1924-1934), c'est un véritable triomphe qu'a connu la « géographie historique ». L'archéologie « aérienne » est du reste nommée par l'auteur « archéologie triomphante » en contraste avec l' « archéologie militante » — celle des fouilleurs et des déchiffreurs d'inscriptions qui se trouvent munis désormais, grâce à la première, de travaux à venir d'une perspective quasi illimitée.

VICTOR JOUGLA.

(1) PAUL GETHNER, Paris, éditeur.

(1) *Tyr*, par le R. P. POIDEBARD, Gethner, éditeur.

LE III^e REICH A LA CONQUÊTE DU MARCHÉ MONDIAL DE L'AUTOMOBILE ? LA VOITURE POPULAIRE ALLEMANDE

Par Henri PETIT

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE
PRÉSIDENT DE LA SOCIÉTÉ DES INGÉNIEURS DE L'AUTOMOBILE

Le Salon de Berlin 1939 marque un fait sans précédent dans l'histoire de l'automobile : pour la première fois, dans un Salon, était exposée une voiture qu'on pourrait appeler voiture officielle, puisque son étude et sa construction ont été ordonnées par le gouvernement allemand. La voiture populaire allemande, le « Volkswagen », que l'on désigne également sous les initiales K. D. F., pour rappeler le slogan germanique actuel : « la force par la joie » (1), n'est pas, en effet, comme tous les véhicules automobiles qui ont pris part jusqu'à maintenant aux différentes expositions, le produit d'une industrie particulière, mais bien ce qui doit être construit par l'Etat dans une entreprise financée par lui et dont il recrute lui-même la clientèle. Les usines qui « sortiront » la voiture populaire à la cadence de 500 voitures par jour dans deux ans (on annonce même 5.000 voitures par jour dans six ans), dotées de l'organisation et du matériel les plus modernes, auront tôt fait de saturer le marché allemand. Il est à prévoir qu'elles pourront alors, favorisées par les procédés de dumping du gouvernement allemand, faire sur le marché mondial une redoutable concurrence aux constructeurs actuels.

L'histoire du « Volkswagen »

IL y a trois ans, le chancelier allemand, désireux de doter son peuple d'une petite voiture populaire pouvant être utilisée par tous ceux qui jouissent d'une modeste aisance, a fait étudier par l'ingénieur-docteur Porsche une petite voiture. Après étude, trente exemplaires prototypes ont été fabriqués chez un constructeur (Mercedes en l'espèce) et mis sur la route. Quand ces trente voitures ont eu parcouru à elles toutes 2 millions de km environ, on jugea que le modèle pouvait être considéré comme définitif. A ce moment, le Führer offrit aux constructeurs allemands l'étude complète de la voiture, et cela gratuitement, à charge pour eux d'en entreprendre la fabrication pour un prix déterminé ; il faut croire que les conditions ne parurent pas avantageuses aux usines d'Allemagne puisque aucun constructeur ne consentit à se lancer dans cette aventure.

Résolu à aboutir coûte que coûte, le Führer décida alors que la voiture serait construite dans une usine d'Etat, financée par l'Etat, et que c'est l'Etat qui se transformerait en constructeur et en vendeur. En fait, l'intervention de l'Etat se manifeste

(1) Kraft durch Freude.

peut-être sous le nom d'une société, mais ce ne sont là que des apparences et, dans le fond, c'est bien de l'Etat qu'il s'agit. Or donc, une usine a été commencée et est actuellement en construction en pleine campagne, le long de la voie de chemin de fer de Berlin à Hanovre.

Cette usine doit pouvoir construire, dans deux ans, de 400 à 500 voitures par jour, soit 120 000 à 150 000 voitures par an. On escompte qu'elle commencera à produire 2 ou 3 000 voitures dans l'année 1940, à titre, en quelque sorte, d'échantillons. La production de 400 voitures par jour doit être atteinte en 1941. Mais on escompte qu'en 1945, c'est le chiffre de 1 million et demi par an qui sera atteint !... On se doute bien qu'il ne suffit pas, pour assurer une production pareille, de bâtir une usine en pleine campagne : il faut grouper autour d'elle une main-d'œuvre suffisante et les plans sont prévus pour la construction d'une ville autour de l'usine, ville qui doit, paraît-il, compter un jour 200 000 habitants.

L'usine, qui est commencée depuis environ six mois, sera entièrement payée et outillée par le Front du travail. (Le Front du travail a sa caisse alimentée par un versement de 1 mark par semaine que lui font tous les travailleurs allemands.) Quand cette

usine sera prête à fonctionner, on pourra donc considérer qu'elle sera entièrement payée et qu'elle ne figurera au bilan ni au capital ni aux amortissements.

Fabriquer une voiture en grande série est bien. Mais encore faut-il songer à la vendre. Pour la voiture populaire, cette vente, contrairement à ce qui se passe dans tous les pays sur le marché automobile, a commencé avant même que l'usine fût en construction.

Tous les Allemands en situation d'acheter la petite voiture et de l'utiliser, c'est-à-dire, en fait, tous ceux dont la situation, même

faudra donc, à raison de 260 marks par an, un peu moins de cinq ans pour tout payer.

Qu'arrivera-t-il au cas où un souscripteur viendrait à mourir avant que sa voiture lui ait été délivrée ou qu'il l'ait payée? Ou bien encore au cas où il se trouverait incapable de continuer ses versements?

Les marchés passés avec les clients sont *nominatifs* et *non transmissibles*. Dans les cas que nous imaginons, l'intéressé ou ses héritiers pourront demander à l'administration le remboursement des sommes versées et l'annulation des marchés. Ce rem-

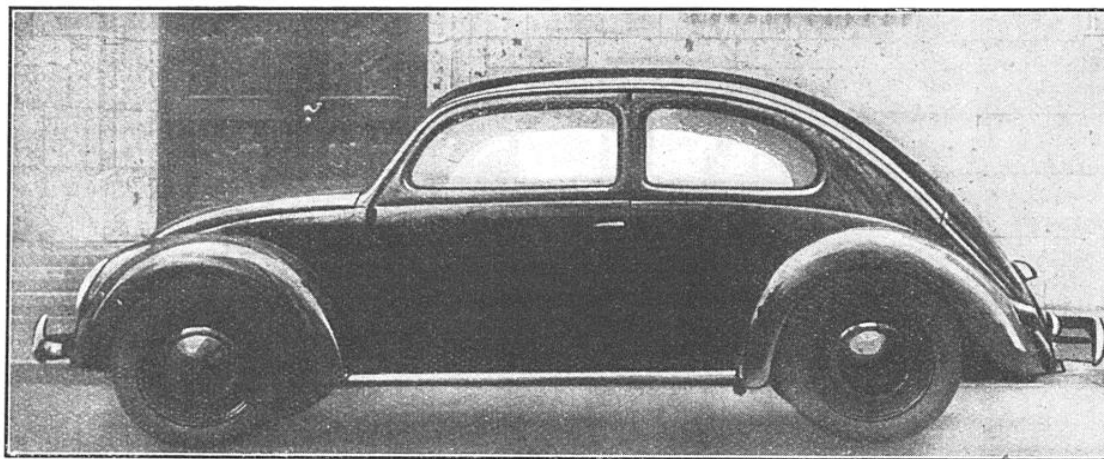


FIG. 1. — LE « VOLKSWAGEN » OU VOITURE POPULAIRE ALLEMANDE

C'est une voiture à 4-5 places, carrossée en conduite intérieure avec deux portes. Le moteur et toute la partie mécanique sont placés à l'arrière, les roues arrière sont motrices, les roues avant directrices. A l'avant et sous le capot, la roue de rechange, le réservoir d'essence et un compartiment à bagages. A l'arrière, un autre compartiment à bagages et l'ensemble moteur-transmission.

modeste, est considérée comme suffisante, ont été invités à souscrire ; moyennant quoi on leur a délivré une feuille portant cinquante-deux cases. Dans chacune de ces cases, ils doivent coller chaque semaine un timbre de 5 marks. Au bout de l'année, la feuille pleine est échangée contre une vide. Au bout de la deuxième année, cette deuxième feuille remplie à son tour est échangée contre une troisième feuille sur laquelle figurera un numéro. Ce numéro, c'est le numéro de la voiture qui sera affectée à l'acheteur. Notez bien qu'il s'agit là simplement d'un numéro, mais pas d'une date de livraison. L'acheteur prendra sa voiture quand elle sortira ; mais il ne sait pas au juste quel sera ce jour heureux.

Le prix de la voiture a été fixé à 990 marks ; il faut ajouter à cela une somme supplémentaire de 200 marks représentant les assurances pour les deux premières années. Il

boursement *pourra leur être fait* si l'administration le juge à propos après retenue des frais engagés.

Le côté financier de l'affaire apparaît donc comme très avantageux pour l'Etat, puisqu'il va fabriquer, dans une usine qui ne lui coûtera rien, des voitures qui seront payées d'avance. Resté à savoir cependant si ce prix de 990 marks correspond bien à la valeur de la voiture fabriquée.

Il est difficile, sinon impossible, d'établir la correspondance entre la valeur du mark en Allemagne et celle du franc en France. Il y a bien le cours officiel du mark, qui doit se trouver actuellement dans les environs de 15 f 50, mais il y a d'autres cours, les uns officiels, les autres effectifs, qui sont très différents : il y a le mark touriste, qui vaut environ 8 f 25... et il y a le mark qu'on peut acheter chez les changeurs et qui ne coûte à l'heure actuelle guère plus de 5 f.

Essayez donc de trouver une base pour faire l'évaluation de la monnaie allemande !

On peut tabler sur ce que gagne, d'une part, un ouvrier allemand, d'autre part, l'ouvrier français de qualité égale. Dans l'automobile, par exemple, le bon ouvrier allemand gagne environ 1 mark l'heure. Le bon ouvrier français gagne entre 10 et 12 f.

Il semble cependant que cette base de 10 à 12 f pour 1 mark soit encore trop élevée si l'on considère le prix de toutes choses en

l'avons dit, pouvoir être mise entre les mains de tout le monde. Elle doit convenir par conséquent au plus grand nombre. On a estimé qu'elle devait, pour cela, avoir une carrosserie capable de loger très confortablement quatre voyageurs et éventuellement cinq. C'est le type de la carrosserie fermée qui a été choisi, au moins pour les premiers exemplaires, d'autres formes de caisses pouvant être envisagées plus tard.

La voiture doit être économique de prix

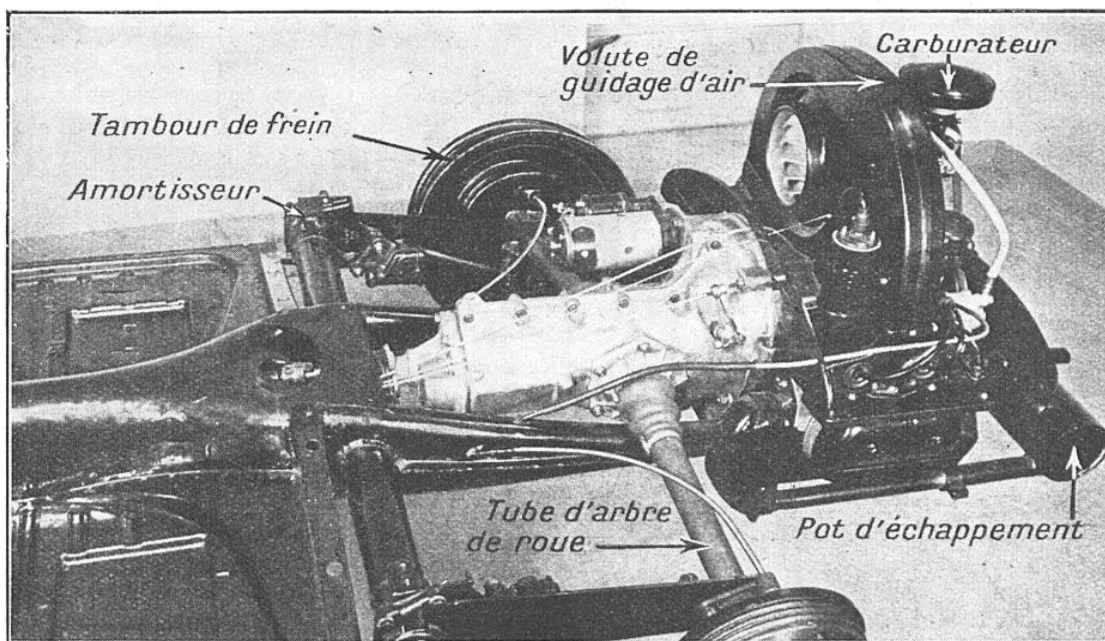


FIG. 2. — ENSEMBLE DE LA PARTIE MÉCANIQUE DE LA VOITURE POPULAIRE ALLEMANDE

On remarque à l'arrière le ventilateur centrifuge dans la volute en tôle qui souffle sur les cylindres placés en dessous. L'arrière est suspendu par des barres de torsion enfermées dans la traverse arrière du châssis, les roues étant supportées par des tôles plates dont le plan moyen est vertical.

Allemagne. Nous avons eu l'impression qu'à Berlin le mark n'a pas une valeur d'achat supérieure à 6 ou 7 f au maximum à Paris. Et cela nous conduirait, pour la valeur de la voiture populaire, à 7 000 f seulement, ce qui est extrêmement bas. La voiture la meilleur marché, en France, coûte actuellement en effet de 14 à 15 000 f, et elle n'a pas la capacité de transport ni le confort qu'offre la voiture allemande.

Le problème posé dans la conception de la voiture

Quand il s'est agi d'élaborer les plans de la voiture populaire, certaines conditions ont été posées à ceux à qui ce travail a été confié. La voiture populaire doit, nous

d'achat et économique aussi d'exploitation : elle sera, par conséquent, légère. Le poids de 600 kg imposé au début n'a pu être observé et le poids réel de la voiture n'est que de peu inférieur à 700 kg. Comme beaucoup des futurs propriétaires de la voiture populaire n'ont pas et n'auront pas de garage, la voiture doit pouvoir supporter sans dommage le séjour en plein air pendant toute l'année et ne pas être détériorée par les intempéries et, en particulier, les froids, qui sont souvent très vifs dans certaines parties de l'Allemagne.

Comme conséquence, le moteur devra être refroidi directement par l'air, pour supprimer les risques de congélation.

On avait envisagé, au début, d'utiliser dans la construction de la voiture le maxi-

mum de matières produites sur le sol allemand, à l'exclusion des matières d'importation. C'est ainsi que la carrosserie devait être soit en bois comprimé, soit en résine synthétique ; sans doute la réalité n'a-t-elle pas répondu aux espoirs formés, puisque la caisse de la voiture populaire est en tôle d'acier — et la publicité faite autour de la voiture insiste même très nettement sur ce point. Les glaces sont en verre et non pas en résine synthétique, comme on devait le faire dès l'abord. Evidemment, question de prix de revient.

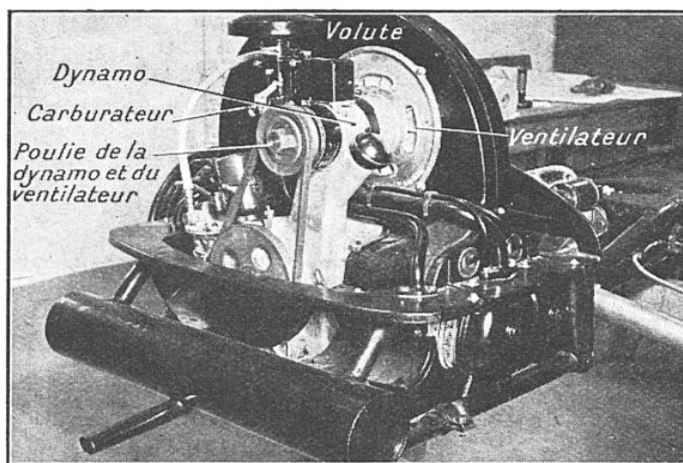


FIG. 3 - L'ARRIÈRE DU CHASSIS DE LA VOITURE POPULAIRE

Tout à l'arrière et en travers, le pot d'échappement. On aperçoit au centre la dynamo, qui est commandée par courroie et sur l'arbre de laquelle est monté le ventilateur centrifuge de refroidissement. A la partie supérieure, le carburateur alimenté par une pompe à essence mécanique. En dessous, on aperçoit, sur la droite, l'extrémité des cylindres.

Les caractéristiques techniques du « Volkswagen »

Maintenant, voyons comment est faite la voiture du point de vue mécanique.

Le moteur et tous les organes mécaniques sont situés à l'arrière, tout près des roues motrices ; ce mode de construction, pratiquement inusité chez nous, a été déjà mis en pratique sur

quelques types de voitures en Allemagne.

L'ossature de la voiture, le squelette en quelque sorte, est constituée par une grosse poutre tubulaire centrale qui supporte à

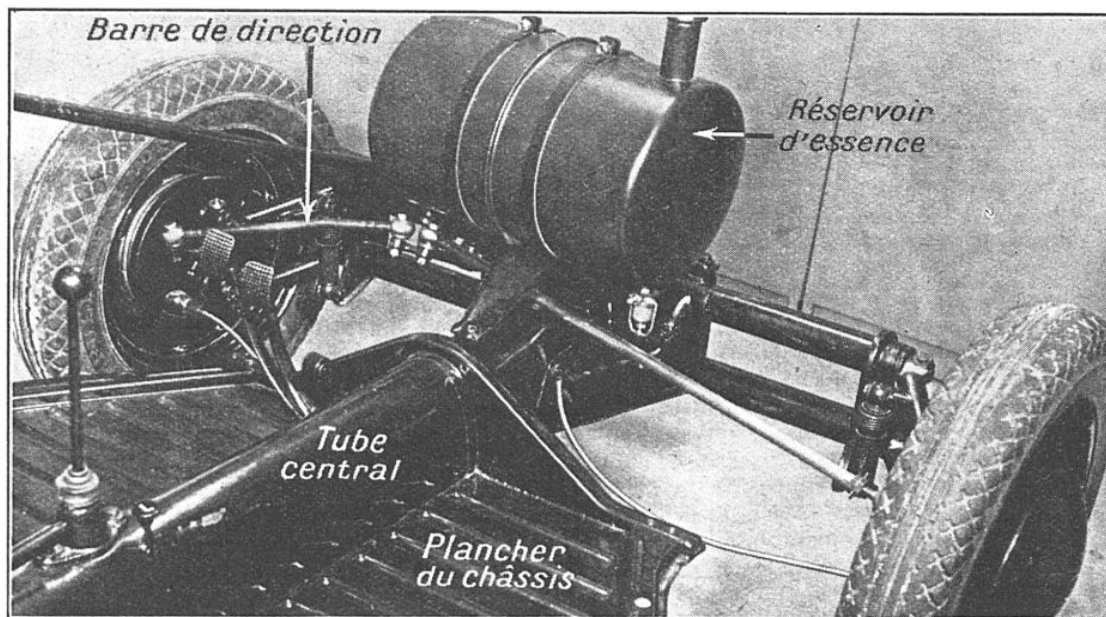


FIG. 4. — L'AVANT DU CHASSIS DE LA VOITURE « KDF »

Un gros tube central forme l'épine dorsale du châssis et supporte une tôle gaufrée horizontale qui sert de plancher. Le réservoir d'essence est placé tout à l'avant. Les roues avant à suspension indépendante, qui sont uniquement directrices, sont reliées au châssis par des biellettes, elles-mêmes maintenues par des ressorts de torsion placés dans des tubes formant traverses à l'avant.

l'avant la roue de rechange et le réservoir d'essence (d'une contenance de 25 litres). A l'arrière, la poutre s'épanouit en deux branches en forme d'Y ; c'est dans l'angle de cet Y que viennent s'insérer le bloc moteur, l'embrayage, la boîte de vitesse, le différentiel. Les planétaires du différentiel entraînent les arbres de roues qui sont situés eux-mêmes dans des tubes oscillant dans un plan vertical. Ce sont ces tubes qui portent les roues motrices (fig. 2).

La voiture est pourvue de freins sur les quatre roues, à commande par câbles enfermés dans des gaines. La direction attaque par deux barres distinctes les deux roues avant. La suspension, du type indépendant pour toutes les roues, est assurée par des barres de torsion : barre unique de section circulaire pour chacune des roues arrière, barre triple, de section méplate, pour chacune des roues avant. Toutes les barres de torsion sont protégées par des tubes formant traverses du châssis. Sur la poutre centrale est rivée une tôle plate et gaufrée qui forme le plancher et qui supporte les sièges. La carrosserie vient coiffer le tout et repose sur le plancher.

Le moteur est un 4 cylindres à quatre temps dont les cylindres sont disposés horizontalement opposés deux par deux. Le vilebrequin est du type ordinaire à quatre coudes, reposant sur trois paliers.

Les cylindres portent des ailettes et le

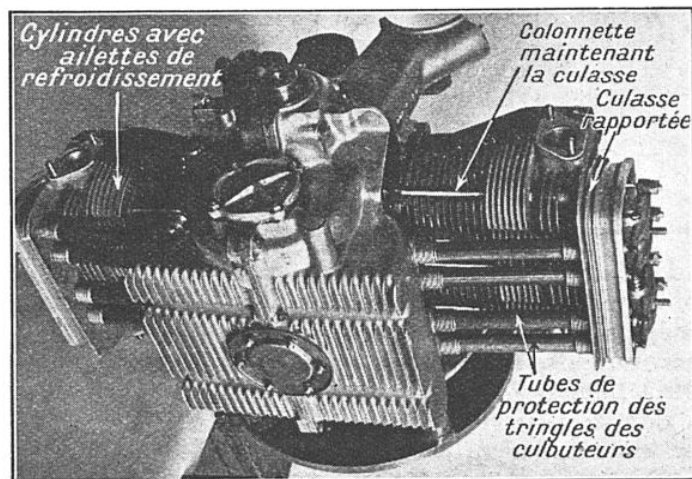


FIG. 5. — VUE PAR-DESSOUS DU MOTEUR A REFROIDISSEMENT PAR AIR DE LA VOITURE « KDF »

Le moteur a 4 cylindres horizontaux opposés deux par deux. Les cylindres sont munis d'ailettes et refroidis directement par l'air. Les culasses sont rapportées et maintenues par des colonnettes. Les soupapes placées dans le fond des culasses sont commandées par les culbuteurs qu'on aperçoit à droite.

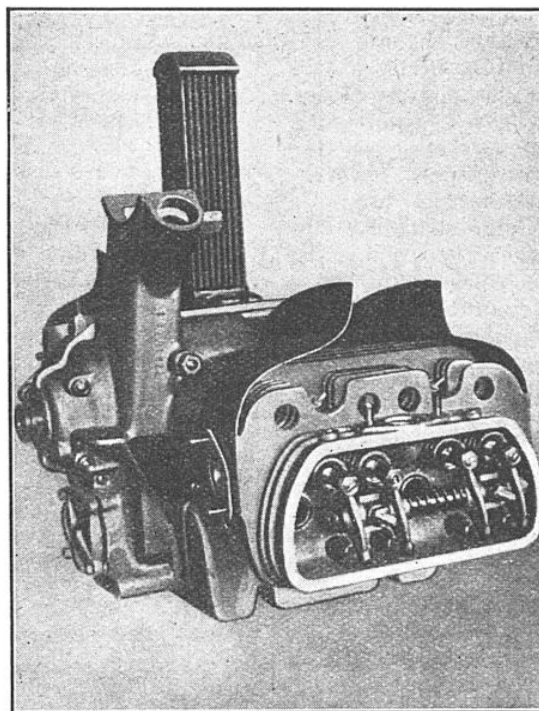


FIG. 6. — LE MOTEUR DE LA VOITURE POPULAIRE ALLEMANDE VU PAR COTÉ

Le carter des culbuteurs a été enlevé pour permettre de voir le mécanisme de commande des soupapes. A la partie supérieure, on aperçoit le faisceau tubulaire du radiateur d'huile : ce faisceau est enfermé dans la volute en tôle que parcourt le courant d'air de refroidissement.

refroidissement est assuré par une circulation d'air provoquée au moyen d'un souffleur centrifuge monté au-dessus du moteur dans une volute en tôle qui canalise les filets d'air sur les ailettes des cylindres ; à l'intérieur de la volute est placé un radiateur tubulaire pour l'huile.

Sur l'arbre du souffleur est monté l'induit de la dynamo, dont le corps repose sur un support. Le tout est entraîné par une courroie trapézoïdale située tout à l'arrière (fig. 3).

Les soupapes sont disposées dans le fond des culasses et commandées par tringles et culbuteurs (fig. 5 et 6).

L'embrayage est du type à disque unique fonctionnant à sec. La boîte de vitesse comporte

quatre vitesses avant et une marche arrière, avec deux vitesses silencieuses et synchronisées. Le différentiel est à pignons coniques.

Voici maintenant les principales données numériques de la voiture :

Alésage des cylindres, 70 mm ;

Course des pistons, 64 mm ;

Cylindrée, 986 cm³ ;

Le moteur donne 23,5 ch à 3 000 tours avec un rapport volumétrique de 5,6 ;

L'installation électrique est du type 6 volts avec batterie de 75 ampères-heures ;

La démultiplication du pont est de 1/4,43 avec des roues munies de pneus 4,5 × 16 ;

La voie est de 1 m 29 à l'avant, 1 m 25 à l'arrière et l'empattement 2 m 40 ;

A pleine charge, la voiture conserve un tirant d'air de 220 mm.

Quant à ses performances, disons que sa vitesse maximum en pointe est d'environ 105 km à l'heure et qu'elle peut soutenir, sur autoroute, une vitesse continue voisine de 100 km à l'heure.

Sa consommation est de 6,5 à 7 litres aux 100 km pour l'essence et 1 litre d'huile pour 1 000 km.

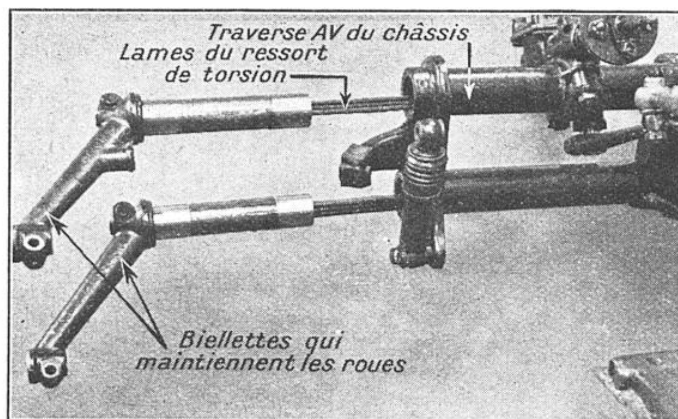


FIG. 7. — DÉTAIL DE LA SUSPENSION AVANT

Les roues avant sont suspendues au moyen d'un faisceau de trois lames de ressorts travaillant à la torsion, ancrées d'une part sur l'avant du châssis et, d'autre part, sur les biellettes qui maintiennent les roues avant. A l'arrière, le ressort de suspension est formé d'une barre de torsion à section cylindrique.

truit non pas pour le moment présent, mais bien pour un avenir d'extrêmement longue durée. Quelle sera la sanction de cet avenir quant à la voiture populaire ? Les événements nous l'apprendront. Dès maintenant, cependant, nous devons penser que si la production espérée par les dirigeants allemands sort réellement des usines, le marché allemand sera rapidement saturé et que la voiture populaire deviendra forcément — et cela dans un avenir très prochain — un objet d'exportation. Si, comme il est possible (nous dirions presque probable), l'Allemagne pratique en sa faveur le dumping qui lui est assez habituel, les marchés de l'automobile des pays voisins pourront s'en trouver fortement troublés : *caveant consules*.

HENRI PETIT.

Les cinq centres principaux de l'industrie automobile américaine sont : Detroit, Lansing, Flint, Pontiac et Akron. Au début du siècle, leur population s'élevait au total à 368 000 habitants ; elle dépasse aujourd'hui 2 millions, soit cinq fois plus, alors que, pour l'ensemble du territoire des Etats-Unis, l'augmentation de la population n'a été, dans la même période, que de 70 %. Une industrie, comme la construction automobile américaine, dont le personnel augmente plus rapidement que la population du pays, contribue essentiellement à la régression du chômage. De plus, le développement des transports, en stimulant les échanges, augmente la prospérité générale du pays et sa capacité de consommation, et procure ainsi des débouchés à d'autres industries.

Cet exemple illustre d'une manière frappante l'inexactitude de la thèse, encore trop souvent acceptée à l'heure actuelle, suivant laquelle le développement du machinisme est nécessairement générateur de chômage.

LA RENAISSANCE DES CROISEURS DE BATAILLE : LE « SCHARNHORST » ET LE « GNEISENAU » MENACENT GRAVEMENT NOS COMMUNICATIONS MARITIMES

Par Camille ROUGERON
INGÉNIEUR EN CHEF DU GÉNIE MARITIME (C. R.)

Le croiseur de bataille créé en 1906 par l'amiral anglais sir John Fisher différait du navire de ligne type, le cuirassé, en ce qu'un des facteurs principaux de sa valeur militaire, la protection, était délibérément sacrifiée au profit de deux autres : vitesse et armement. Aussi était-il capable de surclasser tous les bâtiments rapides, tels que les croiseurs, et en même temps de tenir sa place dans une rencontre navale entre bâtiments de ligne. Cette conception, que les enseignements de la bataille du Jutland (1) firent abandonner depuis la guerre (plusieurs croiseurs de bataille anglais y furent perdus par suite de l'insuffisance de leur protection), vient d'être reprise par la marine allemande avec le Scharnhorst et le Gneisenau, de 26 000 t, récemment mis en service. Ici, c'est l'armement (artillerie principale de calibre relativement faible : 280 mm) qui est sacrifié à la protection (pont blindé de 150 mm et cuirasse de 300 à 325 mm) et surtout à la vitesse (que l'on peut estimer à 33 nœuds environ). Ces « Schlachtkreuzer », ainsi que les appelle l'Amirauté allemande, ne pourraient évidemment lutter contre des cuirassés modernes, mais surclassent tous les autres bâtiments de surface. Ils constituent, de ce fait, une menace des plus graves pour la sécurité de nos liaisons maritimes avec notre empire d'outre-mer et les centres de ravitaillement d'outre-Atlantique.

Le « Scharnhorst » et le « Gneisenau »

LA marine allemande vient de mettre en service, en 1938, les deux premiers navires de ligne construits depuis la dénonciation des clauses militaires du Traité de Versailles.

Mis en chantier en 1934, avant cette dénonciation, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* étaient alors présentés comme deux nouveaux exemplaires des « cuirassés de poche » de 10 000 t, type *Deutschland*, autorisés par le traité. C'étaient en réalité deux navires de 26 000 t, qui furent lancés le 3 octobre et le 8 décembre 1936 et prirent place dans la flotte allemande en mai et septembre 1938.

Leurs caractéristiques sont assez différentes de celles des autres navires de ligne construits depuis 1918, surtout si l'on se reporte à l'époque de leur mise en chantier, pour qu'il soit intéressant d'étudier la conception qui a présidé à leur programme.

La différence porte essentiellement sur l'artillerie principale et la vitesse.

L'artillerie principale est composée de neuf pièces de 280 mm, en trois tourelles

triples, deux à l'avant, une à l'arrière. Ce qui surprend dans cet armement, c'est la faiblesse du calibre, eu égard au déplacement de 26 000 t. Washington, c'est-à-dire d'environ 30 000 t à pleine charge. Ce calibre est exactement le même que celui qui arme la série des *Deutschland* de 10 000 t et l'augmentation du nombre des pièces, portée de six à neuf, ne correspond nullement à l'accroissement de tonnage.

On n'a pas manqué d'épiloguer sur les raisons de ce choix.

La marine allemande, disaient les uns, a voulu rester fidèle au calibre longtemps traditionnel de 280 mm, qui était celui du *Geben* et celui de quelques-uns des croiseurs de bataille avec lesquels elle obtint d'excellents résultats en mer du Nord. Affirmons aux partisans de la tradition que ce n'est point elle qui sert de base au choix des matériels de la marine allemande. Après avoir abandonné le 280 mm pour le 305 mm, celle-ci n'a pas hésité, quelques années avant 1914, à passer d'un coup au 380 mm, au moment où la marine britannique se croyait très en avance avec le calibre de 343 mm. C'est une preuve de compréhension de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 229, page 66.

l'intérêt des calibres élevés qu'aucune autre marine n'a donné ; il est bien douteux qu'elle ait été oubliée.

La marine allemande, disaient les autres, s'en tient au 280 mm, mais il ne s'agit pas là d'une pièce de 280 mm ordinaire. C'est un 280 mm puissant, tirant à très grande vitesse initiale un projectile lourd, qui ajoute donc à une puissance à la bouche, qui serait celle d'un calibre nettement supérieur, les avantages de conservation de vitesse et de facilité de perforation qu'offre la réduction de calibre pour une puissance à la bouche donnée. C'est le raisonnement habituel par quoi les partisans de la tradition s'accordent avec les partisans du moindre effort pour défendre le calibre auquel ils sont habitués, et qui dispense d'études nouvelles, contre les amateurs de changements.

Le raisonnement n'a qu'un défaut. Il est très bien de montrer qu'un 280 mm « puissant » est équivalent ou supérieur à un 305 mm ou à un 340 mm « ordinaires ».

Mais ne pourrait-on faire aussi, dans ces calibres, un canon « puissant » ? Et nul ne conteste, pensons-nous, qu'à égalité de « puissance » relative, le gros calibre l'emporte sur le petit.

Ni l'argument de la tradition, ni celui du petit calibre « puissant » ne sont, croyons-nous, à retenir. Il est beaucoup plus simple d'admettre que la marine allemande a sacrifié délibérément l'armement de ses nouveaux navires de ligne pour faire porter son effort sur d'autres facteurs.

Il est facile de préciser par un chiffre l'étendue du sacrifice. Toutes choses égales d'ailleurs — et la marine allemande n'a sûrement pas le monopole des canons puissants, — le poids d'une artillerie varie comme le nombre des pièces et le cube de leurs calibres. Si on rapporte ce poids au déplacement, en formant le rapport à ce déplacement du produit du nombre des pièces par le cube de leur calibre, on obtient un chiffre qui permet d'évaluer l'importance attachée au facteur armement.

Si on attribue arbitrairement à ce facteur de comparaison la valeur 1 pour le cuirassé moyen de 24 000 t, armé de huit 381, mis en

chantier en 1914, le tableau ci-dessous indique sa valeur pour les quatre types de navires de ligne mis en chantier et entrés en service depuis 1918.

Le *Nelson* est un navire de ligne où l'armement a très sensiblement même importance que sur le cuirassé de 1914 ; un gros sacrifice avait déjà été fait sur le *Dunkerque* ; il s'est très accentué en passant au *Scharnhorst* dont l'artillerie principale a, relativement, presque deux fois et demie moins d'importance que celle du *Nelson*.

La vitesse est le facteur qui a le plus bénéficié du sacrifice de l'artillerie.

Si l'on s'en tenait à l'indication officielle de la vitesse qu'on annonce avoir été prévue lors de l'établissement du programme, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* ne feraient que 27 nœuds. Mais il s'agit là d'une vitesse

réalisée avec une puissance conventionnelle très inférieure à celle que la machine est en état de tenir pendant plusieurs heures, et qui a pour but principal de permettre à la ma-

| Nom | Déplacement | Calibre | Nombre de pièces | Facteur de comparaison |
|--------------------------|-------------|---------|------------------|------------------------|
| | Tonnes | mm | | |
| <i>Nelson</i> | 33 600 | 406 | IX | 0,98 |
| <i>Deutschland</i> | 10 000 | 280 | VI | 0,72 |
| <i>Dunkerque</i> | 26 500 | 330 | VIII | 0,59 |
| <i>Scharnhorst</i> | 26 000 | 280 | IX | 0,42 |

TABLEAU I. — COMMENT A VARIÉ LE FACTEUR « ARMEMENT » SUR LES NAVIRES DE LIGNES RÉCEMMENT CONSTRUITS

rine allemande, qui ne publie pas ses vitesses maxima d'essais, d'espérer conserver secrète cette performance. Cette tradition datait déjà d'avant 1914. L'écart entre la vitesse conventionnelle et la vitesse maximum s'est accentué depuis, à l'occasion du *Deutschland* où l'on a annoncé une vitesse de 26 nœuds qui ne cadrerait nullement avec les caractéristiques publiées simultanément, notamment longueur et puissance. Il n'était guère difficile de calculer qu'un navire aux dimensions du *Deutschland* et de formes normales — et on ne peut pas supposer que les formes allemandes soient inférieures à des formes classiques, longuement expérimentées en tous pays — devait donner une vitesse de plus de 29 nœuds avec la puissance maximum annoncée.

Pour le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, on a compliqué le problème de la restitution de la vitesse en ne donnant aucune indication sur la puissance. Il est malheureusement beaucoup plus difficile de dissimuler la longueur, qui ne peut échapper à un observateur tant soit peu averti regardant le navire sur cale, au bassin, ou côte à côte avec des navires de longueur connue. Or, il

se trouve que, sur le navire de ligne, pour des raisons qu'il serait trop long d'exposer en détail et qui tiennent à une variation brusque dans la loi de résistance en fonction de la vitesse, la vitesse maximum pratiquement réalisable est une fonction assez exactement connue de la longueur. C'est cette règle qui permet de fixer à 33 nœuds environ la vitesse du *Scharnhorst* et du

les répercussions, sur le poids de coque et le poids de protection, sont aussi coûteuses.

La protection de ces deux navires ne peut pas être très importante. D'une manière générale, il est difficile de cuirasser fortement un navire long, surtout avec les exigences nouvelles de protection contre les bombes d'avions. Dans le cas particulier des navires allemands, la difficulté aug-

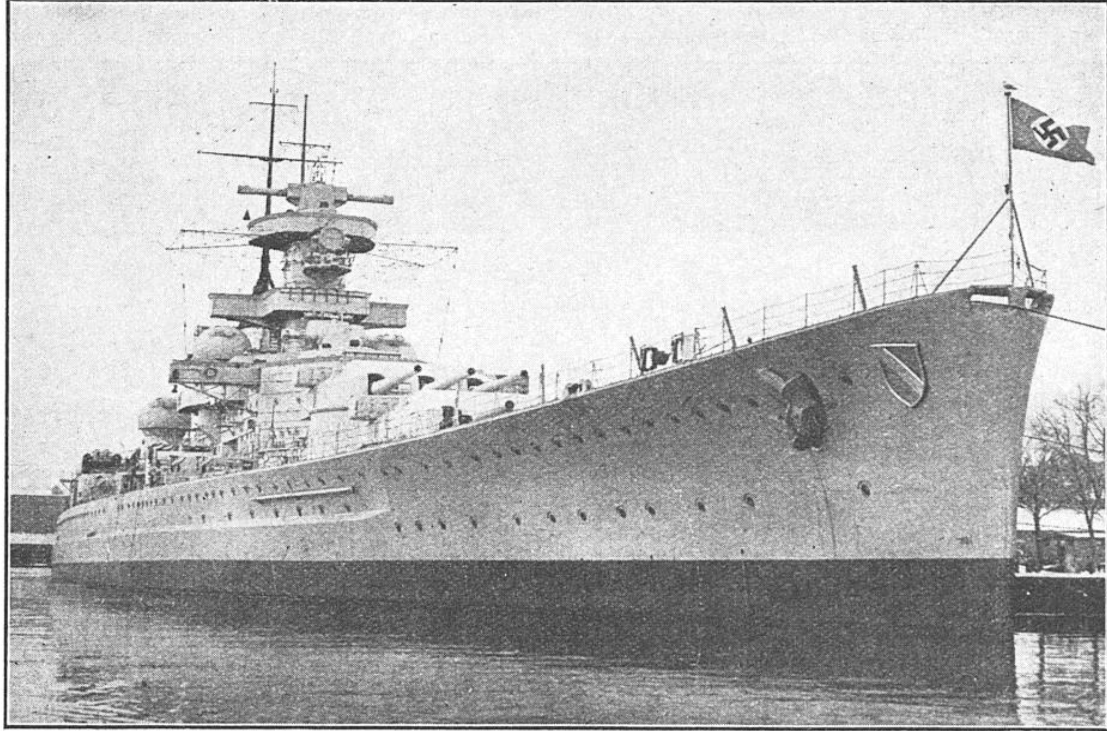


FIG. 1. — LE CROISEUR DE BATAILLE ALLEMAND « SCHARNHORST »

Mis en chantier en 1934 à Wilhelmshafen, le *Scharnhorst*, présenté initialement comme croiseur de 10 000 t, s'est révélé, après la dénonciation des clauses militaires du Traité de Versailles, être un croiseur de bataille de 26 000 t. Lancé le 3 octobre 1936, il est en service depuis le 21 mai 1938. Il est propulsé par turbines à engrenages, avec appoint de moteurs Diesel pour la marche en croisière. Cette solution est spéciale à la marine allemande, qui l'a inaugurée en 1926 sur les trois croiseurs de 6 000 t type *Königsberg*. Elle permet un grand rayon d'action, inutile pour des opérations en Europe, et qui dévoile les prévisions d'emploi d'un tel navire pour la chasse au commerce sur les océans.

Gneisenau, dont la longueur de 226 m est considérable pour des navires de ce déplacement (le *Dunkerk*, de même déplacement, n'a que 214 m). Cette vitesse cadre d'ailleurs avec le chiffre de 150 000 ch publié, de source non officielle, pour la puissance.

Le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* sont donc, sans le moindre doute, des navires où un très gros effort a été fait quant à la vitesse. Ce n'est pas sans raisons sérieuses qu'on donne à un navire de ligne une longueur dont

mente, car la marine allemande a toujours tenu à maintenir sur une grande fraction de la longueur l'épaisseur de cuirasse qui recouvre la région centrale, et à prolonger cette protection par une cuirasse mince s'étendant jusqu'aux extrémités.

Il est donc très probable que la protection ne dépasse pas, pour l'ensemble des ponts blindés, les 150 mm et, pour la cuirasse de ceinture, les 300 à 325 mm que l'annuaire anglais de « Jane » attribue à cette protection. Ce sont là des chiffres nettement

inférieurs aux 200 mm de ponts blindés qu'on attribue à plusieurs des types de navires de ligne actuellement en construction, ou aux 406 mm de ceinture du *King George V*, le premier des nouveaux cuirassés britanniques, lancé en février 1939.

On peut donc admettre que la protection des derniers navires de ligne allemands est très convenable contre le calibre de 280 mm qu'ils portent et, à la rigueur, contre les calibres de 305 à 340 mm, mais qu'elle ne

seurs de bataille », suivant la traduction littérale de l'anglais « battlecruiser », terme choisi par le créateur des navires de ce type.

Qu'est-ce qu'un croiseur de bataille ?

En décembre 1905, l'amiral sir John Fisher, qui venait d'entrer à l'Amirauté comme « First Sea Lord », fit mettre en chantier un cuirassé où l'on unifiait l'artillerie principale, composée jusqu'alors d'un mélange d'artillerie de gros calibre et d'artillerie de moyen calibre, sur la base du

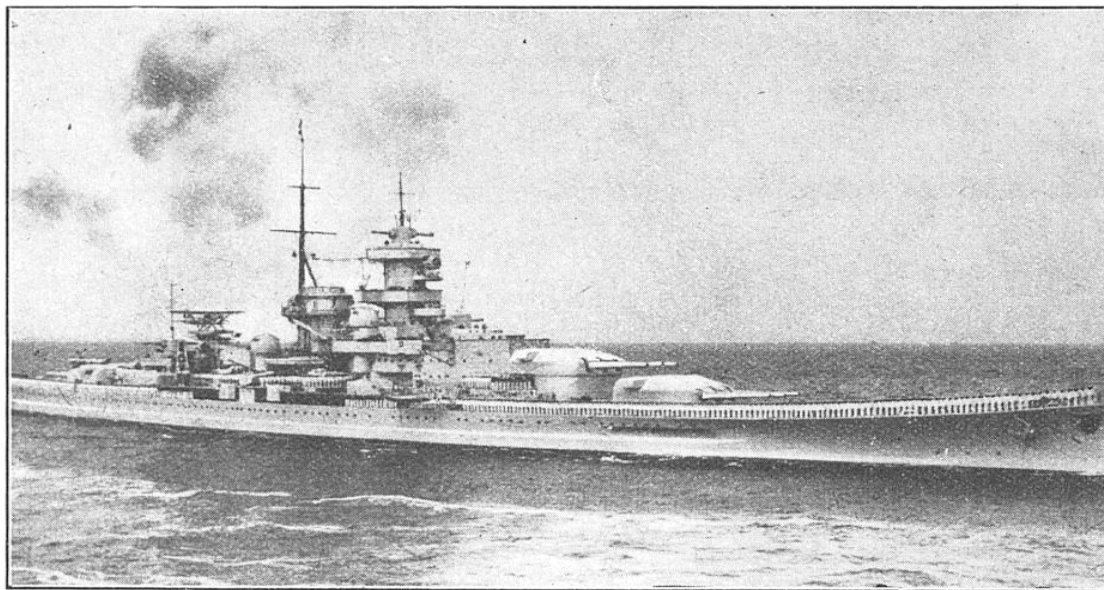


FIG. 2. — LE CROISEUR DE BATAILLE ALLEMAND « GNEISENAU »

Mis en chantier en 1934 aux « Deutsche Werke », le Gneisenau, du même type que le Scharnhorst, a été lancé le 8 décembre 1936, et est en service depuis septembre 1938. Les noms de Scharnhorst et de Gneisenau rappellent ceux des deux croiseurs cuirassés de l'amiral von Spee, qui, partis des mers de Chine en août 1914, furent coulés aux îles Falklands le 8 décembre 1914, alors qu'ils essayaient de rentrer en Allemagne après avoir détruit, à Coronel, une première escadre anglaise lancée à leur poursuite.

convient pas contre les calibres de 381 à 406 mm adoptés sur les navires de ligne en construction dans la plupart des grandes marines. Quant à la protection contre les bombes d'avions, elle souffre de l'insuffisance commune, à laquelle on a cru pouvoir pallier récemment par un relèvement vers 200 mm des épaisseurs des ponts blindés, sans être certain d'éviter ainsi d'autres modes d'attaque de l'avion tout aussi dangereux que la bombe de perforation.

Le croiseur de bataille avant 1914

Dans les annuaires allemands, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* sont rangés dans la catégorie des « Schlachtkreuzer », des « croi-

calibre le plus élevé. Ce fut le *Dreadnought*.

Quatre mois plus tard, en mars 1906, Fisher mettait en chantier un navire dont l'artillerie principale était établie suivant le même principe, mais avec un nombre réduit de pièces. La protection était très allégée par rapport à celle du cuirassé. La vitesse de 26 nœuds dépassait à la fois celle des croiseurs légers et des croiseurs cuirassés en construction à la même époque. C'était l'*Indomitable*, premier des croiseurs de bataille.

Quelles missions l'auteur du croiseur de bataille concevait-il pour ce type de navire ? Surclasser les autres croiseurs, croiseurs légers et croiseurs cuirassés, dans toutes les missions qu'on pouvait leur confier ; tenir

sa place éventuellement dans un combat de navires de ligne. C'est cette double mission que rappelait le nom de « battlecruiser » qui lui fut donné ; le nouveau type de navire était un croiseur, et le plus puissant de tous les croiseurs ; il pouvait, le cas échéant, combattre dans la ligne des cuirassés, des « battleships ».

De toutes les marines, seule la marine allemande comprit aussitôt l'intérêt du croiseur de bataille, et se mit à emboîter le pas à la marine anglaise dans une course au calibre et à la vitesse au cours de laquelle

plir, le croiseur de bataille répondit pleinement aux espoirs que l'on avait placés en lui. On ne saurait, en effet, objecter les échecs de certains d'entre eux, lorsqu'ils furent aux prises avec des navires de même classe. Le succès ne peut alors être le lot de chacun des deux adversaires. Ce qui prouve la conception heureuse d'un type de navire, c'est son succès lorsqu'il est opposé à des navires d'autres types.

Dans l'exploration, dans l'éclairage, dans le contrôle des communications maritimes, dans les raids contre les côtes, le croiseur

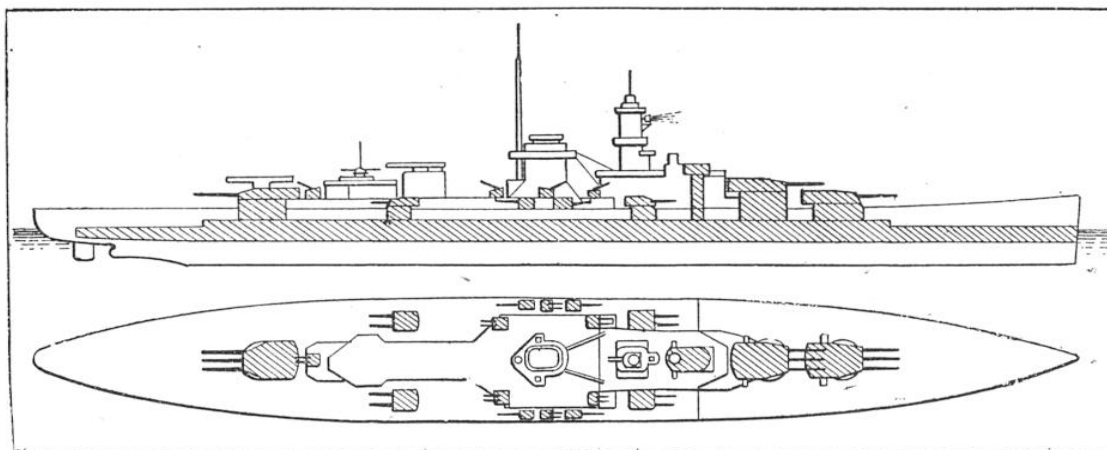


FIG. 3. — SCHÉMAS MONTRANT L'ARMEMENT DU « SCHARNHORST » ET DU « GNEISENAU »

Le Scharnhorst et le Gneisenau, de 26 000 t Washington, sont armés de IX canons de 280 mm en trois tourelles triples, de XII canons de 150 mm en quatre tourelles doubles et quatre tourelles simples, pour la défense contre torpilleurs et contre avions jusqu'au site de 60°, de XIV canons de 105 mm en sept tourelles doubles pour la défense contre avions et de XVI canons automatiques de 37 mm pour la défense contre avions rapprochés. La cuirasse de ceinture aurait de 300 à 325 mm d'épaisseur au centre et de 75 à 100 mm aux extrémités. Les ponts blindés auraient une épaisseur totale de 150 mm ; longueur à la flottaison, 226 m, largeur 30 m, tirant d'eau, 7,5 m. L'équipage comprend 1 461 hommes.

les 280 mm et 305 mm furent remplacés par du 340 mm, et la vitesse passa de 26 nœuds à près de 30 nœuds. Le déplacement augmentait évidemment et atteignait près de 30 000 t en 1914, dépassant ainsi celui des plus puissants cuirassés en service. Pendant ce temps, les autres marines s'en tenaient prudemment à des constructions de croiseurs légers, ou à l'achèvement d'un programme de croiseurs cuirassés d'une quinzaine de mille tonnes. On se demande vraiment quel rôle on pouvait concevoir pour eux en présence des nouveaux monstres.

Le croiseur de bataille au cours de la guerre de 1914-18

Dans toutes les missions qu'on lui confia, ou que les événements l'obligèrent à rem-

plir, le croiseur de bataille trouva des occasions multiples de faire la preuve de ses qualités.

On sait comment le *Gœben*, accompagné du *Breslau*, parvint à échapper en août 1914 à la flotte française en Méditerranée. En décembre 1914, ce furent deux croiseurs de bataille anglais qui mirent fin, aux Falklands, à la croisière jusqu'alors triomphale des croiseurs cuirassés et des croiseurs légers de von Spee. Les raids contre les côtes britanniques de la mer du Nord furent l'œuvre à peu près exclusive des croiseurs de bataille allemands. Dans toutes les opérations navales en mer du Nord, les croiseurs de bataille anglais et allemands jouèrent un rôle de premier plan dans l'éclairage et l'exploration.

Aussi, les constructions nouvelles se ressentent de ces succès, et l'on accentue les

caractéristiques propres à ce type de navire, vitesse et armement, au détriment de la protection. Sous l'impulsion de lord Fisher, revenu à l'Amirauté fin 1914, la marine anglaise commande en 1915 le *Renown* et le *Repulse*, de 26 500 t, portant une artillerie de 381 mm et faisant 32,7 nœuds à feux poussés ; mais la cuirasse de ceinture est réduite à 152 mm. Le *Courageous* et le *Glorious*, dont les projets datent de la même année 1915, poussent à l'extrême ces conceptions. Malgré leur déplacement de 18 600 t, ils ont la même vitesse que le *Renown* et portent du 381 mm ; mais la cuirasse de ceinture est réduite à 76 mm.

Le combat du Jutland (1) vint troubler cette confiance et renverser le sens de l'évolution.

Le début de la rencontre mettait aux prises six croiseurs de bataille anglais et cinq croiseurs de bataille allemands. Les premiers avaient pour eux la supériorité de l'artillerie et de la vitesse. Supériorité d'artillerie énorme : aux 16 canons de 305 mm et 28 canons de 280 mm des Allemands, les Anglais opposaient 32 canons de 343 mm et 16 canons de 305 mm. Les poids de bordée étaient dans le rapport de 100 à 162. Supériorité de vitesse non moins marquée : près de 3 nœuds séparaient les vitesses maxima des deux adversaires.

Mais les croiseurs de bataille allemands avaient une supériorité de protection non moins nette : près de 100 mm de plus de cuirasse de ceinture sur les navires anciens (*Von der Tann*, 250 mm ; *Invincible*, 152 mm), près de 80 mm sur les plus récents (*Dörfflinger*, 300 mm ; *Tiger*, 228 mm). Au bout de seize et de trente-huit minutes de combat, deux des croiseurs de bataille anglais, l'*Indefatigable* et le *Queen Mary*, sautaient.

Non seulement les navires allemands, mieux protégés, avaient pu résister victorieusement au feu de leurs adversaires, mais, quelques instants après, ils subissaient, avec des avaries sévères, il est vrai, mais du moins sans perdre de bâtiments, le feu des canons de 381 mm des cuirassés rapides de sir Evan Thomas.

La journée du Jutland voit donc le triomphe de la protection ; des navires moins bien armés et moins rapides ont pu détruire leurs adversaires moins bien protégés. La leçon est immédiatement appliquée. La protection du *Hood*, commandé en avril 1916 comme réplique aux croiseurs de bataille allemands non achevés type *Mackensen*, est entièrement transformée. Cinq mille tonnes de plus sont consacrées à la

protection. La cuirasse de ceinture passe de 203 mm à 305 mm.

Le croiseur de bataille depuis 1918

La leçon du Jutland, considérée par presque toutes les marines comme le seul enseignement à retenir de la guerre de 1914-1918 en matière de grands bâtiments, les orienta dans la voie du navire à forte protection, armement puissant et vitesse modérée, celle en somme du cuirassé classique d'avant la naissance du croiseur de bataille.

La marine américaine, qui acheva jusqu'en 1920 un programme imposant de navires de ligne mis en chantier après le Jutland, n'en consacra pas la moindre part au croiseur de bataille.

La marine britannique fut la seule à reprendre, aussitôt après l'accord naval de Washington, la construction de navires de ligne. Le *Nelson* et le *Rodney*, avec leur cuirasse de ceinture de 355 mm, leur pont blindé de 126 à 152 mm, leur artillerie de 406 mm et leur vitesse de 23,5 nœuds, furent le type même du navire de ligne conforme aux enseignements officiels de la bataille du Jutland. La réaction contre le croiseur de bataille était poussée à l'extrême. La vitesse apparaissait, non seulement comme un facteur dont le développement était gênant, en ce sens qu'il s'opposait au développement de l'armement et de la protection, mais comme un élément indésirable par lui-même. La vitesse de 23,5 nœuds, convenable pour des cuirassés de 1910, devenait ridiculement faible pour des cuirassés de 1925. Les chaudières et les machines avaient fait de tels progrès dans l'intervalle que le relèvement à 28 ou 29 nœuds de la vitesse d'un cuirassé aux dimensions du *Nelson* ne demandait à peu près aucun sacrifice sur l'armement ou la protection. On peut même affirmer que, si la marine britannique avait bien voulu utiliser l'intégralité du déplacement de 35 000 t permis (le *Nelson* n'a que 33 600 t), la différence permettait d'atteindre cette vitesse de 28 à 29 nœuds sans la moindre réduction d'armement ou de protection.

La marine française fut la première, après la marine britannique, à reprendre un programme de navires de ligne interrompu par la guerre. C'était au lendemain de l'entrée en service du *Deutschland*, dont les canons de 280 mm jetaient quelque trouble dans les esprits. Les caractéristiques du navire qu'elle devait chercher à surclasser lui évitaient au moins l'erreur de la marine britannique construisant en 1925 des navires

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 229, page 66.

de ligne à 23,5 nœuds. Aux 280 mm des *Deutschland*, le *Dunkerque* et le *Strasbourg* opposaient des 330 mm ; à la cuirasse à peine suffisante pour résister à l'artillerie des croiseurs légers, une cuirasse parfaitement à l'épreuve du 280 mm ; à la vitesse officielle de 26 nœuds, qui était en réalité de 29 nœuds, une vitesse officielle de 29 nœuds qui, à feux poussés, pouvait passer à ... nœuds (1). Le *Deutschland* était ainsi surclassé à la fois en armement, en protection et en vitesse ;

du croiseur de bataille. On cherchait encore bien moins à empiéter sur les missions des croiseurs dans le contrôle des communications maritimes.

Dégagée des clauses militaires du traité de Versailles, la marine allemande devenait libre de construire le type de navire qui pût gêner au maximum les marines entrées dans la course avant elle. Le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* sont le fruit de cette recherche.

Ils représentent une formule du croiseur

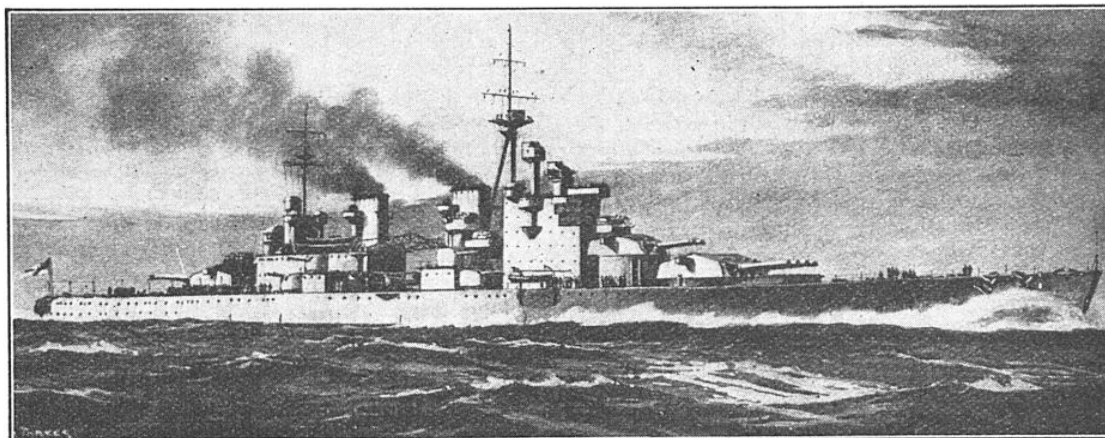


FIG. 4. — LE NAVIRE DE LIGNE ANGLAIS « KING GEORGE V »

Le King George V, lancé le 21 février 1939 aux chantiers Vickers-Armstrongs de la Tyne, est le premier d'une série de cinq navires de ligne de 35 000 t (King George V, Prince of Wales, Anson, Jellicoe, Beatty) qui ont été mis en chantier entre le 1^{er} janvier et le 20 juillet 1937. Leur achèvement est prévu pour 1940 et 1941. À l'exception du calibre de l'artillerie principale (356 mm), aucun renseignement de source officielle britannique n'a été donné sur leurs caractéristiques. Voici celles qu'indique le « *Taschenbuch der Kriegsflootten* » de Weyers (édition 1939) : artillerie principale : X canons de 356 mm ; artillerie de défense contre torpilleurs et avions : XVI canons de 132 mm ; artillerie de défense rapprochée contre avions : XXXII canons de 40 mm ; épaisseurs de cuirasse de ceinture : 406 mm. On notera l'importance de l'artillerie de défense rapprochée contre avions attaquant en piqué ou en vol rasant. Chaque canon automatique de 40 mm est une arme du poids d'un 75 mm de campagne.

c'est une entreprise qu'on est à peu près certain de réussir lorsqu'on porte le déplacement de 10 000 à 26 500 t.

Mais la construction du *Dunkerque* et du *Strasbourg* ne visait pas plus loin. On ne s'attaquait pas au problème du navire de ligne et à la conciliation difficile entre un armement de 406 mm, la protection nécessaire pour y résister, et la vitesse désirable pour rattraper les navires des marines qui se laisseraient encore tenter par la formule

(1) Bien qu'annoncée à de nombreuses reprises, lors des essais, dans la presse française et étrangère, la vitesse maximum réalisée par le *Dunkerque* n'a pas fait l'objet d'une « publication officielle ». Nous nous excusons donc de ne pas la donner, le décret du 21 mars 1939 en interdisant la « reproduction ». Mais le lecteur qu'elle intéresserait pourra se reporter à l'annuaire anglais de « Jane » ou au « *Taschenbuch der Kriegsflootten* » de Weyers.

de bataille assez différente de celle conçue par Fisher. Le créateur du type sacrifiait la protection à l'armement et à la vitesse ; la marine allemande, sur ces deux navires, a sacrifié l'armement à la vitesse et à la protection.

Le sacrifice de l'armement ne laisse guère d'espoir que des navires de ce type puissent tenir leur rôle dans un combat de navires de ligne, protégés par une cuirasse que le 280 mm ne perforera que difficilement, et qui seront armés d'une artillerie trois fois plus puissante que la leur.

Mais, dans toutes les autres missions, ils répondent pleinement au programme que s'était posé Fisher.

L'exploration ou l'éclairage, y compris le refoulement des navires de surface plus

légers qui tenteraient d'exécuter les mêmes missions ou de s'y opposer, leur conviennent parfaitement. Quels navires pourraient leur interdire les raids contre les côtes que les croiseurs de bataille allemands parvinrent à mener à bien pendant la guerre de 1914 malgré leur infériorité de vitesse, aujourd'hui où l'infériorité en vitesse sera du côté de la défense?

Mais c'est assurément dans le contrôle des communications maritimes que leur menace est la plus grave.

De nombreuses marines, en tête desquelles se trouve celle de la Grande-Bretagne, ont jugé convenable de construire pour la défense de ces communications des flottes de croiseurs de 10 000 t ou moins, dont la vitesse varie de 31,5 à 34 nœuds. Contre la plupart de ces navires, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* jouissent de la même supériorité que le *Dunkerque* contre le *Deutschland*. Ils sont largement protégés contre l'artillerie des croiseurs légers, qui ne peuvent, eux, résister au 280 mm. Ils ont même, par beau temps, la supériorité de vitesse qui leur permettra de rattraper les moins rapides de leurs adversaires, et, par mauvais temps, un déplacement de 26 000 t permet de rejoindre bien des navires de 8 à 10 000 t qui auront fait, aux essais, 1 ou 2 nœuds de plus.

A supposer que toutes les marines aient suivi l'exemple de celles qui ont choisi les vitesses de 36 à 38 nœuds pour leurs croiseurs légers, leur situation serait-elle bien meilleure? Elles auraient assurément la satisfaction, qui n'est pas négligeable, de sauver leurs croiseurs qui pourraient au moins fuir s'ils rencontraient des navires allemands. Mais le sort de leurs communications maritimes n'en serait guère plus brillant.

L'avion et le croiseur de bataille

Comment répliquer à un *Scharnhorst* et à un *Gneisenau*? Par quelque construction d'un navire encore plus rapide, mieux armé et mieux défendu? Ce qui a été facile lorsqu'il s'agissait de surclasser un *Deutschland* de 10 000 t par un *Dunkerque* de 26 500 t l'est beaucoup moins lorsqu'on ne dispose que de la marge entre 26 000 et 35 000 ou 40 000 t.

Même si les marines menacées parvenaient à sortir quelque croiseur de bataille à protection extra-légère de 35 000 ou 40 000 t, de 260 m, armé de 380 mm et filant 35 nœuds, on peut être assuré qu'elles parviendraient bien à déclasser ainsi, en même temps que le *Scharnhorst* et le *Gneise-*

nau, l'ensemble de leurs propres flottes de ligne, de leurs croiseurs, et la plupart de leurs torpilleurs et contre-torpilleurs, mais qu'elles verraient surgir un an après un navire de même déplacement, armé de 280 mm, filant 38 nœuds et moins protégé encore. Tout serait à recommencer.

Les deux problèmes connexes du navire de ligne et du croiseur sont de ceux qui n'ont pas de solution pour les pays qui cherchent à maintenir leurs communications maritimes. Ils ont, au contraire, autant de solutions qu'en désirent les marines qui, ayant fait le sacrifice de leurs propres communications, ne cherchent qu'à troubler celles des autres.

Va-t-il donc falloir se résigner à l'interdiction de son trafic, et subir en outre cette suprême injure de voir se promener impunément sur les océans deux navires que des flottes de millions de tonnes seront impuissantes à en chasser? Il reste heureusement une ressource aux marines : l'avion.

C'est, en effet, un facteur qu'on a entièrement négligé dans les pages qui précèdent. On a traité la question du navire de ligne à l'exemple de ces géomètres qui voulaient résoudre tous les problèmes avec la règle et le compas et ont cherché pendant des siècles à tirer de ces instruments la quadrature du cercle ou la trisection de l'angle. L'avion est à même de résoudre tout problème insoluble sur le plan purement naval. Mais il ne faut pas plus songer à lui demander de faire circuler sur des mers les navires de commerce, qui sont bien les plus fragiles de tous les objectifs exposés à la bombe, qu'on ne lui demandera de maintenir en sécurité les millions d'habitants qui trouvent agréable, en temps de paix, de se réunir dans des villes de 100 à 200 km². L'avion permettra du moins de chasser des mers les navires de guerre qui ne seraient pas justiciables de leurs adversaires navals; il suppléera, si l'on veut bien étudier ses possibilités, les autres moyens dans les rares transports qui soient vraiment indispensables.

On ne saurait mieux terminer cette courte étude sur le croiseur de bataille que par le jugement que portait sur lui, à la veille de sa mort, son créateur. Contemplant la flotte qu'il avait construite et qui venait de sauver son pays, lord Fisher écrivait : « Air Fighting dominates future war both by land and sea... The whole Navy has to be scrapped (1) ».

CAMILLE ROUGERON.

(1) « Le combat aérien domine la guerre future sur terre et sur mer... La marine tout entière est à mettre à la ferraille. » (*The Times*, 12-9-19.)



PRENONS L'ÉCOUTE

LES PROPULSEURS A RÉACTION AUX ÉTATS-UNIS

L'*American Rocket Society* et la *Westchester Rocket Society* ont effectué, le 10 décembre dernier, des essais avec un nouveau propulseur à réaction construit par l'Américain J.-H. Wyld. Les performances enregistrées semblent avoir été les meilleures réalisées jusqu'à aujourd'hui. Ce propulseur comprenait une chambre de combustion de 50,7 mm de diamètre intérieur et une tuyère convergente-divergente de 38,1 mm de long. Chambre et tuyère étaient refroidies par le combustible, en l'espèce de l'alcool éthylique dénaturé du type commercial ; le comburant était de l'oxygène liquide. L'allumage était assuré par une mèche à poudre placée dans la tuyère et mise à feu par un dispositif électrique. Pendant la durée de la combustion, l'appareil a exercé un effort de plus de 40 kg sur son support. En 13,5 secondes, il a consommé au total 2 kg d'alcool et 3 kg d'oxygène liquide. La vitesse d'échappement des gaz a atteint 2 100 m/s, ce qui correspond à un rendement thermique de 40 %, rendement défini comme le rapport de l'énergie cinétique du jet au pouvoir calorifique du combustible. La puissance de l'engin était estimée à 565 ch.

Un autre technicien américain, R.-C. Truax, a procédé plus récemment encore à des essais de propulseur à réaction, sous le contrôle de l'*U. S. Naval Engineering Experiment Station*, à Annapolis. La chambre de combustion, de 25,4 mm de diamètre, et la tuyère convergente-divergente qui lui faisait suite, étaient en acier avec revêtement réfractaire (alumine) sans refroidissement ; le combustible utilisé était l'essence et le comburant l'air comprimé. La vitesse des gaz d'échappement atteignait 1 500 m/s et, dans les meilleurs essais, le rendement oscillait également autour de 40 %. Une fusée volante, utilisant un propulseur de ce type, serait actuellement en construction.

On espère également pouvoir expérimenter, cette année même, une fusée construite par J.-H. Wyld pour des sondages météorologiques. Cet engin serait long de 2 m 75 et aurait 12,7 cm de diamètre avec un avant en ogive. Sa stabilisation serait assurée par un empennage à quatre pales formant deux gouvernails de direction perpendiculaires l'un à l'autre et susceptibles de pivoter autour de deux axes normaux à l'axe de la fusée. Ce pivotement est commandé par deux cylindres servomoteurs dont le mouvement est assuré par de l'azote comprimé distribué par des soupapes elles-mêmes commandées par le pivotement, par rapport au corps de la fusée, d'un petit gyroscope tournant à 10 000 tours/mn. Grâce à ce dispositif de stabilisation, on espère maintenir l'inclinaison de l'axe de la fusée sur sa trajectoire au-dessous de 10°. Lorsque, après épuisement du combustible, la vitesse de la fusée diminue, l'effet stabilisateur des empennages disparaît et la fusée bascule brusquement. A ce moment, le pivotement du gyroscope détermine la fermeture du circuit électrique d'allumage de l'éjecteur à poudre du parachute.

La fusée doit contenir, du haut en bas : une chambre réservée aux appareils de mesure ; un réservoir d'oxygène liquide ; un réservoir de combustible ; le parachute et la commande pyrotechnique pour son éjection ; le gyroscope de stabilisation ; le

mécanisme de commande des pales et enfin le propulseur à réaction. Son poids total à vide sera de 7 kg 730 et celui du combustible avec son comburant de 8 kg. La fusée a été calculée pour s'élever jusqu'à 8 000 m.

L'EXPLOSIF REMPLACE LE CASSE-NOIX ET LA BOUTEROLLE

Les manuels de leçons de choses se transmettent fidèlement, entre autres clichés classiques, l'histoire du grand marteau-pilon du Creusot, qui peut aussi bien effectuer les plus durs travaux qu'ouvrir avec délicatesse une noisette placée sur sa chabotte ; or, voici que, maintenant, une source d'énergie souvent beaucoup plus puissante et presque toujours beaucoup plus brutale : l'*explosif*, est mise normalement en œuvre, aux Etats-Unis, pour casser non plus des noisettes, il est vrai, mais bien des noix. Les Américains préfèrent, en effet, acheter les amandes débarassées de leurs coquilles et, dans ce pays de main-d'œuvre onéreuse, on a dû s'ingénier à trouver des procédés rapides permettant de livrer à la clientèle, sans majoration sensible, le produit qu'elle exige et qui lui évitera le maniement du casse-noix.

Bien qu'il semble relativement facile d'imaginer des appareils mécaniques du type des concasseurs à mâchoires, — qui, par un réglage judicieux de l'écartement de leurs pivots, permettraient d'éviter d'abîmer l'amande, — c'est à un principe tout autre et particulièrement ingénieux qu'ont fait appel les techniciens d'outre-Atlantique : dans la machine qu'ils ont mise au point, les noix sont entraînées entre deux rubans sans fin et amenées ainsi, une à une, sous une sorte de molette ou plus exactement de fraise-scie, tournant à une très grande vitesse, qui pratique dans l'enveloppe une entaille étroite permettant, un peu plus loin, l'introduction, au moyen de deux ajutages minuscules, d'oxygène, d'une part, et d'un gaz combustible (gaz de ville, hydrogène, acétylène), d'autre part ; le mélange détonant ne se forme ainsi qu'à l'intérieur de la noix, ce qui supprime tout danger. Enfin, à l'extrémité de la machine, un jet de flamme ou une résistance chauffante provoque l'explosion, qui projette les coquilles, tandis que les amandes tombent intactes sur une bande transporteuse qui les conduit à l'atelier de conditionnement.

Puisque nous voici amenés à parler de l'emploi des explosifs à petites doses, rappelons la création récente de rivets creux (1) dont l'extrémité fermée porte une charge calculée de façon à provoquer tout juste l'élargissement et, par suite, le serrage du rivet ; ce système — qui rappelle un peu le pieu explosé (2), d'emploi déjà classique dans les fondations en mauvais sol — a pour principal avantage de rester applicable lorsque la face interne des tôles à assembler est inaccessible à la contre-bouterolle, cas fréquent en construction aéronautique.

DIFFUSION SANS FIL ET DIFFUSION PAR FIL

La diffusion des informations, des concerts, des manifestations théâtrales, sans oublier, hélas ! la publicité et la propagande politique, s'effectue aujourd'hui généralement sans fil, sous forme de radiodiffusion. Rien ne s'oppose cependant à ce que cette diffusion s'effectue par l'intermédiaire d'un réseau de conducteurs électriques. En France, quelques tentatives assez timides ont été faites dans ce sens et ont échoué jusqu'à présent pour diverses raisons, principalement le peu d'enthousiasme des constructeurs d'appareils récepteurs et aussi de l'administration, jalouse de son monopole, et qui voit déjà d'un mauvais œil l'existence des postes privés de radiodiffusion. Il n'en est pas de même dans certains pays étrangers. En Angleterre, par exemple, 3 % des auditeurs reçoivent leurs programmes par fil. Ce chiffre n'est certes pas très élevé, mais il faut observer que, dans les districts desservis par les entreprises de distribution par fil, il s'élève jusqu'à 40 % des auditeurs. C'est probablement en Hollande que cette pratique est la plus courante, puisque 50 % du

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 252, page 462. — (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 27, page 137.

nombre des auditeurs officiellement déclarés sont reliés à un réseau de distribution par fil.

D'un point de vue technique, la transmission peut s'effectuer suivant deux méthodes : par courants basse fréquence ou par courants porteurs (1). Dans le premier cas, tout se passe sensiblement comme pour une conversation téléphonique ; dans le deuxième, le courant microphonique sert à moduler un courant de haute fréquence, le « courant porteur », qui parcourt les conducteurs. Avec ce dernier procédé, on peut utiliser sans modification les réseaux téléphoniques existants, d'où une économie appréciable ; on peut même se servir d'un réseau de distribution d'énergie électrique, à condition de prévoir des filtres convenables pour éliminer les parasites.

Le système de transmission à basse fréquence utilise les « paires » téléphoniques existantes, et des sélecteurs spéciaux permettent à l'auditeur de choisir entre un certain nombre de programmes. Cependant il n'est pas possible, en général, d'envoyer sur la ligne une énergie suffisante pour actionner directement un haut-parleur, sous peine de gêner les communications échangées sur les conducteurs voisins. Il faut donc prévoir un amplificateur, ce qui augmente sensiblement le prix de l'installation. Aussi est-il souvent plus économique de prévoir un système de distribution par fil entièrement distinct, avec, chez les particuliers, un simple haut-parleur, un commutateur pour la sélection des programmes, et un dispositif de réglage de l'intensité sonore, simple volume-contrôle. C'est ce qui est réalisé en particulier en Grande-Bretagne où on ne compte pas moins de 227 Sociétés avec plus de 250 000 abonnés, tous reliés à des conducteurs principaux (ou « feeders ») par autant de fils qu'il y a de programmes à leur disposition, suivant une disposition en tout point analogue à celle d'un réseau de distribution d'énergie électrique.

LES HUITRES ET LE GAZ CARBONIQUE

L'huître, ainsi que beaucoup de coquillages, possède la précieuse propriété de se conserver en vie plusieurs jours après avoir été retirée de son élément naturel, ce qui permet de la transporter sans difficulté majeure aux centres de consommation éloignés souvent de plusieurs centaines de kilomètres du lieu où elle a été pêchée. Des études entreprises récemment par le Service des Pêcheries des États-Unis (2) ont montré que, peu de temps après la fermeture de la coquille, il se produit un phénomène d'autonarcose, dû au gaz carbonique dégagé par les branchies de l'huître, et se traduisant par un ralentissement des battements du cœur, de la circulation du sang et du mouvement des cils vibratiles. Ainsi la « vie » de l'huître demeurerait pratiquement suspendue, en même temps qu'on noterait une rapide augmentation de l'acidité du liquide où elle baigne, acidité qui retarde le développement des microbes et organismes nuisibles.

Ces observations ont été mises à profit pour perfectionner la technique du transport des huîtres aux États-Unis. On sait que, contrairement à ce qui se passe en France, les deux tiers environ des huîtres américaines voyagent sans leurs coquilles, dans de grands récipients clos. Les mollusques demeurent cependant en vie, à condition que le récipient soit imperméable à l'air, le gaz carbonique dégagé provoquant comme précédemment l'autonarcose. Parmi toutes les substances narcotiques dont les producteurs américains ont envisagé l'emploi pour prolonger la vie des huîtres, c'est le gaz carbonique qui s'est révélé le plus efficace, car il pénètre rapidement dans les tissus sans avoir d'effet nuisible. Aussi introduit-on maintenant de la neige carbonique dans les récipients où sont conservées les huîtres sans coquilles. Bien qu'en France l'expédition des huîtres se fasse exclusivement en coquilles, ce procédé pourrait sans doute être avantageusement appliqué à leur transport à grande distance dans des récipients clos avec une atmosphère de gaz carbonique.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 125.

(2) Voir *La Pêche maritime, la Pêche fluviale et la Pisciculture*, n° 793.

QUE SAVONS-NOUS DU CANCER ? QUE POUVONS-NOUS CONTRE LUI ?

Par Jean LABADIÉ

De même que le moyen âge a vécu dans la terreur de la lèpre contre laquelle on ne possédait alors aucun moyen d'action efficace, le XIX^e et le XX^e siècles ont vu augmenter dans de fortes proportions les ravages d'un mal mystérieux dans ses origines et inexorable dans son évolution — du moins jusqu'à la mise au point des méthodes modernes de traitement —, le cancer. Cette maladie, commune à l'homme et aux animaux, possède une distribution universelle et se rencontre chez les populations les plus civilisées aussi souvent et sous les mêmes aspects cliniques que chez les peuplades les plus primitives. Pour l'homme de science, le cancer consiste essentiellement en la prolifération anarchique et agressive de certaines cellules qui essaient dans l'organisme vivant et envahissent peu à peu toutes ses parties. On sait aujourd'hui qu'il n'est ni contagieux, ni héréditaire, et que, diagnostiqué pendant la première période de son évolution, il est parfaitement curable, soit par des procédés chirurgicaux ou électrochirurgicaux, soit par l'application de rayonnements pénétrants (radiothérapie et curiethérapie). Malgré tout, les causes premières de la cancérisation naturelle des tissus nous échappent encore, bien qu'il soit possible de la provoquer artificiellement au laboratoire. Cependant la découverte récente de produits chimiques cancérogènes étroitement apparentés de par leur formule constitutive aux hormones (élaborées par les glandes à sécrétion interne), l'étude de l'action des rayons X et du radium et des agents irritatifs de tous ordres sur les tissus vivants ont permis de mettre en évidence certaines des circonstances favorables à la formation du cancer et par suite de jeter les bases de la lutte préventive entreprise dans tous les pays contre ce véritable fléau social.

QU'ON le désigne par le mot grec, *carcinome*, qu'utilisait Hippocrate (*καρκινος*) ou par sa dénomination latine, qui a prévalu, le *cancer* est probablement la seule maladie qui n'ait pas changé de nom depuis les origines de la médecine. C'est dire combien fut obsédante l'énigme qu'elle oppose encore aujourd'hui aux efforts des savants qui s'attachent à la dévoiler, sans répit, depuis 2 000 ans.

Les travaux de ces dernières années ont projeté quelque clarté sur ce phénomène pathologique. On sait que le mal n'est ni infectieux ni héréditaire au sens vrai du mot. Du point de vue social, c'est très important.

On sait que, pris à temps, le cancer peut être radicalement extirpé par des traitements appropriés. Du point de vue clinique, c'est un progrès énorme.

On sait enfin qu'il représente un trouble de la prolifération cellulaire — ce qui relie immédiatement la pathologie du cancer au problème biologique le plus fondamental qui soit : la vie de la cellule élémentaire, considérée dans son « anatomie » comme dans sa « physiologie », qui dépendent, l'une et l'autre, de la structure même des molécules constituant le protoplasme vivant.

C'est pourquoi — nous l'avons déjà souligné dans notre étude des produits chimiques « cancérogènes » (1) — nous ne pouvons nous étonner que l'étude méthodique du cancer ait conduit les spécialistes du mal à scruter, de concert avec les biologistes, les sources mêmes de la fonction vitale, les *sécrétions des glandes endocrines*, dont les produits ne sont autres que les hormones (2), les plus subtiles et les plus puissants des agents catalyseurs utilisés par la vie pour diriger à ses fins les réactions chimiques qu'elle met en œuvre. Il existe une théorie hormonique du cancer à côté de bien d'autres hypothèses.

On aperçoit ainsi combien le problème du cancer est vaste dans ses relations avec la biologie autant qu'avec la médecine.

Nous appuyant sur l'ensemble des travaux et des observations acquis à l'heure présente, notamment sur la synthèse qu'en a faite l'éminent spécialiste français, le docteur Gustave Roussy, directeur de l'Institut du Cancer, recteur de l'Université de Paris (3), nous allons tâcher de présenter, en raccourci, une synthèse analogue.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 303.

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

(3) *Le cancer*, par GUSTAVE ROUSSY.

La cellule cancéreuse n'est pas « anormale », mais « anarchique »

Tous les tissus vivants sont plus ou moins sujets à l'éventuelle cancérisation. Ce fait est la conséquence de la seule définition scientifique qu'on ait pu, jusqu'ici, donner du cancer, celle que nous venons de rappeler : un déséquilibre de la prolifération cellulaire.

Ce déséquilibre peut ne rien modifier d'essentiel à la morphologie comparée des cellules malades et des cellules saines, en sorte que la cellule cancéreuse demeure (à échelle différente) presque identique à celles du tissu qui lui a donné naissance.

Mais il peut tout aussi bien imprimer à la cellule cancéreuse des formes dissemblables de celles de la cellule originelle ; bref, des formes « atypiques ». Et pourtant, même dans ce cas, l'on n'a pu mettre en évidence aucun caractère structural réellement distinctif des cellules cancéreuses (Roussy).

Il faut donc bien conclure, si monstrueux que cela paraisse, qu'une cellule cancéreuse, prise en soi, n'est pas plus « anormale » qu'une autre. L'anomalie apparaît seulement avec la dysharmonie fonctionnelle que la cellule cancéreuse introduit dans les organes sur lesquels elle végète, aux dépens desquels elle prolifère. Pour tout dire d'un mot, la cellule cancéreuse, vivant pour elle-même, en marge du plan d'ensemble de l'organisme, est « anarchique ».

Ceci posé, on reconnaît à la cellule cancéreuse un caractère d'ordre général : elle

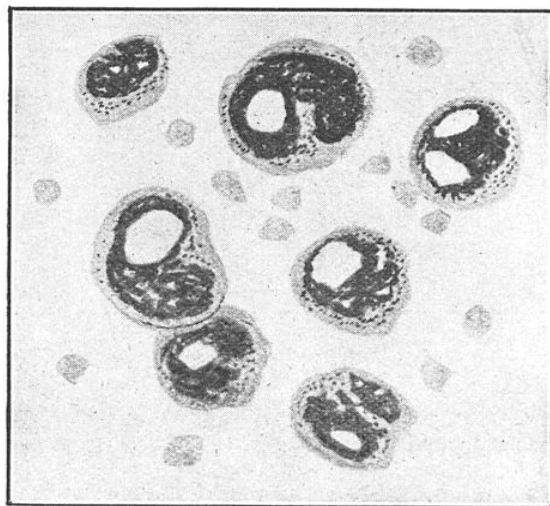


FIG. 1. — CELLULES D'UN CANCER PRIMITIF DU FOIE DONT ON REMARQUERA LA TAILLE ET L'IRRÉGULARITÉ DU NOYAU

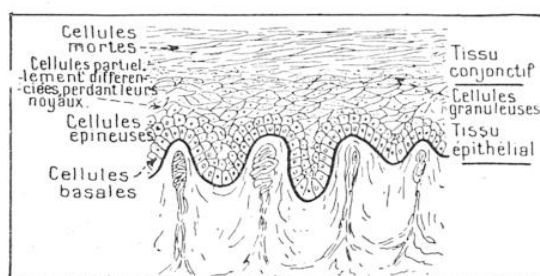


FIG. 2. — UNE COUPE DE LA PEAU HUMAINE MONTRANT LA CROISSANCE ET L'ÉVOLUTION DE SES CELLULES CONSTITUTIVES

À la base de la peau, les cellules « basales » sont caractéristiques du tissu « épithélial », tissu « jeune » en perpétuelle végétation. Chaque cellule basale prolifère en donnant, par mitose, une autre cellule basale plus une seconde, d'espèce nouvelle, dite « épineuse ». La mitose de celle-ci s'effectue à son tour suivant une nouvelle différenciation. Cette troisième couche de cellules différenciées (qui perdent leurs noyaux) engendrent, par mitose nouvelle, des cellules granuleuses qui, finalement, aboutissent aux cellules mortes superficielles — véritable tissu conjonctif. Si les cellules basales prolifèrent sans différenciation, il s'ensuit une tumeur. Le cancer épithélial est amorcé.

possède les attributs d'une cellule « jeune », en voie de prolifération rapide.

Son noyau est, d'ordinaire, énorme, quelquefois le triple d'un noyau normal, et, de plus, très riche en *chromatine*. Son cytoplasme s'apparente chimiquement à celui des cellules jeunes, c'est-à-dire de ces cellules embryonnaires qui, dans l'organisme, n'ont pas acquis de spécialisation au cours du développement général, ou qui, « différenciées », ont oublié leur spécialisation. Ce qui constitue alors une « dégénérescence » (1).

Le degré de « différenciation » est, du reste, variable avec la nature des cancers. Il peut être assez peu prononcé pour que le corps de la cellule cancéreuse révèle l'existence des mêmes organites que la cellule normale : mitochondries, vacuome, grains de sécrétion, etc.

Il s'ensuit que la multiplication des cellules cancéreuses ne diffère pas de celle des cellules normales : elle se produit soit directement (par étranglement et clivage du noyau) soit indirectement (par formation des deux centres d'attraction bien connus

(1) Un exemple de dégénérescence est celui qui frappe les cellules des tissus cultivés *in vitro*, suivant la méthode de Carrel. Le tissu adulte, donc différencié, revient à l'état embryonnaire et prolifère sans se différencier à nouveau. (Voir *La S. et V.*, n° 224, p. 98.)

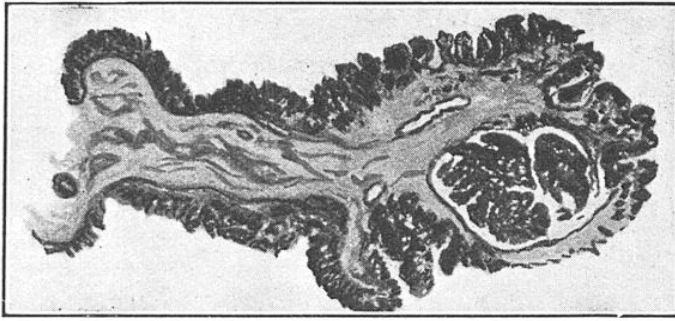


FIG. 3. — EXEMPLE D'UN PETIT « ADÉNOME » (FORTEMENT GROSSI) DE L'INTESTIN RÉVÉLANT A SON SOMMET L'ÉVOLUTION D'UN CANCER A SES DÉBUTS

(asters) et par la karyocinèse, ou *mitose*, qui s'ensuit, chacun des deux centres formant une cellule-fille aux dépens de la cellule-mère.)

La tactique d'envahissement du cancer

Nous ne saurions prétendre décrire ici par le détail l'évolution si complexe du cancer. Contentons-nous d'en indiquer les deux stades les plus tranchés : la phase *locale* et la phase *générale*.

Le cancer débute presque toujours par un centre unique, analogue à un « germe » que l'on peut situer, en vertu de ce qui vient d'être expliqué ci-dessus, dans la « première cellule » atteinte.

Cette première cellule cancéreuse va proliférer, comme nous l'avons dit, de manière anarchique. Et c'est une végétation autonome, en profondeur, toute en « racines » qui va s'ensuivre, autour d'un *nodule* primitif. Les racines, à leur tour, font des « marcottes », comme disent les jardiniers ; plus exactement, elles provoquent, aux divers points de la région envahie, la formation de *nodules secondaires* qui donnent naissance à des ramifications autonomes. Celles-ci installent un peu plus loin d'autres foyers de prolifération. Ainsi de suite. La région envahie se trouve alors *tuméfiée*. Le cancer est formé. Il dispute sa place au tissu normal et vit à ses dépens, en parasite. Il ne peut plus passer inaperçu.

Une guerre est déclarée !

Deux facteurs essentiels règlent, dès lors, la croissance de la tumeur : d'une part, l'énergie de prolifération des envahisseurs, les

cellules cancéreuses ; d'autre part, la *puissance de réaction* des tissus envahis.

Il faut, pour bien comprendre la tactique de cette lutte, dire un mot, à présent, du terrain envahi. Tout corps vivant, tout organe est constitué par deux sortes de tissus intimement imbriqués : le tissu vivant proprement dit, actif, et le tissu conjonctif, quasi inerte, qui sert de charpente au précédent. Par exemple, les tissus épithéliaux (qui sous-tendent l'épiderme, qui tapissent les muqueuses et les glandes) sont des tissus de la première espèce, en

perpétuelle activité. Les tissus du péritoine sont des tissus conjonctifs. Ces divisions biologiques — comme toute classification des choses de la vie — quoique loin d'être arbitraires, représentent des extrêmes. En vérité, les tissus purement épithéliaux et les tissus purement conjonctifs sont des « limites » : c'est ainsi que l'épithélium profond infundimique se transforme constamment en épiderme et en derme, avec sa couche de cellules mortes, véritable tissu conjonctif. D'autre part, les tissus conjonctifs les plus caractérisés, tels que les cartilages, les tendons, etc., sont, tout de même, le résultat d'une dégénérescence de cellules actives.

Le cancer paraît avoir voulu jouer sur les

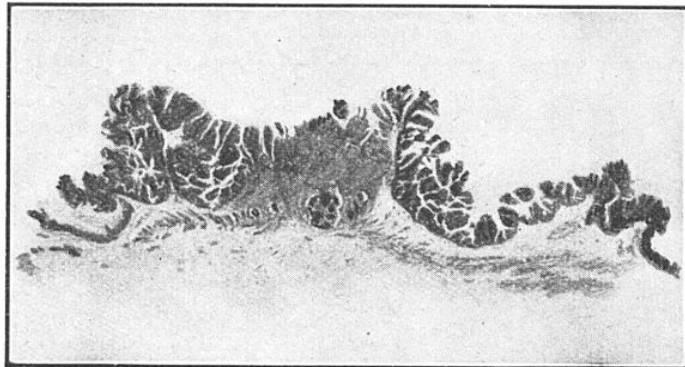


FIG. 4. — TUMEUR DU RECTUM DONT LA PARTIE CENTRALE (EN GRISÉ) SEULE EST « MALIGNNE », C'EST-A-DIRE NETTEMENT CANCÉRISÉE

Cette coupe montre combien peut être complexe l'évolution d'un cancer. Une tumeur peut évoluer par un désordre de la croissance cellulaire qui suspend seulement la fonction du tissu sans provoquer d'autre désordre qu'une difformité. Cette difformité deviendra-t-elle « maligne » ? Nul ne peut le dire. Il semble, dans ce cas, que la végétation cancéreuse s'est arrêtée à sa première phase. Malheureusement, le passage aux phases suivantes peut se produire : c'est le cas, ici.

deux tableaux : il y a des cancers spécifiquement épithéliaux, les *épithéliomas*, et des cancers spécifiquement conjonctifs, les *sarcomes*.

Dans la phase « locale », les éléments néoplasiques procèdent d'abord par *expansion concentrique* autour du nodule comme s'ils se désintéressaient de tout envahissement général. Mais bientôt l'accroissement devient *infiltratif* : le cancer se donne une armature qu'il mêle à celle de l'organisme.

Le mal perfectionne ensuite sa tactique : il détache des cellules cancéreuses, en francs-tireurs, qui essaient pour fonder de nouvelles colonies. Parfois, il suffit que les sécrétions de la tumeur cancéreuse centrale (substances dissoutes) s'infiltrant dans les tissus voisins pour y susciter l'apparition de nouveaux foyers cancéreux. Et ces « métastases » caractérisent la seconde phase de l'évolution cancéreuse, la *phase*

générale. La migration des cellules cancéreuses dans l'organisme emprunte les voies les plus diverses : elle utilise la circulation sanguine, les voies lymphatiques, les cavités séreuses (plèvre, péritoine, péricarde).

En résumé : la phase *locale* figure une anarchie de prolifération contiguë, la phase *générale*, une anarchie par migration des cellules dont le caractère normal est d'être *fixes*.

La réaction de défense des tissus envahis

Le tissu normal attaqué par une invasion aussi méthodique, aussi insidieuse, ne saurait réagir victorieusement — encore que la question reste posée de cancers spontanément guéris ou même passés inaperçus (analogie avec les guérisons spontanées de la tuberculose). En fait, et jusqu'à nouvel ordre, la réaction du tissu à un cancer cliniquement caractérisé n'est jamais qu'un signal de détresse. Et le S. O. S. prend l'aspect d'une inflammation locale.

Son intérêt réside principalement, aux yeux du clinicien, dans la possibilité d'effectuer un diagnostic plus ou moins précoce. Or, le diagnostic précoce est généralement sauveur, puisqu'il appelle aussitôt l'intervention thérapeutique.

Quoi qu'il en soit, une fois déclenchée la victoire de la tumeur cancéreuse, celle-ci progresse par deux moyens essentiels : le refoulement par compression mécanique des tissus normaux ; puis, leur destruction par une action physicochimique dissolvante, qui déblaie le chemin devant le cancer en progrès. On assiste alors à des phénomènes tels que celui d'un vaisseau sanguin perforé et,

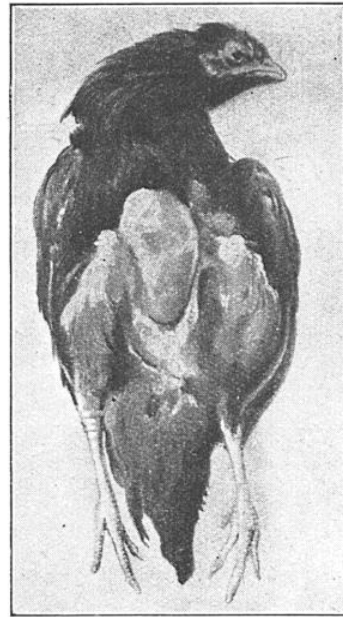


FIG. 6. — SARCOME DE POULET DU A UNE INJECTION INTRAMUSCULAIRE DE SANG LEUCÉMIQUE

Le sarcome expérimental incombe aux oiseaux, espèces « vieilles » (voir le texte).

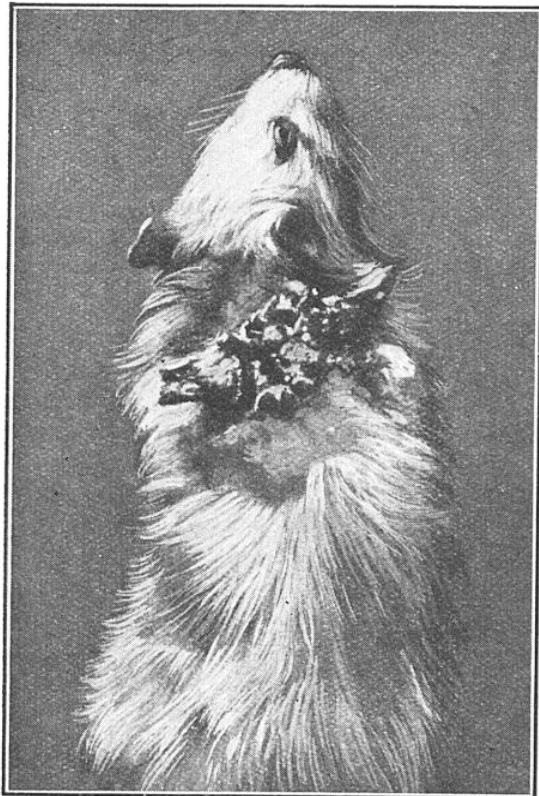


FIG. 5. — ÉPITHÉLIOMA OBTENU SUR LA NUQUE D'UN RAT PAR BADIGEONNAGE AU BENZOPYRÈNE

L'épithélioma expérimental est aisé à provoquer chez les petits mammifères, espèces « jeunes ».

tout à la fois, provisoirement *cicatrisé* par le tissu cancéreux. Quelle guérison espérer, quand le mal a conquis une position aussi solide ?

Les deux grandes classes de cancers

Les explications précédentes suffisent amplement à nous faire comprendre pourquoi l'anatomiste s'est trouvé en présence de deux espèces de cancers : le *cancer épithélial* et le *cancer conjonctif* (plus exactement conjonctivo-vasculaire).

Les « épithéliomas » se divisent eux-mêmes en trois variétés suivant qu'ils intéressent des tissus aussi différenciés que : a) la peau,

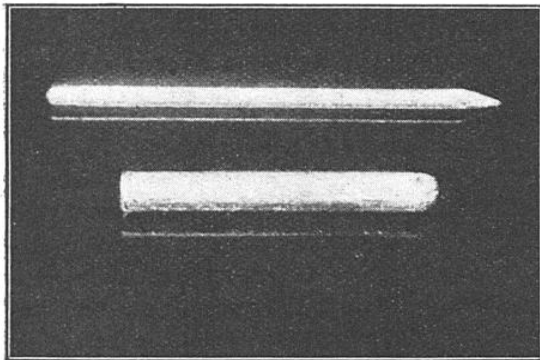


FIG. 7. — COMMENT SE PRÉSENTENT (EN VRAIE GRANDEUR) LES TUBES CONTENANT LE « RADON », AVEC LESQUELS SE PRATIQUE LA « PROXICURIETHERAPIE » (APPLICATION DIRECTE AU CONTACT DES TUMEURS)

la langue, la muqueuse buccale, etc... ; b) les parois stomacale, intestinale, de l'utérus, etc... ; c) le parenchyme (tissu constitutif) du rein, du foie, du poumon, etc...

Les épithéliomas d'une même muqueuse malpighienne peuvent, du reste, adopter des formes très différentes : soit *végétatives*, reposant sur une base indurée ; soit *ulcéreuses* à bourgeonnement désordonné ; soit *infiltrées* avec nodule induré, susceptible de s'ulcérer.

La seconde classe de cancers, celle des *sarcomes*, comprend l'ensemble des tumeurs malignes des tissus conjonctifs.

Les muscles, lisses ou striés, donnent naissance à des *myosarcomes* rares parce que la cellule musculaire est la plus différenciée : elle ne prolifère pas (ou, si elle prolifère, c'est avec une

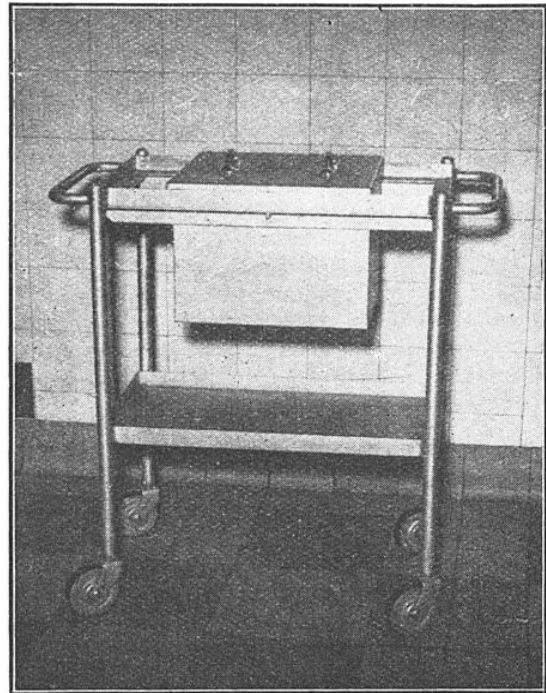


FIG. 8. — LE COFFRE, BLINDÉ DE PLOMB, QUI SERT AU TRANSPORT DES TUBES DE RADON A L'HOPITAL CURIE DE PARIS

lenteur extrême) depuis qu'elle a pris son caractère fonctionnel propre dans l'embryon. A fortiori, la cellule nerveuse, première différenciée, est-elle rétive au cancer. C'est donc par le tissu conjonctif que l'anarchie cancéreuse s'introduira le plus souvent dans le tissu musculaire.

Le tissu osseux prolifère, lui, mais avec lenteur. Les tumeurs de ce tissu seront donc

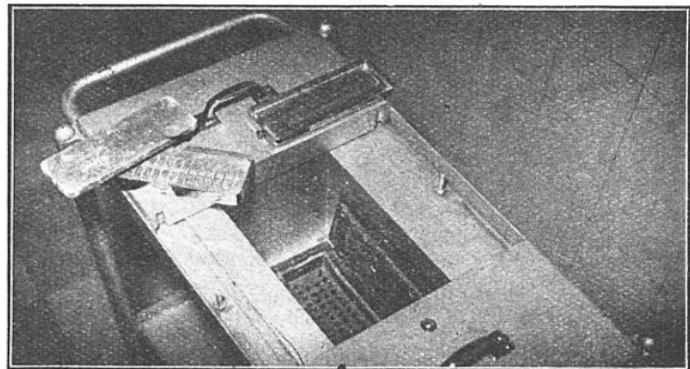


FIG. 9. — DÉTAILS DU COFFRE BLINDÉ
On voit le couvercle de plomb (à glissière) et les alvéoles profonds dans lesquels sont fichés les tubes de traitement.

généralement, ici encore, des sarcomes, périphériques ou centraux, suivant qu'elles attaquent l'os par l'extérieur du tube osseux ou par sa face interne. En outre, la moelle est susceptible d'un sarcome spécifique, bien à elle.

Le sang, la lymphe sont entretenus par des tissus qui leur fournissent des éléments incessants de remplacement : la moelle osseuse et les ganglions. Ces tissus sont dès lors passible de sarcomes qui envahissent le sang et la lymphe par une métastase coïncidant, on le voit, avec le cancer du tissu

laire, il leur faut pousser sans cesse, sous peine de mort. Semblablement, un corps vivant dont l'épiderme se nécrose est à demi mort. La vieillesse n'a pas de symptôme plus net : la prédominance du tissu conjonctif du derme, nécrosé par définition, sur les cellules épithéliales de base. Ce qui dessine les rides du visage.

Aussi bien, généralisant, nous sommes en droit de considérer la prédominance des tissus conjonctifs (même et surtout les profonds) comme le triste privilège de la vieillesse. Les vieillards auront donc sinon le

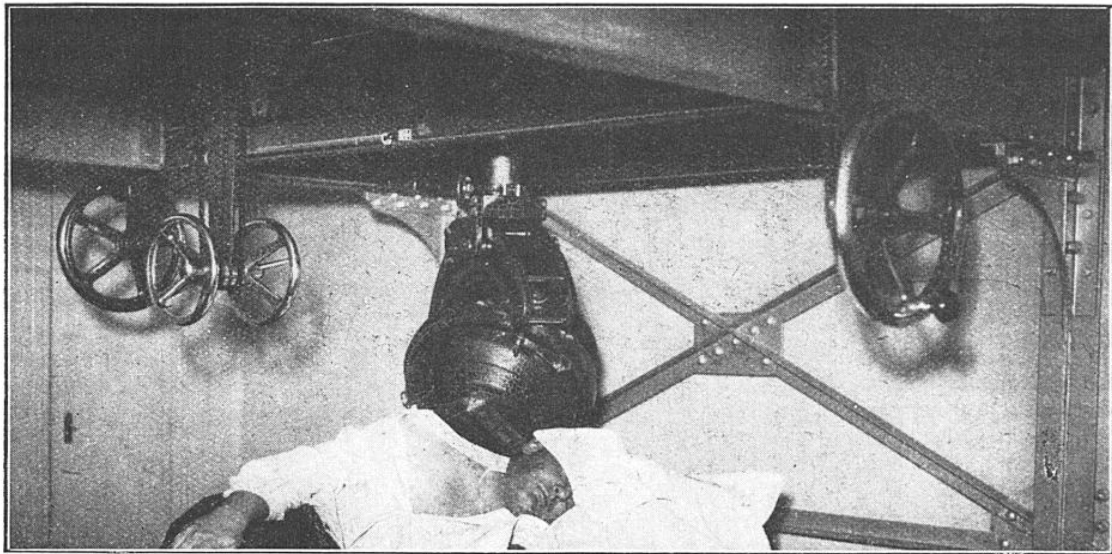


FIG. 10 — LA « TÉLÉCURIETHÉRAPIE » A L'HOPITAL CURIE

Le radon est, dans ce cas, mis en place au centre d'un véritable projecteur blindé de plomb sur une forte épaisseur. Le lourd appareil, monté sur glissière horizontale en même temps que sur coulisse verticale, peut se régler de manière à couvrir exactement le « champ d'irradiation » qui convient à la tumeur traitée.

matriciel — malgré son indépendance apparente. Le cancer attaque donc même les « tissus » vecteurs de la nutrition et du métabolisme vitaux. Aucun tissu n'est rigoureusement à l'abri de l'anarchie cancéreuse.

L'âge des tissus et le cancer

Toutefois, le degré d'immunité se mesure par l'âge relatif du tissu au sein de l'organisme : dans cet ordre de vieillesse relative, le tissu nerveux est le doyen ; viennent ensuite : le tissu musculaire, les parenchymes, les épithéliums des organes digestifs, ceux des glandes et, enfin, ceux de l'épiderme, cette « écorce » de notre être en perpétuel renouvellement, donc en jeunesse perpétuelle obligatoire — analogue à celle de l'écorce de l'if ou du chêne : fussent-ils sécu-

monopole des « sarcomes » du moins de leur statistique la plus chargée. Inversement, les épithéliomas, caractéristiques des tissus jeunes, incomberont aux jeunes, suivant un pourcentage impressionnant. Ainsi le cancer porte à l'échelle de la collectivité la double tactique de désorganisation qu'il applique à l'échelle corporelle.

Les progrès obtenus dans le traitement du cancer

Nous ne nous appesantirons pas (ce n'est pas notre rôle) sur la thérapeutique du cancer. Elle est en progrès. Et ces progrès sont, cela va de soi, strictement parallèles à ceux de l'étiologie du mal.

Ce que nous avons dit de l'importance du diagnostic précoce entraîne une première

conséquence immédiate : si l'on a décelé le cancer dans sa phase initiale et *locale* très primitive, il faut arracher le mal « radicalement », c'est-à-dire dans sa *racine*. Le scalpel du chirurgien est-il indiqué? Dans sa forme ancienne, cela demeure douteux : l'hémorragie opératoire (dont les répercussions sont internes autant qu'externes) peut provoquer des métastases (c'est-à-dire la réinsémination à distance) qui n'auraient eu lieu que plus tard. On a observé que la phase générale (métastatique) du cancer est hâtée par l'intervention chirurgicale hémorragique, en raison directe de la fréquence de ces interventions.

Mais depuis quelques années existe le *bistouri coagulant* électrique. C'est l'instrument tout indiqué pour la chirurgie du cancer — à quelque stade qu'on intervienne — quand le praticien a décidé de tenter l'opération.

Ceci posé, surtout si le cancer est superficiel ou très accessible, d'autres moyens que l'excision sont à la disposition du thérapeute. Ces moyens thérapeutiques sont aujourd'hui vulgarisés à l'extrême : le traitement par le radium (*curiethérapie*) ou par les rayons X, depuis que les « tubes » modernes permettent d'atteindre des fréquences analogues à celles des rayons γ .

Mais, qu'il s'agisse de radiothérapie ou de curiethérapie, nous savons qu'aucune des radiations de haute fréquence ne saurait prétendre tuer les cellules cancéreuses à la

manière dont un antiseptique tue un microbe virulent. Nous savons, du reste, comment, en chimiothérapie (1), c'est la *spécificité* de la molécule chimique qui intervient dans la lutte sélective contre les microorganismes. Tout de même, il existe une spécificité des radiations de diverses longueurs d'ondes

relative à chaque espèce de cellules, donc relative à chaque tissu. Cette spécificité détermine la « radiosensibilité » du tissu intéressé. Nous avons consacré une étude spéciale à cette question et montré comment MM. Hollweck et Lacasagne l'ont portée sur le terrain de la mesure physique exacte (2) ; nous n'y reviendrons pas.

La notion de radiosensibilité spécifique entraîne immédiatement la recherche de la meilleure irradiation adéquate à un tissu cancéreux donné. Il ne nous appartient pas d'entrer dans la discussion des

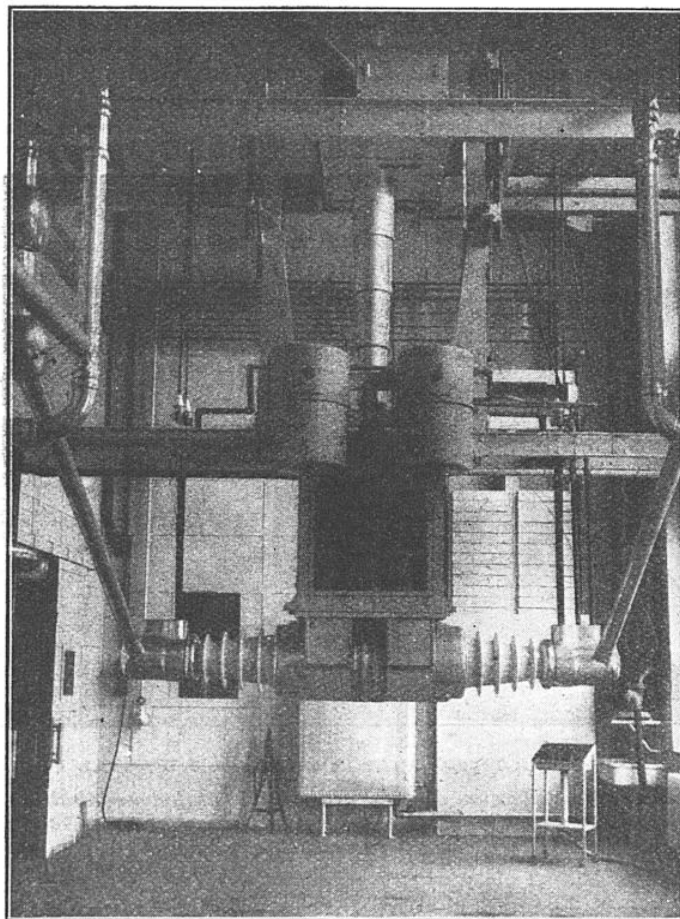


FIG. 11. — LE TUBE A RAYONS X (500 000 VOLTS) DESTINÉ AU TRAITEMENT DU CANCER, A L'HOPITAL CURIE

problèmes en cours sur ce sujet délicat.

Il y a des cancers à cellules *peu différenciées*, tels que les cancers du larynx, qui sont extrêmement radiosensibles. D'où le succès de la curiethérapie dans le cancer du larynx *pris à temps* : on le guérit, *sans récédive*, dans 80 pour 100 des cas traités, alors que l'excision dans les voies laryngopharyngiennes n'est pas aisée, bien que le mal soit accessible. Au contraire, les cancers du type « spino-cellulaire » très différenciés

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 262, page 287.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 196, page 322.

ne sont que rarement guérissables par radiothérapie.

Les sarcomes, surtout indurés (du tissu conjonctif commun) sont peu radiosensibles : leur évolution lente, avec métastase tardive, incite donc à préférer l'intervention chirurgicale.

L'étiologie du cancer et l'expérimentation

La recherche des causes du cancer (étiologie) importe au suprême degré. Si le processus du mal était découvert, le remède préventif, ou même curatif, ne serait pas loin.

Nous ne reviendrons pas sur l'étude, que nous avons déjà faite ici, des produits chi-

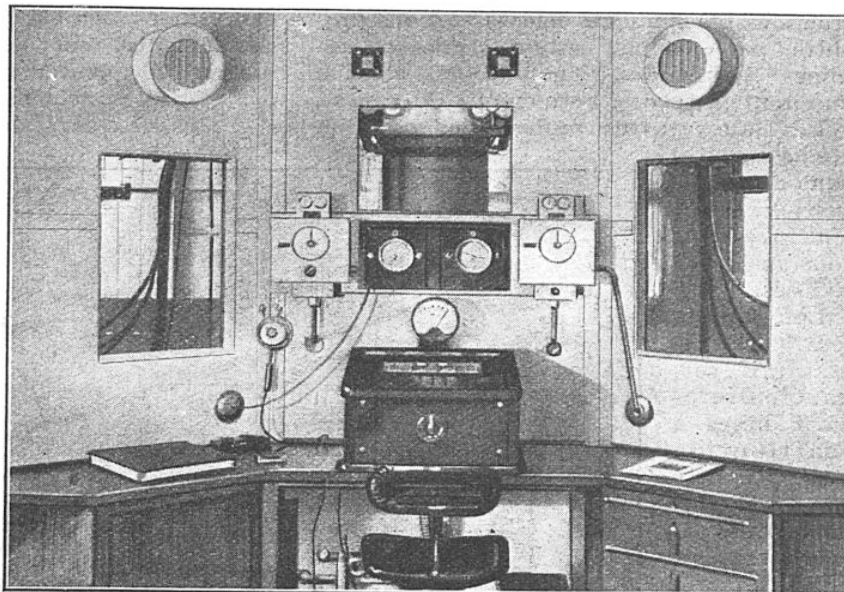


FIG. 13. — SALLE DE COMMANDE A DISTANCE POUR L'APPLICATION DES RAYONS X AU MIDDLESEX HOSPITAL (GRANDE-BRETAGNE)

Les appareils de radiothérapie sont disposés dans des salles soigneusement isolées par des revêtements de 3 mm de plomb et dont l'air est renouvelé et filtré douze fois par heure. Ils sont mis en marche par des boutons poussoirs sans qu'aucun membre du personnel pénètre dans les salles de traitement pendant leur fonctionnement. Une chambre d'ionisation mesure à chaque instant le rayonnement appliqué au patient et provoque l'interposition d'un écran de plomb qui intercepte ce rayonnement quand la dose prescrite par le médecin est atteinte.

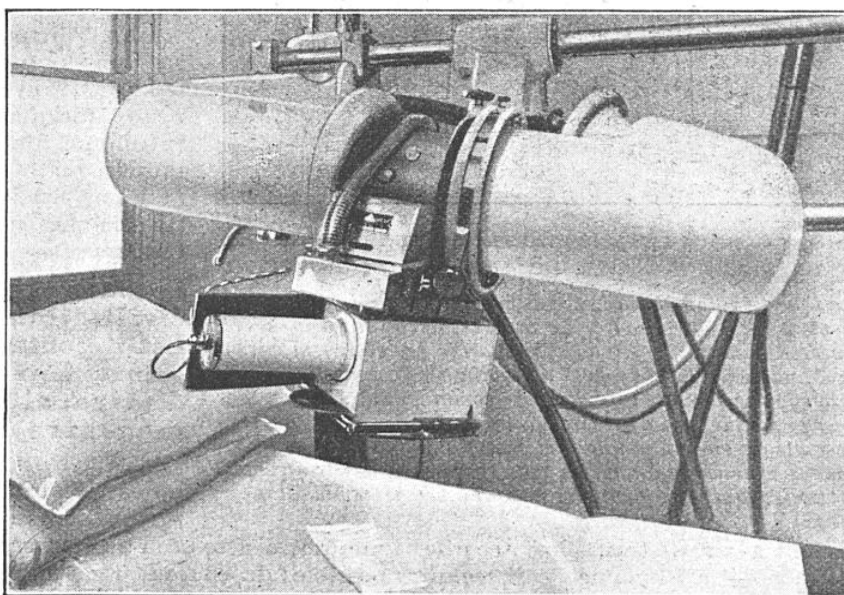


FIG. 12. — TUBE A RAYONS X FONCTIONNANT SOUS 200 000 VOLTS ET DOTÉ D'UN DISPOSITIF DE CENTRAGE OPTIQUE PERMETTANT DE DIRIGER AVEC PRÉCISION LE FAISCEAU DU RAYONNEMENT SUR LA TUMEUR A IRRADIER (MIDDLESEX HOSPITAL)

miques cancérogènes (1). Des travaux absolument remarquables ont permis de découvrir les *hydrocarbures* à formule précise tels que le *phénylcholanthrène* qui, présents dans le goudron de houille, sont probablement la cause déterminante des cancers professionnels des « ramoneurs » ou des ouvriers des industries du carbone. Ces hydrocarbures ne sont, d'ailleurs, pas exclusivement apportés de l'extérieur : l'organisme peut les fabriquer lui-même par des

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 303.

réactions biochimiques encore très obscures entre, par exemple, certains acides et certaines « hormones ». Nous y faisons allusion en citant la théorie hormonique du cancer.

Les laboratoires biologiques où l'on étudie maintenant ces questions se sont multipliés dans tous les pays civilisés.

Les souris sont, parmi les mammifères, particulièrement mises à contribution pour l'étude des épithéliomas. Les oiseaux sont, par contre, le matériel expérimental le plus indiqué pour l'étude des sarcomes. Et ceci s'explique encore par la loi générale qui domine l'évolution du cancer : les mammifères sont plus jeunes que les oiseaux, dans l'arbre généalogique de l'évolution des êtres. Avec leur structure toute en muscles et en cartilages, les oiseaux donneront logiquement des « sarcomes » plutôt que des « épithéliomas ».

Cette remarque doit nous suffire pour comprendre combien il faut être prudent avant de transposer à une espèce donnée — à l'homme notamment, le plus jeune des mammifères — les résultats souvent décisifs et magnifiques, en tant qu'expériences de laboratoire, acquis sur des espèces animales. C'est ainsi que l'on a réussi à provoquer le

cancer héréditaire, à raison de 90 pour cent de réussites, sur des souris. L'hérédité humaine du cancer n'en reste pas moins à attendre un commencement de preuve.

A plus forte raison le « cancer des plantes »

n'a-t-il aucune valeur indicative quant à l'étiologie du cancer humain. Nous avons dit que les « galles » (1) sont dues à un insecte ; le cancer des *pélaragonia* (géranium) à une bactérie. Le seul facteur commun des deux cas est, en l'occurrence, le produit chimique sécrété par le parasite. Et ceci tend à confirmer la thèse que l'agent du cancer doit être, dans tous les cas, recherché dans la forme d'un *virus chimique*. Virus, répétons-le, que l'organisme peut fabriquer lui-même, par un déséquilibre (à découvrir) de ses échanges intérieurs.

Le cancer et la civilisation. Est-il contagieux, héréditaire, alimentaire ?

Ceci nous conduit tout naturellement

à accorder toute notre attention aux causes alimentaires possibles du cancer.

Certes, ce point de vue est trop aisé à développer pour qu'on n'ait pas commis à son sujet de grossières bévues. Voilà quelques années, on nous signalait d'Amérique que le

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 256, page 306.

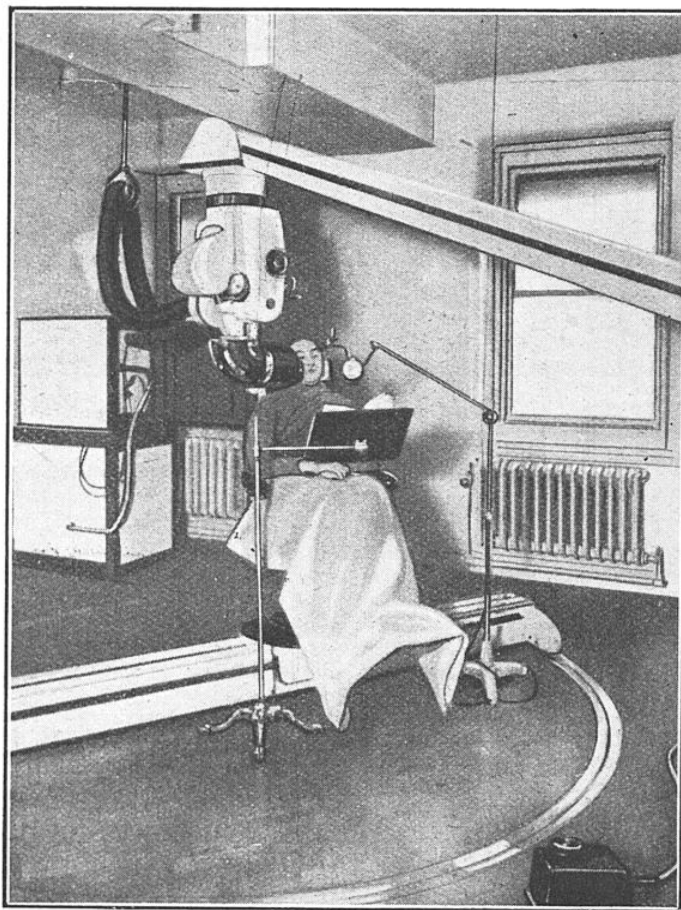


FIG. 14. — UN TRAITEMENT PAR TÉLÉCURIÉTHÉRAPIE DANS LA SALLE SPÉCIALE DU MIDDLESEX HOSPITAL

On pratique ici une irradiation massive à l'aide de 4 g de radium appliqués à 8 cm de distance. Le radium, lorsqu'il est inutilisé, est conservé dans un coffre dont les parois en plomb mesurent 10 cm d'épaisseur. Le transport du radium à l'appareil d'application s'effectue par un tube flexible commandé à distance par une pompe à vide, qui supprime ainsi toute manipulation. Les mouvements du siège du malade et ceux de l'appareil d'application sont soigneusement repérés pour permettre des traitements successifs dans des positions rigoureusement semblables.

jus de tomate provoquait le cancer. Il a fallu de nombreuses expériences, décisives, pour sauver le marché des tomates d'une phobie absurde.

La contagion du cancer — rappelez-vous la psychose des « maisons à cancer » — constitue un autre épouvantail que de sérieuses enquêtes ont démonté avec la plus grande aisance. Le cancer, en tant que végétation, se propage par transplantation : c'est dans sa nature logique. Les précautions les plus élémentaires suffisent à écarter tout danger.

Dans certaines expériences *in anima vili*, le filtrat d'un cancer a provoqué la naissance d'autres cancers. La théorie du *virus chimique* s'en trouve renforcée. C'est tout. La prophylaxie, dans ce sens, est également facile à réaliser : simples règles d'hygiène.

La question de l'hérédité du cancer a toutefois provoqué, en Amérique surtout, au sein de l'école généticienne, une série de travaux du plus haut intérêt. Les généticiens, disciples de Th.-Hunt Morgan, ont cherché à reconnaître si la naissance de la « première cellule » cancéreuse n'était pas due à une *mutation brusque* dont la cause devait résider

dans une variation du nombre des chromosomes (1) : or les cellules cancéreuses, quoique mieux fournies de chromatines que les cellules normales correspondantes, n'ont pas révélé de structure chromosomique anormale. On a pensé, dès lors, à l'intervention d'un « gène » du cancer... Rien n'est démontré dans cette voie : encore, d'après les

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

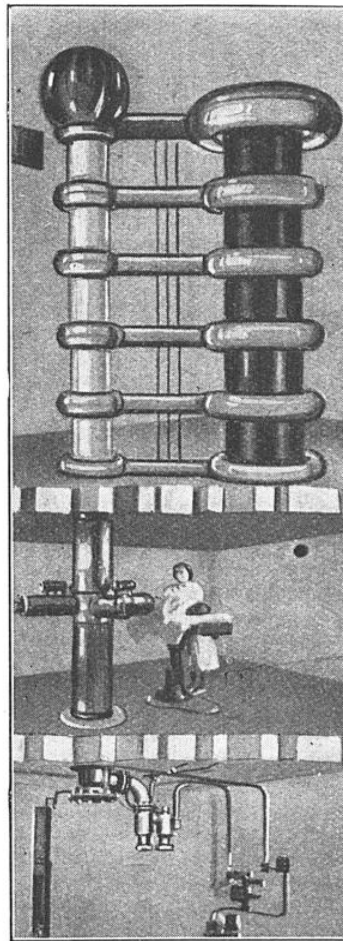


FIG. 15. — UNE DES PLUS PUISSANTES INSTALLATIONS DE RADIOTHÉRAPIE, RÉALISÉE A L'INSTITUT DE CALIFORNIE (ÉTATS-UNIS)

Le tube pour la production des rayons X supporte une tension supérieure à 1 million de volts. Le malade est traité dans une chambre séparée par d'épaisses cloisons en plomb des salles voisines où s'effectuent la commande et le réglage des appareils.

auteurs, ce gène, à supposer qu'il existe, serait *récessif*, non dominant. Ce qui est rassurant.

Les *mutations* obtenues par irradiation X des œufs de *Drosophile* (Muller) invitent à penser que la radiosensibilité cellulaire, dont le rôle est capital dans le traitement, ne serait pas sans rapports avec la génétique expérimentale. Mais alors, comme il ne s'agit pas, en matière de cancer, de « races nouvelles » de tumeurs à créer ou à étouffer, il faut adopter un point de vue beaucoup plus logique — celui de *l'influence de l'irradiation sur le rythme de la prolifération cellulaire*, que Lacassagne et Monod, en France, ont étudiée.

L'irradiation doit intervenir en enrayant la prolifération, si elle touche la cellule à l'instant de la *mitose*. Comment faire coïncider cet instant avec celui du bombardement photoélectrique X ou γ ?

On attend beaucoup de l'observation du phénomène sous l'objectif « microcinématographique » que nous avons nommé le « microscope du temps » (1) pour débrouiller ce nouveau point de vue réellement essentiel, parce qu'il envisage, cette fois, une évolution en marche et non pas seulement une

« statistique » de la vie cellulaire.

Quoi qu'il en soit, l'urgence de résoudre ces problèmes biologiques fondamentaux — non pas seulement thérapeutiques — s'impose d'autant plus que l'homme paraît bien être l'animal le plus sujet au cancer, parce que dernier venu.

JEAN LABADIÉ.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 67.

LES LIVRES QU'IL FAUT MÉDITER

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

LA VIE ET SES PROBLÈMES⁽¹⁾

LES lecteurs de *La Science et la Vie* connaissent les admirables progrès réalisés depuis le début de notre siècle par la biologie, progrès rendus possibles par les découvertes faites dans toutes les autres branches de la Science et en particulier en chimie. Un écrivain et savant français, M. Jean Rostand, a entrepris d'initier le grand public à ces conquêtes dont notre époque est légitimement fière. Après des livres consacrés à des questions particulières comme les « Hormones » ou les « Chromosomes », il vient de publier un ouvrage de synthèse intitulé : « La vie et ses problèmes », où il fait en quelque sorte le « point » de nos connaissances actuelles sur chaque question de biologie. Par sa richesse, ce livre échappe à l'analyse ; aussi nous nous contenterons d'y chercher une réponse à cette question : quelles leçons, quelles promesses nous apportent les Sciences de la Vie ?

Malgré leur complexité, ces sciences ont de quoi nous passionner à plus d'un point de vue. Et d'abord parce que nous sommes vivants. Nous ne saurions examiner les problèmes de la biologie avec le même détachement que ceux de la physique, car nous nous sentons liés par une certaine solidarité à la grenouille sur laquelle nous expérimentons, comme le montre la pitié qu'elle inspire aux âmes sensibles. D'autre part, si notre curiosité, en s'exerçant sur les problèmes de la matière inerte, a découvert et domestiqué tout un monde inconnu, quels miracles la Science de la Vie ne promet-elle pas de nous révéler ? Nous venons de parler de miracle ; c'est, en effet, le premier mot qui vient à l'esprit émerveillé devant l'« ingéniosité » de certains mécanismes « utilisés » par la vie pour assurer telle ou telle fonction. Elle a depuis longtemps résolu des problèmes qui ont mis en défaut la clairvoyance de tous les savants.

Comment ne pas croire, devant de telles preuves d'ingéniosité, ce que nous ne demandons qu'à croire, qu'il y a dans la matière vivante quelque chose de plus que dans la matière inerte, un « principe vital » qui creuse entre elles cet abîme dont nous pensons avoir nettement conscience ? Ce principe vital est la base des explications de toute une école, l'école vitaliste, qui est surtout frappée de l'excitabilité de la matière

vivante, de sa faculté de réagir, de s'adapter, de se développer. Alors que pour un phénomène physique c'est la cause qu'on recherche, pour un phénomène vital il faudrait chercher le but, puisque la vie est une perpétuelle adaptation aux conditions extérieures : c'est l'attitude finaliste.

Mais d'autres savants considèrent que ce principe vital, qui a reçu à peu près autant de noms qu'il y a d'auteurs, est un beau mot pour masquer notre ignorance. Comme la science ne peut se bâtir que sur cet acte de foi : « Toutes les conditions d'un phénomène étant reproduites, le phénomène se reproduira identique à lui-même », ils sont amenés à considérer l'être vivant comme une machine dont il faut analyser le fonctionnement, sans préjuger de ce qu'il contient de plus qu'une machine : c'est l'attitude du déterminisme physicochimique. La querelle entre ces deux écoles, qui dure depuis Platon, durera peut-être autant que la biologie, mais dernièrement les vitalistes ont dû battre en retraite sur un certain nombre de fronts. C'est ainsi que la chimie a expliqué quelques phénomènes d'assimilation et de croissance réputés particulièrement « vitaux ». On sait que l'absence ou l'excès de certains principes chimiques appelés hormones (1) suffit à entraver le développement de notre organisme, à changer sa forme, qu'un principe à peu près analogue fait pousser par sa présence des centres nerveux supplémentaires sur un embryon, à un endroit quelconque où il est appliqué. De plus en plus, la biologie est envahie par les chimistes (2), et les entités des vitalistes font place à des corps qu'on sait isoler, dont parfois on sait écrire la formule. Et que penser de la découverte récente des virusprotéines, analogues au virus de la mosaïque du tabac, molécules chimiques géantes que Stanley a isolées à l'état cristallisé, et qui, introduites dans un organisme, y prolifèrent, y causent des maladies tout comme les microbes ? Tient-on avec elles le pont entre le microbe et la molécule inerte ?

La position des vitalistes s'en trouverait singulièrement menacée, mais il convient d'attendre, avant de l'affirmer, que le processus de multiplication de ces molécules de virusprotéines soit mieux connu. En

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

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 242, page 116.

(1) 1 vol. franco : France 20 f ; étranger, 23 f.

attendant, les vitalistes peuvent toujours affirmer que la vie « se sert » de la chimie, comme elle se sert du levier dans l'aile d'un oiseau. Mais, d'un autre point de l'horizon, arrive une nouvelle offensive. En introduisant le principe du déterminisme dans les faits de la vie psychique, le professeur Freud (1) est parvenu à une très profonde connaissance du fonctionnement de notre esprit.

Il a montré combien certains déséquilibres de notre vie corporelle, certaines privations, certains souvenirs peuvent donner à notre personnalité des caractères morbides, et cela sans qu'aucune lésion organique soit décelable. Le « maître » de notre corps voit donc son autorité singulièrement menacée. S'il existe un déterminisme de la vie psychique, nous ne sommes donc pas libres, constatation accablante pour l'esprit.

A part ces terribles leçons d'humilité, que nous promettent les Sciences de la Vie si nous les écoutons ? Il n'est peut-être pas un domaine de la connaissance où nous trouverons des moyens aussi puissants d'agir sur notre destinée, si nous devons chercher notre bonheur en nous-même bien plus que dans la possession du monde extérieur.

Une des conditions essentielles de ce bonheur n'est-elle pas la santé ? Sur ce point, la biologie nous ouvre des perspectives presque illimitées. Notre organisme est constitué d'une colonie de cellules vivantes, baignant dans un milieu liquide. Comme les expériences du docteur Carrel l'ont montré (2), ces cellules sont immortelles et capables de proliférer indéfiniment, si aucun accident ne vient mettre fin à cette immortalité : à l'Institut Rockefeller, un tissu d'embryon de poulet vit depuis 1912 d'une vie entretenue artificiellement. Mais, dans les circonstances normales, l'accident se produit toujours, qu'il s'agisse d'une attaque victorieuse de la colonie de cellules par les microbes, ou de cette altération jusqu'ici inexorable du milieu dans lequel elles vivent, que l'on appelle la vieillesse. La lutte contre la première de ces causes de mort a fait d'immenses progrès grâce à Pasteur. La lutte contre la vieillesse, un vieux rêve de l'humanité, ne fait que commencer : on sait, dans une certaine mesure, éviter le vieillissement « secondaire », empoisonnement lent qui résulte d'un mauvais mode de vie. Peut-on espérer parvenir à laver un jour nos humeurs de cette cause mystérieuse qui, depuis la vie embryonnaire, freine progressivement la régénération de nos tissus, fournissant par ce processus une horloge d'une extrême précision pour la mesure de notre temps biologique (3) ? Cela ne paraît pas impossible, la parole est au chimiste.

La biologie révolutionnera sans doute la chirurgie. Si on arrive un jour à agir sur la

la vie d'un organe isolé de l'ensemble du corps (expérience de Carrel et Lindbergh), de quelles hardiesses le chirurgien ne se sentira-t-il pas capable ?

Un des plus beaux triomphes de la biologie a été d'apporter des données positives dans un domaine où on pouvait dire, au début de notre siècle, que tout s'y passait au hasard, que tout y était possible : celui de l'hérédité (1). La génétique nous montre que certains caractères défavorables à l'espèce se transmettent héréditairement, comme l'hémophilie qui constitue une « mutation » extrêmement fâcheuse de l'espèce humaine. Mais cette mutation restait jusqu'ici très peu répandue parce que les sujets qui en étaient atteints étaient rapidement éliminés par la mort. Que se passera-t-il quand le médecin leur aura donné le moyen de vivre ? « Il est constant, déclare M. Rostand (2), que l'insuffisance de sélection dans l'espèce humaine perpétue et accentue les tares. Les hanches tendent à se rétrécir chez la femme, pour cette seule raison que, grâce aux progrès de l'obstétrique, les femmes aux bassins trop étroits peuvent laisser une descendance. Ainsi de tout. Sans même avoir besoin de Knock, et rien qu'en cultivant l'inadapté, la médecine soigne son avenir. » Le remède ? Le biologiste se garde bien de le formuler ; le problème n'est pas nouveau ; il avait même reçu à Sparte une solution courageuse, mais discutable : si Homère et Socrate étaient venus au monde à Sparte, ils n'eussent pas vécu, l'un pour être aveugle, l'autre à cause de sa trop grande laideur. Il n'appartient pas au biologiste, mais au législateur, de savoir si le progrès génétique de l'espèce humaine vaut le prix qu'on le paierait.

Nous avons vu que les Sciences de la Vie en arrivent à douter de plus en plus de notre liberté.

Avec la notion de liberté s'évanouit celle de responsabilité ; sur chaque individu, comme sur les héros de la tragédie antique, pèsent d'inexorables fatalités. Dès lors, quand il se rend coupable d'un délit ou d'un crime, pourquoi s'en prendre à lui ? Reproche-t-on à une horloge d'avancer ?

Il est plus raisonnable de la régler. Et la tendance est de plus en plus marquée à remplacer le juge par le médecin.

Un autre corollaire de cette conception est l'importance de plus en plus grande que l'on doit attacher à l'éducation des enfants, qui est, avec l'hérédité, le facteur qui déterminera l'homme adulte. Et on s'apercevra que notre pédagogie n'a bien souvent pour règle dissimulée que la plus grande commodité des parents. On apprendra à ne pas imposer à l'enfant des tâches trop longues, car une heure de sa vie vaut cinq heures de la vie d'un vieillard. On pensera que l'enfance n'est pas pour la vie une sorte de

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 235, page 26.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 224, page 98.

(3) Voir *La Science et la Vie*, n° 228, page 450.

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

(2) *Notes d'un Biologiste* ; revue *Europe*.

vestibule sans intérêt, mais qu'elle en est la partie la plus longue. On mesurera alors l'amertume de cette confiance d'un philosophe du XVIII^e siècle que son père avait trop tôt contraint à un travail intellectuel intense : « Je n'ai jamais été un enfant. »

Dans bien d'autres domaines, les Sciences de la Vie nous aideront à améliorer notre situation. Mais, comme le fait remarquer M. P. Valéry, nous ne passons en réalité que le dixième de notre vie dans le présent. Presque toujours nous sommes tournés soit vers le passé, soit, le plus souvent, vers l'avenir, et c'est là un des caractères qui nous distinguent le plus nettement des autres espèces animales. Si nous nous préoccupons non plus de l'avenir immédiat, mais de l'avenir lointain de l'espèce humaine, les prévisions de la science sont très pessimistes.

De même qu'on a vu s'éteindre les plus belles civilisations, rien ne nous autorise à

croire que la vie ne s'éteindra pas un jour à la surface du globe, ce qui exclut l'espoir d'un progrès indéfini de l'humanité ; cinquante degrés de plus ou de moins à la surface terrestre, et c'en est fait de nous et de notre belle science.

Si l'on établit le bilan de ce que celle-ci nous offre, et de ce qu'elle nous retire, il faut bien avouer que ce bilan est déficitaire : comment parviendra-t-elle à nous consoler de la perte de ce que nous chérissons par-dessus tout, de notre liberté, et nous habituera-t-elle à nous considérer comme des automates mus par un faisceau de ficelles invisibles qui a reçu le nom de volonté ? Et, si toutes nos réussites sont précaires, à quoi bon les poursuivre ? Il faut maintenant que la science nous apprenne à nous résigner à notre état imparfait et à tirer de cet état le maximum de bonheur.

H. FRANÇOIS.

LA T. S. F. ET LA VIE

Par André LAUGNAC

Les indicateurs visuels d'accord

LE « contrôle automatique de volume », ou plus simplement le « système antifading » (1), fut certainement le plus intéressant perfectionnement apporté aux récepteurs depuis une dizaine d'années. Toutefois, le réglage optimum ne correspondant plus à un maximum de volume de son émis par le haut-parleur, mais seulement au minimum de distorsion, devient délicat.

Ce phénomène tire son origine du principe même du contrôle automatique de volume : la sensibilité du récepteur peut varier dans des proportions considérables suivant l'amplitude de l'onde porteuse qui parvient au détecteur du système antifading, puisque ce détecteur commande directement la polarisation des tubes à pente variable ; si l'accord est parfait, la sensibilité du récepteur est notablement plus faible qu'elle ne

le serait pour un dérèglement léger. Or l'expérience a prouvé que si, en majorité, les usagers de la radio savaient accorder leur récepteur sur un maximum de volume de son, les réglages

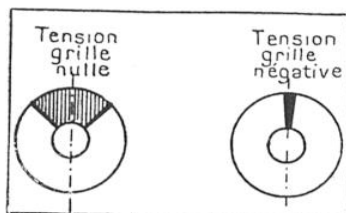


FIG. 1. — ASPECT D'UN ÉCRAN D'ŒIL CATHODIQUE 6 G 5 POUR DEUX TENSIONS DE GRILLE DE COMMANDE

A l'accord exact, la partie sombre doit être minimum.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 194, page 127.

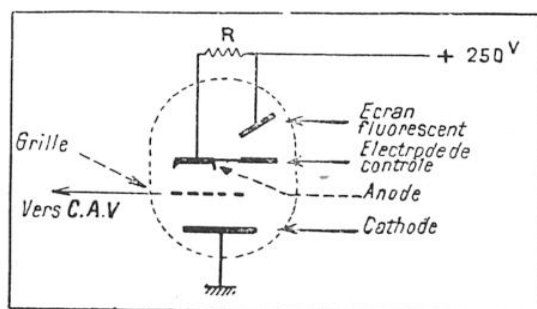


FIG. 2. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES ÉLECTRODES D'UN ŒIL CATHODIQUE 6 G 5

sont devenus très défectueux depuis qu'ils doivent apprécier un minimum de distorsion. C'est pourquoi tous les récepteurs dotés d'un contrôle automatique de volume possèdent obligatoirement un indicateur visuel d'accord.

De nombreux systèmes ont été préconisés tour à tour à cet effet. Sauf quelques rares exceptions, ils sont fondés sur la propriété suivante : l'accord parfait est obtenu pour la station choisie lorsque l'onde porteuse parvient au détecteur avec sa valeur maximum. Ainsi, si, par un procédé quelconque, on évalue la position exacte du condensateur d'accord pour laquelle cette polarisation négative, due à la tension détectée, est à son maximum, on aura résolu le problème du contrôle visuel d'accord.

Les indicateurs visuels d'accord à rayon électronique tels que œil cathodique, trèfle cathodique, d'un emploi à peu près exclusif, ont apporté à ce problème une solution à

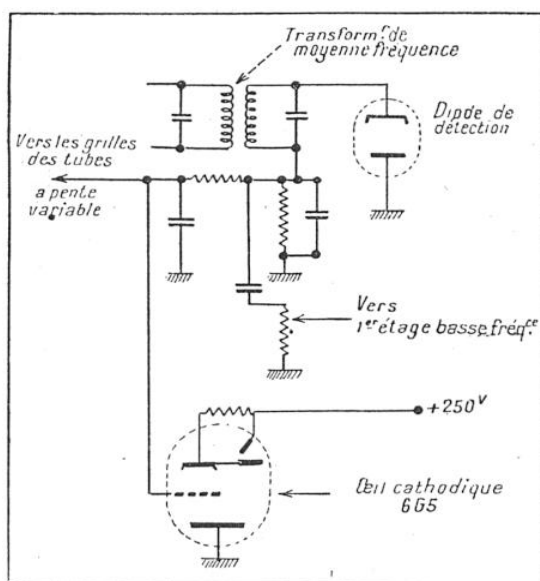


FIG. 3. — PRINCIPE D'UTILISATION D'UN ŒIL CATHODIQUE COMME INDICATEUR D'ACCORD

la fois simple et ingénieuse. On sait, que ces tubes à rayons électroniques comportent une cathode, source d'électrons, et un écran positif recouvert d'une matière fluorescente qui devient lumineuse au point d'impact des électrons. Les variations de la surface rendue ainsi lumineuse peuvent être obtenues au moyen d'une troisième électrode dénommée électrode de contrôle et placée entre la cathode et l'écran; cette électrode de contrôle est commandée par la tension du circuit antifading après amplification par l'élément triode contenu dans l'ampoule.

Ces indicateurs visuels d'accord peuvent être encore perfectionnés.

En effet, actuellement, l'examen de l'écran fluorescent ne peut à lui seul définir si l'accord est parfait ou non; cet examen, pour être concluant, doit être accompagné d'un tâtonnement du bouton de réglage pour obtenir la fermeture la plus complète du secteur obscur. Le nouveau système proposé fournira au contraire une indication absolue évitant tout tâtonnement. Ce nouvel indicateur d'accord indique par simple

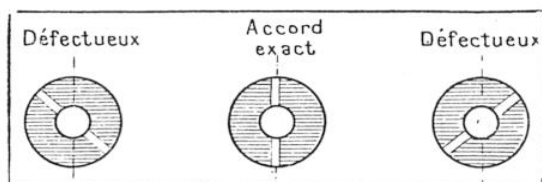


FIG. 4. — DIFFÉRENTS ASPECTS QUE PRÉSENTE L'ÉCRAN D'UN TUBE CATHODIQUE INDICANT LE SENS DU DÉSACCORD PAR RAPPORT AU RÉGLAGE EXACT

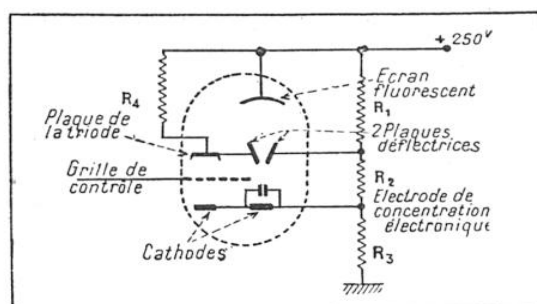


FIG. 5. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES ÉLECTRODES D'UN INDICATEUR VISUEL D'ACCORD A RAYONS CATHODIQUES

A gauche, l'élément triode amplificateur, et, à droite, l'indicateur lumineux.

examen le sens et le degré du désaccord, ou, si l'on préfère, le sens et la quantité dont il faudrait tourner le bouton pour rendre le réglage correct. Comme dans le circuit de contrôle automatique de fréquence, l'organe essentiel est le discriminateur de désaccord, sensible à son signe et à sa grandeur. La tension recueillie aux bornes du discriminateur est appliquée à l'indicateur visuel proprement dit. Dans le dispositif Marconi, les tensions fournies par le discriminateur sont appliquées à deux petits tubes luminescents. Les hauteurs des colonnes lumineuses sont égales pour l'accord exact; leur inégalité indique le sens et la grandeur du désaccord.

Il est facile de concevoir d'autres dispositifs fondés sur un principe analogue, mais de réalisation différente; en particulier, les petits tubes cathodiques (œil, trèfle) pourront, avec quelques modifications internes, indiquer, par déplacement cette fois d'un secteur lumineux à droite ou à gauche d'un repère, le sens et la grandeur du désaccord.

Notons que ce nouveau mode de contrôle visuel n'apportera pratiquement aucune complication de montage de nos récepteurs puisque le discriminateur peut être combiné avec les circuits habituels de détection et de contrôle automatique de volume.

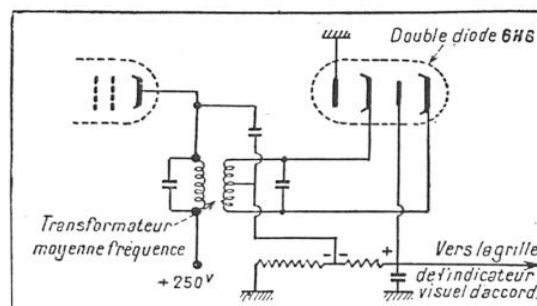


FIG. 6. — SCHÉMA DU DISCRIMINATEUR DE DÉSACCORD R. C. A.

Les bobinages à noyaux magnétiques pour l'accord automatique des récepteurs

La grande majorité des constructeurs présentent actuellement sur le marché des appareils à réglage automatique : une simple pression avec le doigt sur l'un des boutons et l'on obtient une audition correcte sans effectuer aucun réglage supplémentaire. Nous avons déjà examiné dans ces colonnes (1) deux méthodes utilisées pour obtenir le réglage par boutons-poussoirs : 1° accord effectué par la rotation du condensateur variable habituel avec arrêt à certaines positions fixes prédéterminées ; 2° accord effectué en substituant au condensateur variable de petits condensateurs ajustables préalablement réglés pour chaque émission désirée.

Pour fonctionner correctement, sans dérèglement dans le temps, le premier mode de réglage exige une construction mécanique robuste et une grande précision, peu compatible avec un prix de revient faible.

La deuxième méthode ne supporte pas non plus la médiocrité et la mauvaise qualité ; les condensateurs ajustables à bon marché ont une fâcheuse tendance à se dérégler, de telle sorte que, quelques semaines ou quelques mois après sa mise au point, un récepteur ainsi équipé risque de ne donner qu'une audition faible et déformée.

Il existe une troisième façon de réaliser un accord automatique par boutons-poussoirs ; elle consiste à substituer aux bobinages et capacités d'accord du récepteur un certain nombre de petits circuits accordés, composés de condensateurs fixes et de selfs ajustables : l'accord d'un circuit oscillant,

qui fut presque toujours réalisé par variation de la capacité avec self invariable, se fait ici par une méthode inédite ; nous la devons aux progrès considérables réalisés, aux cours des dernières années, dans la conception et la fabrication des bobinages à noyaux magnétiques. Il est, en effet, possible ac-

tuellement de construire très économiquement des selfs ajustables dans d'assez larges limites. Une fabrication parfaitement mise au point confère à ces selfs ajustables les qualités qui leur sont nécessaires : stabilité

dans le temps, avec l'humidité, les vibrations et les variations de température, et, d'autre part, coefficient de « surtension », c'est-à-dire d'amplification, élevé et constant pour tous les réglages.

On sait qu'une self à noyau magnétique comporte essentiellement un bobinage placé sur un noyau constitué par de la poudre de fer, d'une grosseur de grain de quelques microns ; ces petits grains sont agglomérés par un isolant polymérisable auquel un traitement thermochimique confère une structure définitive, assurant ainsi la constance des caractéristiques avec le temps. Le réglage de ces selfs à noyaux magnétiques se fait par changement de la perméabilité apparente du circuit magnétique, et nécessite le déplacement d'un noyau magnétique par rapport à l'enroulement ; ce déplacement se fait à l'aide d'une vis, ce qui permet de le rendre aussi progressif qu'on le désire.

La figure 8 nous montre la variation relative de la valeur d'une self « Ferrolite » en fonction de la variation de la distance des deux noyaux autour desquels se trouve le bobinage.

Avec un système de ce genre, la variation de distance entre les deux noyaux permettant de varier la réductance du circuit magnétique sans en affecter la forme, une variation de la self de 15 % n'entraîne qu'une variation de 6 % du « coefficient de surtension », c'est-à-dire de l'amplification qu'on peut en tirer.

Le système d'accord automatique « Ferrolite » comporte un ensemble de selfs variables analogues à celles que nous venons de décrire sommairement et de capacités fixes.

Chaque bouton-poussoir permet de brancher au choix un certain nombre de selfs d'accord et de selfs oscillatrices préalablement ajustées sur chacune des stations à recevoir.

Les systèmes usuels d'accord automatique à condensateurs ajustables trouvent dans ce nouveau mode d'accord un concurrent sérieux en raison des qualités de stabilité qu'on peut en attendre.

ANDRÉ LAUGNAC.

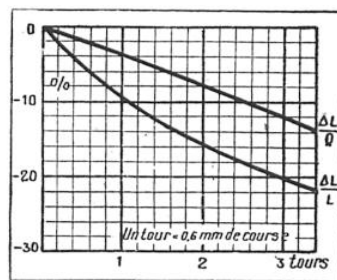


FIG. 8. — VARIATION DE SELF ET DE SURTENSION D'UNE SELF « FERROLITE »

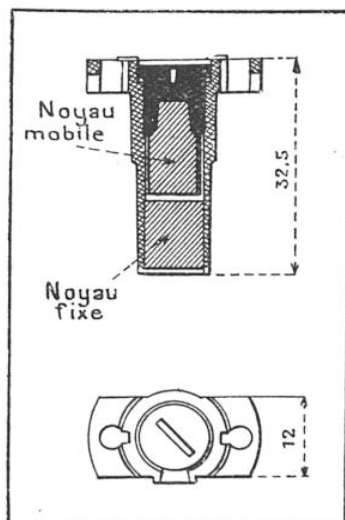


FIG. 7. — NOYAU D'UNE SELF AJUSTABLE « FERROLITE »

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 216,

L'ALUMINIUM ET LES BARRES DE CONNEXIONS ÉLECTRIQUES

CHAQUE fois que se pose, en électrotechnique, le problème d'un transport d'énergie sous une forte intensité, se pose en même temps la question du choix du matériau utilisé en vue de réaliser une économie maximum sans rien sacrifier ni à la résistance mécanique de l'installation ni à l'échauffement admissible des conducteurs.

On sait que, dans ce cas, on utilise surtout des barres plates de métal nu à la place de conducteurs isolés. Ces barres sont dites barres de connexions.

L'aluminium, qui a déjà conquis une si grande place dans la métallurgie, est employé déjà depuis une trentaine d'années pour la constitution de ces barres, concurremment avec le cuivre. Il est facile d'ailleurs, en se fondant sur leurs propriétés physiques et sans recourir à aucun calcul, d'établir un parallèle entre ces deux métaux. Le cuivre, jusqu'ici métal-roi de l'électricité, sera-t-il détrôné par l'aluminium?

Les qualités techniques de l'aluminium

Il est évident que la première qualité d'un métal destiné à transporter un courant électrique est sa conductibilité, qui est l'inverse de sa résistivité, celle-ci représentant la résistance électrique du métal par unité de longueur et par unité de section. L'unité de résistance est l'ohm, mais pour des métaux très conducteurs on emploie le *microhm*, qui vaut un millionième d'ohm. Or, l'aluminium, par suite de son mode de préparation et de ses qualités chimiques, est obtenu très pur et utilisé pour les barres de connexions à un degré de pureté de 99 % au minimum. Dans ces conditions, sa résistivité est de 2,87 microhm par centimètre à 20° C, soit 60 % de celle du cuivre recuit étalon et 62 % de celle du cuivre commercial dur ou demi-dur. Donc, pour qu'un conducteur en aluminium ait la même résistance qu'un conducteur de cuivre

de même longueur, sa section doit être à 1,6 fois de celle du conducteur de cuivre. Il en est de même du volume, proportionnel à la section. Mais si nous considérons le poids, produit du volume par la densité, l'aluminium reprend tout son avantage. En effet, sa densité étant de 2,7 contre 8,9 pour le cuivre, c'est-à-dire trois fois moins, le poids

d'une barre d'aluminium n'est que la moitié de celui d'une barre de cuivre de même résistance électrique.

Mais la définition de l'unité de résistance électrique étant simplement donnée comme la résistance d'un conducteur dans lequel le passage d'un ampère crée une chute de tension d'un volt, on conçoit que la notion de résistance ne suffise pas pour déterminer la section des barres de connexions.

Il faut tenir compte aussi de l'échauffement produit par le passage du courant. Notons immédiatement que cet échauffement est d'autant plus faible que l'aération est meilleure et que le rayonnement est plus grand, celui-ci dépendant évidemment de la surface rayonnante, de la forme et de l'état de cette surface. C'est ainsi que, pour un échauffement donné, l'intensité admissible est plus grande pour une barre plate que pour une barre ronde de même section (surface plus grande à volume égal) et ce d'autant plus que la barre est plus mince. De même, on peut admettre une plus grande intensité pour une barre horizontale que pour une barre verticale, pour une barre sur champ que pour une barre à plat (meilleure ventilation), pour une barre recouverte de couleur foncée que pour une barre nue (meilleur rayonnement).

Ces considérations rappelées, voici la loi qui régit les intensités admissibles pour deux barres de métaux différents mais de dimensions identiques et identiquement disposées. Le rapport des intensités admissibles pour un échauffement déterminé est égal à la racine carrée du rapport des conductibilités des métaux. On trouve ainsi que, pour l'aluminium, l'intensité limite est égale aux 785 millièmes de celle autorisée

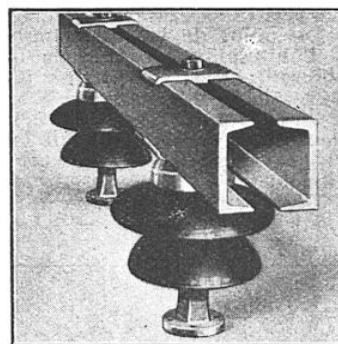


FIG. 2. - BARRES EN U D'ALUMINIUM MONTÉES FACE A FACE DE FAÇON A RÉALISER UN CONDUCTEUR CREUX

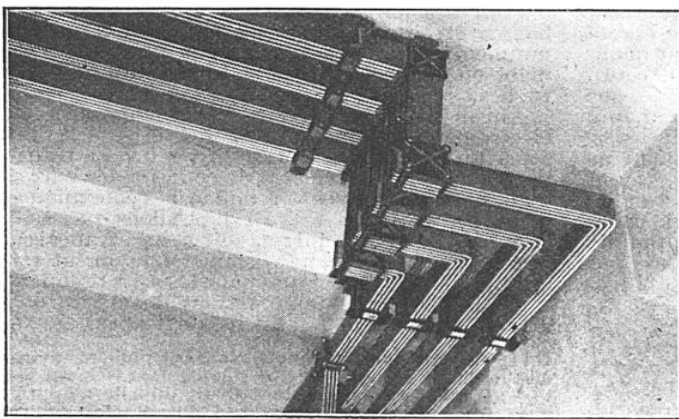


FIG. 1. - RENVOI D'ÉQUERRE DE BARRES DE CONNEXIONS EN ALUMINIUM A LA SOUS-STATION VENDÔME DE LA COMPAGNIE PARISIENNE DE DISTRIBUTION D'ÉLECTRICITÉ

pour le cuivre. Dans ces conditions, pour obtenir le même échauffement sous la même intensité, dans le cas des barres rondes il faut donner à celle en aluminium un diamètre égal à 1,18 fois celui de la barre de cuivre et le poids du conducteur aluminium est alors égal aux 422 millièmes du poids de cuivre (moins de la moitié). On voit donc que le calcul relatif à l'échauffement est encore plus favorable à l'aluminium que le calcul des résistances électriques.

Du point de vue mécanique, si la résistance de l'aluminium est inférieure à celle du cuivre, la différence est compensée par l'augmentation de section donnée aux barres d'aluminium pour obtenir l'égalité d'échauffement ou de résistance électrique. Ce sont surtout les isolateurs et les supports qui doivent résister aux efforts mécaniques.

Dans les cas spéciaux où les exigences au point de vue de la résistance mécanique sont

missible dans une barre pour produire l'échauffement limite que l'on s'est fixé, soit 20, 30 ou 40° C au-dessus de la température ambiante. Inversement, étant donné le courant qui doit circuler dans la barre et l'échauffement limite, on trouve immédiatement les dimensions* à adopter pour la barre. Ces tableaux supposent que les barres sont disposées horizontalement et sur champ, que leur surface est brute d'étrépage ou de laminage (1) et qu'elles sont situées en atmosphère calme.

Bien entendu, lorsque plusieurs barres sont disposées en parallèle et rapprochées, la circulation de l'air étant plus difficile, l'échauffement est plus considérable. Là encore, les tableaux ont prévu les cas les plus courants. Enfin on sait aussi que les courants alternatifs à fréquence un peu élevée tendent à circuler par la périphérie des conducteurs (effet Kelvin). Dans ce cas, il faut donc une section plus grande que pour le courant continu.

Signalons d'ailleurs qu'au-dessus de six barres, il y a intérêt à les disposer non parallèlement, mais de façon à former un conducteur creux. Ainsi on peut placer quatre barres suivant les quatre côtés d'un parallépipède ou encore utiliser des profilés en U en aluminium mis face à face (fig. 2).

Du point de vue du montage, les barres en aluminium offrent toute facilité. On sait qu'elles se laissent aisément couder et mettre en forme à froid. L'aluminium est facile à percer, à limer, à scier et l'assemblage des barres est facilité par leur légèreté. Signalons simplement que la jonction des barres plates se fait comme pour le cuivre, soit par recouvrement des extrémités et serrage par boulons, soit au moyen de plaques intermédiaires avec boulons extérieurs, sans percer les barres. On utilisera une pression de 1 à 1,5 kg/mm² pour assurer un joint

excellent. Une préparation simple des surfaces de contact donne à cet égard toute sécurité.

N'oublions pas d'ailleurs que la jonction peut être effectuée par soudure autogène au chalumeau (économie de métal), que l'on peut prévoir des joints de dilatation (cas de longues barres étroites), enfin que la jonction aluminium-cuivre se fait simplement par recouvrement ou couvre-joints dans les conditions habituelles.

Ainsi, dans les usines électrochimiques et électrométallurgiques, dans les centrales, les sous-stations, chaque fois qu'il y a lieu de transporter de fortes intensités de courant, les barres d'aluminium peuvent remplacer économiquement les câbles isolés. Et n'oublions pas que l'emploi de l'aluminium, d'origine française, offre pour notre balance commerciale un intérêt certain, puisque, rien que pour les sept premiers mois de 1937, nos importations de cuivre ont atteint environ 500 millions de francs.

(1) On sait que plus une surface est polie et moins elle rayonne (donc plus elle s'échauffe); témoin les fers à repasser nickelés dont il est difficile d'apprécier la température par le geste habituel, c'est-à-dire en les approchant de la joue.

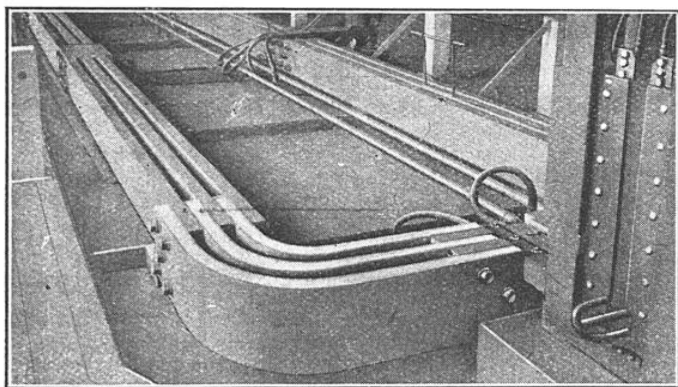


FIG. 3. — CIRCUIT A 50 000 AMPÈRES (SERVICE INTERMITTENT) FORMÉ PAR TROIS BARRES D'ALUMINIUM PLACÉES SUR CHAMP DE 300 X 60 MM

sévères, ce qui peut correspondre à des intensités de court-circuit élevées ou à des distances importantes entre les supports successifs, on peut avoir recours à des profilés en I, U, L, disposés de manière à obtenir la rigidité maximum. Il faut noter que la résistance à la traction est de 14 à 16 kg/mm² pour l'aluminium écroui étiré, de 11 à 14 kg/mm² pour l'aluminium demi-dur et de 8 à 9 kg/mm² pour l'aluminium recuit. L'allongement de rupture est de 6 à 3 % pour le métal écroui et de 20 à 30 % pour l'aluminium recuit.

Enfin, en présence d'un arc, l'aluminium ne fond pas plus facilement que le cuivre, car, à égalité de poids, les chaleurs spécifiques et de fusion du premier ont des valeurs supérieures à celles du second. De plus, comme les produits de combustion de l'aluminium ne sont pas conducteurs, les arcs demeurent localisés, instables et s'éteignent facilement.

Quelques conseils pratiques

Il va de soi que, pour faciliter aux usagers la détermination du type de barre à installer dans chaque cas particulier, des tableaux ont été établis. Ils donnent instantanément l'intensité ad-

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

Moteurs électriques à réducteurs de vitesse

TOUTES les autres caractéristiques restant les mêmes, un moteur développe évidemment une puissance d'autant plus grande que sa vitesse de rotation est plus élevée. Par ailleurs, il est également clair que la matière est d'autant mieux utilisée que le moteur tourne

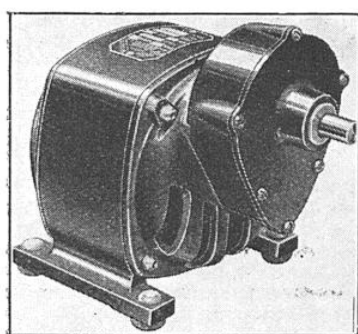


FIG. 1. — MOTEUR « VASSAL »
A RÉDUCTEUR PAR PIGNONS
HÉLICOÏDAUX

plus vite. On sait que l'accroissement de cette vitesse a permis notamment d'établir des moteurs d'automobiles dont le poids spécifique (par cheval) soit de plus en plus faible. De même la puissance massive des moteurs électriques croît avec leur vitesse. Aussi n'est-il pas rare de trou-

ver de tels moteurs tournant à 3 000 tours par minute à vide, soit environ 2 800 tours par minute en charge. Cependant le fonctionnement de nombreuses machines est incompatible avec de telles vitesses et exige même des mouvements très lents. Pour les actionner, il faut donc, non réduire la vitesse du moteur, mais utiliser une transmission démultiplicatrice. C'est dans ce but que M. Vassal, spécialiste des moteurs électriques, a établi deux modèles spéciaux de réduction, l'un par pignons hélicoïdaux, l'autre par vis sans fin et un troisième type combiné, à grand rapport de réduction.

Dans le premier type, la démultiplication est obtenue par pignons hélicoïdaux en acier dur spécial enfermés dans un carter étanche contenant de l'huile épaisse. Son rendement est de 90 % pour une réduction de 3 ou 7, et il permet de transmettre intégralement le couple de démarrage. Le couvercle du carter s'enlève facilement pour changer l'huile (toutes les 1 000 heures de marche).

Le deuxième type comporte une vis sans fin en acier traité et une roue en bronze spécial poli ne sur-

bissant pratiquement aucune usure. L'ensemble est également enfermé dans un carter étanche plein de graisse molle que l'on change aisément toutes les 1 000 heures de marche en enlevant le couvercle du carter. Le rapport de réduction varie de 7,5 à 60 avec un rendement de 50 à 80 %.

Enfin signalons que la réduction combinée à grand rapport de réduction permet d'obtenir des vitesses très lentes, jusqu'à 1 tour par 10 minutes avec des rendements de 40 à 70 %.

R. VASSAL, 13, rue Henri-Regnault, Saint-Cloud (Seine-et-Oise).

Perfectionnement à une machine-outil universelle

IL en est des réalisations mécaniques comme de toutes les œuvres humaines : le temps se charge d'en juger la valeur. Que de fois avons-nous vu apparaître des inventions fort séduisantes, sous la forme, par exemple, d'appareils bon marché, fondés sur des idées originales et pourtant rationnelles, inventions tombées cependant dans l'oubli au bout d'un temps très court ! Mais lorsque nous rencontrons une véritable mécanique, que nous la voyons peu à peu se transformer, se perfectionner, nous pouvons être à peu près sûrs qu'elle mérite de retenir l'attention. L'Outilervé, que nous avons signalé depuis longtemps (1), fait partie de cette catégorie. Rappelons qu'il constitue une machine-outil universelle (perceuse, toupeuse, tour, machine à polir, à scier, à limer ou à meuler, etc.) robuste et précise, dont l'emploi permet de résoudre les problèmes qui se posent constamment dans le domaine du travail manuel. Dans notre numéro de juin 1937, on trouvera une énumération des services que cette machine est susceptible de rendre.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 186, page 508.

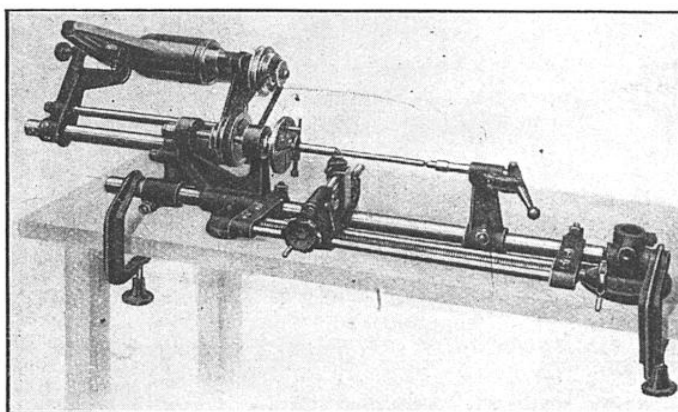


FIG. 2. — L'« OUTILERVÉ » A TROIS VITESSES

Voici le perfectionnement dont cet appareil vient d'être muni en vue d'accroître encore sa capacité de travail. C'est un dispositif à trois vitesses qui permet de régler la vitesse de l'outil selon le travail à effectuer. Il est évident, par exemple, que pour percer un trou de 5 mm on pourra admettre une plus grande vitesse que pour un trou de 10 mm. Ainsi le nombre de travaux pouvant être exécutés avec l'Outilervé à trois vitesses est-il beaucoup plus important qu'avec l'appareil normal. Les trois vitesses sont obtenues par poulies à gradins et courroie trapézoïdale en caoutchouc ; c'est donc un montage robuste, précis et très souple.

La poupée est largement dimensionnée ; elle est montée sur roulements coniques spéciaux à rattrapage de jeu automatique et à rotule sur billes.

La machine peut être montée soit avec un moteur de 300 W (capacité de perçage, 15 mm dans l'acier). Ce dernier type, Outilervé 3 V 2, se classe dans la série des machines-outils utilisées dans les ateliers de petits artisans.

SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE D'APPAREILLAGE MÉCANIQUES ET ÉLECTRIQUES, 74, rue Saint-Maur, Paris (11^e).

La féerie du microscope mise à la portée de tous

DANS UN ouvrage récent que *La Science et la Vie* a signalé (1), l'auteur a mis en lumière, d'une façon fort imagée, le « monde » des « infiniment petits », que le microscope révèle à ceux qui ont la bonne fortune de posséder cet instrument d'optique de haute précision et à fort grossissement, malheureusement réservé aux recherches scientifiques de laboratoire, en raison surtout de son prix.

Cependant, pour ceux — et ils sont légion — qui veulent pénétrer les secrets de la vie des insectes, des infusoires, des microbes, la constitution de fils de coton, de lin ou de soie, des ailes ou pattes d'insectes, des cheveux, de la fécula de pomme de terre ou de blé, du sang, de diverses solutions et cristallisations, de connaître les maladies cryptogamiques de la vigne, par exemple, voici un appareil beaucoup moins coûteux qu'un mi-

(1) *La Féerie du Microscope*, par M. ROLAND. Voir *La Science et la Vie*, n° 244, page XXXI.

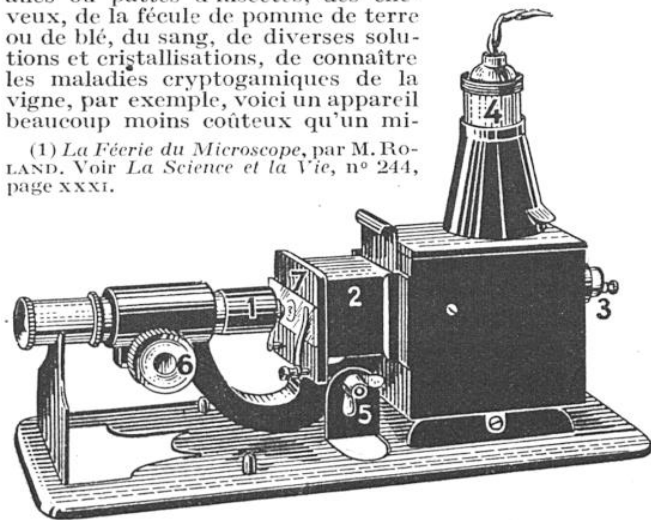


FIG. 3. — ENSEMBLE DU DISPOSITIF MONTÉ POUR LA PROJECTION MICROSCOPIQUE

1, embout coulissant ; 2, cache coulissante cubique ; 3, miroir arrière orientable ; 4, tube porte-lampe coulissant ; 5, écrou à oreille fixe-micro ; 6, bouton de crémaillère ; 7, platine à ressort porte préparation.

croscopie de laboratoire, qui leur permettra, en même temps, d'obtenir sur un écran des projections formidablement agrandies des « infiniment petits ».

Le microprojecteur *Optico-38*, fabriqué par l'*Optique Commerciale*, 7, rue de Malte, Paris (11^e), comprend, en effet, un microscope pouvant être utilisé comme tel et grossissant de 200 à 300 fois, selon qu'on le monte avec un ou deux objectifs. Il permet d'examiner toutes préparations microscopiques, inanimées ou vivantes, qui peuvent être soit fournies avec l'appareil, soit confectionnées aisément par l'usager.

Mais, de plus, ce microscope à crémaillère de mise au point et qui contient des objectifs spéciaux permettant son utilisation pour la projection, est fourni avec une lanterne spéciale de projection complète, comprenant : condensateurs de lumière, prise de courant et lampe fonctionnant directement sur tout secteur.

On pourra donc obtenir sur un écran des projections très intéressantes, autorisant l'examen par un grand nombre de personnes à la fois et d'un grossissant considérable qui, en surface, peut atteindre 2 millions de fois.

C'est donc un appareil d'enseignement pour les écoles, de démonstration pour les laboratoires et les usines, et si instructif et attrayant pour tous qu'il est indispensable dans chaque famille.

En vente chez tous les bons opticiens.

Le succès de l'« Isotherm », moderne cuirasse de santé

DANS cette rubrique, nous avons signalé à nos lecteurs, il y a quelques mois, les caractéristiques et les qualités d'un nouveau gilet de corps : l'*Isotherm* du docteur Collignon. Nous avons constaté, par les nombreuses demandes et attestations de nos lecteurs, le succès de ce sous-vêtement. De hautes autorités médicales l'ont expérimenté et le recommandent à présent tout particulièrement. L'*Isotherm*, d'une simplicité qui à première vue étonne, est un gilet constitué par un véritable filet à mailles de 10 millimètres dont les nœuds saillants empêchent l'adhérence à la peau. L'*Isotherm* forme, par les matières employées dans la composition de son fil, un isolant thermique, mettant le corps à l'abri du chaud et du froid. Les nœuds provoquent sur la peau un léger massage stimulant la circulation cutanée. L'*Isotherm* est un sous-vêtement élégant et sain indiqué pour tous, été comme hiver. Ce gilet ne rétrécit

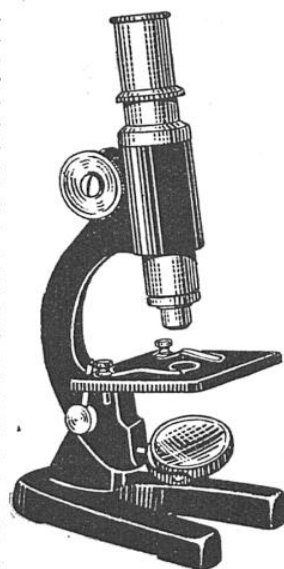


FIG. 4. — MICROSCOPE INCLINABLE



FIG. 5. — L'ISO THERM

cit pas ; il se lave, sans autres précautions, dans un simple savonnage à l'eau chaude. L'*ISO THERM* du docteur Collignon, gilet de corps hygiénique à action révulsive, est breveté S. G. D. G. Marque et Modèles déposés. En vente dans toutes les bonnes maisons, ou, à défaut, aux Etablissements J. Jouve, 21, rue de Paradis, Paris (10^e).

Le nouveau record du monde de vitesse dans les airs : à 746,660 km/h en avion

DEPUIS le 23 octobre 1934, l'homme le plus vite du monde était l'Italien Agello qui, à bord de son hydravion *Macchi-Fiat*, propulsé par deux hélices placées l'une derrière l'autre et tournant en sens inverse afin d'annuler le couple de renversement de l'appareil et actionnées par deux moteurs en tandem d'une puissance totale de 2 400 ch, avait atteint 709,109 km/h.

On ne pouvait que s'étonner que, dans ce domaine de la vitesse pure, l'avion à train d'atterrissage éclipable, beaucoup plus « fin » que l'hydravion avec ses flotteurs encombrants, n'ait pas encore conquis le record. C'est que le problème à résoudre ne consistait pas surtout à réaliser l'appareil capable de voler le plus vite. Il fallait assurer son décollage et son atterrissage

sur des terrains beaucoup moins vastes que les « plans d'eau » dont dispose l'hydravion.

L'avion a pris maintenant la tête. Le 31 mars dernier, l'Allemand Hans Dieterlé, à bord d'un monoplace de chasse *Heinkel He 112 U*, à moteur « Mercedes Benz DB 601 » de 1 175 ch, a conquis le record de vitesse sur base de 3 km, parcourue 4 fois, 2 fois dans chaque sens, à la moyenne de 746,660 km/h, soit 207,40 m par seconde ! C'est avec un appareil analogue que l'Allemand Udet parcourut, le 5 juin 1938, 100 km à la moyenne de 634 km/h.

Si cette supériorité de l'avion n'a pu se manifester qu'aujourd'hui, c'est qu'elle exigeait la mise au point de dispositifs hypersustentateurs et d'hélices à pas variable permettant l'envol et l'atterrissage sur un terrain de dimensions normales.

Ainsi, la « finesse » a vaincu la puissance. Toutefois, et bien que le secret soit encore gardé à ce sujet, il est probable que le moteur de Dieterlé, alimenté par un carburant spécial et n'ayant à fournir qu'un travail de peu de durée (l'envol a eu lieu à 17 h 23 et l'atterrissage à 17 h 36), a été extrêmement poussé et que sa puissance nominale de 1 175 ch a été doublée.

Voilà certainement un record bien difficile à battre : à 207,4 m par seconde, la compressibilité de l'air commence à se faire sentir et l'on approche de la vitesse du son (340 m/s) où des problèmes très particuliers se posent (1).

En Amérique, Turner a fait fabriquer un appareil spécial. En Angleterre, on a parlé, pour un appareil, de 600 milles à l'heure, soit près de 1 000 km/h. En France, Riffard avait également étudié un avion... mais de nouveaux dessins sont à exécuter si l'on veut battre le record que l'Allemagne vient de s'approprier. Il faut, en effet, atteindre 755 km/h pour qu'un nouveau record soit valable !

V. RUBOR.

(1) Voir *La Science et la Vie* n° 225, page 213.

CHEZ LES ÉDITEURS (1)

La T. S. F. et l'appareillage électrique spécial à bord des avions modernes, par Henry Lanoy, tome I. France, 50 f ; étranger, 54 f.

M. Henry Lanoy a entrepris la publication d'un ouvrage d'ensemble sur l'équipement électrique et radioélectrique des avions modernes, à l'usage non seulement des utilisateurs, navigants ou spécialistes, mais aussi de tous ceux qui possèdent une culture secondaire ou primaire supérieure et qui sont rebutés aussi bien par les formules ingrates que par les tentatives de vulgarisation imprécise et floue. Le premier volume de cet ouvrage traite d'abord des équipements radioélectriques de bord, de la radiogoniométrie, des systèmes de radioguidage, des radiophares, radiobalises, du pilotage sans visibilité, du pilotage automatique. Toutes ces questions sont présentées avec clarté, précision et compétence, à l'aide de nombreux schémas et de photographies démonstratives. Une deuxième partie est consacrée à l'appareillage électrique spécial, feux de route, éclairage de bord, tableaux pilotes, appareils électriques divers pour la commande des trains d'atterrissage escamotables, des hélices

à pas variable, des freins et réducteurs d'hélice électromécaniques, des volets d'intrados, des appareils photographiques, etc. Ainsi présenté, il doit, dans la pensée de l'auteur, constituer un véritable dictionnaire encyclopédique à l'usage des élèves des écoles professionnelles et techniques, des étudiants, de tous ceux qui utilisent l'avion.

Capture et acclimatation des poissons exotiques, par W. Besnard, sous-directeur de l'aquarium du Musée de la France d'outre-mer à Paris. Prix franco : France, 43 f ; étranger, 46 f 50.

La vogue dont jouissent, en Europe et en Amérique, les aquariums garnis de poissons exotiques a provoqué le développement d'industries particulières, et en particulier l'élevage des espèces exotiques. Mais, d'une part, pour élever ces poissons, il faut au moins un couple de départ, ce qui nécessite son importation du pays d'origine ; d'autre part, nombreux sont les poissons qui, jusqu'ici, ne se sont pas reproduits en captivité, par exemple les poissons de coraux et autres animaux des mers tropicales. Souvent aussi l'élevage revient plus cher que l'importation. De plus, l'amateur recherche toujours des nouveautés, et la diversité des

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

espèces de poissons et autres animaux exotiques susceptibles de vivre dans l'aquarium est infinie. Aujourd'hui, les importateurs, le plus souvent matelots ou soutiers des navires de commerce, se sont outillés en vue de ce nouveau trafic. Mais la pêche, la préparation des animaux pour le transport et le transport lui-même exigent de nombreuses précautions et des connaissances étendues pour obtenir de bons résultats. Ce sont tous les problèmes délicats et plus divers qu'on ne croit concernant la capture et la récolte des poissons tropicaux, des reptiles et des batraciens, les divers modes de transport (par paquebots, chemins de fer, auto ou avion), le choix des animaux, les méthodes de stockage et d'acclimatation que M. W. Besnard étudie et décrit en détail dans ce livre où il a résumé la somme de sa précieuse expérience à l'intention des amis de la nature, des marins et des colons.

Jusqu'ici, la France était titulaire de l'Allemagne, de la Hollande et de la Belgique pour l'importation des animaux d'aquarium. Il n'y a aucune raison pour que les colonies françaises ne puissent satisfaire tous les besoins de la métropole dans ce domaine. Le livre de M. Besnard fournira dans ce but toutes indications utiles à ceux qui voudront entreprendre la capture ou le transport des espèces exotiques.

Annuaire du Bureau des Longitudes pour 1939. Prix franco : France, 30 f ; étranger, 35 f.

Cet annuaire est divisé en cinq chapitres principaux : calendrier, terre, astronomie, poids et mesures, données géographiques et démographiques. Il étudie les divers calendriers, fait connaître la position relative des astres, indique les mesures légales françaises et étrangères, le tonnage des navires, la densité des minéraux et des pierres précieuses, l'optique, l'acoustique, la superficie, la population et la densité des

parties du monde et la superficie des océans, le relief du sol et son orographie, les tables de mortalité de la population française et les tables d'intérêt et d'amortissement pour les taux de 6,5 à 8 %. Il publie, en outre, deux importantes notices : l'une de M. Ch. Maurain sur les « Anomalies magnétiques », l'autre de M. R. Jouaust sur les « Evanouissements brusques des ondes radioélectriques courtes ».

Le cinéma substandard (muet, sonore, en couleurs, en relief), par G. Gronostajski. Prix franco : France, 32 f ; étranger, 36 f.

Traité pratique très complet donnant à l'amateur cinéaste toutes indications utiles sur le matériel qu'il emploie, quel que soit le format (16, 9,5 ou 8 mm), sur la façon de faire un petit scénario, un documentaire, etc., et les erreurs à éviter en le projetant.

Statistiques de la population active. Définitions et classifications recommandées par le comité d'experts statisticiens. 1 f suisse. Publications de la Société des Nations.

Statistiques relatives à la formation des capitaux, note sur les méthodes par le Comité d'experts statisticiens. 1 f suisse. Publications de la Société des Nations, Genève.

Liste minimum de marchandises pour les statistiques du commerce international.

Edition révisée préparée par le comité d'experts statisticiens. Sans prix. Publications de la Société des Nations, Genève.

Statistiques du bois. Programme minimum des statistiques du bois élaboré par le comité d'experts statisticiens. 0,75 f suisse. Publications de la Société des Nations, Genève.

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 fr. | | { 6 mois... 33 fr. |

BELGIQUE

| | | | |
|-----------------------------------|---------------------------|------------------------|---------------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an... 75 f.(français) | Envois recommandés.... | { 1 an... 96 f.(français) |
| | { 6 mois... 40 f. — | | { 6 mois... 50 f. — |

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Îles Philippines, Irlande, Islande, Italie et Colonies, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie, Suède.*

| | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an.... 100 fr. | Envois recommandés.... | { 1 an.... 120 fr. |
| | { 6 mois... 52 fr. | | { 6 mois... 65 fr. |

Pour les autres pays :

| | | | |
|-----------------------------------|--------------------|------------------------|--------------------|
| Envois simplement affranchis..... | { 1 an.... 90 fr. | Envois recommandés.... | { 1 an.... 110 fr. |
| | { 6 mois... 46 fr. | | { 6 mois... 56 fr. |

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

Gérant : M. LAMY.

Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL DE NAVIGATION

placées sous
le haut patronage
de plusieurs Ministères

152, avenue de Wagram, PARIS-17^e
Tél. : Wagram 27-97

COURS PAR CORRESPONDANCE

MÉCANIQUE

Apprenti : Notions d'Arithmétique, Algèbre, Géométrie - Technologie - Dessin - Ajustage.

Contremaitre : 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 - Essais - 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.

PUEL C. - BLOCH

E. Paladini

Une
Formule
nouvelle

✱
la 202
Geugeot

en carrosserie entièrement
découvrable, 4 places, 4 portes
Manœuvre aisée et rapide de
la capote. Étanchéité absolue

