

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

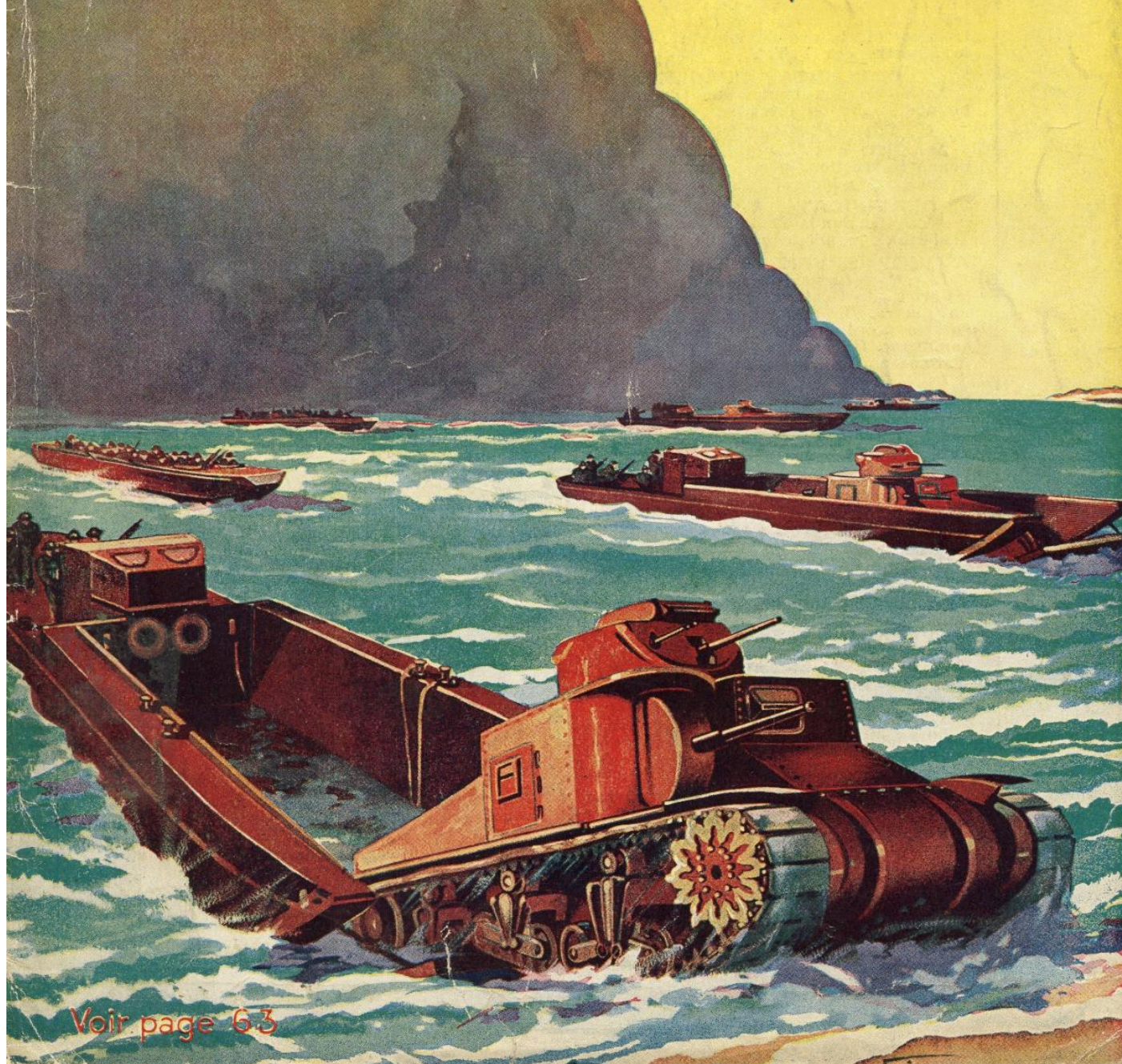
Notice de la Revue	
Auteur(s) ou collectivité(s)	La science et la vie
Auteur(s)	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Adresse	Paris : La science et la vie, 1913-1945
Collation	339 vol. : ill. ; 24 cm
Cote	SCI.VIE
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Note	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 61. n. 294. Février 1942
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1942
Collation	1 vol. (VI p.-p.[61]-110) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 294
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.294

Fevrier 1942

6 francs

la Science et la Vie



Voir page 63

ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à SECTION DE L'ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL Pendant la guerre :

PARIS

Sauf pendant la guerre

152, Avenue de Wagram

Fondée en 1917

NICE

3, Rue du Lycée

COURS PAR CORRESPONDANCE

(Inscription à toute époque)

Les élèves des Cours par correspondance reçoivent des cours autographiés ou ouvrages imprimés et des séries de devoirs qui leur sont corrigés et retournés conformément à un emploi du temps.

SECTION ADMINISTRATIVE

L'importance de cette section est des plus grandes, car les seuls brevets de Radiotélégraphiste délivrés par l'Etat sont les trois certificats que délivre après examen le Ministre des P. T. T. :

CERTIFICAT SPÉCIAL

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire.

CERTIFICAT DE 2^e CLASSE

Accessible aux jeunes gens ayant une bonne instruction primaire supérieure ou ayant fait le lycée jusqu'à la seconde.

CERTIFICAT DE 1^{re} CLASSE

Accessible aux jeunes gens ayant terminé la classe de première de lycée.

A QUOI SERVENT CES BREVETS ?

Le certificat spécial permet l'entrée dans les armes du Génie, de l'Air, de la Marine de guerre. Il permet d'être embarqué comme écouteur à bord des navires de commerce. Il peut servir aux officiers de la Marine marchande et aux navigateurs aériens.

Le certificat de 2^e classe, à condition d'être titulaire du diplôme de Radio de la Marine marchande, permet de naviguer comme officier sur les navires de commerce.

Le certificat de 1^{re} classe permet de devenir officier chef à bord des navires de commerce. Il est exigé pour se présenter à tous les concours administratifs : Aviation civile, Police, P. T. T., etc.

A noter que les concours d'opérateur et de Chef de Poste radioélectricien du Ministère de l'Air sont des plus intéressants.

DIPLOME DE RADIOTÉLÉGRAPHISTE DE LA MARINE MARCHANDE

Ce diplôme est délivré par le Ministre de la Marine après un examen portant sur la navigation. Ajouté au certificat de 1^{re} ou 2^e classe des P. T. T., il permet de naviguer comme officier sur les navires de commerce. Opérateur du Ministère de l'Air, Inspecteur radio de la Police.

Les candidats doivent posséder la 1^{re} ou 2^e classe P. T. T.

SECTION INDUSTRIE

COURS DE MONTEUR-DÉPANNÉUR

Notions d'arithmétique, algèbre, géométrie, Electricité. T. S. F. Dépannage, Construction et Montage de postes.

COURS D'ADJOINT TECHNIQUE OU D'OPÉRATEUR

Arithmétique. Algèbre. Géométrie. Physique. Mécanique. Electricité industrielle. T. S. F. Dessin. Dépannage, Construction et Montage de postes.

COURS DE RADIOTECHNICIEN OU CHEF DE POSTE

Arithmétique. Algèbre. Géométrie. Trigonométrie. Règle à calcul. Mécanique. Résistance des matériaux. Physique. Chimie. Electricité. Moteurs thermiques. Radiotechnique théorique et appliquée. Dépannage, Construction et montage. Dessin.

COURS DE SOUS-INGÉNIEUR

Algèbre. Géométrie. Trigonométrie. Règle à calcul. Mécanique. Résistance des matériaux. Electricité (courant continu, courant alternatif). Unités des mesures électriques. Mesures électriques. Radioélectricité théorique et appliquée. Émission. Réception. Installation et ensemble. Ondes dirigées, etc.

COURS D'INGÉNIEUR

Mathématiques supérieures. Géométrie analytique. Géométrie descriptive. Physique. Thermodynamique. Mécanique. Résistance des matériaux. Electricité (moteurs et machines). Electrotechnique. Essais des moteurs. Calcul des machines. Mesures. Construction de l'appareillage. Radioélectricité technique, théorique et appliquée. Projets. Rapports techniques. Machines et moteurs thermiques.

Envoi gratuit du programme détaillé pour chaque section.

(Joindre un timbre pour réponse)

N. B. — Les titres délivrés par l'Ecole de T. S. F. de Paris, après examen, sont les suivants :

Diplômes de monteur-dépanneur, dessinateur, contremaître ou adjoint technique, technicien ou chef de poste, sous-ingénieur ;

Certificat d'aptitude aux fonctions d'ingénieur.

Les examens peuvent être passés en zone libre.

Il est rappelé que les élèves par correspondance peuvent obtenir un diplôme d'ingénieur délivré par l'Etat en passant, s'ils réunissent certaines conditions, un examen au Conservatoire national des Arts et Métiers.

L'École Universelle a été créée pour vous

et pour tous ceux qui ne peuvent suivre un enseignement oral ou de rythme normal. L'ÉCOLE UNIVERSELLE a résolu toutes les difficultés de résidence, d'âge, de santé, de retard. Elle permet de s'instruire en conservant son emploi. Ses cours par correspondance s'adaptent à chaque cas particulier et étendent à tous l'incomparable facilité d'entreprendre ou de continuer des études complètes dans toutes les branches du savoir.

Documentez-vous sans tarder sur ce célèbre enseignement individuel qui permet de faire chez soi, aux moindres frais et dans le minimum de temps, toutes les études avec le maximum de chances de succès.

Les élèves de l'ÉCOLE UNIVERSELLE ont remporté des dizaines de milliers de succès au Baccalauréat et des dizaines de milliers de succès aux Brevets, Licences, Concours des Grandes Ecoles, des Grandes Administrations.

Ecrivez, dès aujourd'hui, à l'ÉCOLE UNIVERSELLE, 12 place Jules-Ferry, Lyon, qui vous adressera gratuitement par retour du courrier celle de ses brochures qui vous intéresse.

BROCHURE N° L. 214. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse, Examens de passage, Certificat d'études classiques et modernes du premier cycle, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° L. 215. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° L. 216. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Classes élémentaires, Professorats pratiques), Examens professionnels, P. C. B., etc.

BROCHURE N° L. 217. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, etc.

BROCHURE N° L. 218. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

BROCHURE N° L. 219. — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, etc.

BROCHURE N° L. 220. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL, etc.

BROCHURE N° L. 221. — CARRIÈRES DU COMMERCE : (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactylo, Représentant, Services de publicité, Expert-comptable, Comptable, Teneur de livres), de l'Industrie hôtelière, des Assurances, de la Banque, de la Bourse, etc.

BROCHURE N° L. 222. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° L. 223. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Russe, Portugais, Arabe, Annamite), **TOURISME** (Interprète), etc.

BROCHURE N° L. 224. — AIR, RADIO, MARINE (Pont, Machines, Commissariat), T. S. F., etc.

BROCHURE N° L. 225. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction, etc.).

BROCHURE N° L. 226. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° L. 227. — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE N° L. 228. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Coupeur, Coupeuse, Modéliste, Professorats, etc.

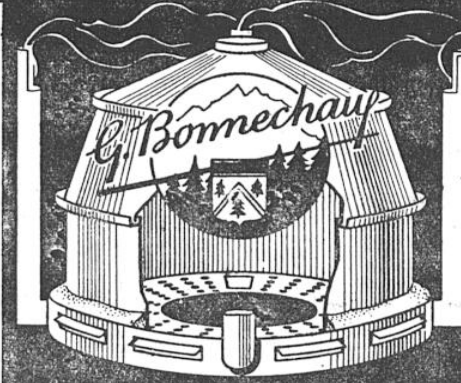
BROCHURE N° L. 229. — CARRIÈRES FÉMININES : dans toutes les branches d'activité.

BROCHURE N° L. 230. — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

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. Toutes les indications vous seront fournies de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

ÉCOLE UNIVERSELLE

12 Place Jules-Ferry - LYON — 59 Boulevard Exelmans - PARIS

TOUT POUR LA CARBONISATION		
CARBONISATION Fours automatiques à distillation. Condenseur "TORNADO" avec éjecteur à vapeur		RÉCUPÉRATION Fours automatiques Double paroi — Sole Monobloc 634 à volets autorégulateurs
ECORÇAGE Fours mobiles à éjecteur		ÉTUVAGE Fours spéciaux transportables
GAZOGÈNES		ACCESSOIRES
AGENCES en ALGERIE MAROC TUNISIE A. O. F.		AGENCES en FRANCE et ETRANGER
CARBO-FRANCE SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS G. BONNECHAUX 40, BOULEVARD CARNOT - TOULOUSE - TEL - 218-40		

CARBO-FRANCE-ARLES. — 11 bis, boulevard Emile-Zola, ARLES-sur-RHÔNE (B.-du-Rhône), tél. 5.08
 CARBO-FRANCE-BEZIERS. — 24, rue des Docteurs-Bourguet, BEZIERS (Hérault).
 CARBO-FRANCE-CENTRE. — 44, boulevard Henri-IV, AMBERT (Puy-de-Dôme), tél. 179.
 CARBO-FRANCE-LIMOGES. — 21, rue de la Fonderie, LIMOGES (Haute-Vienne), tél. 28.77.
 CARBO-FRANCE-LYON (Ets H. RABATEL). — 9, r. de la République, LYON (Rhône), tél. Burdeau 63.31.
 CARBO-FRANCE-SUD. — 2 bis, rue Porte-de-l'Assaut, PERPIGNAN (P.-O.), tél. 5.66.
 CARBO-FRANCE-SUD-EST. — Pont d'Anthoine, AIX-EN-PROVENCE (B.-du-R.), tél. 15.36.
 CARBO-FRANCE-SUD-OUEST. — 3, rue de la Colombette, TOULOUSE (H.-G.).
 CARBO-FRANCE-ALGERIE-MAROC (Ets H. RABATEL). — 9, rue de la République, LYON (Rhône)
 CARBO-FRANCE-CORSE. — 77, rue de la Joliette, MARSEILLE (B.-du-R.), tél. Colbert 41.83.
 CARBO-FRANCE-TUNISIE (Ets LE MOTEUR). — 54, avenue de Carthage, TUNIS (Tunisie), tél. 54.39.

"Sésame"
 BREVETÉ S.G.D.G.



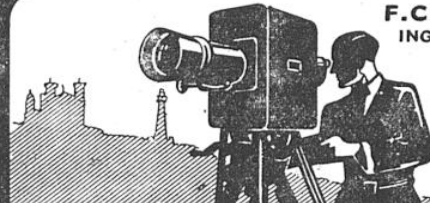
Le Nouvel
 Automatique
 robuste
 et
 inusable

N'a
 pas
 besoin
 de
 Garantie

100%
 FRANÇAIS

Les Fils de Ch. VUILLARD
 ST-CLAUDE

F. CLERC
 ING^{ES} E.C.L.



**VOILA LA
 TÉLÉVISION**

SOYEZ PRÊT !

TRÈS BEL OUVRAGE COUVERTURE 2 COULEURS
 160 pages, 155 photos et dessins.

Fait le point de la merveilleuse Télévision.
 Aidera tous les professionnels à démarrer, tous
 les auditeurs radio à posséder bientôt leur
 téléviseur, comporte un récepteur 20 lampes
 complet par M. VALET, Docteur es-sciences.

COMMANDES A DURAND-GIRARD
 74, AVENUE MARÉCHAL-LYAUTEY — LYON
 COMPTE CHÈQUE POSTAL 149.36

NET FRANCO DOMICILE

45^F
 NET

COURS DE MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE ENSEIGNÉ PAR CORRESPONDANCE à l'usage des dessinateurs et techniciens industriels

Ce cours, créé et enseigné par M. I. Galopin depuis trente ans, vient d'être réédité. Dans ses 174 pages de grand format il condense l'expérience de nombreuses années d'enseignement à une catégorie d'élèves de même origine : ceux qui ayant quitté le lycée, l'école professionnelle ou P. S., avant d'avoir acquis une forte culture technique, se trouvent dans l'industrie devant une situation à conquérir ou des fonctions à exercer. Nul n'y échappe s'il veut arriver dans la construction ; il faut savoir lire un dessin, mais surtout savoir faire un calcul de résistance, établir un prix de revient.

Le genre d'élèves dont nous parlons sait encore assez de mathématiques apprises à l'école, se tire assez bien de la lecture d'un dessin, mais la pierre d'achoppement pour franchir le fossé est l'ÉTUDE DE LA MÉCANIQUE.

Etude aride quand elle est commencée par des méthodes mathématiques trop élevées, au contraire intéressante quand son étude ne s'appuie que sur des éléments de mathématiques simples, en développant au contraire chez les élèves l'esprit d'intuition et de raisonnement. C'est à quoi le créateur de ce cours s'est toujours attaché, et le grand nombre de techniciens et dessinateurs formés de cette façon prouve qu'il a parfaitement réussi.

Le cours dont nous annonçons la réédition est accompagné pour l'enseignement par correspondance de trois séries graduées de devoirs :

La 1 ^{re} série comporte	4 devoirs et	49 problèmes	{	total : 20 devoirs, 200 problèmes.
La 2 ^e	5	29		
La 3 ^e	11	122		

Sommaire résumé du cours

Introduction.

CINÉMATIQUE

Loi du mouvement uniformément varié. — Pesanteur. — Composition des mouvements — Mouvements uniformes. — Mouvements uniformément variés. — Du mouvement relatif. — Mouvements apparents.

STATIQUE OU ÉTUDE DES FORCES

Composition et décomposition des forces. — Moments des forces. — Centre de gravité. — Equilibre des corps. — Travail des forces. — Force centrifuge. — De la masse. — Théorème des forces vives et du travail. — Énergie cinétique et énergie potentielle.

DYNAMIQUE

Machines simples. — Conditions d'équilibre sans tenir compte du frottement. — Equilibre et transmission du travail dans les machines simples. — Appareils à mouvements de rotation. — Notions sur le frottement. — Choc des corps. — Étude pratique des palans avec raideur des cordes ; formules usuelles. — Notions de résistance des matériaux.

PRIX DE L'ENSEIGNEMENT PAR CORRESPONDANCE :

Cours, devoirs et leur correction : **500** francs payables en 4 versements ;
ou **450** francs au comptant.

Titre pouvant être obtenu après examen : **DIPLOME DE MÉCANIQUE EXPÉRIMENTALE**

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL (zone libre), 3, rue du Lycée - NICE

Savez-vous..



QUE VOS HUILES USÉES PEUVENT ÊTRE RÉUTILISÉES INDÉFINIMENT ?

Tous les lubrifiants sont rares, et le problème du raffinage et de la purification des huiles industrielles est maintenant une nécessité nationale.

Vous transformerez en huile neuve vos huiles usées, dans la proportion de 90 % en adoptant l'un des appareils de la...

SOCIÉTÉ GÉNÉRALE DES FILTRES

Chaque appareil est adapté à la catégorie et à l'importance de votre Entreprise. Fonctionnement automatique en débit continu, sans surveillance ni main-d'œuvre, sans terre filtrante ni produit chimique. Nettoyage rapide après chaque opération. Poids et encombrement réduits.

APPAREILS TECHNIQUES AUTOMOBILES & INDUSTRIE

Gérant : H. BESSON

13, rue Duguesclin, LYON

EXPLOITATION FORESTIÈRE, AGRICOLE ET INDUSTRIELLE

5, rue Monjardin, 5

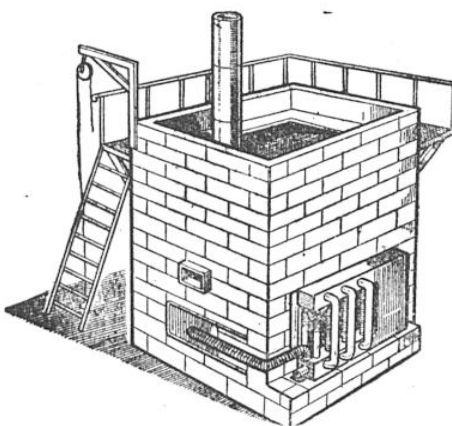
N I M E S

R. C. Nîmes 17721 B

Téléphone : 29-31, 39-21

S. A. R. L. au capital de
400.000 francs

**A volume égal
les fours
CARBODISTIL
produisent
11 fois plus ...**



**10 stères de
bois carbodis-
tillés produi-
sent 1 tonne de
charbon épuré
et vivifié.**

On peut obtenir du bois séché en 1/2 heure; du charbon roux en 2 heures; du charbon épuré en 5 heures.

Tous les sous-produits de la récupération : goudrons, jus pyroligneux, indépendamment de leur valeur marchande, ont leur emploi dans l'agriculture et pour l'entretien des bâtiments.

Les fours CARBODISTIL donnent du charbon automatiquement cuit à point en 5 heures, sans trace de goudrons et sans incuits.

Leur rendement est de 25 à 30 % du poids du bois employé.

Tous les végétaux sont carbodistillés par nos fours : sarments, grignons d'olives, etc., etc.

***La renommée d'une marque
ne s'improvise pas...***

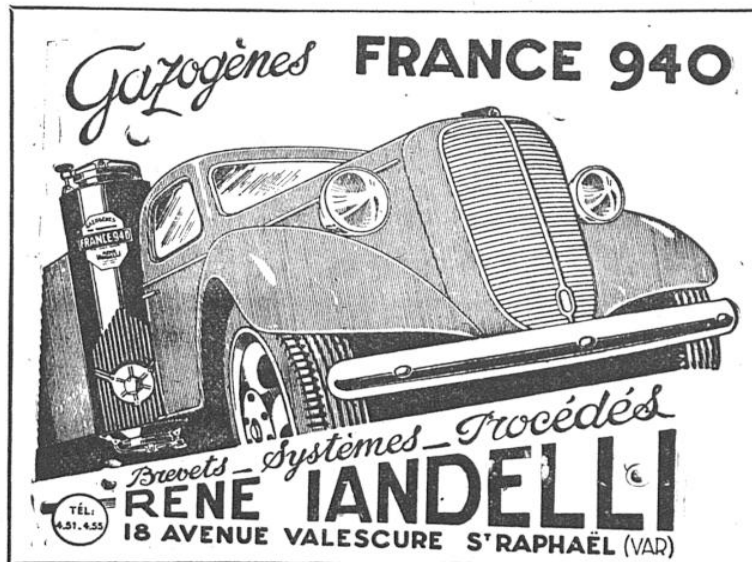
L'expérience non plus...

Des centaines d'équipements
en circulation depuis **1936...**

POUR VOS

**C A M I O N S ,
VOITURES de TOURISME,
TRACTEURS AGRICOLES,
MOTEURS FIXES,
MOTEURS MARINS...**

ADOPTÉZ :



Charbon de bois - Bois - Anthracite - Tourbe

Homologué n° 526

Agrément n° 521



ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL AIR ET INDUSTRIE

PARIS, 152, Avenue Wagram
 SECRÉTARIAT EN ZONE LIBRE :
 NICE, 3, Rue du Lycée, 3

Enseignement par correspondance

INDUSTRIE
 Dessinateur, Technicien, Sous-Ingénieur, Ingénieur en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Électricité, Radio-technique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux Publics.

ADMINISTRATIONS
 Ponts et Chaussées et Génie rural (adjoint technique et ingénieur adjoint); P.T.T. (opérateurs radios, surnuméraires, etc.); Divers - Tous les concours techniques, géomètres compris, des diverses administrations en France et aux Colonies.

MARINE MARCHANDE
 Entrée dans les Ecoles de Navigation, Brevet d'Elève-Officier (Pont, Machines, T.S.F.), Brevets de Lieutenants, d'Officiers-Mécaniciens et d'Officiers Radios.

MARINE MILITAIRE
 Ecole Navale et Ecole des Elèves Ingénieurs-Mécaniciens, Ecoles de Maistrance, Ecole des Elèves-Officiers.

AIR ET ARMÉE
 Préparation à l'école de l'Air et aux écoles de sous-officiers, élèves officiers St-Maixent et autres, actuellement en zone libre.

AVIATION CIVILE
 Brevets de Navigateurs aériens. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs Adjoints Météorologistes, Opérateurs Radioélectriciens, Chefs de Poste.

COMMERCE - DROIT
 Secrétaire, Comptable et Directeur, Capacité en Droit, Études Juridiques.

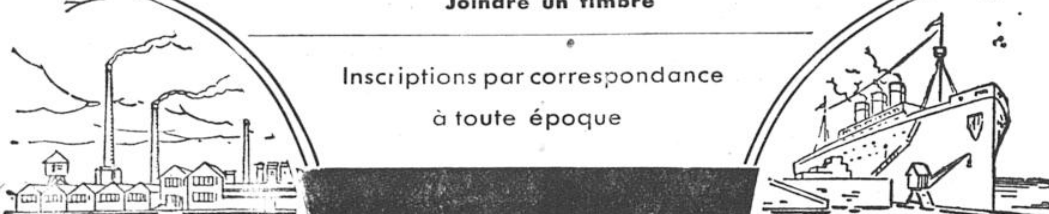
LYCÉES Préparation de la 6^e aux Baccalauréats.

AGRICULTURE
 Agriculture Générale, Mécanique et Génie Agricole.

SECTION SCIENCES
 Étude et développement par correspondance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. Arithmétique, Géométrie, Algèbre, Trigonométrie, Mécanique, Cosmographie, Géométrie descriptive, Mathématiques générales, Calcul différentiel, Calcul intégral, Géométrie analytique, Physique, Chimie, Électricité, Résistance des matériaux.
 Les cours sont groupés de façon à permettre aux élèves d'obtenir des titres qui, bien que privés, ont la valeur consacrée par un examen passé sous l'autorité d'une école sérieuse. Ces titres sont par ordre d'importance : les diplômes d'initiation mathématique, de mathématiques préparatoires, de mathématiques appliquées, mathématiques théoriques, de calcul infinitésimal et appliqué, de mathématiques générales et géométrie analytique, de mathématiques supérieures et appliquées.
 On trouve dans ces différentes sections les éléments de préparation scientifique à tous les examens et concours existants.

PROGRAMMES GRATUITS
 Joindre un timbre

Inscriptions par correspondance
 à toute époque



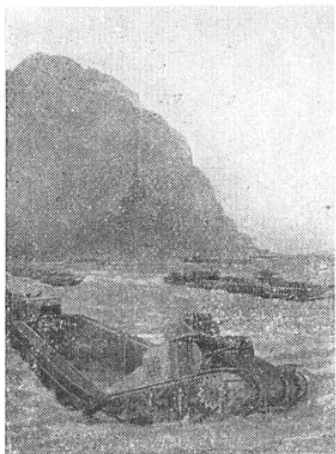
la Science et la Vie

Tome LXI — N° 294

SOMMAIRE

Février 1942

- ★ Le char et l'avion dans les opérations de débarquement, par Pierre Belleruche..... 63
- ★ La victoire de l'avion sur le cuirassé, par Camille Rougeron 71
- ★ Les rayons cosmiques et les constituants élémentaires de la matière, par H. Denamur..... 80
- ★ Le bombardement de jour avec escorte de chasse et le chasseur bombardier, par André Fournier..... 87
- ★ Une maladie qui meurt : la lèpre, par Jean Labadié. 96
- ★ Le schiste bitumineux français, source de carburants, par Henri Doyen..... 102
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor..... 107

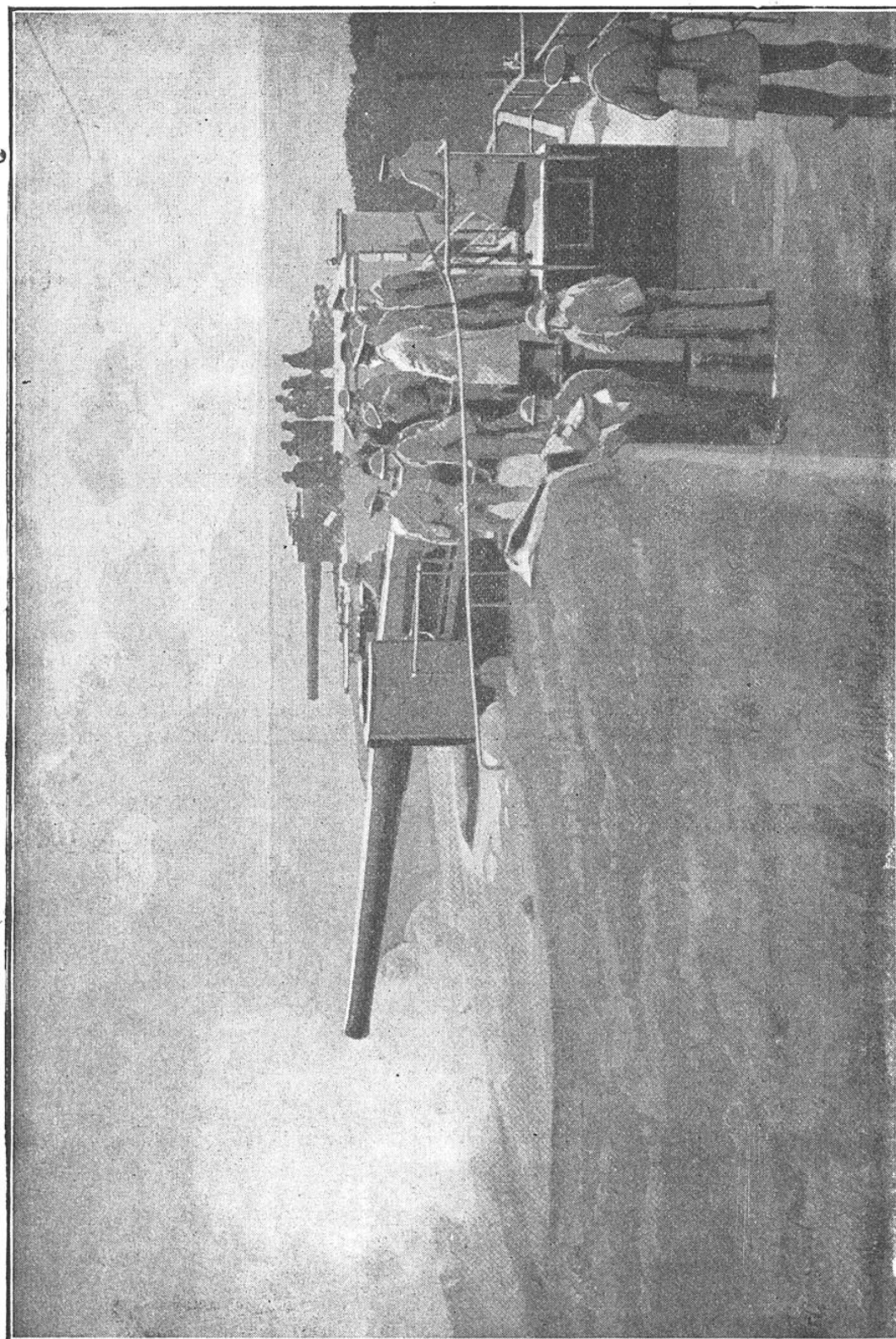


T W 15049

Aujourd'hui, comme par le passé, le succès d'un débarquement de vive force repose en premier lieu sur la supériorité des moyens navals. Mais la technique de ces opérations combinées a évolué considérablement depuis la dernière guerre. Sous peine d'être vouée à l'échec, l'action des troupes mises à terre doit, en effet, être soutenue par un nombre suffisant de chars, légers et lourds, et aussi d'avions. Pour leur transport, plusieurs types de bâtiments spécialisés ont été créés dans divers pays, depuis les navires porte-avions et les transports d'aviation classiques qui s'efforcent de conquérir une maîtrise de l'air au moins locale, jusqu'aux tanks amphibies et aux chalands porte-chars qui permettent le débarquement massif des engins lourds indispensables pour briser les défenses fortifiées adverses. La couverture du présent numéro montre le débarquement sur une plage de chars de quelque 30 tonnes amenés à pied d'œuvre sous la protection d'un écran de fumée par des chalands automoteurs que suivent les troupes d'assaut dans des embarcations rapides. (Voir l'article page 63 du présent numéro.)

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, Publicité : actuellement, 22, rue Lafayette, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone : 230-27.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. *Copyright by* « La Science et la Vie », février mil neuf cent quarante-deux. Registre du Comm. : Seine 116-654.
Abonnements : France et Colonies, un an : soixante francs ; six mois : trente-deux francs.



T W 15031

UNE BATTERIE DE DÉFENSE CÔTIÈRE BRITANNIQUE

LE CHAR ET L'AVION DANS LES OPÉRATIONS DE DÉBARQUEMENT

par Pierre BELLEROCHE

La guerre actuelle nous fait assister, à côté d'une série de campagnes continentales : Pologne, France, Russie, etc., dirigées par l'Allemagne contre les alliés réels ou éventuels de la Grande-Bretagne, à des opérations de débarquement ayant pour objet la conquête de bases maritimes. Ce sont d'abord les débarquements allemands et anglais en Norvège, où les Anglais, pris de vitesse par les Allemands, cherchent ensuite vainement à se maintenir à Narvik, puis des opérations d'importance diverse : conquête aérienne des Iles anglo-normandes par les parachutistes allemands, débarquement aérien des Allemands en Crète et conquête presque « pacifique » des îles de la mer Egée, raid anglais sur les îles Lofoten, débarquement anglais au Spitzberg au cours de l'été 1941. Pour en finir avec le théâtre d'opérations européen, la question d'un débarquement allemand dans les Iles Britanniques est à l'ordre du jour depuis le mois de juillet 1940 et le demeure au début de 1942; car seul il pourrait amener la chute rapide de l'Angleterre. Dans l'Océan Pacifique se déroulent aujourd'hui simultanément plusieurs débarquements : aux Philippines, à Bornéo, dans les îles de Guam et de Wake, etc... Dans cette nouvelle guerre, qui a pour théâtre la plus grande étendue d'eau qui existe à la surface du globe, parsemée d'îles et d'îlots, les opérations de ce type sont sans doute appelées à se multiplier. Tous les exemples que nous venons de citer sont de caractère et d'importance stratégique très divers, et chacune de ces entreprises pose des problèmes particuliers qui doivent être étudiés dans leurs moindres détails. Toutefois, si chaque débarquement est un cas d'espèce, il est possible de montrer quelles nouveautés techniques sont susceptibles d'en assurer le succès.

La faillite des techniques anciennes de débarquement

DEPUIS la guerre de 1914-1918, deux nouvelles armes sont venues modifier considérablement l'aspect des combats sur terre : ce sont le char et l'avion. La supériorité qu'elles confèrent à qui les possède sur qui ne les possède pas est telle qu'une troupe débarquée qui ne dispose pas immédiatement de ces engins en quantité suffisante n'a aucune chance raisonnable de se maintenir contre des défenseurs qui en disposent. Au contraire, l'assaillant qui peut mettre en œuvre assez d'avions dispose par là même de la maîtrise de la mer, autrefois considérée comme essentielle, et qui s'obtient de nos jours de moins en moins par des moyens purement navals.

C'est pour n'avoir pas compris assez tôt cette nouveauté que les Anglais, qui avaient, en particulier, calculé trop juste

les moyens aériens dont ils avaient besoin pour protéger leur débarquement en Norvège, perdirent un grand nombre de navires avant d'être finalement forcés de se rembarquer.

La nécessité d'amener les chars le plus rapidement possible sur la côte à conquérir a fait apparaître quelques nouveautés dans le domaine naval, telles que le tank amphibie, le chaland porte-chars, et peut-être verra-t-on bientôt le navire porte-chars.

Ces deux conditions du succès d'un débarquement : maîtrise de l'air et mise en œuvre rapide d'engins blindés, seront réalisées de façon différente et à plus ou moins de frais, suivant la distance, car le rayon d'action des embarcations légères et des avions est limité, et si l'expédition est lointaine, ceux-ci devront être amenés à pied d'œuvre sur des navires.

Les opérations modernes de débarque-

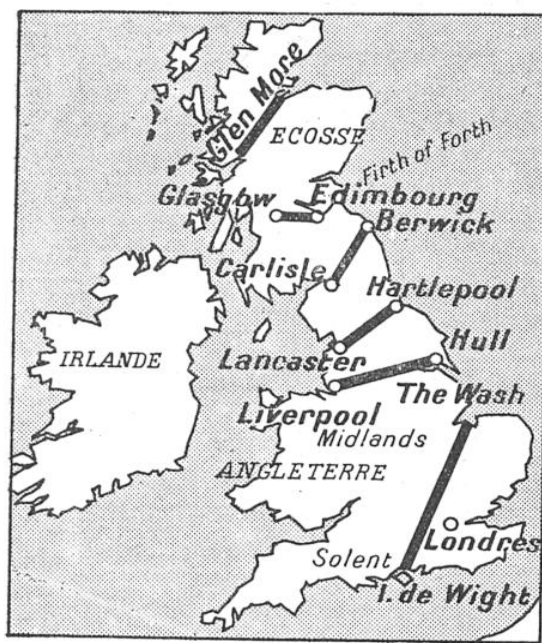


FIG. 1. — LES POINTS LES PLUS VULNÉRABLES DES ILES BRITANNIQUES

Ce sont d'abord les îles proches de la Grande-Bretagne : les Shetland, Anglesey, l'île de Wight, qui pourraient être l'objet d'un débarquement aérien, et l'Irlande, dont l'occupation menacerait les communications de l'Angleterre avec l'Amérique. Dans l'île principale elle-même, l'occupation d'une des lignes de plus courte distance entre la mer du Nord d'une part, l'Atlantique ou la mer d'Irlande ou la Manche d'autre part, aurait pour effet de couper en deux les défenses de l'île. Parmi ces lignes, citons : le canal Calédonien, les lignes Glasgow-Edimbourg, Carlisle-Berwick, Lancaster-Hartlepool, Hull-Liverpool au nord des Midlands, et enfin la ligne Wash-Solent, qui ceinture l'agglomération londonienne par l'arrière.

ment se présentent donc dans deux conditions différentes :

— Le débarquement « rapproché », où les moyens aériens jouent le rôle essentiel.

La Crète a offert le plus bel exemple réussi de débarquement rapproché, uniquement effectué par l'aviation, et mettant en œuvre des moyens aériens sur une vaste échelle : chasseurs parachutistes, troupes débarquées par planeurs, atterrissage massif d'avions de transport.

La conquête de l'Angleterre constituerait, à une échelle considérablement plus grande, une opération du même genre.

— Le débarquement « d'outre-mer », où les moyens navals conservent leur prééminence.

Ce cas serait celui d'un débarquement

de continent à continent. Il serait illustré par l'éventualité d'un contingent de forces américaines traversant l'océan Atlantique pour débarquer « quelque part » en Europe ou en Afrique. Les opérations qui se déroulent actuellement dans le Pacifique appartiennent à ce type.

La conquête de l'Angleterre, type du débarquement rapproché

Dans un numéro paru fin avril 1941, le journal militaire espagnol *Ejercito* a brossé un curieux tableau de ce que pourrait être un débarquement de forces allemandes dans les Îles Britanniques. Voici comment — un mois avant la campagne de Crète — cette revue se représentait une attaque de l'Angleterre :

1° Pilonnage préalable, d'une manière systématique, des centres vitaux des îles : ports, aérodromes, centres industriels (le nombre de 20 000 bombardiers est donné à titre indicatif) ;

2° Débarquements aériens nocturnes continus sur quatre ou cinq points névralgiques convenablement choisis, au moyen de planeurs, de manière à constituer quatre ou cinq îlots de débarquement à l'intérieur des îles ; autrement dit, constitution d'un front intérieur par moyens aériens pour prendre à revers le front côtier ;

3° Passage de la Manche, du Pas de Calais ou de la basse mer du Nord au moyen de chars amphibies et de flottilles de chalands « porte-chars », escortés par des centaines de vedettes lance-torpilles antiaériennes et fumigènes ;

4° Intervention des « Stukas » et des « Superstukas » pour écarter la flotte britannique de la zone d'opérations ;

5° Débarquement de troupes de renfort au moyen de navires transports de troupes, aussi bien dans des ports éloignés convenablement choisis que dans des ports rapprochés.

Les points vulnérables

Essayons de transposer sur le plan géographique les phases indiquées ci-dessus sur le plan technique. Commençons par indiquer les points faibles, au point de vue géographique, de la Grande-Bretagne.

Ces points faibles, ce sont évidemment les lignes de plus courte distance d'une rive à l'autre de la Grande-Bretagne. Il est vraisemblable que l'action des parachutistes cherchera en premier lieu à



FIG. 2. — DÉBARQUEMENT PAR SURPRISE DES TROUPES JAPONAISES PENDANT L'AVANCE SUR CANTON ET HANKÉOU (12 OCTOBRE 1938) T W 15035

s'emparer de ces points vulnérables. Parmi les lignes indiquées par la fig. 1, les plus intéressantes paraissent :

- la ligne « Wash-Solent », dont l'occupation éventuelle permettrait de couper Londres du reste du pays situé au nord ;
- la ligne joignant l'embouchure de l'Humber à la Mersey (Hull à Liverpool) qui isolerait la région industrielle des Midlands de toute la partie nord de la Grande-Bretagne. Ajoutons à la liste des points faibles, les îles immédiatement voisines : île de Man, îles de Wight, etc...

Enfin — point important — l'occupation de l'Irlande du Sud — pays neutre, donc éminemment vulnérable — permettrait d'isoler la Grande-Bretagne des renforts en provenance d'Amérique.

Front maritime de face et front aérien à revers

Après le point de vue géographique, examinons le problème du point de vue tactique.

Le principe paraît être de paralyser la défense côtière par une double attaque :

- par *moyens aériens* pour prendre à revers la défense côtière ;

- par *moyens navals* pour la prendre de front simultanément.

La première phase (nocturne) consisterait à débarquer des parachutistes et des troupes par planeurs sur l'arrière de la ligne de défense côtière, pour la prendre à revers.

La seconde phase (à l'aube) serait un débarquement de chalands porte-chars, appuyé par un pilonnage de « Stukas » et couvert du côté de la mer par des rideaux fumigènes déployés par des vedettes.

Enfin, la troisième phase (diurne) se ramènerait à alimenter les deux lignes d'attaque ainsi constituées, l'attaque par mer et l'attaque par l'air.

Telle est l'esquisse de ce que pourrait être un débarquement en Angleterre — un débarquement ultra-moderne, qui serait à la fois maritime et aérien.

Le problème essentiel reste la maîtrise de l'air

Quellesqu'en soient les modalités techniques, géographiques et tactiques, le problème fondamental reste, pour l'assaillant, l'acquisition de la maîtrise de

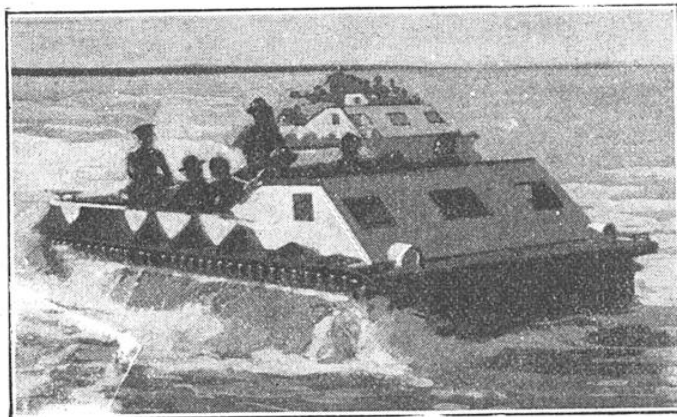
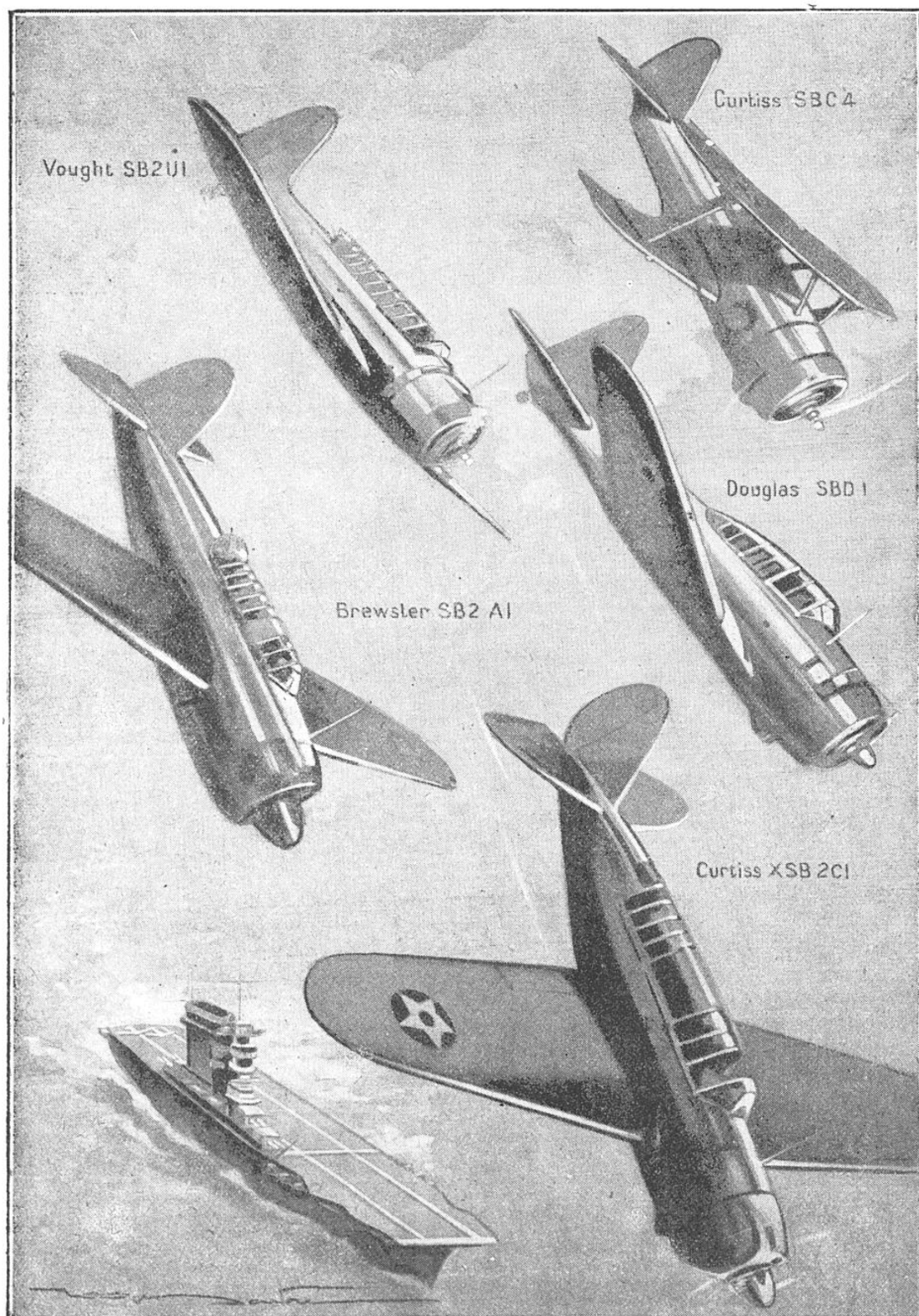


FIG. 3. — CHARS AMPHIBES AMÉRICAINS « ALLIGATORS » T W 15034

Ces chars peuvent se déplacer dans l'eau, propulsés par des chenilles spéciales jouant le rôle de roues à aubes. Ils peuvent atterrir indifféremment sur les rochers, sur les récifs coralliens ou sur les plages. Chacun d'eux porte quarante hommes et un armement permettant de neutraliser la défense des plages. Son moteur Hercules lui permettrait de réaliser dans l'eau une vitesse de 10 nœuds. Sa vitesse sur terre est inconnue. La supériorité de ces chars sur le chaland porte-chars est qu'ils réduisent au minimum le moment critique du passage de l'eau à la terre ferme.



T W 15032

l'air dans le ciel des Iles Britanniques — c'est-à-dire, au total, l'anéantissement de la Royal Air Force. Une première épreuve fut tentée au cours des grandes journées d'août et septembre 1940. Elle se heurta aux « Spitfire » et aux « Hurricane ». Une seconde tentative, en 1942, aura-t-elle plus de succès ? Ce n'est que lorsque la Luftwaffe aura réussi à dominer complètement l'espace britannique que l'on pourra considérer la Grande-Bretagne insulaire comme perdue.

Le problème difficile de la maîtrise de l'air par l'aviation embarquée

Une force navale qui tentera un débarquement d'outre-mer comprendra sans aucun doute un nombre

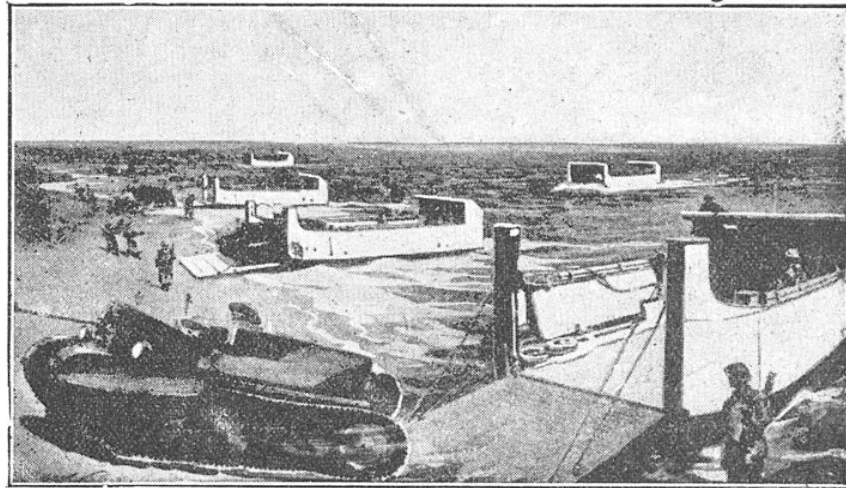
important de navires porte-avions. Mais il faudra tenir compte de deux facteurs :
1° L'impossibilité d'embarquer des avions de transport de troupes à bord de navires porte-avions ;

2° Le handicap technique de l'avion embarqué par rapport à un avion basé à terre : handicap de performances, résultant en particulier des nécessités de l'apontage.

Pour le premier point, le navire porte-avions offre une compensation immédiate : sa richesse possible en avions de bombardement en piqué (les Brewster, les Douglas, les Vought, les Curtiss).

Pour le second point, un exemple typique a été donné lors de l'attaque de Dakar (24 septembre 1940), où les avions britanniques de porte-avions, des Fairey « Swordfish » de torpillage et de reconnaissance, furent des cibles faciles pour

la D.C.A. de nos croiseurs. En Norvège, les chasseurs anglais du type Gloster « Gladiator » étaient très inférieurs en performances aux Messerschmitt 109. La marine américaine a-t-elle réussi à doter ses avions de chasse embarqués de perfor-



T W 15037

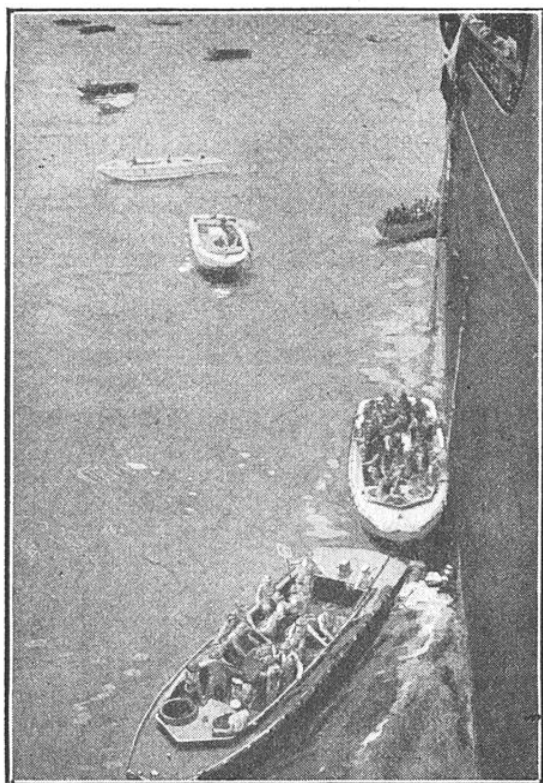
FIG. 5. — EXERCICE DE DÉBARQUEMENT EFFECTUÉ PAR DES CHALANDS PORTE-CHARS ANGLAIS

Ces chalands, dont chacun transporte un char léger, ont pris une part active au raid effectué par les Anglais contre les îles Lofoten (Norvège). Un pont-levis leur permet de débarquer directement ces chars sur une plage.

mances équivalentes à celles des chasseurs basés à terre ? Les performances exactes des Grumman « Martlet » et des récents Vought-Sikorsky F4U-1 ne sont pas encore connues.

En admettant même l'équivalence qualitative entre avions embarqués et avions basés à terre, resterait le problème de la supériorité numérique. Et l'on se trouve amené à considérer, du point de vue de l'assaillant, l'avantage d'occuper des aérodromes basés à terre et situés à proximité du point de débarquement. En Norvège, les Britanniques en firent l'essai malheureux. Ils réussirent à débarquer de divers porte-avions une vingtaine de Gloster « Gladiator » sur un lac gelé près de Dombas ; mais les « Stukas » les découvrirent et les démolirent sur la glace avant qu'ils pussent décoller. L'occupation préalable des îles immédiatement

FIG. 4. — LES AVIONS DE COMBAT EN PIQUÉ QUI ÉQUIPENT LES PORTE-AVIONS AMÉRICAINS : LE CURTISS SBC-4 « HELL DIVER » (BIEN QU'IL S'AGISSE D'UN BIPLAN, C'EST UN AVION TRÈS MODERNE QUI ÉQUIPE DEPUIS 1939 LES PORTE-AVIONS AMÉRICAINS), LE VOUCHT SB2U-1, LE DOUGLAS SBD-1, LE BREWSTER SB2A-1 (APPAREIL LIVRÉ A LA GRANDE-BRETAGNE SOUS LE NOM DE « BERMUDA » AINSI QU'AUX INDES NÉERLANDAISES), LE CURTISS XSB2C-1 (PROTOTYPE D'UN SUPERPIQUEUR DONT LE RAYON D'ACTION ATTEINDRAIT 1 000 KM, LA VITESSE DÉPASSERAIT DE 150 KM/H CELLE DES TYPES ANALOGUES EN SERVICE ET LA PUISSANCE DE FEU SERAIT DOUBLÉE)



T W 15036

FIG. 6. — L'ANCIEN PAQUEBOT AMÉRICAIN « MANHATTAN » DEVENU LE TRANSPORT DE TROUPES « WAKEFIELD » PARTICIPE A UN EXERCICE DE DÉBARQUEMENT PRÈS DE LA NOUVELLE-ORLÉANS

Chacun des canots que l'on aperçoit sur la photographie est capable de transporter vingt-quatre hommes, avec plus de 2 000 kg d'équipement, à la vitesse de 18 nœuds. Des canots d'un type analogue ont pris part au coup de main effectué par les Anglais sur les îles Lofoten, en Norvège.

voisins du point de débarquement n'est pas à écarter dans le cas d'un débarquement d'outre-mer.

On voit que, dans ce cas, le problème de la maîtrise de l'air est beaucoup plus difficile à réaliser que dans le cas d'un débarquement du type rapproché et dont la Crète est l'exemple le plus spectaculaire.

Le débarquement de type « outre-mer »

La question semble avoir été étudiée depuis longtemps par la Marine américaine, puisque celle-ci possède un corps spécialisé, la *Fleet Marine Force* comprenant ses fusiliers, ses canonnières, ses chars et son aviation.

La « *Fleet Marine Force* » est rattachée à la flotte de bataille (*Battle Force*) du fait que le succès d'un débarquement

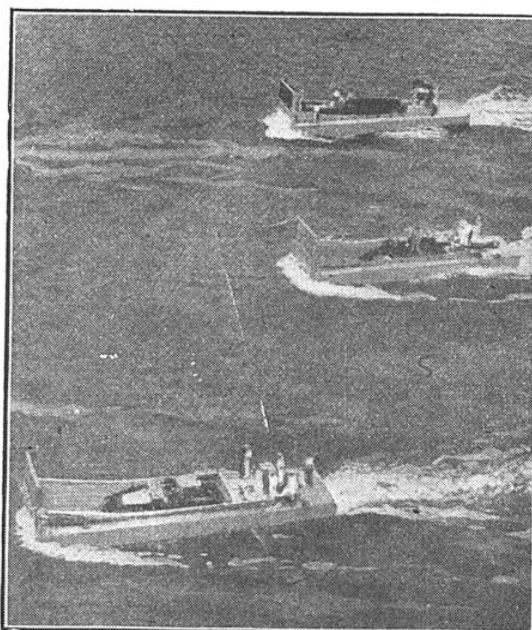
d'outre-mer repose en premier lieu sur la supériorité des moyens navals. La maîtrise de la mer est, en effet, la première condition à réaliser.

Or, sous sa forme moderne, la maîtrise de la mer comporte, non seulement la maîtrise de la surface, mais aussi la maîtrise de *l'eau au-dessous* (neutralisation des sous-marins hostiles) et la maîtrise de *l'air au-dessus* (maîtrise de l'air locale). Il s'agit de réaliser cette triple maîtrise pour assurer la sécurité des transports de forces terrestres, non seulement à travers l'Océan, mais surtout dans la zone côtière où s'effectuera le débarquement.

Des escorteurs et des destroyers assureront la maîtrise antisous-marine. Le plus difficile et le plus important sera d'assurer la maîtrise de l'air devant une côte où sera basée l'aviation adverse.

L'escorte par navires antiaériens

Pour suppléer à une déficience probable du côté avions de chasse, la flotte accompagnant les forces de débarquement sera amenée à réunir d'une manière surabondante des navires antiaériens. Une protection de D.C.A. absolument efficace est, en effet, indispensable autour des points de débarquement. Les forces de débarquement, au lieu de disposer d'une



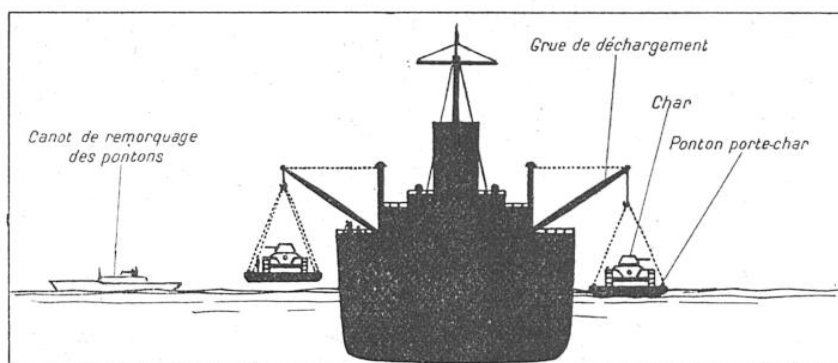
T W 15033

FIG. 7. — VÉHICULES DE RECONNAISSANCE, DE RAVITAILLEMENT ET CHARS LÉGERS TRANSPORTÉS SUR CHALANDS AUTOMOTEURS AMÉRICAINS

supériorité absolue, comme dans le cas de la Crète se trouveraient en situation d'infériorité — à moins d'avoir recours à un nombre irréalisable de navires porte-avions ou bien de pouvoir s'emparer, à proximité, d'un nombre suffisant de bases aériennes à terre, et d'y débarquer des forces aériennes.

Quoi qu'il en soit, la présence de nombreux navires antiaériens est indispensable pour empêcher que le débarquement ne tourne au désastre, comme ce fut le cas en Norvège. Si, en avril 1940, les Britanniques firent appel à des croiseurs antiaériens, ce ne fut que trop timidement, et sans résultat décisif. On a signalé, en Norvège, la présence d'un ou deux croiseurs du type *Curlew*, de 4 500 tonnes, et de quelques escorteurs AA. du type *Egret*, de 1 200 tonnes. L'un de ces derniers, le *Bittern*, fut d'ailleurs coulé par les « Stukas » dans le fjord de Namsos et le *Curlew* devant Narvik le 27 mai 1940. Si donc le principe était excellent, la réalisation était insuffisante. Dans une opération future de débarquement, c'est par douzaines que devront intervenir les navires antiaériens.

La marine américaine ne possède pas encore de navires antiaériens proprement dits, mais tous ses destroyers modernes



T W 15040

FIG. 9. — CARGO DÉBARQUANT DES CHARS DANS UNE RADE AU MOYEN DE PONTONS PORTE-CHARS

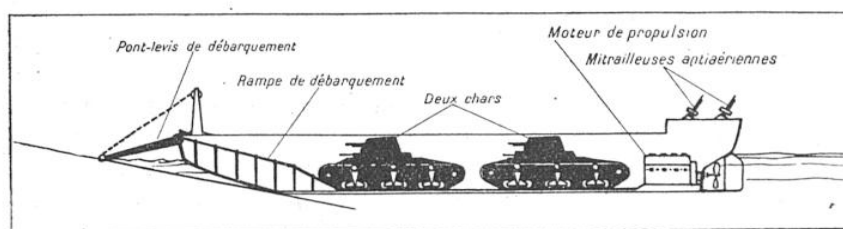
Chacun des chars est monté et fixé sur un ponton spécial (bois et caoutchouc). L'ensemble char-ponton est embarqué, transporté et débarqué d'une seule pièce. Il est ensuite remorqué jusqu'à la plage, où le char est libéré de son ponton.

sont équipés de canons de 127 mm AA., susceptibles de tirer aussi bien contre avions que contre navires. Parmi les existants, les *Ferragut* portent cinq de ces pièces; les *Mahan*, les *Craven* et les *Benham* en portent quatre, les *Benson* six, les *Porter* huit. En construction : les *Bristol*, de 1 700 tonnes, porteront cinq pièces AA. de 127 mm et les *Fletcher*, de 2 100 tonnes, huit. Quant aux croiseurs antiaériens américains, dont les premiers sont en achèvement, ce sont les *Atlanta*, de 6 000 tonnes, porteurs de douze pièces de 127 mm AA., même calibre que celui adopté pour les destroyers.

La maîtrise locale de l'air étant assurée par des avions et par une puissante D.C.A., le débarquement sera possible. Des rideaux de fumée, des tirs d'artillerie de protection, assureront son succès. Il restera à l'exploiter.

L'arme n° 1 de la guerre moderne étant

le char, le problème des débarquements modernes doit comprendre le débarquement rapide de chars de combat.



T W 15039

FIG. 8. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN CHALAND PORTE-CHARS

Ce chaland porte-chars est du type réalisé en 1940 pour la Wehrmacht et par les Britanniques en 1941. Il est prévu pour porter sur le parquet de cale deux chars légers de 5 à 6 tonnes. Cette embarcation est automotrice. Le débarquement comme l'embarquement s'opèrent au moyen d'un plan incliné intérieur se raccordant à l'étrave et d'une sorte de pont-levis rabattable au-dessus de l'étrave. La défense antiaérienne est assurée par des mitrailleuses disposées à l'arrière.

Les chalands porte-chars et les navires porte-chars

L'idée de chalands porte-chars a été mentionnée pour la première fois au cours de

l'été 1940, au moment où la question du débarquement en Angleterre était à l'ordre du jour. L'idée la plus simple est celle de chalands *automoteurs*, aménagés pour recevoir deux chars de 3 à

tant des chars, chacun des chars soit monté sur une sorte de radeau, permettant la mise à l'eau de l'ensemble au moyen de boucles de hissage et son accostage à une plage. L'emploi de chars am-

phibies serait encore plus simple. Une solution différente serait basée sur la réalisation d'un véritable navire porte-chars, qui serait une sorte de ferry-boat, équipé d'un large pont-levis, et capable d'accoster directement à une plage pour y débarquer directement ses chars.

Après les chars, des chalands ou des pontons blindés débarqueront les troupes d'infanterie et les mor-

tiers d'accompagnement. Ces chalands blindés seront accompagnés de vedettes, les unes équipées en fumigènes, les autres en mitrailleuses lourdes de D.C.A.

Au total, c'est grâce à la combinaison : navires porte-avions, navires antiaériens, navires porte-chars, pontons blindés, vedettes fumigènes, que pourra être réalisée, sous sa forme moderne, une entreprise de débarquement du type « outre-mer ». Le navire reste la pièce maîtresse, mais la difficulté n'en reste pas moins une question de maîtrise de l'air au-dessus des points de débarquement.

P. BELLEROCHÉ.

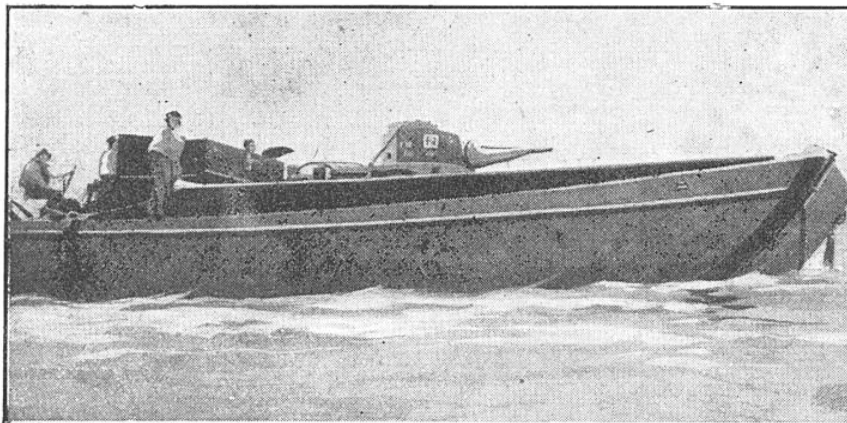


FIG. 10. — CHALAND PORTE-CHARS AMÉRICAIN EFFECTUANT UN EXERCICE DE DÉBARQUEMENT

Ce chaland, qui porte un char léger, se déplace à la vitesse de 13 nœuds.

8 tonnes, et équipés à l'avant d'une sorte de plan incliné rabattable, genre pont-levis, pour faciliter la mise à terre des chars transportés, une fois le chaland échoué sur une plage. La réalisation de tels chalands porte-chars comporterait évidemment plusieurs variantes, suivant qu'il s'agirait de chalands de mer ou de chalands de rade.

Dans le cas de débarquement d'outre-mer, on conçoit difficilement l'utilisation de chalands porte-chars proprement dits, mais plutôt de pontons porte-chars débarqués d'un grand navire de mer transportant des chars. On peut imaginer, par exemple, qu'à bord d'un cargo transpor-

La production mondiale d'énergie électrique en 1939 a atteint 520 milliards de kilowatts-heure, la France arrivant au 6^e rang avec 3,9 % de ce chiffre (après les Etats-Unis, 34,6 % ; l'U.R.S.S., 9,2 % ; la Grande-Bretagne, 7,5 % ; le Japon, 6,3 % ; le Canada, 3,9 %). 56 % de la production mondiale était due à des centrales alimentées par du charbon, 39 % à des centrales hydrauliques, 3 % à des centrales brûlant du pétrole et 2 % du gaz naturel et de la tourbe. L'énergie d'origine hydraulique représente 100 % de la production nationale en Norvège, en Suisse et au Chili ; 99 % au Canada ; 95 % en Italie ; 90 % en Suède ou Congo Belge. En Roumanie, 50 % de l'énergie électrique vient du pétrole brûlé sous les chaudières.

LA VICTOIRE DE L'AVION SUR LE CUIRASSÉ

par Camille ROUGERON

Les premières rencontres aéronavales du Pacifique ont mis aux prises l'aviation et les escadres américaines, britanniques et japonaises. Des communiqués contradictoires des adversaires, il ressort du moins qu'un assez grand nombre de navires de ligne ont été coulés ou gravement endommagés. Le coup est dur pour les marines anglo-saxonnes, dont la marge de supériorité en navires de ligne sur la flotte japonaise se trouve considérablement réduite, au point qu'elles ne peuvent empêcher les débarquements japonais aux Philippines, à Bornéo, en Malaisie, etc... L'aviation japonaise vient de faire la preuve que la protection des navires de ligne les plus récents est insuffisante contre les armes aériennes; que l'avion peut couler le cuirassé sans pertes sérieuses; que son domaine s'étend dorénavant à toutes les mers du globe. Elle met fin à la légende de l'invulnérabilité du navire de ligne, qu'on aurait pu justifier par le succès relatif des convois en Méditerranée par les cuirassés britanniques.

Les débuts aéronavals de la guerre du Pacifique

LE 7 décembre 1941, MM. Roosevelt et Cordell Hull confrontaient une fois de plus, à la Maison-Blanche, avec l'amiral Nomura et M. Kuru des points de vue inconciliables, lorsque les interlocuteurs apprirent l'attaque de Pearl Harbour par l'aviation japonaise. La flotte américaine se trouvait concentrée en presque totalité dans sa base des îles Hawaï, quand des avions japonais arrosèrent de leurs bombes le port et les navires au mouillage.

Les pertes de la flotte américaine furent certainement graves (1). Dans un communiqué ré-

(1) La suite des événements montre que les pertes subies par la flotte américaine sont vraisemblable-

ment beaucoup plus voisines de celles qu'indique le communiqué japonais que de celles qu'accusent les déclarations officielles américaines.

(1) Pour les caractéristiques de ces bâtiments, on se reportera utilement au tableau ci-dessous. On n'y trouvera cependant pas l'*Utah* (vieux cuirassé de 19 800 t, datant de 1909 et transformé en bateau-cible commandé à distance par radio).

TYPE	ANNÉE de lan- cement	DÉPLACE- MENT Wash.	ARMEMENT	PROTECTION	VITESSE
Arkansas.	1911	26 100 t	XII 305, XVI 127, VIII 76 AA, IV 47.	Ceinture 279 mm. Ponts blindés....	20,5 n
New-York. Texas....	1912	27 000 t	X 356, XVI 127, VIII 76 AA, IV 47.	Ceinture 305 mm. Ponts blindés....	20 n
Nevada. Oklahoma..	1914	29 000 t	X 356, XII 127, VIII 127 AA, IV 47.	Ceinture 343 mm. Ponts blindés....	20 n
Arizona. Pennsylva- nia.	1915	32 600 t	XII 356, XII 127, VIII 127 AA, IV 47.	Ceinture 356 mm. Ponts blindés....	21 n
Idaho. Mississipi. New-Mexico.	1917	33 000 t	XII 356, XII 127, VIII 127 AA, IV 47.	Ceinture 356 mm. Ponts blindés....	21 n
California. Tennessee.	1919	32 600 t	XII 356, XII 127, VIII 127 AA, IV 57.	Ceinture 356 mm. Ponts blindés....	21 n
Maryland. Colorado. West-Virginia	1920	31 500 t	VIII 406, XII 127, VIII 127 AA, IV 57.	Ceinture 406 mm. Ponts blindés....	21 n
North-Carolina. Washington.	1940	35 000 t	IX 406, XVI 152 AA.	Ceinture 406 mm. ? Ponts blindés....	30 n

TABEAU I. — LES CUIRASSÉS AMÉRICAINS EN SERVICE AU 7 DÉCEMBRE 1941

gères et deux contre-torpilleurs. Parmi les unités moins gravement atteintes, on compte un cuirassé de la classe *Nevada* et quatre unités légères.

M. Knox donnait, le 15 décembre, des chiffres très différents : l'attaque de Pearl Harbour aurait coûté à la marine américaine : un navire de ligne coulé, l'*Arizona*; un navire de ligne très endommagé, mais réparable, l'*Oklahoma*; trois contre-torpilleurs et un mouilleur de mines, auxquels il faut ajouter un cuirassé hors d'âge, l'*Utah*.

Trois jours plus tard, l'escadre britannique d'Extrême-Orient, qui était sortie de Singapour la nuit précédente, tentait de s'opposer à un débarquement sur la côte Est de la presqu'île de Malacca lorsqu'elle fut prise à partie, à 10 h 30, par l'aviation japonaise. Un bombardement à haute altitude toucha d'une bombe chacun des deux navires de ligne *Repulse* et *Prince of Wales*. Une attaque à la torpille suivit, qui plaça plusieurs coups au but, dont trois sur le *Repulse*, lequel chavira immédiatement. Le *Prince of Wales* essaya de s'échapper, mais, à 14 h 50, il recevait un nouveau coup direct et coulait à son tour.

Les débarquements japonais dans l'île de Luçon devaient donner lieu, le même jour, à un engagement aéronaval, au cours duquel des communiqués officiels américains affirmèrent avoir incendié, puis coulé, le croiseur de bataille *Haruna*. L'Amirauté japonaise démentit, affirmant qu'il y avait confusion avec un croiseur léger qu'elle reconnaissait avoir été touché. Le lendemain, un autre communiqué officiel américain affirmait qu'un deuxième croiseur de bataille de la même classe avait été gravement endommagé. Nouveau démenti japonais.

Quoi qu'il en soit de ces informations contradictoires et de ces démentis dont la rédaction

n'exclut pas des avaries graves, il est certain qu'en quelques jours l'aviation a coulé ou mis hors de combat dans le Pacifique un grand nombre de bâtiments de ligne, dont au moins un, le *Prince of Wales*, du type le plus récent.

Les caractéristiques des navires touchés

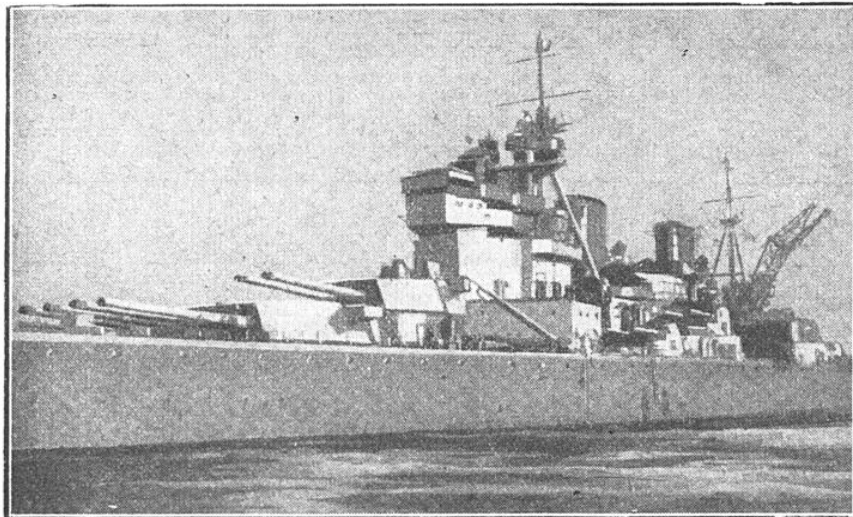
L'*Oklahoma*, de 29 000 tonnes, mis en chantier en 1912, est l'un des plus anciens cuirassés américains. Sa protection contre l'artillerie est sérieuse; son armement principal, dix pièces de 356 mm, puissant. Il a été refondu en 1929 et doté de la protection sous-marine qui lui manquait, comme d'un complément de protection aérienne.

L'*Arizona*, de 32 600 tonnes, de la classe suivante, avait été mis en chantier en 1914. Sa protection était un peu plus épaisse que celle de l'*Oklahoma*; son armement principal, douze pièces de 356 mm, plus nombreux. Il avait subi, à partir de 1929, la même refonte que l'*Oklahoma*.

Le *West Virginia*, de 31 800 tonnes, dont les premières nouvelles de source japonaise avaient annoncé la mise hors de combat, était le plus récent des cuirassés américains jusqu'à la mise en service des *North Carolina*, en 1941. Il a été mis en chantier en 1921; il porte l'armement principal de 406 mm (8 pièces), la ceinture de 406 mm également, les ponts blindés épais et la protection sous-marine par cloisons multiples qui paraissaient alors nécessaires et suffisants pour le cuirassé « postjutlandien », c'est-à-dire mis en chantier en tenant compte des enseignements de la bataille du Jutland (1916).

Le *Repulse*, qui disparaît à Malacca, était le plus ancien des croiseurs de bataille qu'ait conservés la marine britannique et qui lui furent si utiles après l'armistice de juin 1940 lorsque, les *King George V* n'étant pas encore achevés,

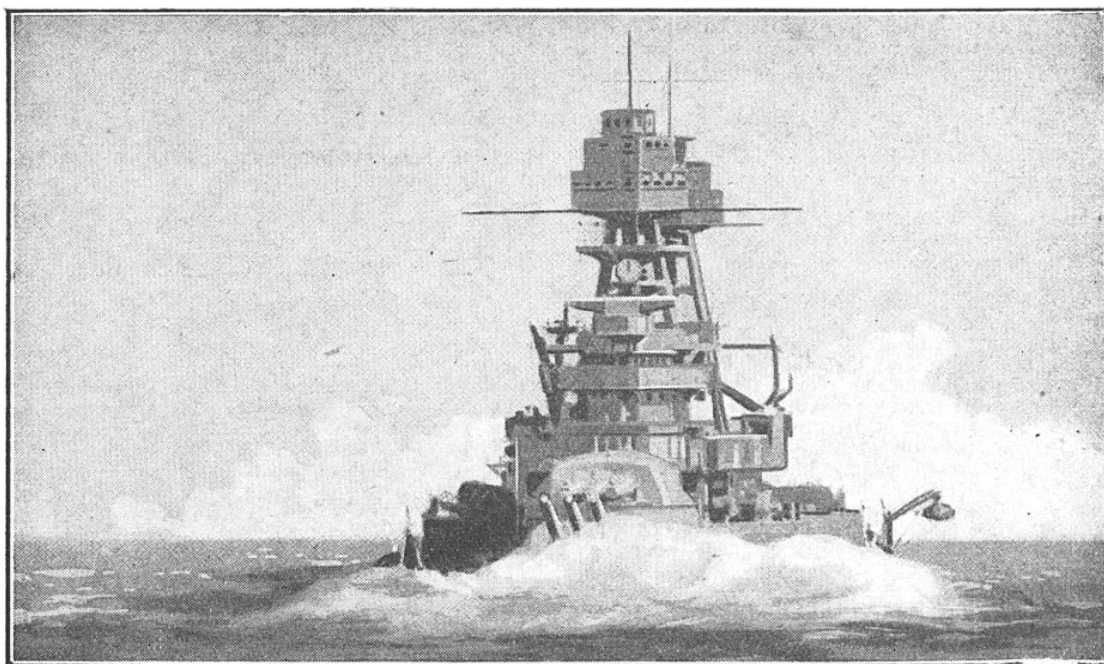
elle devait faire face aux deux *Bismarck* et aux deux *Littorio*. Il fut mis en chantier comme cuirassé en 1914, avec le *Renown*, et transformé en croiseur de bataille après la bataille des Falkland. Il portait une artillerie puissante en calibre, mais peu nombreuse, de six 381 mm. Sa vitesse — il atteignit 32,60 nœuds aux essais — était très élevée pour l'époque de sa construction; elle restait très convenable, même après refonte par addition de bulges. Son point faible était la protection : 229 mm seulement de cuirasse de ceinture. Il avait subi deux refontes, l'une en 1919-1922 où il reçut en particulier une protection sous-marine sous forme de bulges, l'autre en 1936.



T W 15096

FIG. 1. — LE CUIRASSÉ ANGLAIS « PRINCE OF WALES »

Le *Prince of Wales*, coulé à Malacca, était le deuxième des cinq 35 000 tonnes, mis en chantier en Angleterre sur les programmes 1936-37 et 1937-38. Son armement principal se composait de XII 356 mm; la marine britannique avait été la seule à respecter le calibre fixé à l'accord de Londres du 22 mars 1936. Sa protection était voisine de celle des 35 000 tonnes en service dans les autres marines. Sa vitesse annoncée était de 30 nœuds; il devait faire en réalité près de 32 nœuds, comme les derniers navires de ligne de même tonnage.



T W 15095

FIG. 2. — LE CUIRASSÉ AMÉRICAIN « ARIZONA », COULÉ A PEARL-HARBOR

L'Arizona, dont la perte a été admise par la marine américaine, était un cuirassé ancien, mis en chantier en 1914. Il avait été complètement refondu en 1929 : l'angle de tir des pièces de 356 mm avait été porté de 15 à 30°; les mâts en treillis avaient été remplacés par deux mâts tripodes; la protection antiaérienne avait été accrue; une protection contre les explosions sous-marines avait été ajoutée sous forme de bulges.

Le *Prince of Wales*, qui fut déjà l'adversaire malheureux du *Bismarck* au large de l'Islande, mis en chantier en 1937, était le deuxième des navires de ligne de 35 000 tonnes dont le *King George V* est la tête de série. Il appartenait donc au type le plus récent des navires de ligne britanniques. On pouvait lui reprocher l'insuffisance de son calibre, du 356 mm, que ne rachetait pas le nombre élevé des douze pièces en mélange de tourelles doubles et quadruples. Si l'on en croit les annuaires, la protection antiaérienne était remarquable et d'une conception toute nouvelle; l'expérience montre qu'elle ne devait pas dépasser sensiblement celles des autres navires de ligne contemporains. Par contre, l'artillerie de défense éloignée, avec ses seize canons de 130 mm destinés à la fois au tir contre avions ou contre objectifs flottants, comme son artillerie de défense rapprochée qui comportait en particulier une quarantaine de pièces automatiques de 40 mm, était une des plus puissantes parmi celles que portaient les bâtiments de même tonnage.

Les quatre croiseurs de bataille japonais type *Kongo* (*Kongo*, *Hiyō*, *Haruna* et *Kirishima*), dont les communiqués américains, démentis d'ailleurs par le commandement japonais, ont prétendu que plusieurs avaient été coulés ou endommagés gravement, sont les plus anciens des navires de ligne de la marine japonaise. Le *Kongo* est du programme de 1910-1911, donc d'une classe très antérieure au *Renown*; ils sont assez voisins comme armement, protection et vitesse de la *Queen Mary* qui fut coulée au Jutland. Ils portent une artillerie principale de huit 356 mm; leur vitesse, de 28 nœuds à l'origine, ne serait plus que de 26 nœuds après re-

fonte. Leur protection est un point plus faible encore; leur ceinture n'a que 203 mm.

Les enseignements des opérations aéronavales du Pacifique

Les résultats de ces opérations établissent d'une manière définitive qu'aucun type de navire de guerre n'est à l'abri des coups de l'aviation. On pouvait considérer que la démonstration avait été faite successivement, depuis septembre 1939, d'une manière à peu près satisfaisante pour tous les types, sauf pour le navire de ligne. Aussi n'examinerons-nous en détail que les enseignements relatifs à ces derniers bâtiments.

La vulnérabilité des navires de ligne au mouillage était certaine. Les bâtiments italiens coulés à Tarente, les croiseurs de bataille allemands le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* immobilisés à Brest étaient des résultats positifs à l'actif de l'aviation. Mais d'autres faits, négatifs, s'opposaient aux premiers : l'achèvement à flot des derniers navires de ligne allemands et britanniques sans qu'on tentât de les détruire, le maintien des cuirassés britanniques en rade d'Alexandrie, malgré les attaques répétées de l'aviation de l'Axe contre cette base et l'occupation de la Crète; l'absence de tentatives contre la « Home Fleet », le *Bismarck* et le *Tirpitz* dans leurs mouillages de l'Atlantique et de la mer du Nord... D'autre part, l'examen des succès remportés par l'aviation incitait à quelques réserves. Les seuls navires coulés l'avaient été à Tarente, par la torpille. Tarente avait certainement été une surprise pour le commandement italien, et l'on pouvait espérer qu'un des nombreux sys-

tèmes de protection possibles contre la torpille au mouillage, filets, estacades..., aurait raison de la menace. La R.A.F. et la Fleet Air Arm semblaient bien l'avoir compris, et les attaques contre le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* furent exécutées à la bombe. Malgré des circonstances favorables, notamment lors du passage au bassin de ces deux bâtiments, elles ne parvinrent pas à les couler; l'un d'eux put être suffisamment remis en état pour rejoindre la Pallice. L'attaque à la Pallice ne réussit pas davantage à le couler; elle ne put que l'empêcher de partir en croisière, mais non de rentrer se faire réparer à Brest.

La vulnérabilité du navire de ligne au large était jusqu'ici beaucoup moins évidente; on devait même reconnaître que, si l'aviation en avait gravement avarié certains, et contribué à la destruction d'autres, elle n'était pas encore parvenue à en couler un à elle seule. Les tentatives avaient été nombreuses, mais, malgré les bombes et les torpilles d'avions, le *Vittorio Veneto*, atteint au cours de la bataille de la mer Ionienne (1), avait pu rentrer à sa base; le *Bismarck* avait été désarmé, mais il avait fallu un long combat d'artillerie et les torpilles d'un croiseur pour le couler. La démonstration la plus probante de la capacité de résistance des navires de ligne au large avait été donnée par les convois britanniques exécutés pendant de longs mois en Méditerranée; attaqués dans le canal de Sicile par les avions allemands et italiens basés dans l'île, ils étaient toujours parvenus à passer. On pouvait ainsi croire que le navire de ligne échappait à la règle générale qui voulait qu'à proximité des bases aériennes ennemies aucun type de bâtiment, qu'il fût de guerre ou de commerce, ne pouvait prétendre naviguer sans risques graves.

Les opérations navales du Pacifique montrent au contraire, dès la première semaine, les atta-

ques aériennes coulant ou endommageant gravement, au large comme au port, des navires de ligne de tous types, des plus anciens aux plus modernes. L'avion était jusqu'ici, pour le cuirassé, une menace grave devant laquelle on pouvait espérer tenir, avec des blindages convenablement disposés et largement calculés, un nombre imposant d'affûts quadruples ou octuples de canons automatiques, une escorte nombreuse de croiseurs, de torpilleurs et même d'avions. Rien de tout cela n'aura suffi.

Les enseignements techniques

Le premier enseignement est l'inefficacité de la protection, même la plus récente, contre la bombe ou la torpille d'avion. Ainsi se termine une discussion qui commença au lendemain de la guerre de 1914-1918 et alimenta pendant une vingtaine d'années les rubriques navales et aériennes de la presse de grande information et des revues spécialisées.

Le navire de ligne, affirmaient ses défenseurs, est protégé contre la bombe et la torpille d'avion par cela même qu'il l'est contre le projectile d'artillerie attaquant les ponts sous grand angle à limite de portée et la torpille lancée par bâtiment de surface. Or, l'efficacité de la protection du navire de ligne contre les armes qu'il portait ou que portaient les bâtiments de surface de classe inférieure était un des enseignements les plus certains de la guerre de 1914. Dans le cas de l'artillerie, elle résultait de la résistance inattendue de certaines protections légères ou moyennes, celle des croiseurs cuirassés allemands aux Falkland, celle des croiseurs de bataille de la même marine au Jutland; les formules anciennes comme les essais récents montraient qu'il n'y avait aucune difficulté à développer cette résistance au degré réclamé par l'accroissement permis du calibre à 406 mm, en y consacrant une fraction acceptable des 35 000 tonnes autorisées. Dans le cas

de la torpille, l'efficacité de la protection résultait de la résistance remarquable des navires de ligne allemands, seuls à être munis d'une protection sous-marine. Sur la douzaine qui furent touchés, de 1914 à 1918, par des mines ou des torpilles et souvent à plusieurs reprises, un seul ne put être sauvé : c'était le plus ancien, qui ne possédait pas cette protection. Là encore, il suffisait de la développer légèrement pour l'adapter aux torpilles de 533 à 550 mm qui succédaient aux torpilles de 450 mm.

L'aviation pourrait-elle un jour attaquer le navire avec des armes plus puissantes que le projectile de perforation d'une tonne ou la torpille

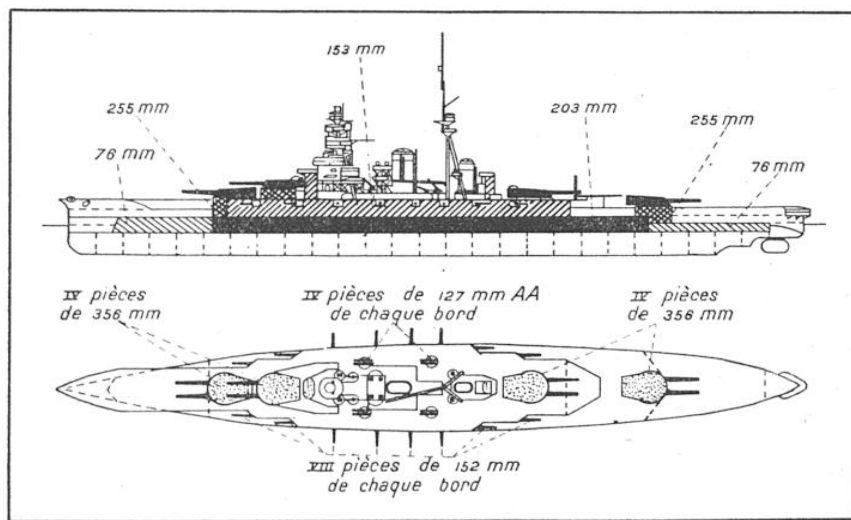


FIG. 3. — SCHÉMA DES CROISEURS DE BATAILLE JAPONAIS TYPE « KONGO »

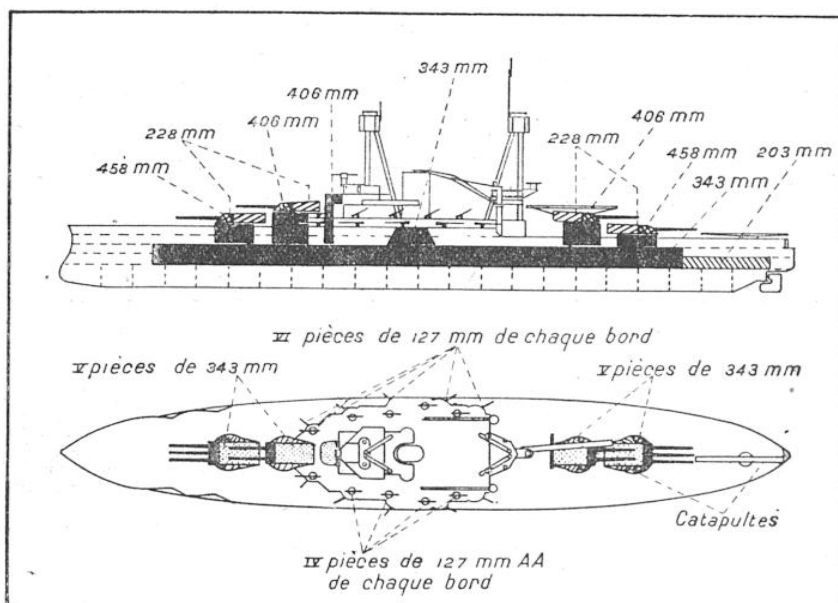
Les quatre croiseurs de bataille type « Kongo », dont plusieurs unités auraient été coulées ou endommagées gravement d'après les communiqués américains, démentis par l'Amirauté japonaise, sont les plus anciens navires de ligne de cette marine. On notera la faiblesse de la protection, établie d'après les idées en cours en 1910; la ceinture n'a que 203 mm dans la région centrale, et 76 mm seulement aux extrémités.

de 1 800 kg? L'état de la technique aéronautique au lendemain de 1918, et même beaucoup plus tard, ne donnait pas lieu de le craindre. Effectivement, ce n'est pas sur ce point qu'ont péché les affirmations des défenseurs du navire de ligne, et il n'y a pas lieu de mettre en doute l'annonce faite par M. Churchill que les résultats remarquables obtenus par l'aviation japonaise ont été atteints avec des bombes et torpilles de type semblable à celles des autres pays. La croyance en l'aptitude de l'avion au transport d'armes de puissance très supérieure à celles qu'emploient les navires n'en était pas moins risquée. Les quadrimoteurs Focke-Wulf « Kurier », que la Luftwaffe utilise aujourd'hui à l'attaque en piqué des convois atlantiques, les quadrimoteurs américains à moteurs de 2500 ch

qui suivront, pourraient certainement lâcher, si c'était nécessaire, des bombes et des torpilles de plus d'une tonne ou deux. On ne peut escompter indéfiniment que l'aviation se bornera à l'usage de la tolite en rejetant la penthrite, que l'on emploie contre elle (1), comme trop coûteuse ou trop dangereuse, qu'elle copiera le projectile de perforation et refusera la bombe à fusée instantanée et teneur de 80 % d'explosif dont l'emploi se généralise à terre, qu'elle copiera de même la torpille à réservoir d'air et moteurs deux fois plus lourds que la charge sans passer à l'étude des nombreux types qui permettraient de doubler la teneur en explosif. Peut-être verrons-nous un jour les bombes ou torpilles à 2 000 kg de penthrite qui couperont beaucoup mieux en deux les cuirassés de 55 000 tonnes que les premières mines magnétiques ne le faisaient des cargos.

Mais tous ces progrès étaient inutiles pour que l'avion vint à bout du navire de ligne. Il lui suffisait d'employer les bombes et torpilles de 1918, à condition d'en mettre suffisamment au but. Le navire de ligne, même du type le

(1) La tolite (trinitrotoluène) a été découverte vers 1863, et sa fabrication à échelle industrielle fut entreprise en Allemagne à partir de 1891. C'est aujourd'hui l'explosif classique pour le chargement des projectiles dans de nombreux pays. La penthrite (tétranitropentaérythrite) de création récente, est un explosif de grande stabilité, ayant une puissance et une vitesse de détonation supérieures à celles de la tolite. Mais il est très sensible aux chocs. Cette sensibilité a pu être réduite par mélange avec divers corps, et la penthrite est utilisée aujourd'hui couramment dans les obus de petit calibre que tirent les canons automatiques antiaériens (pom-poms).



T W 15091

FIG. 4. — LE CUIRASSÉ AMÉRICAIN « OKLAHOMA »

Ce cuirassé, très gravement endommagé lors de l'attaque d'Hawaï, appartient au programme 1911. Ses caractéristiques militaires sont données par le tableau I; ses dimensions sont les suivantes : longueur, 177,70 m; largeur, 31,75 m (après additions de bulges); tirant d'eau, 8,40 m. Il est le plus ancien navire de ligne américain à être doté de turbines à engrenages. La stabilité due à l'addition de bulges semble avoir été favorable à l'ensemble des bâtiments qui, n'ayant pas eu la protection sous-marine initiale des California et Maryland, ont reçu cette protection de fortune. Sur les dix navires dans ce cas, un seul aurait été coulé (d'après le communiqué japonais) et deux gravement endommagés.

plus moderne, peut être protégé efficacement contre deux ou trois grosses bombes ou torpilles sans l'être contre des atteintes multiples d'engins moins puissants.

La bombe qui rencontre le blindage des ponts, dont on porte aujourd'hui l'épaisseur totale à environ 200 mm, à 250 mm probablement sur les derniers cuirassés américains, ne les perce pas, surtout si elle est lancée en piqué; elle ne fait pas de gros dégâts dans les compartiments situés en-dessous. La torpille d'avion qui éclate au contact du caisson de protection sous-marine n'en fait pas davantage au delà de la cloison résistante. Mais il n'empêche que la répétition de telles atteintes finit par être dangereuse. Les ponts blindés et le caisson de protection ne règnent pas jusqu'aux extrémités; les impacts dans ces régions provoquent leur envahissement par l'eau. Il en est de même, en ce qui concerne la largeur du caisson de protection sous-marine, dans la région centrale, lorsqu'il est atteint par des torpilles ou des bombes explosant à proximité de la carène. Le navire bombardé ou torpillé peut ainsi embarquer un volume d'eau considérable, qui compromettra sa flottabilité ou sa stabilité.

Peut-on réduire le volume des extrémités décuirassées et du caisson de protection, de manière que le volume protégé contre l'invasion de l'eau assure, après avaries de combat, la flottabilité et la stabilité suffisantes? C'est une question de première importance pour la valeur réelle de la protection, qu'on a tort de juger le plus souvent d'après l'épaisseur d'une ceinture ou d'un pont blindé, sans prêter une attention suffisante à la valeur de la fraction du na-

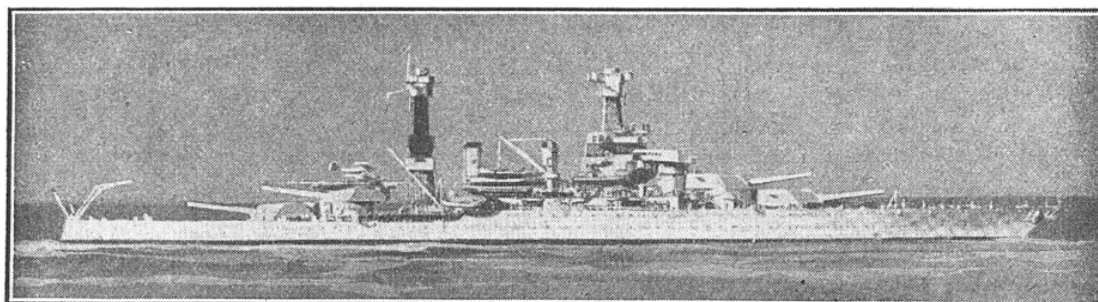


FIG. 5. — LE CUIRASSÉ AMÉRICAIN « WEST VIRGINIA »

T W 15097

Sur les trois cuirassés de ce type, le Maryland, le Colorado, le West Virginia, l'un aurait été coulé, l'autre serait si gravement endommagé qu'il serait irréparable, si l'on en croit les communiqués japonais. Ils sont identiques au California de la photo ci-dessous (mêmes dimensions, même propulsion électrique) et donnent, par suite, lieu aux mêmes critiques quant à leur insuffisance de stabilité. On notera, à l'appui de cette assertion, que, sur les quinze cuirassés anciens de la marine américaine, dont sept auraient été coulés ou endommagés au point d'être irréparables (d'après le communiqué japonais), quatre appartiennent aux cinq cuirassés type California et Maryland de 29,66 m de largeur.

vire ainsi recouverte. Pour diminuer l'importance des extrémités décuirassées, on peut, directement, relever la longueur de la fraction protégée et, indirectement, diminuer, pour une même fraction protégée, le volume de carène des extrémités en affinant celles-ci et grossissant la région centrale. Pour réduire le volume relatif du caisson de protection sous-marine, on peut, directement, diminuer sa largeur, et, indirectement, augmenter la largeur du navire. Tous ces procédés étaient simultanément mis en œuvre sur les divers types de bâtiments de la marine allemande en service en 1914 ou construits de 1914 à 1918. Si la disposition même du caisson de protection sous-marine n'apparaissait pas à l'observation extérieure, les procédés complémentaires destinés à en accroître l'efficacité comportaient des répercussions qui n'auraient pas dû échapper à un examen attentif, et qui permettaient de reconstituer l'aménagement intérieur avec autant de sûreté que Cuvier recomposait un squelette d'animal préhistorique avec un seul os. L'écartement des tourelles extrêmes, le prolongement de la cuirasse de ceinture au

delà de cette cuirasse, l'affinement exceptionnel des extrémités, tout cela traduisait l'intérêt porté au maintien de la flottabilité et de la stabilité après avaries de combat. Le relevé des plans des bâtiments remis aux Alliés après l'armistice de 1918 ne laissait plus aucun doute sur les moyens employés par la marine allemande; c'est ainsi qu'on apprit que le dernier type de cuirassé en construction en 1914, le *Baden*, avait un module de stabilité double de la plupart des cuirassés contemporains. La connaissance exacte des dimensions et de la répartition des poids n'était même pas nécessaire; un coup d'œil sur la plage arrière des croiseurs ex-allemands montrait suffisamment l'étroitesse des formes aux extrémités.

Bien entendu, chacune de ces dispositions présentait quelque inconvénient. L'allongement de la fraction du navire protégée par la ceinture et les ponts blindés obligeait à diminuer l'épaisseur des cuirassements; la réduction de largeur du caisson de protection sous-marine l'affaiblissait si l'on conservait les mêmes échafaudages. L'affinement des extrémités et l'augmentation de largeur du navire relevaient la résis-

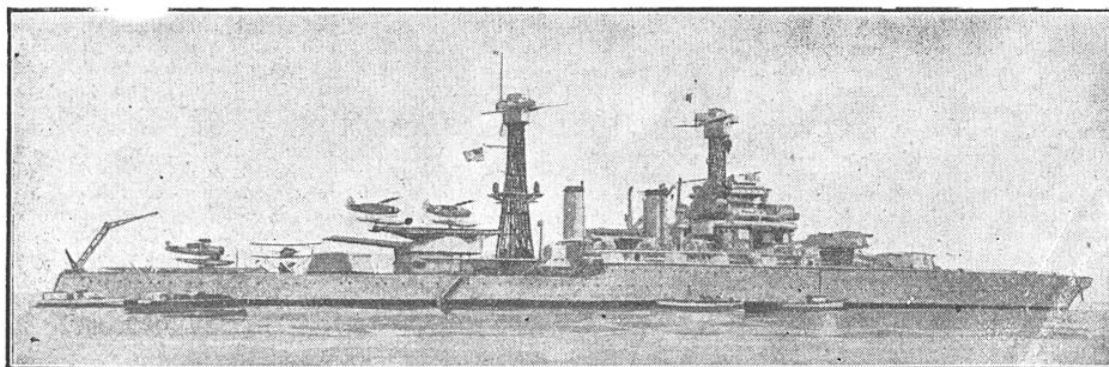


FIG. 6. — LE CUIRASSÉ AMÉRICAIN « CALIFORNIA »

T W 15092

D'après les communiqués japonais, les cuirassés de cette classe, California et Tennessee, auraient été, l'un coulé, l'autre gravement endommagé à Pearl Harbour. Leurs dimensions sont les suivantes : longueur, 190,20 m; largeur, 29,66 m; tirant d'eau, 9,30 m. Leurs autres caractéristiques sont données par le tableau I. Ils étaient, avec les trois cuirassés type Maryland, les seuls navires de ligne au monde à être munis d'une propulsion électrique. Leur défaut le plus grave, qui ressort immédiatement de leurs dimensions, est l'insuffisance de stabilité; les navires de ligne actuels, pour un tonnage très voisin, ont environ 32 m de largeur; le Bismarck avait même 36 m. Cette seule raison explique la très longue résistance du navire allemand, et la perte probable des navires américains.

tance de la carène. Il fallait choisir, et savoir sacrifier un peu de vitesse et d'apparence de protection, représentée par l'épaisseur de blindages, pour en conserver la réalité, qui signifiait la résistance véritable à l'avion.

Il est bien peu de leçons nouvelles sur mer. Celle que l'aviation japonaise inflige aux marines anglo-saxonnes rappelle étroitement celle de Tsushima, où l'artillerie japonaise apprit à la marine russe et à beaucoup d'autres qu'il ne fallait pas juger de la valeur d'une cuirasse à sa seule épaisseur. La ceinture étroite de 400 mm ne valait pas la ceinture de 250 mm qui, à même poids total, était plus haute de 60 %; elle ne valait même pas toujours le seul cloisonnement, sans aucun cuirassement vertical, des *Matsushima*. Les navires de ligne de 1941 périssent pour les mêmes insuffisances que ceux de 1905.

Les enseignements tactiques

Avec la bombe comme avec la torpille d'avion, le problème est toujours de « toucher sans être touché ». L'expérience montre que l'avion y parvient aussi bien dans l'attaque du navire de ligne que dans celle de bâtiments moins puissamment défendus.

A vrai dire, pour ce qui est de « toucher », la démonstration n'était plus nécessaire depuis l'époque où l'on avait renoncé au lancement en vol horizontal à grande altitude pour le lancement en semi-piqué à faible distance. Elle résultait des destructions nombreuses de croiseurs et de bâtiments légers, d'atteinte beaucoup plus difficile qu'un bâtiment de ligne, dont les dimensions sont supérieures et les manœuvres de dérober moins rapides. Elle était établie plus directement encore par les impacts de bombes et de torpilles enregistrés contre les navires de ligne; les coups au but n'avaient que le défaut de ne pas être assez nombreux pour couler le bâtiment attaqué.

Pouvait-on multiplier les atteintes avec des pertes acceptables pour l'assaillant lancé contre un objectif aussi puissamment défendu que les cuirassés les plus récents? Il avait été soutenu depuis plusieurs années que l'attaque massive était à la fois le moyen de porter des coups assez nombreux pour couler le navire de ligne, et celui d'échapper à son armement. L'aviation, attaquant en escadrilles nombreuses, divisait en effet le feu de la défense, ce qui devait réduire le pourcentage des pertes d'un assaillant supposé se présenter dans des conditions semblables. Mais, en outre, l'attaque massive permettait les feintes d'attaque, obligeait à des trans-

ports de tir de l'avion le plus menaçant qui lançait à grande distance sur l'avion le moins menaçant qui profitait de ce qu'il échappait momentanément au feu pour approcher à faible distance; la multiplication des effectifs engagés devait donc réduire les pertes, même en valeur absolue. Ces affirmations n'avaient pas été admises et l'on persistait à engager contre des cuirassés puissamment défendus des effectifs d'avions bien faibles, dont les pertes n'encourageaient guère à renouveler l'opération. Les attaques des navires de ligne britanniques par vingt-sept avions torpilleurs japonais, en trois vagues successives de neuf appareils, rompent avec cette méthode. L'expérience confirme que des navires de ligne peuvent être coulés dans

ces conditions avec des pertes extrêmement faibles pour l'assaillant, selon les déclarations des deux adversaires, qui concordent sur ce point.

Ainsi se terminent de longues discussions où les défenseurs des méthodes traditionnelles se gaussaient du « piqué littéraire » et des procédés d'attaque préconisés par des théoriciens qui faisaient trop peu de cas des difficultés d'exécution. Les attaques de navires de ligne par l'aviation japonaise n'ont rien à voir avec l'em-

ploi de « torpilles humaines » où un pilote sacrifié disparaît dans l'explosion de l'engin qu'il a conduit sur l'objectif. La torpille humaine, qui est d'ailleurs un engin plus ancien que la torpille automatique (I), est une arme du plus bel avenir, aussi bien en torpille marine qu'en torpille aérienne; elle n'a pas été employée par l'aviation japonaise, qui a cru pouvoir arriver au même résultat avec les armes classiques. La réussite a été remarquable. Il est bien peu d'expéditions à grande altitude contre objectifs aussi puissamment protégés que le *Repulse* et le *Prince of Wales* où l'aviation perd aussi peu d'appareils.

La torpille semble bien avoir fait preuve, une fois de plus, d'une facilité d'emploi supérieure à celle de la bombe. Elle est efficace sur plusieurs centaines de mètres de trajectoire, quand la bombe ne l'est qu'en un point. Son seul inconvénient est sa durée de trajet, qui permet à l'objectif de se dérober. Mais le déroberment

(1) C'était le principe des *David* de la guerre de Sécession. Le 17 février 1864, le croiseur *Housatonic* fut coulé par un engin qui portait sa torpille à l'avant montée sur un espars, et qui n'était d'ailleurs pas un *David*, mais un sous-marin que l'on avait renoncé à employer autrement qu'en surface. Les huit hommes de l'équipage (l'hélice était mue à bras) périrent dans l'explosion.

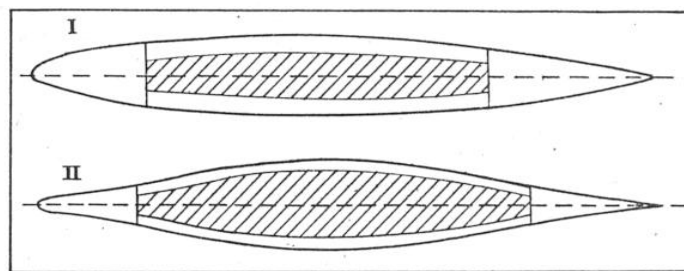


FIG. 7. — COUPES HORIZONTALES DE CUIRASSÉS A FAIBLE ET GRANDE STABILITÉ APRÈS AVARIES DE COMBAT

Les coupes schématiques ci-dessus, supposées faites sous le pont blindé inférieur, représentent, hachuré, le seul volume qui contribue à la flottabilité et à la stabilité quand tous les compartiments que la bombe ou la torpille peut mettre en communication avec la mer sont pleins. Les deux navires ont 240 m de longueur; la largeur totale est de 32 m pour I, 36 m pour II; la largeur du caisson de protection 8 m pour I, 5 m pour II; la longueur relative protégée est de 55 % sur I, 63 % sur II; en outre, les formes de II sont plus affinées aux extrémités que celles de I. La solution II présente des inconvénients si l'on juge de la valeur d'une protection par les échantillons maxima des blindages, ou par la résistance du caisson de protection sous-marine à épaisseur donnée des cloisons; elle présente de même une résistance à l'avancement supérieure à celle de la solution I. Mais elle est très supérieure pour la flottabilité ou la stabilité après avaries causées par les bombes ou les torpilles.

T W 15089

est beaucoup moins aisé pour un navire de ligne que pour un petit bâtiment; les progrès dans l'invisibilité des trajectoires ne le facilitent d'ailleurs guère. Surtout, l'attaque massive d'avions torpilleurs venant de directions convenablement choisies gêne beaucoup la manœuvre de déroberment qui ne peut être efficace à la fois contre toutes les torpilles.

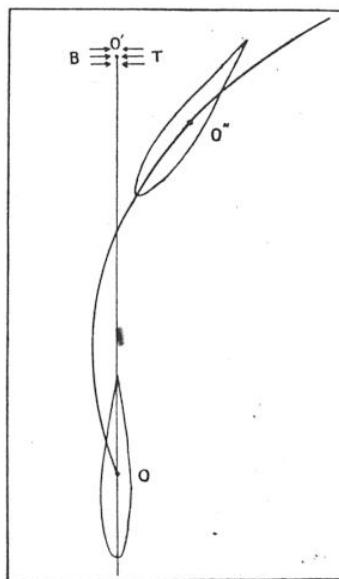
La bombe s'imposera cependant, notamment dans les attaques au mouillage où la torpille serait arrêtée par les obstacles multiples, filets, estacades..., dont on pourrait entourer les objectifs. La discrétion dont les autorités navales américaines ont fait preuve dans leurs communiqués sur les pertes à Pearl Harbour ne permet pas de connaître les détails de l'attaque; peut-être avait-on poussé le mépris de l'adversaire jusqu'à négliger des précautions aussi élémentaires. Mais on doit admettre, en règle générale, que la bombe s'impose dans l'attaque au mouillage; on peut être certain qu'elle y suffira.

La tactique d'emploi de la bombe et de la torpille tend à se fixer sous la forme des vagues à très court intervalle qui mettent en échec la réaction de la défense en l'obligeant à des transports de tir dont la succession rapide est incompatible avec la vitesse de pointage des affûts octuples de 40 mm et avec l'agilité mentale de leurs servants. Bien entendu, on évitera de disperser les attaques dans tous les secteurs; on les concentrera dans le secteur le plus mal défendu en mettant à profit les nombreux obstacles qui garnissent les superstructures des navires de ligne. Le rôle néfaste des superstructures qui avait été signalé ici même (1) paraît démontré une fois de plus; les porte-avions ont beaucoup mieux résisté dans le Pacifique que les cuirassés. L'aviation doit appliquer la leçon, qui lui permettra des succès certains, même avec des effectifs de quelques escadrilles seulement, et sans pertes sensibles. La torpille présente ici une légère infériorité sur la bombe; il faut au moins attaquer de deux directions nettement différentes si l'on veut que l'adversaire ne puisse se dérober.

Les enseignements stratégiques

En présence des résultats obtenus en mer du Nord ou en Méditerranée, il était difficile de nier la puissance de l'aviation en mers étroites. Mais l'exemple de l'Atlantique prêtait à bien des doutes. Pour un succès comme le *Bismarck*,

(1) Voir : « La défense du navire contre l'avion », dans le numéro 289 (septembre 1941).



T W 15088

FIG. 8. — MANŒUVRE DE DÉROBERMENT DEVANT LA TORPILLE D'AVION

La figure représente, à l'échelle du 1/100, un navire de ligne de 240 m essayant de se dérober devant une double attaque d'avions torpilleurs, à bâbord et tribord avant, lançant à 1 000 m de distance. Les torpilles, supposées à 50 nœuds, devront rencontrer le navire en O' s'il continue en route droite à 32 nœuds. S'il se dérobe sur tribord en mettant la barre toute, il suivra une route telle que O O', et se trouvera en O'' à l'instant où les torpilles seront en O'. Il a des chances d'échapper aux torpilles T lancées de tribord, qui seront passées sur son avant. Mais il sera rejoint quelques secondes plus tard par les torpilles B lancées de bâbord. La manœuvre de déroberment a donc peu de succès, en présence de plusieurs escadrilles d'avions lançant de directions différentes convenablement choisies.

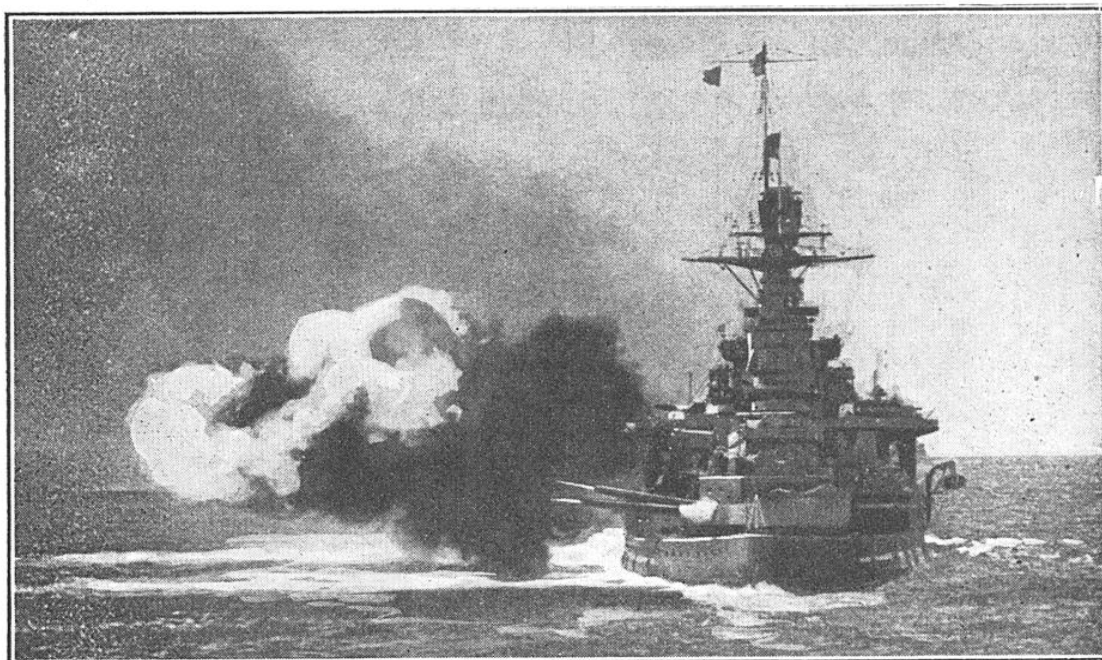
où l'aviation d'exploration avait pu retrouver l'un des deux navires disparus, et l'aviation de combat placer une torpille heureuse dans ses hélices, que d'échecs! Combien de « cuirassés de poche » et de navires de ligne avaient pu sillonner l'océan, couler les navires isolés et les convois, et rentrer à leur base sans être inquiétés! Aussi les immenses étendues du Pacifique, avec les bases échelonnées à plusieurs milliers de kilomètres, paraissaient-elles le dernier refuge des marines de guerre, avec leurs navires à 10 000 milles de rayon d'action et leur imposant accompagnement de pétroliers, de navires-ateliers, de bases flottantes pour sous-marins... Seule cette doctrine explique la quiétude invraisemblable de la marine américaine à Hawaï. Comment une marine qui comptait les croiseurs et les bâtiments par centaines, les avions par milliers eût-elle pu ignorer la présence de porte-avions japonais au voisinage de sa base, au cours d'une longue période de tension internationale, si elle n'avait pas été profondément persuadée de l'impossibilité d'opérations aériennes à 6 000 km du Japon?

L'aviation nipponne aura fait, en décembre 1941, la démonstration définitive qu'aucun navire, en aucune mer du globe, n'est à l'abri de l'avion.

L'avenir du cuirassé

Si les progrès de l'aviation laissent subsister des marines de guerre, le navire de ligne y conservera sa place. Ce n'est pas au moment où la technique aéronautique découvre les vertus du blindage que la technique navale doit renoncer au type de bâtiment le plus propre à les mettre en œuvre.

Mais on peut être assuré que le cuirassé, s'il veut tenir devant l'avion, devra subir une transformation radicale. Ce ne sont pas les 20 000 tonnes supplémentaires des derniers cuirassés américains, judicieusement réparties entre l'armement, la protection et l'appareil propulsif, qui le sauveront de la bombe et de la torpille d'avion. En 1920, contemplant la flotte qu'il avait créée et qui venait de donner la victoire à son pays, Fisher proclamait : « L'avion dominera la guerre, à la fois sur terre et sur mer. Tous ces navires sont à mettre à la ferraille. » Ses successeurs n'ont pas voulu le croire. Ils auront usé jusqu'à la dernière tôle et au dernier tube de chaudière du *Repulse* que Fisher mettait en chantier voici vingt-sept ans, au lendemain du triomphe des croiseurs de bataille aux Falkland, et qui vient de chavirer sous les tor-



F W 15094

FIG. 9. — LE CROISEUR DE BATAILLE ANGLAIS « REPULSE »

Le Repulse, mis en chantier en 1914, était à son entrée en service le plus rapide croiseur de bataille britannique, avec 120 000 ch et 32 nœuds. Ses dimensions : longueur 242 m, largeur (avec bulges rapportées en 1922) 31,3 m, tirant d'eau 9,65 m, sont celles des plus récents navires de ligne. Mais il en diffère beaucoup, car l'appareil propulsif de l'époque était deux fois plus encombrant et deux fois plus lourd qu'aujourd'hui. Aussi avait-il fallu ramener de huit à six le nombre de pièces de 381 mm qu'il devait porter lorsqu'il fut mis en chantier comme cuirassé et réduire la cuirasse de ceinture à 229 mm.

pilles des avions japonais. Il ne suffira pas de mettre un peu plus d'alliages légers dans les turbines à engrenages et un peu plus d'acier au nickel-chrome dans les ponts blindés et le caisson de protection sous-marine pour que les navires qui le remplaceront résistent aux avions de 1968.

Les avions qui viennent de remporter ces succès contre les navires de ligne étaient, en Malaisie, de tous petits avions torpilleurs, et, aux Hawaï, des bombardiers aux performances bien modestes auxquels toute l'aide des bases insulaires du Pacifique central et des porte-avions était indispensable pour qu'ils puissent opérer à 6 000 km de Tokio. Les prototypes des quadrimoteurs de 10 000 ch qui leur succéderont atteignent déjà les 15 000 km de rayon d'action ; le tour du monde aérien sans escale est-il si loin ?

Ce qui a permis les succès japonais, c'est l'attaque d'un seul cuirassé par vingt-sept avions torpilleurs. Quelques jours auparavant, M. Knox, ministre de la marine américaine, venait de nous faire part de son programme : 15 000 avions pour 32 cuirassés. Tous ne seront évidemment pas des avions de combat. Mais, à 300 avions par cuirassé, surtout lorsqu'il y aura dans le nombre quelques quadrimoteurs de 30 tonnes de charge utile, le problème de la défense contre la bombe et la torpille d'avion se posera tout différemment.

Un peu d'imagination aurait peut-être épargné aux marines les coups durs qui viennent de les frapper ; il en faudra beaucoup pour les préserver des catastrophes que le développement de la technique aérienne leur ménage.

Camille ROUGERON.

A nos lecteurs

Réalisez, dès maintenant, une économie, en vous abonnant à " LA SCIENCE ET LA VIE ", C. C. postal 184.05 Toulouse. Prix ; 60 francs.

7

LES RAYONS COSMIQUES ET LES CONSTITUANTS ÉLÉMENTAIRES DE LA MATIÈRE

par H. DENAMUR

Ancien élève de l'Ecole Polytechnique

Les espaces interstellaires sont parcourus continuellement par un rayonnement naturel remarquablement constant dont on n'a pu, jusqu'à présent, mettre en évidence aucune variation de l'intensité moyenne, ni en direction dans l'espace, ni dans le temps. Sur l'origine de ces « rayons cosmiques », qui transportent une énergie énorme en comparaison des autres rayonnements connus, la science n'a pu encore énoncer que des hypothèses sans fondement. Tels qu'on les observe sur la Terre, après traversée de l'atmosphère, ils rassemblent des projectiles de pouvoir pénétrant très divers, parmi lesquels on retrouve la plupart des corpuscules élémentaires de la microphysique. Ainsi l'étude du rayonnement cosmique se trouve-t-elle étroitement liée aux problèmes généraux de la physique atomique ou nucléaire : le positon (électron positif), envisagé d'une manière purement théorique par Dirac, y fut découvert en 1933 par Anderson; le yukon, autre corpuscule hypothétique imaginé en 1935 par Yukawa, semble s'identifier avec le méson ou électron lourd des rayons cosmiques. Ce sera la tâche des prochaines années que d'élucider l'action sur les noyaux atomiques des divers projectiles du rayonnement cosmique qui prendront place probablement parmi les plus puissants moyens de transmutation dont dispose la chimie nucléaire.

D EPUIS leur découverte, en 1901, et jusque vers 1930, l'étude des rayons cosmiques est restée à peu près stationnaire. Elle s'est bornée à constater l'existence d'un rayonnement d'origine extraterrestre, mise en évidence par l'ionisation résiduelle d'une chambre soigneusement isolée et protégée contre toutes les actions extérieures, en particulier celles d'origine radioactive.

Quelques expérimentateurs montrent, vers 1910, que cet effet d'ionisation croît avec l'altitude, ce qu'on peut expliquer par la présence d'un rayonnement d'origine cosmique pénétrant dans l'atmosphère. Tous les chercheurs tombent rapidement d'accord sur ce point, et ils s'appliquent alors à déterminer l'énergie et l'origine de ces rayons. On mesure leur coefficient d'absorption dans l'atmosphère et dans diverses substances, et l'on étudie leurs variations périodiques ou séculaires. On constate universellement leur analogie avec les rayons gamma des substances radioactives.

C'est en 1929 que Skobelzyn d'abord, Bothe et Kolhörster ensuite, établissent l'existence, dans le rayonnement cosmique, de rayons corpusculaires, formés de particules électrisées. Les investigations entreprises à ce sujet montrent même qu'il est fort probable que les rayons cosmiques primaires — c'est-à-dire ceux arrivant des espaces interstellaires dans les couches supérieures de l'atmosphère — soient pour la plus grande part de nature corpusculaire. Dès lors, deux courants de recherches explorent ce nouveau domaine de la physique :

s'attachant à débrouiller, d'une part, les questions relatives à la nature des rayons cosmiques, leur composition, leur énergie, leur distribution géographique, leur évolution; et d'autre part, les modalités de leur interaction avec la matière. Ces dernières études se rattachent à la physique nucléaire et sont beaucoup moins avancées que les premières, par suite des difficultés inhérentes à la « domestication », en vue de l'expérimentation, d'un rayonnement naturel de composition encore mal élucidée.

Les appareils de détection des rayons cosmiques

Les appareils utilisés pour l'étude expérimentale des rayons cosmiques sont en général ceux de la physique atomique ou nucléaire moderne, mais les méthodes sont notablement différentes, plus voisines de celles de l'astronomie ou de la physique du globe.

Dans la *chambre d'ionisation* (fig. 1), le passage d'un corpuscule chargé engendre des ions qui sont collectés par des électrodes au moyen d'un champ électrique peu élevé. Un oscillographe cathodique permet l'amplification proportionnelle du courant ainsi engendré. On compte donc le nombre d'ions produits par le ou les corpuscules qui ont traversé la chambre, nombre qui dépend essentiellement de leur masse, de leur vitesse et de leur parcours intérieur à la chambre; mais on ignore la nature, la direction et le nombre de ces corpuscules. Bien que, pour cette raison, les résultats qu'elles puissent fournir semblent assez limités, les

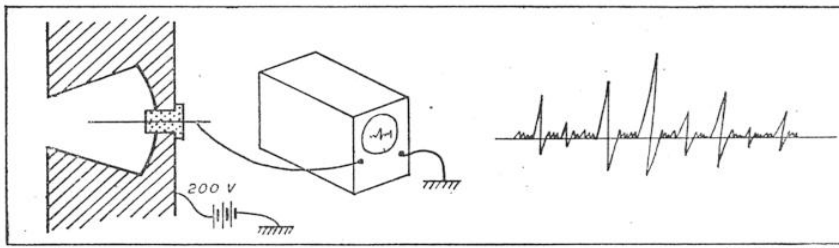


FIG. 1. — CHAMBRE D'IONISATION BRANCHÉE SUR UN OSCILLOGRAPHÉ CATHODIQUE POUR LA DÉTECTION DES RAYONS COSMIQUES

Le rayonnement cosmique, en traversant la chambre, provoque l'apparition d'ions qui sont attirés par la pointe métallique au centre de la chambre. Le faible courant électrique qui en résulte est amplifié et dévie le spot d'un tube cathodique. Les pointes du diagramme montrent que la production d'ions et, par conséquent, le rayonnement cosmique sont discontinus.

renseignements donnés par des chambres d'ionisation installées à grande altitude ont apporté des éclaircissements sur l'évolution des rayons cosmiques dans les hautes couches de l'atmosphère.

La chambre de Wilson (fig. 2) offre beaucoup plus d'intérêt, puisqu'elle permet de photographier le trajet des particules matérielles que contient le rayonnement cosmique. Elle utilise la condensation en gouttelettes de vapeur d'eau sursaturée sur le passage des rayons ionisants. En même temps qu'apparaissent immédiatement la direction et le nombre des corpuscules, elle permet, en la plaçant dans un champ magnétique, de connaître le signe de leur charge et, par la mesure de la courbure des trajectoires, de mesurer leur énergie.

Enfin, les compteurs de Geiger-Müller (fig. 3) relèvent encore plus spécialement de la technique des rayons cosmiques. Un tel compteur consiste en un tube de métal cylindrique, dans l'axe duquel passe un filament; on établit entre cylindre et filament une différence de potentiel de l'ordre de 1500 volts, créant un fort gradient de champ à l'intérieur du tube. Lorsqu'un corpuscule ionisant traverse celui-ci, les ions produits se dirigent avec une grande vitesse vers les électrodes, libèrent sur leur passage de nouveaux ions, et déclenchent ainsi un processus catastrophique qui amène la décharge du tube. En enregistrant cette décharge sur un simple compteur téléphonique, on peut compter par ce procédé les rayons ionisants passant en un endroit donné, du moins jusqu'à une certaine limite de fréquence (1).

(1) En effet, l'appareil possède un « temps mort », de l'ordre d'un millième de seconde, suivant immédiatement chaque décharge, pendant lequel il n'est plus réceptif. Un corpuscule tombant sur le compteur moins d'un millième de seconde après le premier ne sera pas enregistré, puisque l'appareil est encore en cours de fonctionnement par suite du passage du premier. Le calcul des probabilités établit une relation entre la fréquence enregistrée et la fréquence réelle en fonction du temps mort.

On utilise les compteurs d'une manière particulièrement féconde en les groupant en « coïncidences ». On les branche à cet effet sur un sélecteur qui n'enregistre que les événements simultanés de tous les compteurs. On conçoit que cette simultanéité soit toute relative. Il faut que les chocs électriques produits par les décharges des différents compteurs se superposent durant un temps suffisant pour actionner le sélecteur, définissant de cette manière un « temps de résolution » au-dessus duquel deux décharges ne sont plus comptées comme simultanées. On compte alors les groupes de corpuscules tombés sur le dispositif dans un intervalle inférieur à environ un cent millième de seconde. Parmi ces groupes, certains sont dits « cohérents », c'est-à-dire qu'ils font partie d'un même phénomène collectif, auquel nous donnerons plus loin le nom de gerbes; d'autres sont purement fortuits et résultent de simultanéités accidentelles plus ou moins rigoureuses. On enregistrera d'autant plus de ces dernières que le « temps de résolution » sera plus grand; c'est pourquoi l'on dit que le pouvoir sépara-

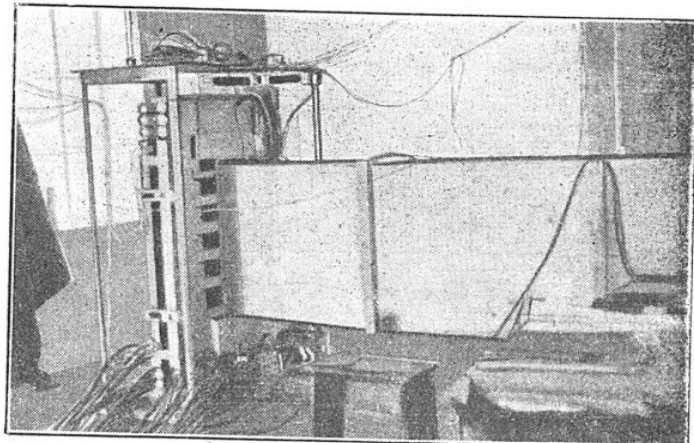


FIG. 2. — UNE CHAMBRE DE WILSON ÉQUIPÉE POUR L'ÉTUDE DES RAYONS COSMIQUES

A gauche, la chambre de Wilson entourée d'une bobine destinée à produire le champ magnétique. Cette bobine est refroidie par une circulation d'eau dont on aperçoit les tubes d'évacuation au bas de l'appareil. La longue caisse, à droite de la figure, est une chambre noire à l'intérieur de laquelle est logé l'appareil photographique. Cette chambre de Wilson est équipée pour mettre en évidence les rayons cosmiques qui se propagent dans une direction voisine de la verticale. Pour cela, elle se trouve placée entre deux compteurs de Geiger-Müller, placés respectivement au-dessus et au-dessous d'elle. Quand ceux-ci enregistrent des décharges en coïncidence (passage d'un rayon cosmique à travers les deux compteurs et la chambre), ils déclenchent simultanément la détente de la vapeur dans la chambre de Wilson, l'allumage de la lampe d'éclairage de cette chambre et le fonctionnement de l'appareil photographique.

teur du sélecteur varie en raison inverse de cette caractéristique. Le calcul des probabilités permet de connaître le nombre des coïncidences fortuites et d'en tenir compte dans les observations. D'ailleurs, on comprend facilement que leur

nombre diminue rapidement avec le nombre de compteurs employés : pour trois, il est déjà insignifiant vis-à-vis des coïncidences de gerbes. On peut aussi obtenir directement leur nombre en décalant le circuit d'un des compteurs par rapport aux autres, au moyen par exemple d'un condensateur; on élimine ainsi les coïncidences de gerbes et on n'enregistre plus que les décharges qui ont un décalage donné dans le temps. Le calcul des probabilités montre que la fréquence des décharges satisfaisant à cette condition est la même que celle des décharges dont la simultanéité est purement accidentelle.

Enfin, on peut encore grouper les compteurs en « anti-coïncidences, c'est-à-dire ne compter que les coïncidences qui n'affectent pas un ou plusieurs compteurs, la décharge d'un des compteurs disposés en anti-coïncidence par rapport aux autres suffisant à interdire l'enregistrement.

Cette variété de combinaisons offre une grande richesse d'expérimentation, d'autant plus favorable que l'ensemble des appareils nécessaires constitue un fardeau d'encombrement assez réduit, susceptible d'être emmené dans la haute atmosphère ou sous l'eau. Les compteurs de Geiger-Müller placés en coïncidence permettent d'observer le rayonnement dans un angle solide déterminé et se prêtent particulièrement à son étude dans différentes directions.

Les appareils ci-dessus ne peuvent, en principe, déceler que les corpuscules ionisants, c'est-à-dire chargés électriquement, tels que l'électron ou le proton. Ils sont donc insensibles à des corpuscules neutres, comme le neutron, ou à la particule élémentaire d'énergie, le photon. Cependant, nous verrons que le photon des rayons cosmiques (1), pouvant donner

(1) Les rayons cosmiques ne peuvent être classés parmi les rayonnements, au sens classique du mot, que par les photons qu'ils contiennent, susceptibles d'être associés à une longueur d'onde et un « quantum d'action ». Les électrons et mésons qu'on y trouve les classeraient plutôt parmi les émissions corpusculaires, comme les rayons « alpha » ou « bêta » des substances radioactives. Il est vrai que la mécanique ondu-

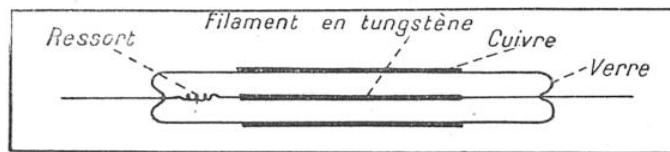


FIG. 3. — SCHÉMA D'UN COMPTEUR DE GEIGER ET MULLER

L'organe de détection du compteur de Geiger et Müller se compose d'un tube contenant un mélange d'argon et d'hydrogène très raréfié. On produit une forte différence de potentiel (1 500 volts) entre le fil central et les parois du tube. Quand un rayon cosmique traverse l'atmosphère du tube, il l'ionise et amorce une décharge entre le filament et la paroi du tube. Les décharges sont comptées automatiquement par un compteur téléphonique.

la radioactivité artificielle, en interposant par exemple du bore (1) sur son parcours.

L'exploration du globe par les détecteurs de rayons cosmiques

Alors que ces mêmes appareils sont utilisés en installations fixes dans les laboratoires de physique nucléaire, l'étude des rayons cosmiques requiert d'eux une mobilité à toute épreuve afin de multiplier les lieux d'observation. De nombreux voyages ont été effectués à la surface du globe, destinés à évaluer les variations du rayonnement avec la latitude. En altitude, les recherches sont d'un intérêt primordial, tant pour la mesure du coefficient d'absorption de l'atmosphère que pour l'obtention d'un rayonnement primaire de plus en plus pur. Or, les installations fixes ne peuvent guère dépasser 5 000 mètres, ce qui n'est d'ailleurs possible que dans certains cols de la Cordillère des Andes. Des physiciens américains ont poussé les vols en avion jusqu'à près de 10 000 m. Des chercheurs particulièrement audacieux, comme MM. Piccard et Cosyns, s'y sont attaqués avec des ballons emmenant des passagers. Enfin, le professeur Wohland et ses collaborateurs, de Columbia (Etats-Unis), ont mis au point des ballons-sondes atteignant des altitudes voisines de 40 000 m. Dans une autre direction, le professeur Millikan a étudié l'absorption du rayonnement dans l'eau des lacs, avec des appareils dont l'immersion dépassait 1 000 m.

Variations de l'intensité du rayonnement cosmique dans le temps et dans l'espace

Comme on s'est d'abord préoccupé de l'origine des rayons cosmiques, les premières recherches ont porté surtout sur leurs variations avec le temps et le lieu d'observation. En fonction du

latoire a aboli cette nuance en considérant corpuscules de matière et photons d'énergie comme les deux faces d'une même réalité.

(1) Le bore est désintégré par les neutrons avec émission de particules α .

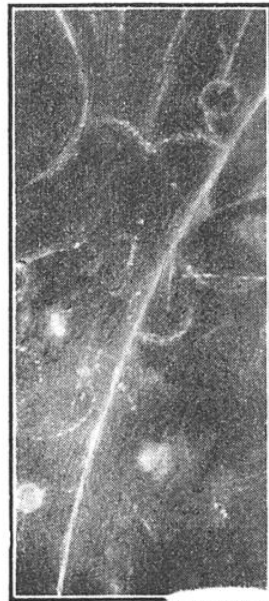
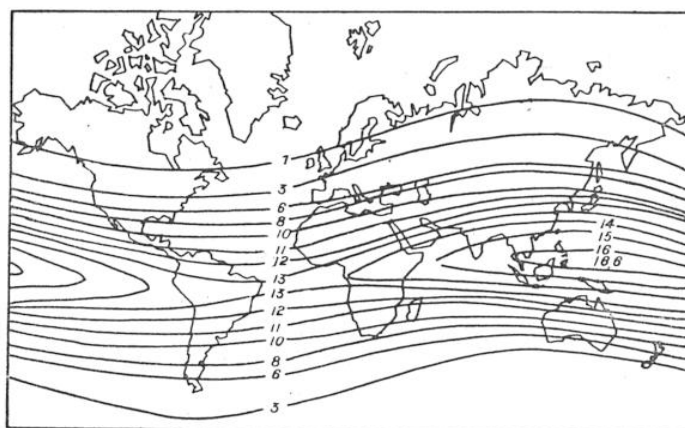


FIG. 4. — TRAJECTOIRE D'UN PROTON DE RAYONNEMENT COSMIQUE DANS UNE CHAMBRE DE WILSON

L'ionisation produite par le passage d'un proton dans la chambre de Wilson est beaucoup plus considérable que celle qui marque le parcours d'électrons de faible énergie. Tandis que ceux-ci décrivent des cercles fermés sous l'action du champ magnétique, le proton décrit un cercle à grand rayon de courbure.



T W 15030

FIG. 5. — VARIATION DE LA COMPOSITION DU RAYONNEMENT COSMIQUE EN FONCTION DE LA LATITUDE

Les lignes de force du champ magnétique terrestre dévient vers les pôles les particules électrisées du rayonnement cosmique, et cela d'autant plus que ces particules possèdent moins d'énergie. Au-dessous d'une certaine valeur de l'énergie ($10,6 \times 10$ eV), la particule ne peut pas atteindre l'équateur. Pour chacune des valeurs de l'énergie inférieures à cette limite, il existe deux lignes qui séparent, de part et d'autre de l'équateur, une « zone interdite » de plus en plus large à mesure que l'énergie des corpuscules s'abaisse. Si les pôles magnétiques de la Terre coïncidaient avec ses pôles géographiques, ces zones interdites seraient délimitées par des parallèles. Comme ils en sont légèrement décalés, cette dissymétrie provoque une déformation de ces lignes. Les chiffres mesurent des énergies en milliards d'électrons-volts.

temps, on n'a pu mettre en relief aucune variation sensible, périodique ou séculaire, de leur intensité; ils se sont montrés remarquablement constants en un point donné du globe; seuls, les orages magnétiques provoquant des changements de fréquence (1) aussi passagers que le météore. En particulier, les aurores boréales ne troublent en rien leurs caractéristiques, ce qui prouve que l'émission électronique du soleil accompagnant ce phénomène ne présente aucun point commun avec les rayons cosmiques. Cependant, des mesures très soignées ont révélé récemment une légère oscillation diurne de l'intensité cosmique; on suppose qu'il y a là un effet secondaire dû aux variations du champ magnétique terrestre au cours du jour solaire (fig. 7).

Par contre, les fréquences observées en différents points du globe ont manifesté des variations significatives et obéissent à des lois très nettes. On s'est aperçu que l'énergie moyenne des rayons incidents au niveau de la mer à l'Equateur était bien supérieure à celle observée à nos latitudes. Le champ magnétique terrestre en est évidemment la raison. Stoermer, puis Lemaître et Vallarta, ont établi une théorie restituant assez bien les aspects qualitatifs et quantitatifs de cette influence. Ils

(1) La fréquence ou l'intensité des rayons cosmiques se compte en nombre de corpuscules traversant par unité de temps un appareil détecteur tel qu'un compteur de Geiger-Müller.

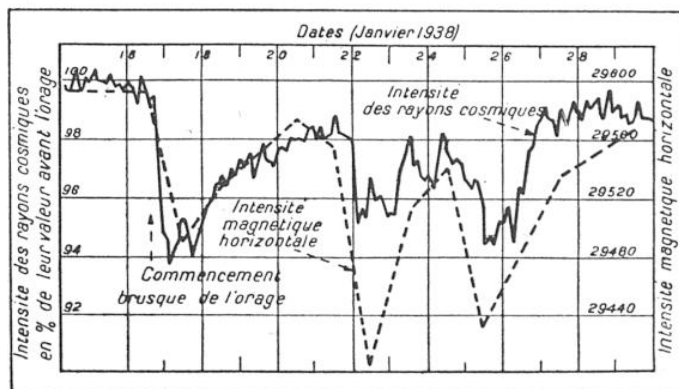
ont montré que seul les électrons d'énergie supérieure à 17 milliards d'électrons-volts peuvent atteindre la Terre à l'Equateur, le champ terrestre incurvant leur trajectoire vers des altitudes plus élevées si leur énergie est moindre. C'est bien ce que donne l'expérience. Il correspond ainsi à une latitude donnée un seuil d'énergie au-dessous duquel les électrons sont arrêtés par le champ terrestre. Cette influence dépend d'ailleurs plus exactement de la latitude géomagnétique que de la latitude géographique, légèrement différente de la première.

On observe également un curieux « effet est-ouest », suivant lequel l'intensité des rayons venant de l'ouest est supérieure dans une proportion allant jusqu'à 15 % à celle des rayons venant de l'est. Cela provient vraisemblablement d'un excès d'électrons positifs sur les électrons négatifs parmi les rayons primaires.

Les corpuscules présents dans les rayons cosmiques

L'étude de l'absorption des rayons cosmiques dans la matière a conduit à en distinguer deux groupes : le groupe « mou » et le groupe « dur ». Le premier se caractérise par une absorption rapide dans de faibles épaisseurs de matière, équivalent à des épaisseurs de plomb inférieures à 10 cm. Le second se montre au contraire extraordinairement pénétrant, à tel point qu'on en retrouve la moitié après 1 mètre de plomb interposé sur son passage.

Quels sont donc les corpuscules constituant les rayons cosmiques et leur proportion dans les deux groupes fondamentaux? Nous avons déjà vu qu'on y rencontrait des photons ou



T W 15023

FIG. 6. — L'INFLUENCE DES GRANDS ORAGES MAGNÉTIQUES SUR LA FRÉQUENCE DU RAYONNEMENT COSMIQUE

Le champ magnétique terrestre incurve vers les pôles les trajectoires des corpuscules électrisés du rayonnement cosmique. Si l'intensité du champ décroît, le nombre des particules captées décroît; la diminution de l'intensité du rayonnement cosmique reçu à la surface de la Terre ne signifie pas, d'ailleurs, que celle du rayonnement primaire varie; cette dernière, au contraire, semble parfaitement constante.

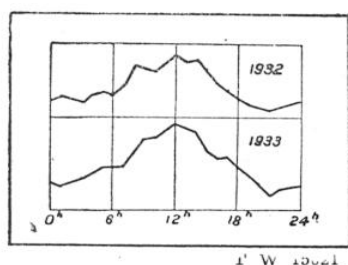


FIG. 7. — VARIATION DE L'INTENSITÉ DES RAYONS COSMIQUES AU COURS D'UNE JOURNÉE

Cette variation est extrêmement faible, inférieure à 0,5 %. On a cependant pu mettre en évidence l'existence d'un maximum vers midi.

à un électron, sauf que le champ magnétique courbait sa trajectoire en sens inverse de ce qu'on aurait pu attendre : c'était l'électron positif, qu'on s'aperçut après coup figurer aussi sur des clichés de rayons gamma des substances radioactives. Le théoricien Dirac avait été amené à envisager *a priori* un tel corpuscule à charge positive, présentant des incompatibilités avec le proton déjà connu, mais sans qu'il eût pu préciser sa masse. Le nouveau venu s'identifiait parfaitement à ce corpuscule théorique, venant même rétablir une curieuse symétrie entre les charges d'électricité dans les constituants de la matière — symétrie d'ailleurs toute de principe, car l'électron positif ou positon présente des propriétés bien différentes de celles de l'électron négatif ou négaton.

L'étude du positon devait conduire à une des manifestations les plus simples et les plus belles de l'équivalence de la matière et de l'énergie. Le positon est pratiquement instable et, lors de sa rencontre avec un négaton, il y a émission de deux photons dont l'énergie globale rend compte non seulement de l'énergie cinétique des corpuscules en collision, mais encore de toute l'énergie due à leur dématérialisation, calculée par la formule d'Einstein. Inversement, un photon d'énergie suffisante, comme un photon de rayons γ ou *a fortiori* un photon cosmique, au voisinage d'un noyau d'atome, peut se matérialiser en une paire positon-négaton.

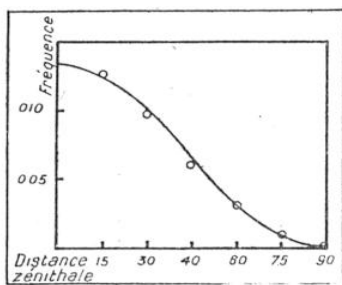


FIG. 8. — FRÉQUENCE DES RAYONS COSMIQUES EN FONCTION DE LEUR INCLINAISON SUR LA VERTICALE, EN UN MÊME POINT DE LA TERRE

La diminution de la fréquence des rayons cosmiques, en fonction de leur inclinaison sur la verticale, tient principalement à la plus grande épaisseur de la couche d'air traversée quand celle-ci est abordée obliquement au lieu de l'être suivant la verticale.

grains d'énergie, invisibles sur une photographie de chambre de Wilson. Il y a également, sans doute possible, des électrons et des protons, constituants classiques des atomes. C'est en 1932 que l'Américain Anderson découvrit sur un cliché un corpuscule en tout point analogue

à un électron, sauf que le champ magnétique courbait sa trajectoire en sens inverse de ce qu'on aurait pu attendre : c'était l'électron positif, qu'on s'aperçut après coup figurer aussi sur des clichés de rayons gamma des substances radioactives. Le théoricien Dirac avait été amené à envisager *a priori* un tel corpuscule à charge positive, présentant des incompatibilités avec le proton déjà connu, mais sans qu'il eût pu préciser sa masse. Le nouveau venu s'identifiait parfaitement à ce corpuscule théorique, venant même rétablir une curieuse symétrie entre les charges d'électricité dans les constituants de la matière — symétrie d'ailleurs toute de principe, car l'électron positif ou positon présente des propriétés bien différentes de celles de l'électron négatif ou négaton.

L'étude du positon devait conduire à une des manifestations les plus simples et les plus belles de l'équivalence de la matière et de l'énergie. Le positon est pratiquement instable et, lors de sa rencontre avec un négaton, il y a émission de deux photons dont l'énergie globale rend compte non seulement de l'énergie cinétique des corpuscules en collision, mais encore de toute l'énergie due à leur dématérialisation, calculée par la formule d'Einstein. Inversement, un photon d'énergie suffisante, comme un photon de rayons γ ou *a fortiori* un photon cosmique, au voisinage d'un noyau d'atome, peut se matérialiser en une paire positon-négaton.

Après la découverte de l'électron positif, l'examen des rayons cosmiques n'en demeurerait pas moins un motif de perplexité, en raison de tra-

jectoires qu'on ne pouvait attribuer à des électrons ou des protons. Le corpuscule responsable était trop peu ionisant pour être un proton (dont la masse est égale à 1850 fois celle de l'électron), et son pouvoir pénétrant à travers des écrans métalliques trop fort pour être attribué à un électron. C'était de toute évidence le constituant essentiel du groupe « dur ». On ne pouvait sortir de l'impasse qu'en imaginant un nouveau spécimen de la « faune » corpusculaire, de masse intermédiaire entre celles de l'électron et du proton. On le baptisa *mésoton* ou « électron lourd ».

L'existence du mésoton est maintenant à peu près généralement admise. Pourtant, il faut

avouer qu'on ne possède encore que peu de renseignements à son sujet. De sa masse même, les déterminations sont rares bien qu'elles évoluent presque toutes autour d'environ 200 fois la masse de l'électron. Anderson l'a trouvée égale à 220, et récemment M. Leprince-Ringuet, sur un cliché de choc entre un mésoton et un électron, a pu calculer la valeur 240.

Vers 1935, le physicien japonais Yukawa, construisant une théorie de la stabilité nucléaire, fut amené à faire intervenir dans la constitution du noyau un corpuscule positif ou négatif — appelé « yukon » — susceptible d'expliquer la force de cohésion dans les noyaux atomiques, entre le proton et le neutron, sans action électrostatique l'un sur l'autre, puisque le neutron ne possède pas de charge électrique.

Yukawa suppose que la rencontre d'un proton et d'un yukon négatif engendre un neutron et que la rencontre d'un neutron et d'un yukon positif engendre un proton (1). La liaison qui maintient dans le noyau neutron et proton serait due à un échange continu de yukons se traduisant par une permutation périodique du proton et du neutron. Ainsi, le yukon aurait une vie très brève, que le calcul montre être de l'ordre du millionième de seconde. Là encore, la masse du yukon n'était

(1) Ces réactions obéissent au principe de l'équivalence de la masse et de l'énergie. La disparition du yukon est ici compensée par la mise en jeu d'une énergie de liaison qui maintient la cohésion du noyau.

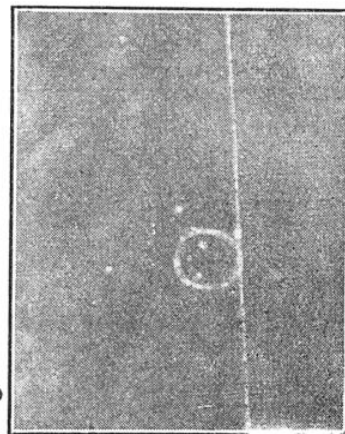


FIG. 9. — CHOC ÉLASTIQUE D'UN MÉNOTON ET D'UN ÉLECTRON

Quoique chargé électriquement, le mésoton possède une telle énergie que sa déviation par le champ magnétique est ici imperceptible. Si on augmente la valeur du champ de façon à pouvoir mesurer simultanément les rayons des trajectoires de l'électron et du mésoton, on peut évaluer la masse et la charge de celui-ci. L'énergie considérable du mésoton explique également qu'il ne soit pratiquement pas dévié par son choc avec l'électron.

pas donnée d'une façon certaine par la théorie, mais l'attribution d'une masse voisine de 200 (toujours comptée avec la masse de l'électron pour unité), cadrerait assez bien avec l'ordre de grandeur du rayon d'action des forces nucléaires. Naturellement, il était tentant de rapprocher le yukon et le mésoton. La découverte d'une vie moyenne du mésoton fut un facteur important de leur identification, outre le domaine commun de leurs masses.

Millikan, ayant immergé des appareils détecteurs dans des lacs de montagne, s'arrangea pour que la couche d'eau surmontant les appareils fût équivalente au point de vue absorption à la couche d'air séparant le niveau de la mer de la surface du lac. Pour le groupe dur, constitué de mésotons, l'intensité du niveau de la mer était notablement inférieure à celle observée dans le lac. C'était donc que les mésotons donnaient lieu à un phénomène autre que l'absorption par la matière interposée. Le physicien italien Rossi montra comment cela s'expliquait par l'existence d'une vie moyenne des mésotons. En effet, en les supposant engendrés dans les couches supérieures de l'atmosphère, leur raréfaction en se rapprochant de la terre tient à deux causes : l'absorption normale par la matière traversée, et la « mort » après un certain temps de course. Il se superpose à l'absorption réelle, fonction de la masse de la matière interposée, une absorption apparente due à la désintégration progressive des mésotons, fonction de la distance parcourue. Plus l'on s'élève en altitude, plus les chances sont faibles pour que les mésotons meurent avant d'atteindre les appareils, ce qui explique les différences d'intensité observées entre le niveau de la mer et la montagne pour des couches absorbantes équivalentes, la couche d'eau étant beaucoup plus mince que la couche d'air. On retrouva le phénomène en étudiant l'intensité du groupe dur dans des directions faisant des angles variables avec le zénith, ce qui revient à imposer des trajets différents aux mésotons à partir du sommet de l'atmosphère. Les calculs auxquels aboutirent ces diverses méthodes donnèrent tous des valeurs de la vie moyenne avoisinant un millionième de seconde.

La théorie de Yukawa suppose aussi que le yukon puisse se décomposer en un électron et une particule neutre (peut-être le neutrino des rayons β (1)). C'est ce qu'on admet généralement pour les rayons cosmiques : les mésotons en mourant donneraient naissance à un

(1) Voir : « A la Recherche du Neutrino », dans *La Science et la Vie*, no 291 (novembre 1941).

électron d'annihilation. A vrai dire, il n'y a encore aucune trace expérimentale de ce processus, ce qui ne laisse pas d'être inquiétant car sa probabilité de production ne semble pas devoir être tellement faible.

Reste à expliquer comment le yukon des noyaux d'atomes se retrouve dans le mésoton des rayons cosmiques ! C'est ce dont nous dirons quelques mots à propos des récentes théories sur les rayons cosmiques primaires.

On trouve également, comme nous l'avons déjà mentionné, des neutrons dans les rayons cosmiques ; leur étude est tout à fait à ses débuts et l'on n'a encore aucune idée d'ensemble sur leur rôle et leur évolution.

Enfin, nous mentionnerons que certains auteurs font intervenir dans les rayons cosmiques un corpuscule de même masse que le mésoton, mais électriquement neutre, appelé « neutretto ». Son existence, imaginée en corrélation avec certaines théories du noyau analogues à celle de Yukawa, est des plus hypothétiques.

Les gerbes

Nous aborderons maintenant un aspect capital des rayons cosmiques : celui des gerbes. Les dispositifs de compteurs en coïncidence permettent d'observer que, parmi les coïncidences enregistrées, peu sont dues à une simultanéité fortuite d'arrivée des rayons sur les compteurs. La plupart des rayons incidents sont donc associés au cours de leur traversée de l'atmosphère. Certains clichés de chambres de Wilson montrent de telles associations ou gerbes, dont certaines issues des parois de la chambre. Les gerbes sont composées en presque totalité de photons et d'électrons des deux signes ; elles évoluent par un processus multiplicatif, un corpuscule initial donnant naissance à plusieurs autres qui se partagent son énergie, et, de proche en proche, il se développe une cascade constituée de corpuscules de plus en plus nombreux, et dotés individuellement de moins en moins

d'énergie. Les derniers corpuscules d'une gerbe, peu énergiques, sont facilement absorbés par la substance qui les entoure. Donc, si l'on compte les rayons sous des écrans de plomb d'épaisseur croissante, leur nombre croîtra d'abord avec celui des corpuscules de gerbes engendrés dans le plomb, puis décroîtra lorsque les gerbes auront atteint leur amplitude maximum et commenceront à être absorbées.

Bien entendu, les gerbes de faibles dimensions observées dans du plomb se produisent aussi bien dans l'air, mais sur une échelle



T W 15029

FIG. 10. — GERBE DE RAYONS COSMIQUES PÉNÉTRANT DANS LA CHAMBRE DE WILSON

La gerbe est issue d'un angle de la chambre. Elle est composée d'un grand nombre de corpuscules d'énergie très diverse, inégalement déviés par le champ magnétique. Ces particules sont, les unes positives, les autres négatives, ce qui se traduit par une déviation tantôt à droite, tantôt à gauche.

beaucoup plus grande. M. Auger en a observées dont le diamètre atteignait 300 mètres. En admettant que les gerbes présentent une symétrie de révolution, Euler a calculé que la moitié de leurs corpuscules à leur amplitude maximum étaient contenus dans un cylindre de rayon 15 m pour l'air et 2 mm pour du fer.

Les gerbes sont les seuls phénomènes des rayons cosmiques dont la théorie puisse déjà rendre compte de manière aussi satisfaisante et aussi complète que possible. Bhabha et Heitler, puis Carlson et Oppenheimer ont mis au point une théorie qui semble jusqu'ici s'adapter sans difficulté aux données de l'expérience en cette matière : un électron, passant près d'un noyau d'atome de la matière traversée, est freiné violemment et l'énergie qu'il perd au cours du ralentissement est émise sous forme de photons venant grossir la gerbe; par contre, un photon arrivant au voisinage d'un noyau se matérialise en une paire positon-négaton comme nous l'avons expliqué plus haut. A l'origine de la gerbe, se trouve un seul électron provenant de l'extérieur de l'atmosphère, auquel un calcul approximatif de M. Auger montre qu'il faut attribuer l'énergie extraordinaire d'un million de milliards d'électrons-volts (1). La moyenne du nombre total de corpuscules en fin d'évolution de la gerbe est de l'ordre du million.

On admet actuellement que les électrons cosmiques arrivant au niveau de la mer sont, ou bien des électrons de gerbes atmosphériques, ou bien des électrons d'annihilation de mésotons.

Quelle est la nature des rayons cosmiques primaires ?

En somme, on voit que tous les corpuscules de la physique moderne sont représentés au sein des rayons cosmiques. Ceux-ci apparaissent donc comme une pluie de débris de la matière. Il est naturel de se demander d'où viennent ces débris, et, à ce titre, comment se présentent les rayons cosmiques à leur arrivée dans l'atmosphère de notre globe, c'est-à-dire quelle est la nature des rayons primaires.

Jusqu'à 1940, on admettait généralement que ces rayons primaires étaient des électrons positifs et négatifs de très grande énergie; l'effet est-ouest semblait montrer que les électrons positifs étaient en nombre nettement supérieur aux électrons négatifs. Dès leur entrée dans l'atmosphère, ces électrons donnaient

(1) Les électrons des rayons β du radium ont au maximum quelques millions d'électrons-volts.

naissance soit à des gerbes, soit, par un processus entièrement ignoré, à des mésotons.

Ces tout derniers mois, l'école américaine se rallie avec conviction à l'idée, soutenue auparavant par quelques isolés, que les rayons cosmiques primaires sont des protons. Par collision avec un des noyaux qu'il est amené à rencontrer dès son arrivée dans l'atmosphère, chaque proton engendrerait un certain nombre de mésotons, une dizaine en moyenne. La plupart de ces mésotons, environ 8 sur 10, seraient désintégrés en électrons dans la haute atmosphère raréfiée où ils franchissent de longues distances sans absorption notable; ces électrons à leur tour donneraient naissance à des gerbes, composant le groupe mou; une faible proportion de mésotons non désintégrés peut arriver jusqu'au sol où elle se manifeste sous l'aspect du groupe « dur ». Cette théorie est très embryonnaire et nous ne la citons que comme dernière-née de la physique cosmique. Elle a le mérite d'éclairer un peu la raison pour laquelle on retrouve dans les rayons cosmiques le ykon des forces nucléaires.

En ce qui concerne la source même des rayons cosmiques, il n'existe que des hypothèses des plus gratuites, car il semble résulter de toutes les observations que le rayonnement primaire est désespérément isotrope, c'est-à-dire qu'on ne peut lui attribuer la moindre direction privilégiée à son arrivée dans l'atmosphère.

Ainsi, d'un amas déjà imposant d'observations sur les rayons cosmiques, n'ont encore jailli que peu de certitudes. C'est encore le chaos et la confusion propres à toute étude dans l'enfance. Cependant, son intérêt ne peut échapper à personne, tant par ses rapports avec la physique nucléaire que par sa nature cosmique. Si l'on veut bien nous permettre d'être quelque peu hardi, nous avancerons que la plupart des questions posées par les rayons cosmiques trouveraient probablement leurs réponses par la réalisation des voyages interplanétaires. Comme nous risquons d'attendre encore quelque temps le nouveau Christophe Colomb qui osera cette aventure, il faut pour le moment nous satisfaire des connaissances d'acquisition pénible, mais en progrès constant, que la mince pellicule explorable à la surface du globe peut nous révéler.

H. DENAMUR.

N. D. L. R. — Les photos fig. 2, 4, 9 et 10 proviennent du Laboratoire des Rayons Cosmiques de l'Ecole Polytechnique dirigé par M. L. Leprince-Ringuet, professeur à l'Ecole.

Un certain nombre de bactéries, le « *Bacillus Methanicus* » par exemple, sont capables d'assimiler les carbures d'hydrogène et de prospérer par suite au voisinage des puits de pétrole. La Standard Oil Company vient de mettre au point un curieux procédé de prospection fondé sur cette constatation. Il consiste à ensementer du sable purifié avec ces bactéries et enfouir dans le sol, à intervalles réguliers, de petits échantillons de ce sable. Deux ou trois semaines plus tard, l'analyse de ce sable révèle si ces bactéries, trouvant dans les gaz qui leur sont parvenus du sous-sol une nourriture favorable, ont plus ou moins prospéré. Ainsi peut être rapidement et économiquement dressée une carte de la région prospectée indiquant avec une approximation déjà intéressante la présence dans le sol de carbures d'hydrogène et guidant ainsi les sondages ultérieurs.

LE BOMBARDEMENT DE JOUR AVEC ESCORTE DE CHASSE ET LE CHASSEUR BOMBARDIER

par André FOURNIER

Pendant la première année de la guerre, le bombardement de jour a connu la faveur de l'aviation allemande; elle y a renoncé au début de l'hiver 1940 pour se consacrer exclusivement aux opérations de nuit. Pendant plusieurs mois, le bombardement de jour a été pratiqué à nouveau sur le front occidental, mais cette fois par l'aviation britannique, malgré des pertes sévères. Il est possible que les résultats directs des bombardements aient été moins recherchés que la contre-partie de ces pertes mêmes, c'est-à-dire l'usure de la chasse adverse. Le nombre des chasseurs détruits ou endommagés est, en effet, beaucoup plus élevé dans les opérations de jour que de nuit, par suite non seulement de la réaction des bombardiers, mais aussi de l'intervention des chasseurs qui escortent les escadres lourdes à la limite de leur rayon d'action. L'augmentation de ce rayon d'action des chasseurs, l'accroissement de l'altitude de navigation des bombardiers, la réalisation de chasseurs capables d'effectuer par eux-mêmes des opérations de bombardement, sont autant de facteurs qui favoriseront les offensives aériennes de jour, infiniment plus efficaces que celles de nuit, et qui leur vaudront de jouer un rôle de plus en plus important dans les communiqués des prochains mois.

Le retour au bombardement de jour

LE bombardement de jour et le bombardement de nuit connaissent, au cours de la guerre actuelle, ces retours périodiques de faveur, déjà observés au cours de la précédente, suivant la puissance des escortes, les progrès de la chasse de nuit, les effectifs disponibles, l'intérêt qu'on peut trouver à poursuivre des opérations coûteuses, mais imposées par des nécessités militaires ou politiques.

L'aviation allemande est entrée en guerre avec une doctrine où le bombardement de jour tenait la place la plus large.

Il s'imposait d'abord à l'emploi de l'aviation d'assaut, dont le rôle fut essentiel dans toutes les opérations, Pologne, Norvège, front occidental, Balkans, Crète, et continue à l'être en Russie. L'aviation d'assaut peut évidemment prolonger de nuit son action sur les troupes en ligne ou en déplacement, sur les transports de ravitaillement, mais le rendement en est incomparablement plus faible que celui de l'action de jour. Le militaire et ses transports sont des objectifs mobiles, dilués, qui ne sont pas toujours aisés à reconnaître de jour et bien moins encore de nuit.

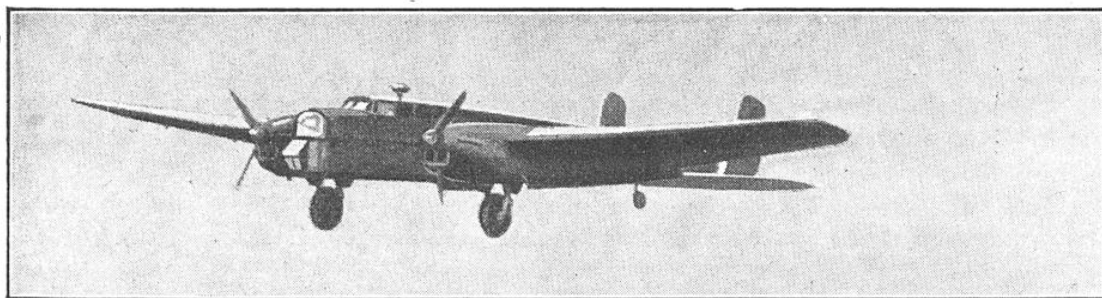
Mais le bombardement de jour d'objectifs parfaitement fixes et de reconnaissance nocturne sûre était en outre la règle générale. C'est ainsi que furent détruits, en Pologne, la plupart des établissements industriels et des villes attaquées par la voie des airs. Sur le front occidental, presque tous les bombardements de villes furent exécutés de jour. La « bataille d'Angleterre » de l'été 1940 débuta de même par des

expéditions de jour qui se prolongèrent avec une intensité croissante jusqu'en septembre, malgré des pertes qui furent certainement sévères.

C'est alors que la « Luftwaffe » se mit à développer ses opérations de nuit qui connurent dès le début des succès remarquables avec des pertes presque négligeables. Les effectifs engagés augmentèrent, la tactique se perfectionna, et, à partir de la première opération de grande envergure contre Coventry, les destructions se succédèrent pendant tout l'hiver 1940-1941, à une cadence que la Grande-Bretagne n'aurait pu supporter longtemps sans y laisser sa puissance combative.

En mars 1941, la chasse de nuit, aidée par les progrès de la détection de bord (1), commença à remporter quelques succès. Leur nombre s'accrut en avril, pour atteindre, au dire du communiqué britannique, 31 appareils sur les 33 qui furent descendus au-dessus de Londres dans la nuit du 10 au 11 mai. La belle époque où l'on déversait sur les Iles Britanniques 7 000 tonnes de bombes par mois, sans autres incidents que ceux d'un transport commercial, était terminée. Les expéditions de nuit furent brusquement interrompues, puis reprises sous une forme très différente, avec des effectifs beaucoup plus faibles descendant jusqu'à l'avion isolé. Simultanément, le bombardement de jour reprenait sous la forme assez voisine d'incursions à faible effectif, avec accompagnement de chasse, sur les côtes britanniques.

(1) Voir *La Science et la Vie*, no 293, janvier 1942.



T W 13929

FIG. 1. — LE BOMBARDIER BIMOTEUR ANGLAIS ARMSTRONG-WHITWORTH « WHITLEY »

Les trois bombardiers bimoteurs qui équipaient jusqu'ici la Royal Air Force étaient : l'Armstrong-Whitworth « Whitley », le Handley-Page « Hampden » et le Vickers « Wellington ». L'appareil ci-dessus est équipé normalement de deux moteurs Rolls-Royce Merlin 12 cylindres, refroidis par liquide, de 1 030 ch chacun, qui lui confèrent une vitesse de 400 km/h (poids total en charge 11,7 tonnes, rayon d'action voisin de 3 000 km à la vitesse de 350 km/h). Cet appareil, ainsi que les deux autres types de bimoteurs, ont été équipés de moteurs plus puissants atteignant 2 000 ch. Le « Whitley » atteindrait ainsi une vitesse maximum de 480 km/h.

L'aviation britannique entrait en guerre, en septembre 1939, avec une doctrine exactement opposée à celle de l'aviation allemande.

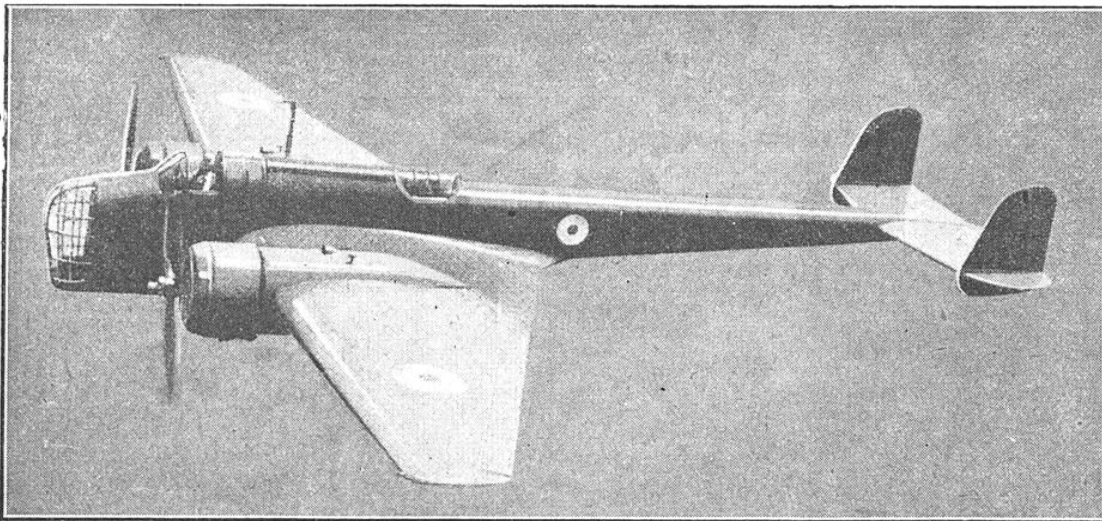
La R.A.F. ne possédait aucune formation d'assaut pour le combat en liaison avec l'armée de terre. Les succès des « Stukas » en Pologne ne la troublèrent guère, et la campagne de Norvège devait montrer qu'elle n'avait pas encore attaché grande importance à cette mission.

Les seules opérations de jour qu'entreprit la R.A.F. furent des attaques, assez malheureuses, de navires au mouillage, à Kiel et Brunsbüttel, qui ne pouvaient que la confirmer dans l'inefficacité de l'action de jour.

Le bombardement de nuit avait été bien étudié. La R.A.F. disposait, à la déclaration de guerre, de trois types d'appareils de vitesse modérée, à grand rayon d'action et forte charge utile, qui auraient certainement fort bien accom-

pli leur mission. Malheureusement, les effectifs de ces formations étaient squelettiques, l'effort principal des fabrications ayant porté sur la chasse. Aussi le commandement britannique vit-il sans grand regret l'Allemagne renoncer, sur le front occidental, à déclencher la guerre aérienne sans restrictions, et remettre à une époque où il aurait pu étoffer quelque peu ses formations, le début des opérations de nuit.

Dès les premières opérations actives, le 10 mai 1940, la R.A.F. marqua sa préférence pour les opérations de nuit. Elle les entreprit aussitôt contre l'industrie de guerre allemande, et spécialement contre les raffineries et usines de pétrole synthétique à partir des bases fort bien placées dont elle disposait pour quelques semaines encore en France du Nord-Est. Elle limita ses bombardements de jour à de rares concours demandés par l'armée française pour des des-



T W 13931

FIG. 2. — LE BOMBARDIER BIMOTEUR BRITANNIQUE HANDLEY-PAGE « HAMPDEN »

Ce type d'appareil est équipé normalement de deux moteurs Bristol « Pegasus » de 9 cylindres en étoile développant 930 ch. Dans ces conditions, la vitesse maximum est de 420 km/h (rayon d'action 2 800 km à 355 km/h). Avec les nouveaux moteurs de 2 000 ch, il atteindrait une vitesse de 545 km/h. Cet appareil est armé de six mitrailleuses de 8 mm, dont quatre sur deux affûts doubles tirant vers l'arrière, au-dessus et au-dessous du fuselage.

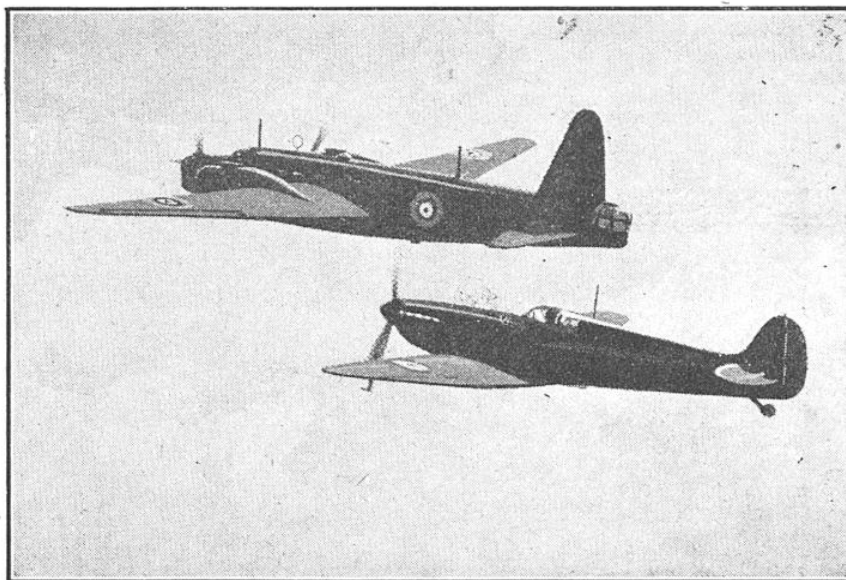
tructions d'ouvrages d'art ou des attaques de colonnes sur route. Après l'armistice, elle persévéra dans la même voie; les opérations de jour, en liaison avec l'armée, n'avaient plus de raison d'être; les expéditions de nuit continuèrent, avec le rendement qu'on pouvait attendre des effectifs qui y prenaient part. La formule « tous les avions sont rentrés à leur base » terminait presque régulièrement le communiqué britannique. Elle n'aurait point étonné si l'on avait complété le communiqué par l'indication du nombre des avions engagés.

Quoi qu'il en soit, le commandement britannique n'avait aucune raison de modifier une tactique si peu coûteuse. Il y persévéra pendant tout l'hiver 1940-1941 sans accroître sensiblement les effectifs qui participèrent aux expéditions. Il continua au printemps, lorsque le démarrage de sa production de quadrimoteurs et l'intensification du concours américain lui permirent de poursuivre l'opération sur une base plus ample. Mais les pertes montèrent, en proportion au moins des effectifs engagés.

Est-ce le taux de ces pertes, ou le désir d'apporter un concours plus actif à l'allié russe, qui expliquent le changement de tactique à partir du conflit germano-soviétique? Les deux très probablement. Le bombardement de jour, complètement négligé jusqu'alors en dehors des attaques contre les communications allemandes sur les côtes des territoires occupés, prend tout à coup une importance comparable au bombardement de nuit. Des expéditions à gros effectif, escortées par un imposant accompagnement de chasse, franchissent régulièrement le Pas de Calais pour des destructions précises de centrales électriques, de gares, d'usines de guerre dans les territoires occupés. Elles s'étendent à des ports et à des chantiers navals à plusieurs centaines de kilomètres des bases de départ, Rotterdam, le Havre... Elles pénètrent même, quoique plus rarement, en Allemagne occidentale. Les pertes sont sévères, aux dires concordants des deux communiqués, qui ne diffèrent guère que sur l'estimation du nombre de chasseurs de la « Luftwaffe » descendus au cours des rencontres. Mais les sacrifices qu'il doit consentir ne parviennent pas à vaincre l'obstination du commandement britannique, qui engage dans l'opération des formations sans cesse renouvelées.

Le regain de faveur du bombardement de jour pendant l'été 1941 est donc indéniable. Il s'explique par une raison générale, le progrès de la chasse de nuit britannique, puis alle-

mande, qui ôtait aux opérations nocturnes le caractère de tout repos dont elles pouvaient se parer jusqu'au printemps. Mais d'autres raisons justifiaient certainement le recours de l'aviation britannique à un genre d'opérations qu'elle avait négligé pendant les dix-huit mois où son matériel s'y prêtait beaucoup mieux qu'aux opérations de nuit. Elle entendait fixer, de Petsamo à Hendaye, les gros effectifs de chasse indis-



T W 13933

FIG. 3. — LE BOMBARDIER BIMOTEUR BRITANNIQUE VICKERS « WELLINGTON » ESCORTÉ D'UN CHASSEUR VICKERS « SPITFIRE »

Le « Wellington » est équipé de deux moteurs Bristol « Pegasus » de 930 ch qui lui communiquent une vitesse maximum de 425 km/h (poids total, 12 tonnes). Les nouveaux moteurs de 2 000 ch lui permettraient d'atteindre une vitesse maximum de 520 km/h.

pensables pour faire front à l'attaque soudaine, en un point quelconque de cette immense étendue de côtes, d'une formation de bombardiers puissamment escortés; elle espérait ainsi soulager d'autant l'allié russe. Elle comptait troubler la production par des alertes répétées; peut-être même faut-il y voir le désir d'étendre, à des secteurs jusqu'ici ménagés des territoires occupés, les attaques d'établissements industriels, sans s'aliéner les populations par des bombardements de nuit englobant des objectifs étendus.

Les avantages du bombardement de jour

Les opérations de jour sont en général trop coûteuses pour qu'on puisse y voir le mode d'action normal d'une aviation de bombardement. Elles n'en ont pas moins des caractères intéressants qui peuvent justifier leur maintien, même lorsqu'elles se soldent par des pertes élevées.

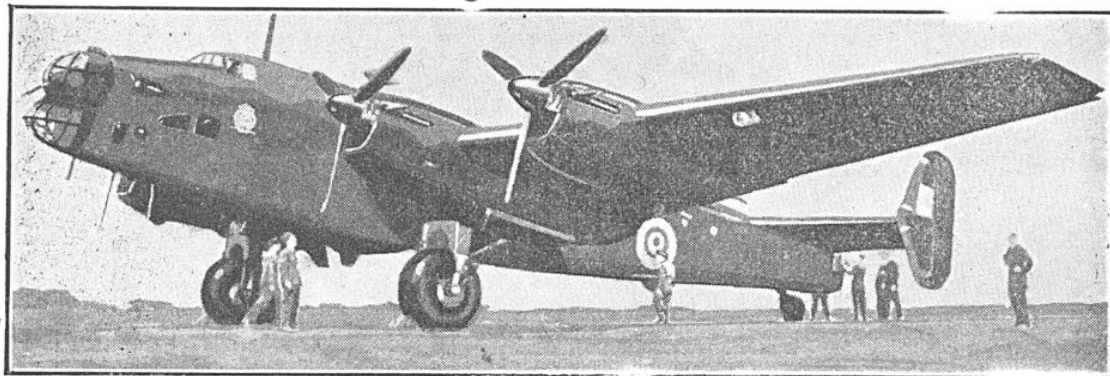
L'attaque de jour est la seule qui convienne à des objectifs camouflés, disséminés ou protégés. Tel est le cas de l'aviation au sol, lorsque les pistes d'envol sont bétonnées et les appareils répartis à grande distance et entourés de levées de terre. C'est contre un objectif de cette catégorie, sous la forme d'avions disséminés en forêt, qu'a été dirigée la première attaque im-

portante de jour de la R.A.F. sur la côte du Pas de Calais, avec un imposant accompagnement de chasse. Mais bien d'autres objectifs de même importance seraient justiciables du bombardement de jour, jusque dans les régions les plus éloignées des territoires adverses, si l'avion affecté à cette mission avait des chances acceptables d'y parvenir et d'en revenir.

L'attaque de jour est la seule qui gêne vraiment la production, par la multiplication des alertes à l'occasion d'expéditions à faible effectif. Le résultat avait déjà été obtenu en 1938 par l'aviation nationaliste, dans ses raids sur Barcelone. On avait dû demander au personnel ouvrier de continuer le travail malgré l'alerte, pour satisfaire les besoins urgents de l'armée. Le

tenait qu'à la valeur respective des pertes chez les deux adversaires; qu'elles fussent comparables, et même nettement supérieures dans la « Luftwaffe », et le plan allemand réussissait. C'est ce que le commandement britannique se refusait à reconnaître; ses communiqués faisaient journellement état de pertes britanniques représentant le tiers des pertes allemandes en matériel, le sixième en personnel. La disproportion était trop forte.

La Grande-Bretagne reprit, l'été 1941, la méthode abandonnée par l'Allemagne. Son commandement ne fit preuve d'originalité ni dans le plan, ni dans ses commentaires sur l'opération. Il se borna, lui aussi, à mettre en regard des pertes qu'il acceptait de payer, celles qu'il



T W 13927

FIG. 4. — LE BOMBARDIER QUADRIMOTEUR BRITANNIQUE HANDLEY PAGE « HALIFAX »

Les trois bombardiers bimoteurs précédents (fig. 1, 2 et 3) vont céder la place à trois nouveaux appareils de dimensions doubles environ et qui posséderaient à la fois une vitesse plus élevée et un armement plus puissant. Ce sont le Handley-Page « Halifax », le Short « Stirling » et l'Avro « Manchester ». Le « Halifax » est équipé de quatre moteurs Rolls-Royce « Merlin » de 1 000 ch à refroidissement par liquide. Il possède à l'avant et à l'arrière des tourelles à commandes électriques Boulton-Paul, contenant à l'avant un affût double, et à l'arrière un affût quadruple. De nombreuses mitrailleuses mobiles seraient installées dans les parois du fuselage.

même effet fut observé au cours des expéditions de jour de l'été 1940 contre les Iles Britanniques. La multiplication des alertes fut, beaucoup plus que les destructions, la cause véritable de la baisse de production. Il fallut, là encore, dédoubler le signal d'alerte avec l'aide de « veilleurs d'usine » qui ne faisaient descendre le personnel aux abris qu'à l'apparition des avions.

Les pertes des expéditions de jour, qui dépassent notablement celles que coûte le lancement d'un même tonnage de bombes de nuit, ne doivent pas faire renoncer à l'opération; il se peut même qu'on les recherche, ou du moins qu'on les accepte si elles ont pour contre-partie des pertes du même ordre de la défense.

Le commandement allemand fut le premier à appeler l'attention sur cet aspect de la question au cours de la « bataille d'Angleterre » de l'été 1940. Il ne niait pas que les destructions faites de jour fussent payées par des pertes sévères de la « Luftwaffe », mais il affirmait que la défense de la R.A.F. lui coûtait beaucoup plus cher encore. Comme, à l'époque, la supériorité numérique de l'aviation allemande était énorme, la tactique d'épuisement simultané se justifiait jusqu'à la destruction totale de l'aviation britannique; l'armée et la marine allemandes auraient ensuite pu tenter avec de grosses chances de succès un débarquement en Angleterre, une fois le principal obstacle levé. L'issue de l'affaire ne

prétendait infliger à l'ennemi et qui auraient été la plupart du temps du même ordre que les siennes. Comme la plus grande partie de l'aviation allemande, engagée en Russie dans une lutte vitale pour le Reich, ne pouvait pas être retirée du front oriental, l'opinion britannique commençait à entrevoir l'époque où, la chasse allemande du front occidental une fois épuisée, les raids de bombardiers se poursuivraient sans réaction aérienne sur l'Allemagne et les territoires occupés à l'ouest, à partir d'une Angleterre qui ne risquerait plus de représailles. Bien entendu, là encore, le succès du plan reposait sur l'exactitude des chiffres britanniques; la destruction d'une chasse au-dessus de ses terrains est difficile; on aurait vite fait d'y épuiser les équipages d'avant-guerre de la R.A.F., soigneusement mis à l'abri de ces « coups durs » qu'ont été, pour la « Luftwaffe », les campagnes de Pologne et de France, la « bataille d'Angleterre », les opérations de Russie. Le commandement allemand ne reconnaissait aucune valeur aux chiffres comparés des pertes, donnés par les communiqués britanniques; il affirmait repousser l'adversaire dans les mêmes conditions où le commandement de celui-ci prétendait détruire les formations de la « Luftwaffe » parties à l'assaut de l'Angleterre en 1940.

On peut assurément reprocher à une telle conception des opérations aériennes de ne pas réclamer du commandement une science mili-

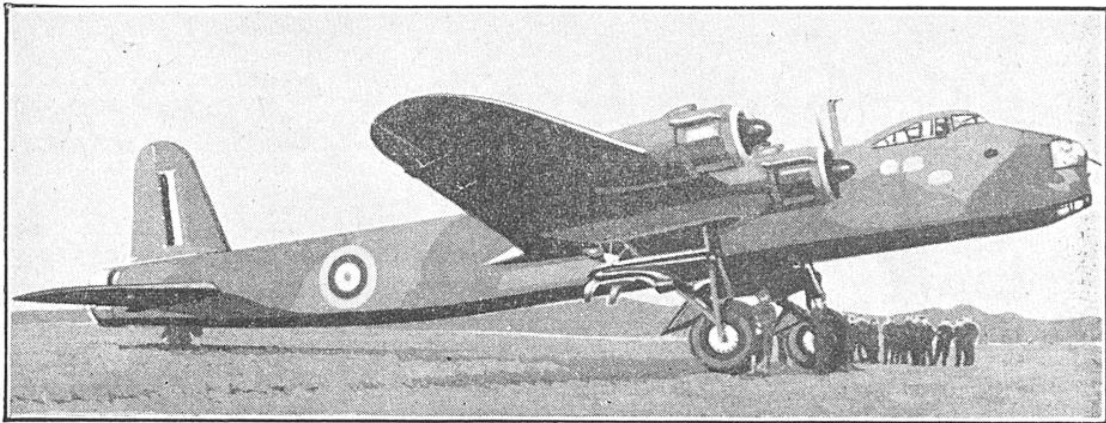
taire bien profonde, et de demander à l'exécutant beaucoup d'abnégation. Il y a loin de ce genre d'opérations à celles qui, de la Pologne aux Balkans, atteignirent presque sans pertes les succès les plus extraordinaires. Il y a tout aussi loin de cette usure préméditée aux ménagements des forces britanniques dans toutes les opérations où elles furent engagées.

Cette consommation acceptée des appareils et de leurs équipages dans des combats qui ne peuvent avoir qu'une influence indirecte sur la décision est le signe que leur production atteint le niveau où l'aviation n'est plus une arme de luxe, soigneusement réservée pour les circonstances graves. La propagande allemande, en publiant les pertes journalières de chasseurs bri-

escorte de chasseurs assez puissante pour en éloigner la chasse adverse.

L'escorte est apparue dès la guerre de 1914. Elle n'avait pas toujours réussi à protéger la force de bombardement qu'elle accompagnait. Son insuffisance avait été attribuée à la différence, alors très marquée, des caractéristiques des appareils de bombardement et de chasse; nous croyons plutôt que l'explication était d'ordre tactique. En tout cas, aujourd'hui, les caractéristiques des bombardiers et des chasseurs sont assez voisines, dans les limites du rayon d'action de ces derniers, pour qu'aucune objection ne puisse être faite à ce sujet.

L'escorte de chasse fut reprise par l'aviation allemande dès le début de l'action en liaison



T W 13934

FIG. 5. — LE BOMBARDIER QUADRIMOTEUR BRITANNIQUE 'SHORT « STIRLING »

Cet appareil est équipé de moteurs Wright « Double Row Cyclone », 14 cylindres en double étoile développant 1 700 ch. Cet appareil dérive d'un appareil commercial dont la vitesse de croisière était de 450 km/h, le poids total 33 tonnes, le plafond pratique de 9 900 mètres et le rayon d'action de 5 400 km, mais avec des moteurs développant seulement 1 100 ch.

tanniques sur les côtes de la Manche et de la mer du Nord affectait de s'étonner de l'obstination avec laquelle on engageait la R.A.F. dans ces combats sans issue. Churchill avait fait le compte de ses avions et de ses pilotes; s'il n'était pas encore très riche en quadrimoteurs, il se trouvait large en chasseurs. Il consommait son stock de « Hurricane » et de « Spitfire », qui commençaient à dater, et la production des écoles canadiennes mises en route à l'automne 1939. Il avait pris modèle sur Falkenhayn, qui se consolait de l'échec de Verdun en calculant que, pour deux Allemands hors de combat, il éliminait trois Français et aurait prolongé, si on l'avait laissé faire, la saignée commune des deux armées jusqu'à la fin de l'une d'elles. Y a-t-il tant de différence que cela entre la « bataille d'usure » de Smolensk et la conception de Falkenhayn? Et, pour remonter au créateur de la formule, cette stratégie est-elle si éloignée de celle de Napoléon qui avait, outre sa liste civile, « cent cinquante mille hommes de rentes par an » pour maintenir son empire contre ses ennemis? Il y aurait même eu progrès si la Grande-Bretagne avait pu conserver le sien avec le sacrifice mensuel de deux mille aviateurs.

L'escorte par la chasse

De jour, le seul avion qui puisse passer est le chasseur, ou le bombardier accompagné d'une

de l'aviation d'assaut et des divisions blindées sur le front de Pologne. La chasse survolait l'ensemble, prête à s'opposer à la fois à l'aviation de chasse adverse qui entreprendrait de s'attaquer aux chars, ou à la chasse adverse qui voudrait protéger de l'aviation d'assaut les troupes en ligne, et spécialement les armes anti-chars. Le résultat fut parfait. La méthode fut reprise avec le même succès sur le front occidental, puis dans les Balkans.

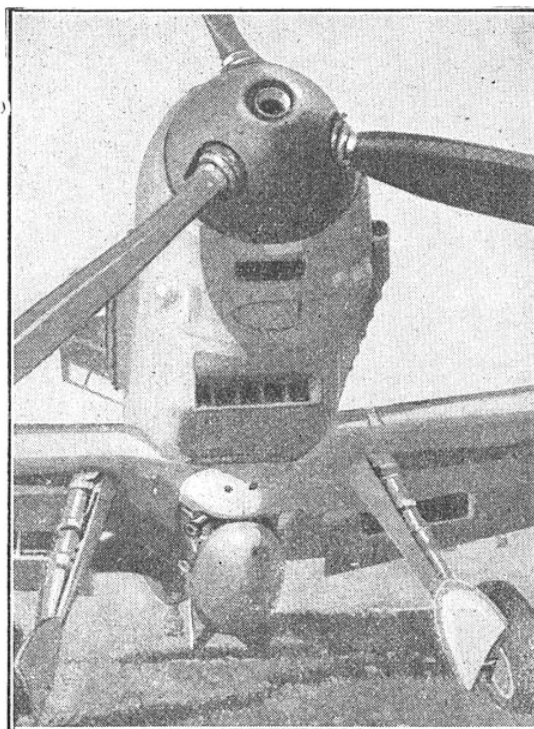
L'accompagnement de chasse fut étendu à toutes les opérations de bombardement de jour de la « Luftwaffe », à partir du 10 mai 1940. Le chasseur monomoteur trouvait son emploi dans les expéditions à faible distance. Le « destroyer » bimoteur type « Messerschmitt 110 » accompagnait les expéditions lointaines; c'est même très probablement la mission pour laquelle il avait été créé. Le résultat fut acceptable dans l'ensemble, sans atteindre à celui de l'escorte de l'aviation d'assaut. Ce qui faisait l'excellence de la méthode dans ce dernier cas, c'était l'abandon à leurs propres ressources de troupes engagées au sol qu'on ne jugeait pas devoir soutenir par de l'aviation de chasse; la mission de l'escorte était alors aisée. Dans les bombardements de l'intérieur, au contraire, les expéditions se trouvaient normalement aux prises avec les éléments de défense aérienne spécialement affectés à cette mission de protection; la chasse d'escorte ne fut pas toujours en me-

sure de protéger contre eux la force de bombardement qu'elle accompagnait. Celle-ci enregistra souvent des pertes sévères. Elles atteignirent leur maximum au cours des bombardements de jour des Iles Britanniques, pendant l'été 1940, quand presque toutes les forces aériennes de la Grande-Bretagne se trouvaient réunies pour s'opposer à l'envahisseur aérien. Chaque expédition tournait à une mêlée confuse où tout l'esprit de sacrifice que l'escorte apportait à l'accomplissement de sa mission ne permettait pas toujours à la formation de bombardement d'exécuter la sienne.

Lorsque la R.A.F. entreprit, au début de 1941, quelques bombardements de jour contre les objectifs les plus voisins de ses bases insulaires, elle n'eut qu'à copier les méthodes qu'employait depuis plus d'un an la « Luftwaffe ». Les premières expéditions bénéficiaient de la surprise; elles réussirent assez bien. Mais elles trouvèrent très vite au-devant d'elles l'élite de la chasse allemande, concentrée sur la zone, d'étendue assez faible, où le rayon d'action de la chasse britannique lui permettait d'agir. Les pertes s'élevèrent. Il fallut forcer l'importance des escortes, diminuer la fréquence des raids. Ceux-ci s'espacèrent au printemps au point voulu pour maintenir la défense en haleine; les objectifs évoluèrent vers l'attaque habituelle de la navigation au voisinage des côtes, où la chasse de la défense ne jouissait pas de l'avantage de récupérer les pilotes de ses appareils descendus.

Brusquement, les raids de jour britanniques reprennent, sous la protection de puissantes escortes de chasse, au début des hostilités germano-russes. Ils visent alors à maintenir sur les côtes occidentales d'Europe le maximum de chasse allemande, pour soulager l'U.R.S.S. Nouveaux succès au début, mais qu'il faut payer de plus en plus cher. L'extension des opérations jusqu'à la côte mourmane, qui visait à disperser les forces de la défense, se solde par un échec grave. La chasse embarquée de la « Fleet Air Arm », qui réussissait très bien dans la défense en Méditerranée des convois attaqués par l'aviation terrestre, allemande ou italienne, est impuissante à protéger le bombardement des navires à Petsamo et Kirkenes; la formation engagée est détruite en presque totalité par la chasse allemande.

Ainsi, l'efficacité de l'escorte de chasse dans



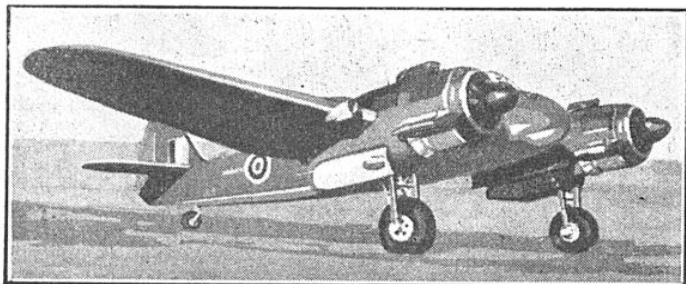
T W 13926

FIG. 7. — LE CHASSEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT 109 ÉQUIPÉ EN BOMBARDIER

On voit sous le fuselage un porte-bombes additionnel portant une bombe de 250 kilogrammes.

sa mission de protection n'est certaine, comme en Pologne ou en France, que dans l'accompagnement d'une aviation d'assaut qui ne subit pas d'attaque aérienne. Lorsqu'elle se heurte à une sérieuse réaction de la défense, l'affaire tourne au combat entre chasseurs, avec, de part et d'autre, des pertes sévères, fonction de la qualité du matériel et de la valeur des pilotes en présence. Mais un facteur constant joue en faveur de la défense; c'est l'avantage qu'elle trouve à combattre au-dessus d'un sol ami, où les appareils en difficulté trouvent un refuge, où les pilotes descendus atterrissent en parachute et repartent sur un appareil neuf. L'importance de cet appoint se mesurera à la comparaison des chiffres des communiqués britanniques en été 1940 et en été 1941. Au cours de la bataille d'Angleterre, la R.A.F. affirmait descendre trois fois plus d'appareils et six fois plus d'aviateurs qu'elle n'en perdait elle-même. Au cours de ses opérations de jour contre les territoires occupés, en été 1941, les communiqués sont fréquents où elle reconnaît avoir perdu plus d'appareils que l'adversaire; ils restent muets, et pour cause, sur le nombre des pilotes récupérés.

L'escorte de chasse, pas plus que l'autodéfense des « croiseurs aé-



T W 13928

FIG. 6. — LE DESTROYER BIMOTEUR A GRAND RAYON D'ACTION BRISTOL « BEAUFIGHTER »

La Royal Air Force doit être équipée de trois types de destroyers destinés à l'escorte des bombardiers et surtout à la chasse de nuit. Ce sont une version modifiée du Bristol « Blenheim », le Westland « Whirlwind » et le Bristol « Beaufighter ». Ce dernier a une vitesse maximum atteignant 550 km/h et un rayon d'action de 2 400 km. Il serait armé de quatre canons de 20 mm sous le fuselage et de trois mitrailleuses dans chaque aile.

riens » que Douhet croyait pouvoir exécuter leur mission sans escorte, n'est donc pas capable de mener à bonne fin une expédition de jour sans pertes graves. A personnel et matériel égaux en valeur et en nombre, l'attitude défensive se solde indiscutablement par des pertes moindres. On doit cependant noter un fait nouveau qui apparaît pour la première fois dans les communiqués allemands et britanniques, concordants sur ce point. Dans les expéditions escortées de la R.A.F., c'est la chasse qui supporte presque toutes les pertes. La preuve est donc faite de l'efficacité de l'escorte. La défense ne réussit pas à engager les bombardiers sans livrer combat à l'escorte, ce qui serait sa mission principale. L'accompagnement par la chasse, au cas

La surcharge de l'avion de chasse est parfaitement compatible avec la résistance de la cellule, si l'on tient compte de la différence des indices d'essai statique exigés d'un bombardier et d'un chasseur. En vol non acrobatique, le chasseur de 2 500 kg est à même de porter une bombe de 250 kg en supplément, et même davantage.

La vitesse maximum n'est guère touchée du fait de la variation d'incidence de la voilure; aux vitesses actuelles, la sustentation est assurée avec une valeur très faible du coefficient de portance, et le coefficient de résistance reste constant pour des variations étendues du premier. La résistance, donc la vitesse, ne dépend alors que des formes et non des poids. Le lance-

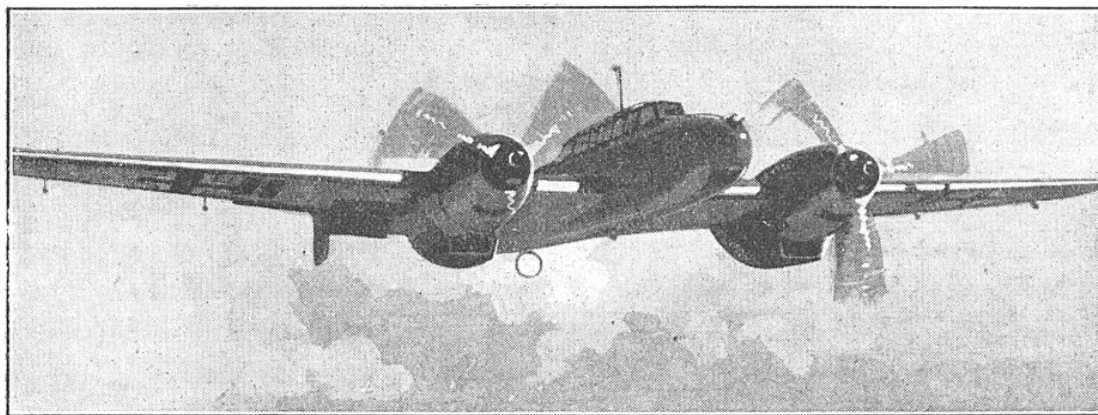


FIG. 8. — LE DESTROYER BIMOTEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT 110

T.W 13932

C'est le type d'appareil à grand rayon d'action (2 500 km à 350 km/h) utilisé pour l'accompagnement des escadres de bombardiers. Sa vitesse maximum est voisine de 600 km/h.

où celle-ci disposerait d'une supériorité numérique ou qualitative marquée sur l'adversaire, serait donc certainement d'une efficacité suffisante pour la conduite d'opérations de jour avec des pertes très acceptables.

Le « chasseur-bombardier »

Si le chasseur est le seul appareil capable d'affronter de jour la chasse adverse, il le fera mieux encore s'il n'est pas gêné dans sa manœuvre par la nécessité de protéger une formation de bombardement hors d'état de se défendre. D'où l'idée de confier la mission de bombardement aux chasseurs eux-mêmes, qui, une fois délestés, retrouveront toutes leurs qualités manœuvrières et combatives. Ce ne serait d'ailleurs pas un malheur très grave si, serrés de trop près, ils étaient obligés de se débarrasser de leurs bombes sur un objectif secondaire pour faire front contre la défense.

La première réalisation du « chasseur-bombardier » remonte à l'été 1940. Le commandement allemand, devant les pertes de ses expéditions de jour escortées, fit monter sur les Messerschmitt 109 un lance-bombes de 250 kg, et les employa ainsi, au moins jusqu'à la généralisation du bombardement de nuit.

Cette solution du chasseur portant ses bombes en surcharge présente de nombreux avantages d'ordre technique et militaire sur toutes celles qui tendraient à la même unification par la voie d'un compromis entre la formule du chasseur et du bombardier.

bombes caréné et la bombe elle-même augmentent la résistance de l'appareil; on peut d'ailleurs établir le lance-bombes caréné sous forme largable, si l'on tient à restituer à l'appareil l'intégralité de ses performances au cas de rencontre de la chasse adverse.

Ce n'est qu'à très haute altitude que la vitesse de l'appareil chargé en bombardier tombe nettement au-dessous de celle de l'appareil délesté, la navigation se faisant alors sous forte incidence. De même le plafond est plus touché que la vitesse maximum. Mais c'est un des avantages du chasseur aménagé en bombardier que de n'avoir pas à compter sur son plafond, ou sur ses performances en vitesse horizontale et ascensionnelle au voisinage du plafond, pour passer.

Le rayon d'action est affecté dans la mesure où l'est la vitesse de croisière. Comme, au retour, la réduction de vitesse de croisière est nulle, le rayon d'action n'est guère diminué au total.

Les missions qui conviennent au chasseur-bombardier sont nombreuses. Elles comprennent notamment tous les bombardements d'objectifs de grandes dimensions où la précision du lancement est à peu près indifférente. Le même type d'appareil convient en outre très bien au bombardement en piqué, si l'on adapte le lance-bombes à cet emploi.

Le principal avantage tactique de la solution du chasseur-bombardier est de rétablir instantanément, à la volonté du pilote, les performances de l'appareil de chasse. L'avion, et surtout

l'équipage, sont aujourd'hui assez précieux pour que l'on n'insiste pas sur l'exécution de la mission si l'appareil est serré de près par la chasse adverse; le lancement sur un objectif secondaire ou le largage pur et simple sont alors des manœuvres parfaitement légitimes.

Les appareils de ce type n'ont point besoin d'une escorte de chasse. C'est une grosse économie, si l'on observe que, pour être efficace, l'escorte doit avoir au moins l'effectif de la formation escortée.

La défense propre d'un appareil capable de retrouver instantanément les performances du chasseur est d'ailleurs d'une efficacité beaucoup plus certaine que l'accompagnement par la chasse. Si l'adversaire est bien décidé à refuser le combat offert par l'escorte, pour s'en tenir à l'attaque d'un escorté moins dangereux, il est bien difficile de l'y contraindre.

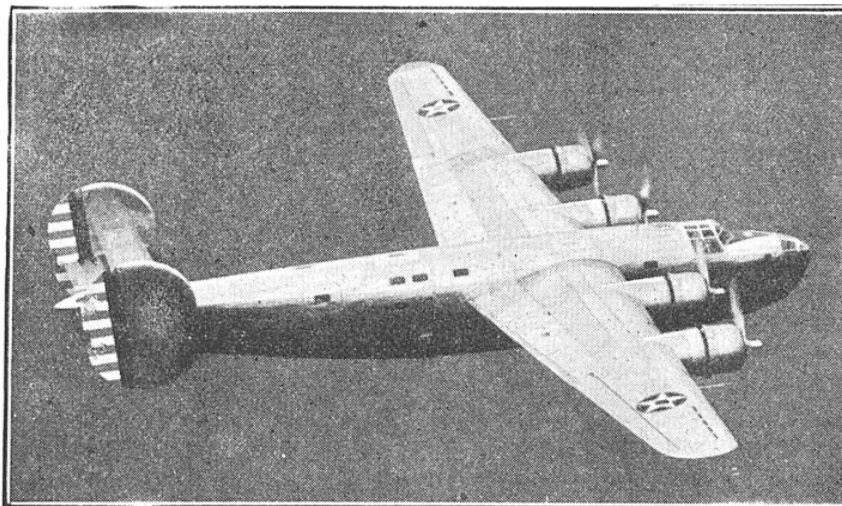
L'un des reproches qu'on peut adresser à la solution du chasseur-bombardier est son insuffisance en tonnage transporté. On ne manquera pas de trouver que 250 kg de bombes sont bien peu pour un avion. Mais il est plus exact de compter par moteur et non par avion; la différence avec la capacité de transport du bombardier bimoteur chargé à 2 000 kg en est atténuée. Au surplus, les bombardiers bimoteurs, dont la chance principale d'échapper tient à leur plafond, sont-ils souvent chargés à 2 000 kg, même pour les missions à courte distance? Enfin,

faut-il bien compter par moteur, et non pas par membre de l'équipage? La crise du personnel est actuellement au moins aussi grave que celle du matériel. On trouve alors que le pilote du Messerschmitt 109, avec sa bombe de 250 kg, en transporte tout autant sur l'objectif que chacun des membres de l'équipage de bien des bimoteurs de bombardement, et qu'il ne consomme pas d'accompagnement de chasse.

Reste la question de la qualité du personnel réclamée par les deux solutions. Il n'est pas douteux que le pilote de chasse fait partie d'une sélection qui lui vaut, surtout auprès du public, une considération que n'obtient pas toujours un équipage de bombardier. Est-ce une raison pour priver le personnel chargé d'une mission de

jour d'un des rares types d'avions qui lui permet de combattre sans trop d'inégalité, pour la raison qu'il ne le sert pas en virtuose? Au surplus, on n'estime pas toujours à leur juste valeur les qualités désirables d'un équipage de bombardier. Aux qualités qu'on demande à un mitrailleur aux prises avec une patrouille de chasse, combien de pilotes de chasse seraient dignes de prendre place sur un bombardier?

L'aménagement des avions de chasse en vue du bombardement est donc une solution très acceptable des opérations de jour. Le rendement de l'appareil de chasse au cours de cette mission est



T W 13930

FIG. 10. — LE BOMBARDIER QUADRIMOTEUR AMÉRICAIN CONSOLIDATED B-24

Cet appareil, qui porte dans la Royal Air Force la dénomination « Liberator », aurait un rayon d'action voisin de 4 800 km et une vitesse maximum de l'ordre de 500 km/h. Il est équipé de quatre moteurs Pratt et Whitney de chacun 1 200 ch.



T W 13935

FIG. 9. — LE BOMBARDIER AMÉRICAIN BOEING B-17 E « FORTERESSE VOLANTE »

L'industrie américaine fabrique actuellement en grande série deux modèles de bombardiers quadrimoteurs à grand rayon d'action : le Boeing B-17 E et le Consolidated B-24. Le Boeing B-17 E aurait une vitesse maximum de 530 km/h, un plafond dépassant 11 000 mètres et un rayon d'action de 5 600 km. Il est équipé de moteurs Wright « Cyclone » à compresseurs.

beaucoup plus élevé qu'on ne l'imagine au premier abord, si l'on tient compte de la puissance et du tonnage des appareils, de l'effectif des équipages, de la réduction de charge utile du bombardier classique contraint de naviguer à très haute altitude, de l'inutilité d'une escorte par la chasse.

L'avenir du bombardement de jour

Tous les progrès de la technique aérienne seront évidemment incorporés aux matériels, bombardiers, puis chasseurs-bombardiers que l'on emploiera au bombardement de jour. On n'en conclura pas que celui-ci y trouvera toujours avantage, car la défense en bénéficiera au même titre. Il est cependant certains progrès qui serviront mieux l'attaque que la défense.

Le plus important serait l'augmentation du rayon d'action de la chasse. L'insuffisance de rayon d'action a limité jusqu'ici le bombardement de jour à une distance très faible des bases de départ. Non seulement le rayon d'action théorique, d'un millier de kilomètres environ, de la plupart des chasseurs avec lesquels on est entré en guerre, interdisait d'une manière absolue les opérations à plus de 500 km de leurs terrains, mais encore il faut réserver une marge considérable pour le retour de l'appareil engagé, et obligé de rentrer en combattant. Cette insuffisance de rayon d'action a des conséquences très gênantes.

Elle empêche l'extension en profondeur des opérations de jour. Sur le front occidental, en particulier, c'est elle qui s'oppose au bombardement de jour de la Ruhr. La seule expédition lointaine de jour, dirigée sur la Rhénanie, n'a pas pu être escortée sur tout le parcours; la chasse dut se borner à essayer de recueillir l'expédition sur la route du retour; les pertes furent sévères.

Limitant en fait les opérations de jour à une zone de faible étendue de part et d'autre du Pas de Calais, l'insuffisance de rayon d'action des chasseurs de l'attaque fait perdre à celle-ci le bénéfice de la dispersion de la défense. Si la chasse allemande était exposée à trouver en face d'elle, en un point quelconque des côtes occupées, de Petsamo à Hendaye, une formation escortée par deux cents chasseurs de la R.A.F., il lui faudrait des effectifs considérables pour parer à la menace; le résultat cherché, immobilisation sur le front occidental d'une fraction importante de la « Luftwaffe », serait alors

atteint. Les conditions des attaques allemandes ont été jusqu'ici un peu plus favorables, mais précisément parce qu'elles disposent, sous la forme du Messerschmitt 110, de ce chasseur à grand rayon d'action qui manquait à leur adversaire; l'attaque de jour des côtes britanniques de la Manche et de la mer du Nord était possible. Mais l'attaque régulière des convois atlantiques par les Focke-Wulf « Kurier », quadrimoteurs à grand rayon d'action, n'a pas pu être maintenue, très probablement faute d'un accompagnement de chasse.

L'accroissement des performances en plafond favoriserait pareillement le bombardier de jour, en étendant la profondeur des opérations exécutables sans risque d'interception. Or, le gain possible en plafond est énorme. Le relèvement de l'altitude de rétablissement ne réclame pas grande imagination et ne pose pas de problèmes techniques particulièrement difficiles. Faire passer de 5 000 à 10 000 m l'altitude de rétablissement des moteurs, c'est presque doubler le plafond pratique des appareils qui les recevront; et le temps mis pour l'atteindre. Lorsqu'il faudra plus de trois quarts d'heure à la défense pour monter à l'altitude de navigation d'une formation de bombardement signalée à moins de 150 km, et dont il est difficile de prédire la route au cours de ces trois quarts d'heure, bien des opérations deviendront possibles qui ne le sont pas aujourd'hui.

Ainsi, les progrès techniques prochains favoriseront certainement le bombardement de jour au détriment de la défense. Il n'y a pas à compter beaucoup sur le gain en vitesse; le chasseur sera toujours plus rapide que le bombardier. Mais le gain en rayon d'action, comme le gain en plafond, peuvent améliorer de façon sensible la situation de l'attaque. Or, on peut tabler sur eux dans un avenir proche. C'est un des avantages les plus certains des moteurs de 2 000 à 2 500 ch, qui viennent d'entrer en service, que de donner, en plus du gain de vitesse qu'on en attend, le rayon d'action par surcroît. D'autre part, les moteurs rétablissant à 10 000 ou 12 000 m qu'on annonçait mis à l'étude à la fin de 1939, finiront bien par sortir. Le bombardement de jour, tout au moins sur un théâtre d'opérations comme l'Europe, où les bases de départ des deux adversaires sont assez bien disposées, pourrait alors prendre une importance considérable.

André FOURNIER.

En 1938, le Japon a importé 5 millions de tonnes d'hydrocarbures divers, dont 87 % provenaient des Etats-Unis et 7 % des Indes Néerlandaises (cette proportion s'est modifiée ces dernières années, la part des Indes Néerlandaises allant jusqu'à 30 %). La production nationale (sans celle de Sakhaline évaluée à 250 000 t) ne dépassait pas 350 000 t d'hydrocarbures. Sur le territoire japonais sont édifiées 49 raffineries, quelques-unes des plus modernes, car ses importations comportaient pour 70 % environ des huiles brutes. De grandes usines d'hydrogénation ont été installées, au Mandchoukouo en particulier et aussi à Omuda (Kiou-Siou), Amagasaki, Takikawa et Rumse (Hokkaido), et dans l'île de Formose; elles devaient entrer en service en 1942 et utiliser comme matière première le gaz naturel à base de méthane, abondant au Japon.

UNE MALADIE QUI MEURT : LA LÈPRE

par Jean LABADIÉ

On croit communément que la lèpre, un des plus terribles fléaux qui désolaient autrefois l'humanité, a complètement disparu dans les pays civilisés. Il n'en est rien, et on en trouve dans tous les pays des cas heureusement très rares (1). La disparition presque totale de la lèpre tient aux progrès de l'hygiène qui, en limitant sa contagion, a pratiquement coupé le mal à la racine. Aujourd'hui, la lèpre n'est plus entourée de la même terreur superstitieuse qu'au moyen âge, et ceux qui en sont atteints ne sont plus retranchés de l'humanité. Sa cause est parfaitement connue : elle est due au bacille de Hansen, très proche parent du bacille de la tuberculose, avec laquelle certaines formes de lèpre offrent une grande ressemblance. Le médecin possède des méthodes de diagnostic précoce permettant de déceler le mal avant qu'il ait fait des ravages irrémédiables. Il peut également suivre les progrès de la maladie par l'étude de ses manifestations nerveuses. Par contre, il sait peu de chose sur la manière dont la lèpre se transmet par contagion et sur les causes des périodes de latence et des guérisons spontanées qu'on observe parfois, et il n'est pas parvenu à trouver de vaccin antilépreux. Le remède le plus efficace que l'on connaisse contre la lèpre est celui qu'employaient déjà, il y a deux mille cinq cents ans, les Hindous, le « Chaulmoogra », plante dont on est parvenu à isoler et à reproduire le principe actif par synthèse.

DU fait du blocus, le chaulmoogra indien ne parvient plus à nos colonies. Mais l'Institut Pasteur de Bamako vient de réussir la préparation d'un ersatz efficace, à partir du gorli... » Ces quelques lignes, récemment parues en entrefilet dans la presse, se rapportent à un drame particulièrement émouvant : le drame de la lèpre.

Le remède spécifique de la lèpre, empiriquement découvert depuis deux mille ans par les peuples de l'Inde dans le chaulmoogra, végétal commun de ce pays, paraissait détenir jusqu'à présent le monopole de la thérapeutique antilépreuse. On l'administre autant par ingestion buccale que par injections hypodermiques, tantôt sous forme d'huile extraite de la plante et tantôt sous forme d'essence extraite de cette huile — car la lèpre, elle-même multiforme, appelle des traitements variés. D'autre part, l'huile comme l'essence de gorli n'étaient pas, à vrai dire, inconnues en tant qu'agents thérapeutiques — et d'autres encore. Mais à quoi bon rechercher « le mieux », cet ennemi du bien, quand tous les efforts des praticiens n'avaient jamais cessé de confirmer, tout en la perfectionnant, la thérapeutique millénaire du chaulmoogra ?

Ainsi, il a fallu la guerre, et une guerre dont le blocus atteignait même les empires coloniaux, pour ranimer les travaux des spécialistes touchant le plus redouté des fléaux exotiques.

La lèpre, maladie infectieuse la plus diffusée, à l'état endémique

Exotique ? Pas autant que le pourrait croire un profane. La lèpre ne connaît ni climats ni latitudes. Au moyen âge, elle vaguait à travers l'Europe autant qu'à travers l'Asie. De nos

jours, les cas européens sont devenus rares, encore que la Norvège héberge toujours en permanence une centaine de lépreux. Il est vrai qu'en 1856, un recensement accusa 3 000 lépreux norvégiens. La chute statistique de la lèpre au pays le plus touché d'Europe s'explique aisément par le seul progrès des mesures prophylactiques. Par contre, en pays semi-tropical, à La Trinidad, par exemple, l'accroissement du nombre des lépreux est apparu comme une fonction du relâchement des mesures de défense.

Ces indications toutes simples montrent que le microbe de la lèpre — découvert en 1873 par le bactériologiste norvégien Hansen — se trouve pratiquement réduit à l'impuissance par la seule mesure de l'isolement. Mais « l'isolement » des lépreux peut fort bien dépouiller, en pays civilisé, l'aspect théâtral que ces « camps de concentration » avant la lettre, les léproseries, ont acquis dans la littérature romancée du sujet. En fait, dès que le nombre des lépreux se trouve ramené à un pourcentage infinitésimal de la population, comme c'est le cas en France où, bon an mal an, les malades signalés se comptent aisément sur les dix doigts, le mot « isolement » peut et doit être entendu comme essentiellement relatif à l'individu contaminé, sans nécessité d'emprisonnement. Une liberté surveillée, conditionnée avant tout par la tenue hygiénique du malade, permet d'éviter sa claustration. Point de crécelle pour inviter les passants à s'écarter ; parfois une voilette d'une épaisseur volontairement accentuée, encore que certains *lupus*

(1) On sait qu'il existe à Paris, en particulier, un foyer de lèpre à l'état endémique. On en connaît un autre en Bretagne, et il n'est pas rare de rencontrer des cas de lèpre dans les départements voisins de la frontière d'Espagne.

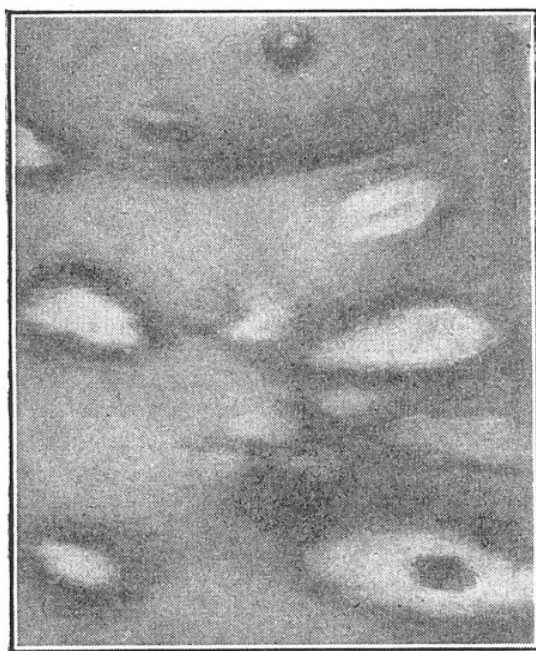


FIG. 1. — LES PREMIERS STIGMATES DE LA LÈPRE, A L'ÉTAT GÉNÉRALISÉ

Il s'agit ici de macules rosées ou jaunâtres qui tranchent à peine, par leur cerne caractéristique, sur le reste de l'épiderme.

(tuberculose de la peau) soient infiniment plus hideux à contempler.

L'historique succinct d'un cas de lèpre importé des mers du Sud va nous montrer mieux que tout exposé technique le caractère à la fois mystérieux et fortuit de la contamination lépreuse.

On peut « porter » la lèpre, dix ou quinze ans, sans le savoir

Né de parents Français, dans une île du Pacifique, tel malade n'a su qu'à son retour en France, à 31 ans, qu'il est atteint depuis l'âge de 20 ans avec certitude et, plus probablement, depuis son adolescence.

Les lésions cutanées, apparues pour la première fois à sa vingtième année, provoquèrent le diagnostic suivant : « Lupus discoïde de la face; lupus serpiginieux du bras droit; lésions annulaires des cuisses et des épaules. » C'est le dermatologue officiel du Saint-Vincent Hospital de Sydney qui, consulté, énonça ces conclusions après toutes investigations classiques : biopsie, séroréactions diverses dont, naturellement, celle de la lèpre qui se trouva négative.

Le praticien ordonna donc le traitement bien connu du lupus par les rayons solaires et ultra-violets. Mais le malade se contenta d'absorber de l'huile de foie de morue en quantités massives. Le médecin de la famille insista de son côté pour le traitement antituberculeux, en s'appuyant sur des antécédents tuberculeux pulmonaires. En trois mois, le patient semble guéri. C'est en France que devait être porté le vrai diagnostic. Par des inductions bien conduites, le terrible bacille de Hansen fut mis en évidence.

L'erreur de diagnostic des premiers médecins est excusable; la régression et même l'apparente guérison spontanée d'une infection dont le bacille est le cousin et peut-être le frère du bacille de Koch, s'expliquent aisément au cours de cette première phase de la maladie que le clinicien dénomme « lèpre maculeuse », où l'incertitude clinique demeure très grande.

Cette « phase maculeuse » qui se manifeste par des taches épidermiques roses, avec ou sans auréoles, entrecoupées de lésions passagères, cède la place tôt ou tard à la forme tubéreuse et, finalement, nerveuse de la lèpre.

Les taches épidermiques (ou *léprides*) font place aux *lépromes*, c'est-à-dire aux nodosités caractéristiques que soulèvent les infiltrations microbiennes dans la chair des paupières, des joues, du nez, du menton, des oreilles, réalisant ainsi une première esquisse de la « face léonine » (muffle de lion) qui caractérise les lépreux de l'imagerie classique. Devant un tableau clinique aussi précis, le praticien ne peut que s'en remettre au traitement, universellement adopté, du *chaulmoogra*.

L'envahissement des nerfs par le bacille de Hansen

Dès cet instant, concurremment avec l'évolution des nodosités, le médecin suit les effets du traitement, la régression du mal comme ses retours offensifs, par la méthode qui consiste à faire, périodiquement, le tableau de la sen-

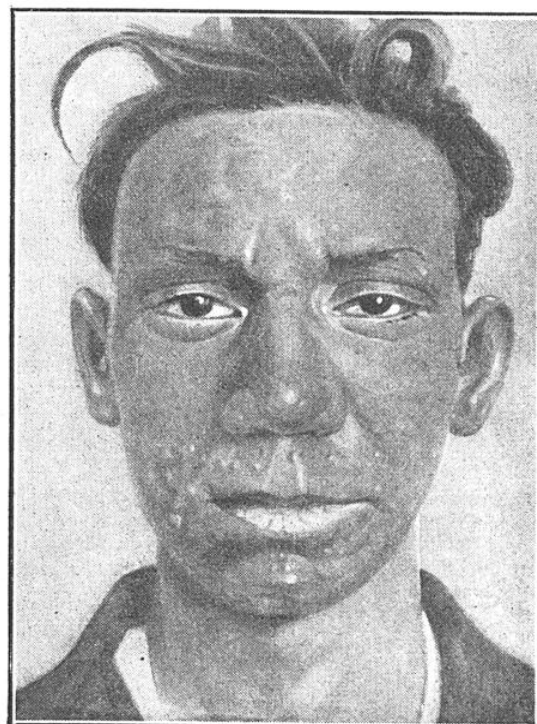


FIG. 2. — LES DÉBUTS DU « FACIES LÉONIN »

Dans sa forme tubéreuse, la lèpre provoque des excroissances tuméfiées qui, parvenues à leur développement extrême, donnent au malade une face évoquant le mufle d'un lion. C'est le début de ce processus que représente la figure ci-dessus.

sibilité nerveuse des membres et de la face.

L'aspect déformant des lépromes n'est plus désormais suffisant pour mesurer l'évolution de la lèpre qui atteint le système nerveux, en commençant par les nerfs sensitifs. Dès que ceux-ci ne « répondent » plus soit à la piqûre d'une aiguille, soit au contact d'une éprouvette de température déterminée, on peut conclure qu'ils sont atteints.

Nous montrons, ci-contre (fig. 3 et 4), les « cartes » de sensibilité concernant notre sujet à certaine époque du traitement. Elles sont divisées, autant pour l'épreuve d'acupuncture (à l'aiguille) que pour celle du contact thermique, en trois régions caractéristiques : les régions de sensibilité normale, celles d'anesthésie complète et celles d'hypoesthésie, pour lesquelles la sensibilité se révèle déjà considérablement réduite.

Ainsi, depuis les sérosités directement prélevées sur les lésions superficielles du visage et celles obtenues par scarification des sarcomes — sérosités qui révèlent l'existence et la densité des bacilles sous le microscope — le microbe de Hansen se trouve pris sous le regard du clinicien jusque

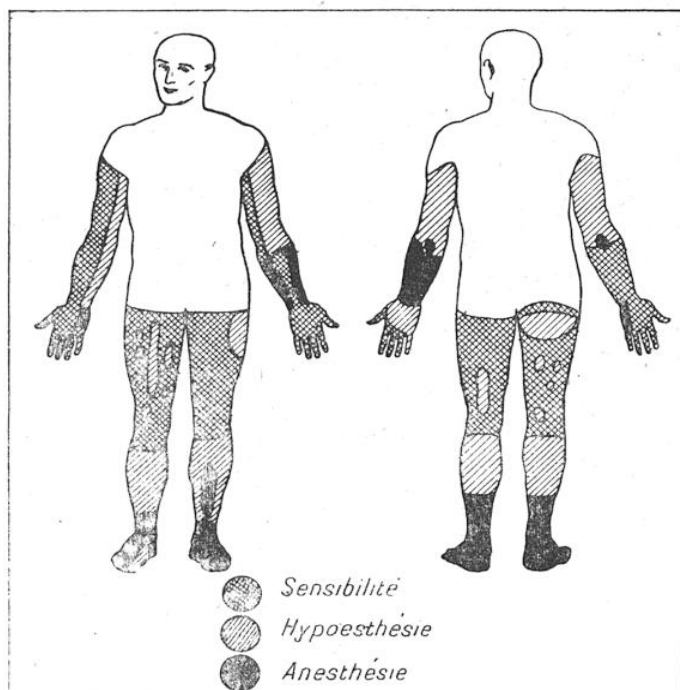


FIG. 4. — ÉTUDE DE LA PERTE DE SENSIBILITÉ TACTILE CONSÉCUTIVE AUX LÉSIONS NERVEUSES DE LA LÈPRE

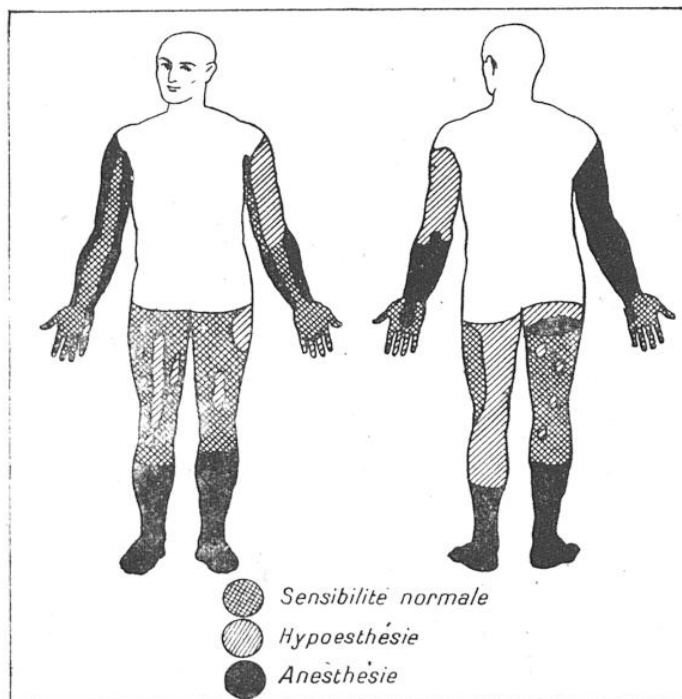


FIG. 3. — CARTE DE LA PERTE DE SENSIBILITÉ THERMIQUE DUE À LA LÈPRE

Pour l'établir, on applique sur la peau du patient une éprouvette à température rigoureusement constante, différente de celle de la peau.

Cette « carte » de la sensibilité tactile du patient a été effectuée au moyen de piqûres d'aiguille (acupuncture).

dans son champ d'action le plus avancé, le système nerveux.

Les troubles de la sensibilité s'échelonnent de la manière la plus variée, avec les sujets. Mais ils concernent presque toujours uniquement la face et les quatre membres.

En l'état actuel de nos connaissances, la lutte ainsi engagée entre le médecin et le mal, plus ou moins tardivement diagnostiqué, n'a pas d'issue prévisible avec certitude. N'a-t-on pas vu des guérisons spontanées ? Des spécialistes, et non des moindres, affirment qu'ils ont enregistré de ces cures étonnantes. Du reste, généralement, les lépreux meurent de maladies accidentelles dont une seule, la tuberculose, par sa fréquence chez les lépreux, semble effectivement apparentée à la lèpre. Non seulement le bacille de Hansen ressemble au bacille de Koch, mais encore certaines lèpres sont tellement voisines de la tuberculose de la peau que (témoin le cas précité) le médecin hésite longtemps à se prononcer. Seule la présence du bacille dans les taches et lésions qui se transforment en lépromes permet de lever le doute.

Dans certains cas observés, la réaction d'épreuve cutanée reproduit le type clinique du lupus tuberculeux...

Si la thèse de l'évolution des maladies infectieuses, soutenue avec éclat par Charles Nicolle (1), se trouve bien illustrée, n'est-ce pas dans ces cas de « lèpres tuberculoïdes »? En d'autres termes, le bacille de Hansen et le bacille de Koch ne seraient-ils pas des descendants, à peine diversifiés, d'un même ancêtre?...

Et même sur le bacille spécifiquement lépreux, Gougerot et Ruppe ont pu distinguer des variétés : « neurotrophe », spécialisé aux nerfs, ou « dermatrophe », spécialisé à la peau. Gougerot a pu suivre ainsi des infections familiales spécialisées.

Marchoux, d'autre part, envisage des *racés* de bacille de Hansen, obtenues par des « passages » sur des animaux.

La lèpre, maladie protéiforme

Les formes de début de la lèpre sont presque toujours curables grâce à une médication énergique — c'est du moins l'opinion du professeur Gougerot, l'un des plus savants spécialistes en la matière. Ici, comme pour le cancer, le problème thérapeutique essentiel revient à formuler un diagnostic précoce, aussi précoce que possible. Mais à la différence du cancer qui n'est pas une maladie microbienne, le diagnostic précoce d'un lépreux permet de situer, avec toutes chances d'exactitude, un foyer géographique parfois très localisé, de l'infection. Ce qui touche évidemment à l'intérêt général.

Par quelles portes d'entrée, le bacille de Hansen envahit-il l'organisme?

Ces portes doivent être multiples. L'une d'elles, le nez, est bien reconnue; le bacille séjourne avec prédilection au plus profond des fosses nasales. Mais encore, une lésion fortuite peut donner lieu à un véritable *chancre*, dans lequel le microbe peut stagner dix ans avant de prendre son élan pour l'invasion générale. Et cette invasion elle-même, comment procède-t-elle? Par convection sanguine, naturellement, au point que le sang lui-même, pris dans son ensemble, peut être attaqué (bacillémie). Mais alors pourquoi les cas bénins se réduisent-ils à quelques lépromes nodulaires ou même au chancre en question qui se résorbe et disparaît comme il était venu?

Mystérieuse dans le processus de ses attaques, la lèpre le reste encore dans ses formes, qu'il nous est impossible même d'énumérer, encore moins de décrire. Ces formes varient sur la peau, mais encore sur les muqueuses :

(1) Voir : « Comment se conservent, se propagent et évoluent les maladies infectieuses », dans *La Science et la Vie*, no 227 (mai 1936).

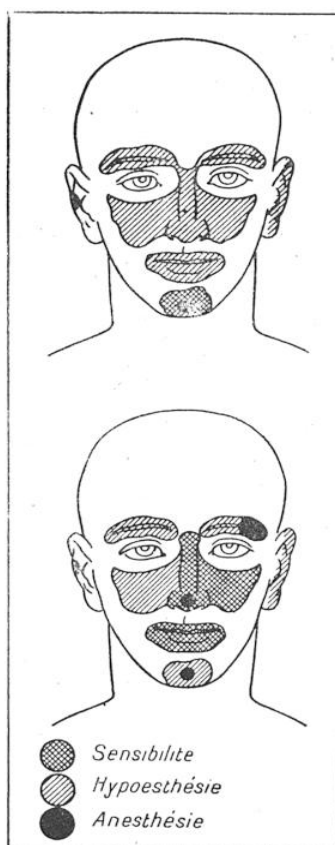


FIG. 5. — ÉTUDE DE LA SENSIBILITÉ NERVEUSE DES LÉSIONS CUTANÉES DE LA FACE D'UN LÉPREUX
En haut, sensibilité tactile; en bas, sensibilité aux variations de température.

une laryngite chronique, avec raucité de la voix, par exemple, suffit, chez les médecins expérimentés, à éveiller l'attention. Les *névrites* lépreuses à leur tour se révèlent par les troubles les plus divers, et comment en pourrait-il être différemment puisque les nerfs commandent toutes les fonctions organiques sans exception aucune? La lèpre nerveuse peut donc soit insensibiliser, soit paralyser, soit provoquer la déliquescence des tissus, la mutilation progressive des doigts, par exemple, en arrêtant l'irrigation nourricière des vaisseaux capillaires. Le lépreux qui « tombe en morceaux », suivant l'expression populaire, n'est attaqué que dans ses nerfs. Pratiquez la biopsie de ses lésions externes; il se peut que le microbe de Hansen en soit absent...

En présence d'une telle variété de formes, d'attaques, d'effets, on comprend la sensation d'effroi et toute la littérature plus ou moins romancée qu'a provoquée la lèpre au cours des âges : « frappés de Dieu », dit la Bible à propos des lépreux. La société médiévale ajouta la malédiction des hommes à cette soi-disant malédiction divine.

Il s'est trouvé des médecins pour s'inoculer volontairement la lèpre

Cependant, avant même les découvertes de Pasteur, les médecins attaquèrent la lèpre avec la même méthode que les autres maladies infec-

tieuses.

Désirant trancher le problème de la contagion, dont la solution comportait la libération sociale des lépreux, dont le sort était aussi tragique que celui des fous, antérieurement à Pinel, le docteur Danielsen s'inocula des sécrétions lépreuses, à quatre reprises, en 1844, en 1846, en 1856, défiant ainsi la maladie. Vingt personnes de son entourage l'imitèrent. Aucune ne devint lépreuse.

Le 30 septembre 1884, une expérience du même genre fut réalisée aux îles Hawaï par le docteur Arning sur un condamné à mort devenu patient volontaire. Au 140^e jour de l'inoculation, pratiquée à l'avant-bras, un léproma se forma, non-anesthésié, riche en microbes, qui se résorbe... Mais trois ans plus tard, la lèpre reparut généralisée sur le sujet d'Arning, moins heureux que Danielsen et ses comparses.

En 1895, le docteur Coffin recommence la même étude sur un prisonnier de l'île Maurice qui s'était inoculé lui-même avec un instrument souillé de sécrétions, afin d'éviter le retour à la maison de force. Il y fut renvoyé, car l'inoculation paraissait avoir échoué. Cependant, trois ans plus tard, la lèpre se déclarait, généralisée.

Contestées parce que faites en pays lépreux, ces inoculations eurent malheureusement leurs répliques *accidentelles* : un médecin des Indes occidentales se blesse au doigt, au cours de l'accouchement d'une négresse lépreuse. La plaie se guérit lentement, mais une lèpre *anesthésique* se déclare. Un étudiant s'inoculant par maladresse, à l'autopsie d'un lépreux, fournit les mêmes résultats cliniques.

Contagion, immunité, incubation, autant d'inconues

La contagion est donc aujourd'hui incontestable encore qu'elle demeure d'un processus mystérieux, probablement relatif au sujet. Mais pour essayer d'obtenir un vaccin (ou un sérum), il faut « passer » le bacille de Hansen sur des animaux. Et là, le problème se complique. Les rats présentent bien une lèpre spontanée offrant les mêmes bacilles (en « paquets de cigare ») que la lèpre humaine. Néanmoins, l'inoculation directe de ces animaux avec le bacille humain ne réussit que d'une façon épisodique, sans issue. Le cobaye, le lapin demeurent réfractaires. En milieu lépreux, à Hawaï, de 16 000 rats examinés, aucun n'est lépreux, bien qu'ils aient été capturés dans une léproserie. Ainsi, fait absolument défaut le matériel biologique indispensable aux recherches de vaccinothérapie.

Et pourtant, l'immunité relative à la lèpre apparaît à certains praticiens comme un fait d'observation. Il y a des lèpres spontanément abortives et curables. Certains porteurs de germes irrécusables dans le nez, ou dans des ganglions, ne deviennent pas lépreux. Les formes nerveuses *atténuées* sont fréquentes dans les pays très anciennement lépreux, comme la Chine, tandis que les formes *aiguës* cutanées sont au contraire le lot des pays neufs. D'autres fois, la lèpre *latente* se trouve déclenchée par une infection secondaire telle que la malaria, la tuberculose.

Ces faits, induisant à l'hypothèse de l'immu-

nité, ont conduit les spécialistes (Rost, de Beurmann, Gougerot) à tenter, avec une ébauche de succès, des vaccinations à la *léproline*, virus récolté à partir de broyages de tissus léprosiés.

Une autre méthode, due à Wayson-Paldrok, consiste à « auto-immuniser » un sujet déjà atteint, par le traitement de ses lèpromes à la *neige carbonique*. Car tel est l'effet d'un grand froid très sec : il donne aux

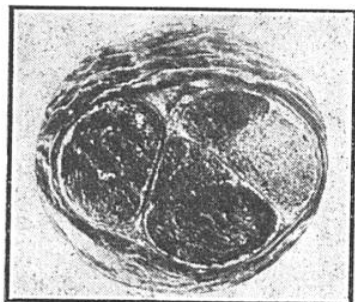


FIG. 6. — SECTION TRANSVERSALE D'UN GROS NERF (CUBITAL) ATTAQUÉ PAR LE BACILLE DE HANSEN. Les éléments nerveux apparaissent ici rassemblés en un faisceau constituant le nerf proprement dit, enrobé de sa gaine lamelleuse. L'un de ces faisceaux, attaqué par le bacille de la lèpre, s'est transformé en un bloc fibreux : sa fonction sensori-motrice est détruite ou, tout au moins, réduite à peu de chose. Le malade est « insensible » ou « paralysé ».

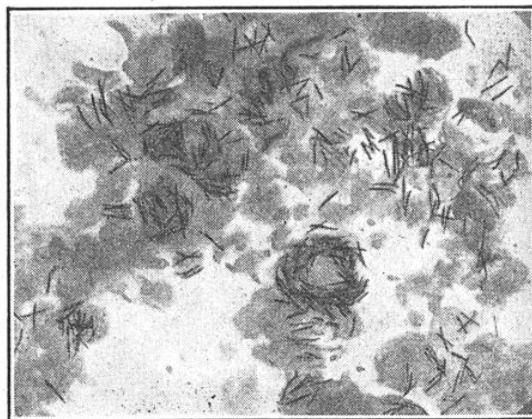


FIG. 7. — LE BACILLE DE HANSEN

Le microbe de la lèpre est singulièrement évocateur du bacille tuberculeux (de Koch) : comme lui, il est en forme de bâtonnet. Mais il se groupe en amas globulaires (discernables sur la figure) sans se priver toutefois de la vie aberrante à l'état isolé. Dans le premier cas, le groupement s'effectue le plus souvent autour ou à l'intérieur d'une cellule du tissu attaqué; dans le second cas, le microbe erre d'une cellule à l'autre.

tissus contaminés de la résistance au bacille — probablement par une métamorphose locale imposée au corps microbien ou à ses toxines. Il s'agirait là d'une « atténuation », par le froid, du microbe virulent. En d'autres termes, d'une *autovaccination* localisée.

A supposer que certains sujets soient auto-immunisés, il reste à savoir si leur immunité est stable, durable. On a constaté des éclosions de maladie, 15 ans après que le sujet avait quitté le pays léprosié (Brésil). Hallopeau signale une incubation qui a duré 32 ans; Fordyce une incubation de 40 ans. A côté de ces incubations lentes, on a observé des cas où la maladie se déclencha sept jours après une coupe de rasoir (Blanc).

Des variations aussi étendues dans le temps qui sépare l'inoculation de l'éclosion achèvent de nous montrer le bacille de Hansen comme le plus capricieux des microbes infectieux.

Le traitement de base demeure ce qu'il était, voilà deux mille quatre cents ans

Nous en savons assez maintenant sur les problèmes de tous ordres que la lèpre propose aux savants, pour comprendre tout l'intérêt qui demeure attaché aux traitements empiriques. Ceux-ci réussissent d'autant mieux qu'ils sont plus précoces.

Au premier rang, tous les médecins placent l'huile de *chaulmoogra* et ses dérivés : *éthers* des acides *chaulmoogriques*, *sels sodiques* de ces acides.

En second lieu viennent les vaccins obtenus, comme nous l'avons dit, à partir des sécrétions d'ulcères. Injectés périodiquement, entre les cures *chaulmoogriques*, ces « vaccins » sont curatifs, nullement immunisants.

En troisième lieu se place l'*arsénobenzène* (592-132, de Pomaret) et d'autres médications qu'il n'est pas nécessaire d'énumérer. Sachons, à titre d'exemple, que les piqûres d'abeille et

les morsures de serpents font partie de l'arsenal antiléproux.

La médication par l'huile de *chaulmoogra* et ses dérivés est de tradition populaire aux Indes. C'est le roi Rama de Benarès et la princesse Pya, devenus lépreux, qui en firent la découverte — suivant une légende des temps bouddhiques. Le principe actif du *chaulmoogra* est extrait du tégument des graines, par pression à froid; les acides *chaulmoogriques* contenus dans ce principe actif sont maintenant parfaitement connus des chimistes.

Mais d'autres arbres ont fourni des huiles antiléprouses non moins efficaces, notamment : *Hydnocarpus wightiana*, qui croît au sud de l'Inde; *Hydnocarpus anthelmintica*, qui croît au Siam, et d'autres variétés que l'on trouve à Ceylan, aux Philippines.

Au Brésil, c'est l'arbre *Carpotroche brésiliensis* qui fournit une huile contenant 90 % d'huile *chaulmoogrique*.

Sur la Côte d'Ivoire, en Guinée, *Oncoba echinata* est le nom savant de l'arbuste que les indigènes appellent *gorli*. L'huile extraite de ses graines contient 84,5 pour cent d'acide *chaulmoogrique*. Et c'est la culture de ce végétal qui doit permettre à nos colonies africaines de se passer du produit indien.

En attendant que l'on ait perfectionné la synthèse de cet acide *chaulmoogrique* et de son cousin l'acide *hydnocarpique*, ces produits synthétiques sont d'ores et déjà entrés à la clinique des léproseries.

La thérapeutique antiléprouse date de 2 400 ans, disons-nous. Mais la science commence à débrouiller les causes empiriques de sa réussite. Il se pourrait qu'un jour prochain les principes actifs des acides *chaulmoogriques* et *hydnocarpiques* nous apportent des clartés sur le processus même de la lèpre — puisque, de plus en plus, la « chimiothérapie » s'évertue à rejoindre la « vaccinothérapie ».

Le vrai problème thérapeutique : lutter de vitesse avec la maladie

Pour conclure, il faut considérer la lèpre non comme un fléau de Dieu, mais comme une sanction de l'hygiène insuffisante du genre humain sous toutes les latitudes. Le jour où les indigènes cesseront de marcher pieds nus, d'ignorer les ablutions quotidiennes, de manger certaines préparations plus que douteuses, la

lèpre régressera en Afrique, au Brésil, en Asie, exactement comme elle a disparu des pays européens.

La meilleure preuve que la lèpre est parfaitement « curable », en tant que maladie infectieuse de l'humanité, réside dans les guérisons spontanées si souvent observées. Les cas de telles guérisons observées par des léprologues fort expérimentés sont extrêmement nombreux, aussi bien dans la lèpre nerveuse que dans la tubéreuse. Mais les facteurs de ces guérisons spontanées demeurent : une bonne hygiène, une nourriture abondante et choisie, et surtout un séjour prolongé en climat tempéré, européen.

On voit alors des guérisons demeurées sans rechûte, depuis trente ans (Danielsen), depuis quatorze et vingt-sept ans (Pernet, en Colombie), pour ne citer que les contrôles les plus certains.

Si l'on objecte que, jusqu'à présent, il n'existe aucun critère absolu, ni clinique, ni bactériologique, permettant de garantir contre les récidives, on peut répondre que le fait de demeurer aussi longtemps suspendue, à l'état de *latence* (puisqu'on ne veut pas parler de guérison) autorise tous les espoirs quant à la découverte précise de ce qu'on pourra appeler un remède définitif. Ce remède pourrait bien n'être pas autre chose qu'une méthode thérapeutique capable de *maintenir le mal à l'état latent*. Il suffirait, effectivement, de reconnaître les causes de la récidive pour transformer « l'état latent » en « état de guérison ».

« La guérison malheureusement, écrit le professeur Gougerot, ne recrée pas des yeux détruits, des muscles atrophiés, des phalanges tombées. Le lépreux guéri reste avec ses cicatrices et ses mutilations... » D'où il faut conclure que le *diagnostic* et le *traitement précoces* demeurent, jusqu'à nouvel ordre, les armes principales contre la lèpre. Grâce à elles, la guérison peut être obtenue avant les mutilations. Ici, comme du reste pour la tuberculose, le problème consiste donc à lutter de vitesse avec le mal, afin de le devancer pour lui barrer le chemin.

Jean LABADIÉ.

N.D.L.R. — Les photographies fig. 1, 2, 6 et 7 sont extraites du Tome II de « La pratique Dermatologique » (article du professeur Gougerot). — Masson, éditeur, Paris.

Les cadrans des instruments de bord des avions doivent demeurer visibles pendant les raids de nuit, et dans ce but sont recouverts de peinture radioactive. Etant donné le nombre de ces cadrans, celui des avions fabriqués à l'heure actuelle dans le monde et la nécessité d'avoir une excellente luminosité, on conçoit que la consommation de radium soit actuellement très élevée. Si on compte un milligramme de radium par avion, elle peut être évaluée à plusieurs grammes par mois. Cette quantité de sel de radium, mélangé avec du sulfure de zinc ou tout autre produit capable de présenter de la fluorescence lorsque bombardé par les rayons α du radium, n'est pas sans présenter un certain inconvénient pour la santé des pilotes. Le rayonnement γ de ce milligramme de radium est assez intense dans la cabine de pilotage pour provoquer à la longue certaines altérations du sang. C'est pourquoi on recouvre les cadrans avec des verres épais de composition spéciale dans lesquels sont incorporés des sels de plomb.

LE SCHISTE BITUMINEUX FRANÇAIS, SOURCE DE CARBURANTS

par Henri DOYEN

Dans l'Europe appauvrie par la guerre, le manque de carburants et d'huiles de graissage dérivés du pétrole va hâter la mise en exploitation des énormes réserves d'huile minérale que constituent les gisements de schistes bitumineux. Par carbonisation fractionnée, ces schistes peuvent fournir jusqu'à 20 % de leur poids en huile, et cette opération, rationnellement conduite, s'effectue sans dépense de combustible. La France possède d'importants gisements de schistes bitumineux, fort peu exploités jusqu'ici, et qui doivent apporter une notable contribution à notre approvisionnement en carburant.

LES schistes bitumineux sont des schistes argileux ou marneux imprégnés d'hydrocarbures insolubles qui ne peuvent être séparés que par carbonisation en vase clos (1).

On sait que la houille provient de la décomposition de matières végétales. Les schistes bitumineux, au contraire, résultent de la décomposition de matières animales, telles que des cadavres de poissons et de reptiles dans les eaux fortement salines. Des substances végétales telles que les algues y sont souvent présentes. Les gisements se sont formés généralement dans des lagunes communiquant fréquemment avec la mer et situées en bordures des zones plissées récemment. Les conditions de formation de ces schistes sont donc beaucoup plus fréquentes que celles des pétroles.

Il existe de très nombreux gisements de schistes bitumineux. On en rencontre pratiquement sur tous les continents : au Canada, aux États-

(1) L'action de la chaleur étant nécessaire pour les traiter, les schistes bitumineux sont aussi appelés « pyroschistes ».

Unis, pour l'Amérique du Nord; en Argentine et au Chili, pour l'Amérique du Sud; au Congo belge et dans l'Union sud-africaine, pour l'Afrique; en Chine; au Japon; en Syrie et en Arabie, pour l'Asie; en Angleterre; en Allemagne; dans les Balkans; dans la Péninsule Scandinave; en France; en Russie; en Italie, etc..., pour l'Europe.

L'ensemble des gisements, pour le monde entier, représente une réserve potentielle de 40 milliards de tonnes, soit 150 fois environ la production mondiale de pétrole pour 1937, laquelle a atteint 270 millions de tonnes. A eux seuls, les États-Unis pourraient fournir quelque 15 milliards de tonnes d'huile de schistes.

En Europe, les réserves les plus considérables se trouvent en Estonie où les gisements ne couvrent pas moins de 800 km². La carte (fig. 3) montre la répartition des gisements français de schistes bitumineux dont les plus importants, évalués à plusieurs milliards de tonnes, sont constitués par des schistes liasiques, visibles sur des centaines de kilomètres avec des épaisseurs atteignant jusqu'à 30 mètres.

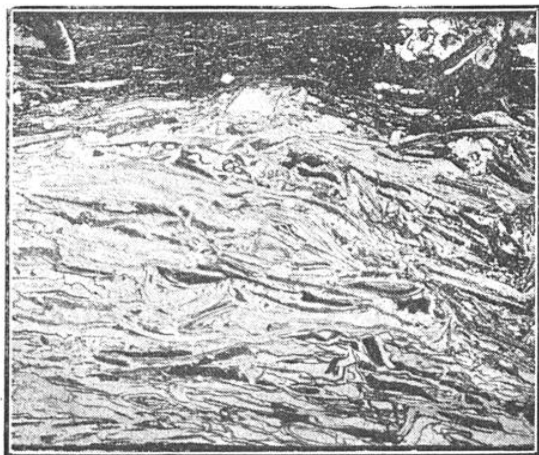


FIG. 1. — ÉCAILLES DE POISSONS DANS UN SCHISTE BITUMINEUX DE BUXIÈRES (ALLIER)

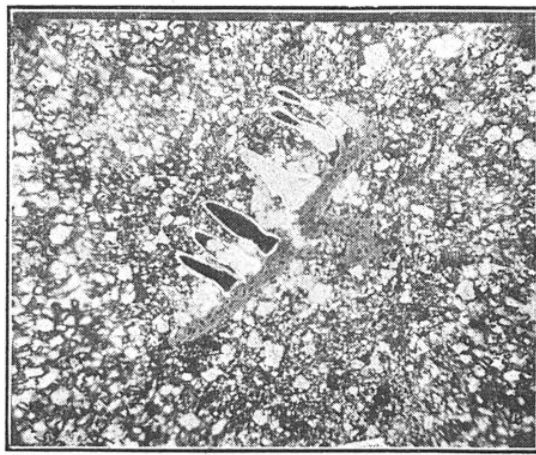


FIG. 2. — MACHOIRE DE PROTITON DANS LE SCHISTE BITUMINEUX D'AUTUN



FIG. 3. — CARTE DES PRINCIPAUX GISEMENTS FRANÇAIS DE SCHISTES BITUMINEUX

L'industrie des schistes bitumineux

L'industrie schistière, qui date de quelque quatre-vingts ans, traite aujourd'hui, par an, près de 2,75 millions de tonnes de schistes bitumineux dans le monde, ce qui permet d'obtenir 3,1 millions d'hectolitres de produits pétroliers. En 1938, l'industrie schistière a soumis à la carbonisation environ 2 millions de tonnes de schistes, dont 1,4 million en Ecosse, 750 000 en Estonie et 100 000 en France; le Japon s'est équipé pour traiter 4 000 tonnes par jour.

Les gisements écossais de schistes bitumineux, dont les réserves sont évaluées à quelque 480 millions de tonnes, s'étendent sur une superficie d'environ 195 km². Ils se trouvent dans la basse Ecosse, dans les comtés du Westlothian et du Midlothian, sur la bordure méridionale du Firth of Forth, golfe étroit, débouchant dans la mer du Nord. On y compte douze puits d'extraction, cinq usines de carbonisation et la raffinerie, réputée, des huiles à Pumpherson.

L'extraction des schistes bitumineux en Ecosse s'élevait à 1,7 million de tonnes en 1875. Elle a atteint son maximum en 1915 avec 2,99 millions de tonnes.

Parmi les principaux pays possédant des gisements de schistes bitumineux, l'Estonie se classe au second rang, suivant de près l'Ecosse, par la quantité des schistes qu'elle extrait et les produits pétroliers qu'elle en retire par carbonisation. Ses progrès sont rapides, car, entre 1933 et 1938, la production d'huile brute est passée de 37 700 t à 150 000 t et celle d'essence de 4 600 t à 18 000 t.

L'industrie du schiste occupe, en Estonie, 6 000 ouvriers.

L'extraction est le plus souvent souterraine. L'abatage se fait en grande partie par explosifs. En une journée de 8 heures, un ouvrier fournit de 3 à 3,5 t de schiste.

Les gisements estoniens de schistes bitumineux, dits *kukersites*, sont hautement réputés. Ils se trouvent au nord de l'Estonie, au voisinage du golfe de Finlande. On évalue leur richesse à quelque 5 milliards de tonnes, réparties entre six couches exploitables, dont la puissance varie entre 25 et 90 cm. Ils représentent une réserve potentielle de 1 à 1,25 milliard de tonnes de pétrole brut, soit environ cinq fois la production mondiale de pétrole en 1937, puisque ces kukersites donnent par carbonisation de 20 à 25 % d'huile brute. Malgré leur teneur en cendres, qui varie entre 40 et 65 %, le pouvoir calorifique de ces schistes pris à l'état sec — leur teneur en eau de carrière se monte à 13-15 % — s'élève en moyenne à 3 000 calories par kilogramme. Ceci a permis, au cours de ces dernières années, d'utiliser directement le tiers environ de l'extraction de schiste pour le chauffage des foyers domestiques et industriels ainsi que celui des locomotives.

Les cendres constituent la matière première de l'industrie du ciment, laquelle est très développée en Estonie. On utilise le poussier de schiste pour le chauffage des fours rotatifs à ciment.

La centrale de Tallinn, dont la puissance atteignait 4 800 kW, n'utilisait que du schiste.

Le rendement de la distillation des schistes bitumineux, évalué par le rapport du poids d'huile recueillie au poids du schiste traité, dépend d'un grand nombre de facteurs : teneur en matières carbonées, teneur en eau, en cendres, etc... Pour les schistes estoniens, le rendement théorique moyen (calculé d'après la composition) est d'environ 24 %. La moyenne des

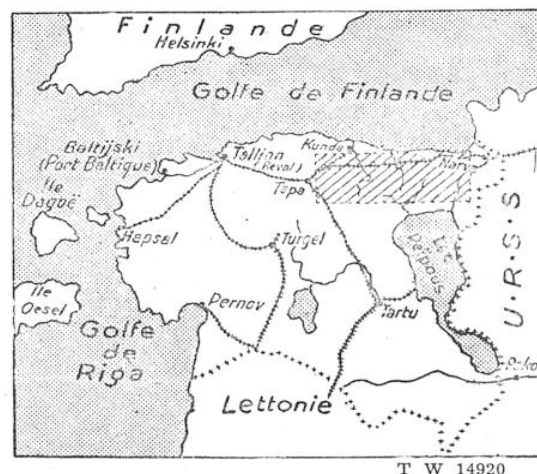
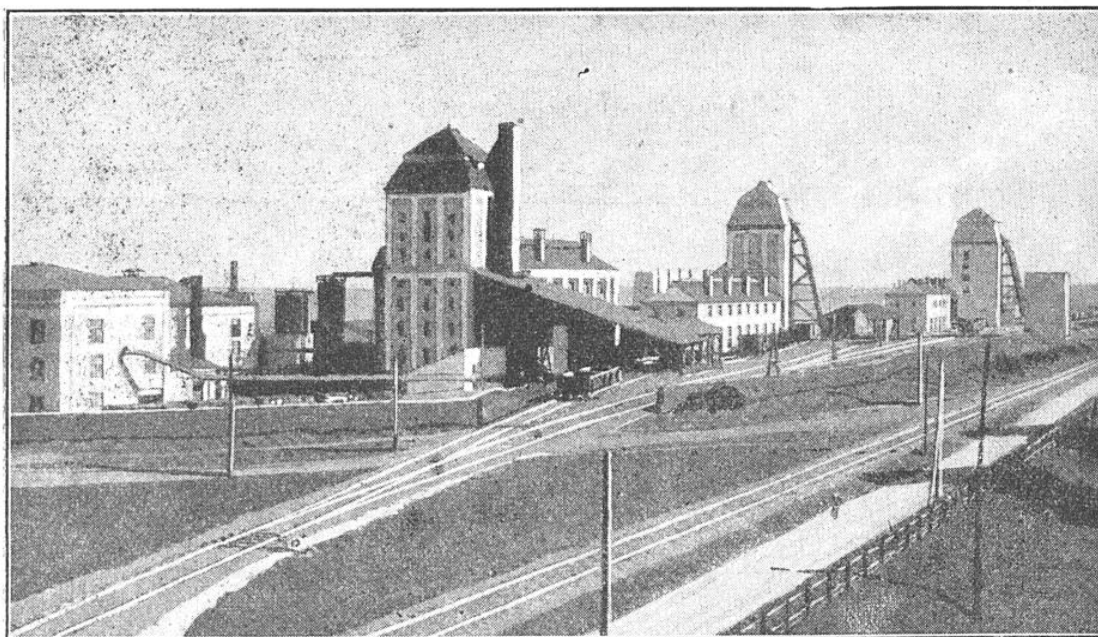


FIG. 4. — L'EMPLACEMENT DES SCHISTES BITUMINEUX ESTONIENS

Les gisements estoniens sont parmi les plus riches du monde et fournissent des schistes à très haute teneur en huiles. Ils occupent une zone de 120 km de long sur 30 km de large, et leur capacité est évaluée à 1 milliard de tonnes d'huile.



T W 13806

FIG. 5. — LES USINES DE CARBONISATION DU SCHISTE DE LA « ESIMENE EESTI KIVIÖLI », EN ESTONIE

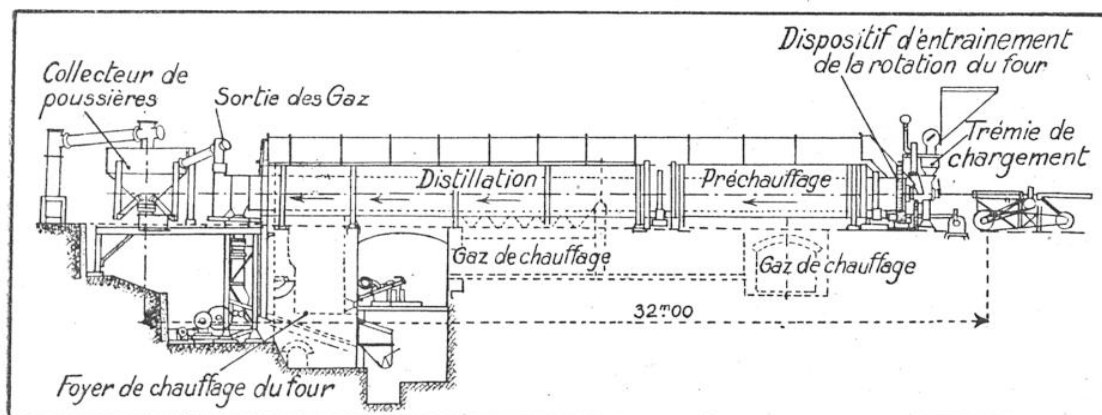
rendements pratiques est de 17 à 20 %. Il semble qu'elle puisse être notablement améliorée, car certains fours modernes atteignent un rendement pratique égal à 92 ou 95 % du rendement théorique.

Le rendement en huile des schistes français varie en 35 et 50 kg par tonne, ce qui est peu, mais leur extraction est généralement facile, en raison de la grande épaisseur des couches et de leur proximité du sol. On les trouve en Franche-Comté, en Lorraine et dans le Lot. Les schistes permians des bassins d'Autun et de

l'Aumance (Allier) peuvent céder, par tonne, 65 à 90 litres d'huile. On trouve encore des schistes bitumineux dans les Basses-Alpes, mais on est très mal renseigné sur les conditions de leur gisement et sur leur richesse en huile, que l'on dit varier entre 120 et 150 litres par tonne.

La carbonisation des schistes bitumineux

La carbonisation des schistes bitumineux ne diffère pas dans son principe de la carbonisation



T W 14916

FIG. 6. — UN FOUR ROTATIF DAVIDSON EMPLOYÉ POUR LA CARBONISATION DES SCHISTES ESTONIENS

Les schistes, extrêmement riches en huiles, auraient tendance à s'agglutiner sous l'action de la chaleur. C'est pourquoi le four tunnel représenté ci-dessus est rotatif et assure automatiquement le brassage et l'entraînement de la masse à carboniser. Le four tourne à raison de un tour par 2,5 minutes. Sa longueur totale est de 32 m pour le traitement de 25 t de schistes par 24 heures. Les schistes sont chargés par une trémie et traversent d'abord un réchauffeur où ils se débarrassent de leur humidité; ils sont ensuite entraînés mécaniquement dans le four où ils distillent rigoureusement en vase clos. Les résidus de la distillation contiennent environ 15 % de leur poids de carbone. Ils sont évacués et brûlés. Les gaz de leur combustion servent au chauffage des fours.

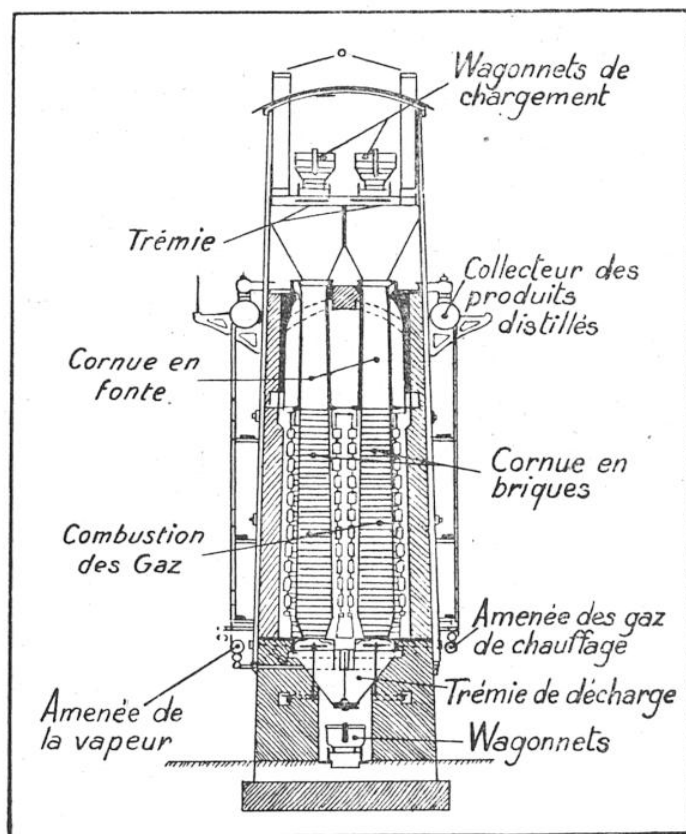


FIG. 7. — LE FOUR TYPE PUMPHERSTON EMPLOYÉ POUR LA CARBONISATION DES SCHISTES ÉCOSSAIS

Les cornues, hautes de 13 m et larges de 60 cm au sommet, sont groupées par quatre. Le chargement de schiste est maintenu à la partie inférieure par un tablier en fonte sur lequel tourne un bras métallique qui pousse le schiste carbonisé dans la trémie de décharge, assurant la descente continue du chargement du four. La cornue contient 4 t de schiste et son fonctionnement est continu, la durée du passage à travers le four étant de 24 heures. La cornue est chauffée normalement par les gaz permanents libérés par la distillation et, en cas de besoin, par du gaz pauvre provenant de gazogènes auxiliaires. Le schiste est porté progressivement jusqu'à 700° C, les hydrocarbures distillant entre 375 et 475° C. De la vapeur d'eau est injectée à la base pour refroidir le schiste calciné, provoquer la formation d'ammoniaque à son passage dans la cornue et faciliter l'évacuation rapide des hydrocarbures avant cracking. Le gaz recueilli, débarrassé de l'ammoniaque et des hydrocarbures condensables, est renvoyé à la cornue, où il est brûlé.

du bois. Mais la proportion relative des produits à recueillir (huile), de l'humidité et des cendres, ces dernières constituant 50 % au moins du poids de la roche, est tout à fait différente. L'énorme proportion des cendres, en particulier, peut, dans certains cas, interdire une carbonisation rémunératrice de la roche. Elle rend toujours nécessaire l'emploi des procédés les plus rationnels de carbonisation, et la récupération de toutes les calories, ce qui ne peut se faire que dans les installations très importantes.

Il existe divers modèles de fours pour la carbonisation des schistes bitumineux : le four écossais, à chauffage interne et externe; le four à chauffage interne de La Grande Paroisse; le four à sole tournante, à chauffage externe; le four à tunnel à chauffage interne et le four gazogène.

Les trois premiers modèles conviennent uniquement au traitement des schistes les moins riches, qui cèdent généralement moins de 15 % d'huile et qui n'ont pas tendance à s'agglutiner quand on les chauffe. Quant au four tunnel, il est spécialement adapté à la carbonisation des schistes agglutinants, dont il assure automatiquement le brassage. On l'utilise dans des conditions tout à fait satisfaisantes en Estonie. Enfin les fours gazogènes ont reçu des applications importantes en Estonie et en Mandchourie.

Parmi les cinq modèles de fours, il y en a quatre — le cinquième étant le four à sole — qui ne se prêtent qu'au traitement du schiste dont le calibre est ordinairement compris entre 15 et 60 mm, ce qui nécessite un concassage du schiste tout venant. En moyenne, ce 15-60 représente quelque 85 % de l'extraction minière. Afin d'utiliser les fragments de dimensions inférieures, on les carbonise dans le four à sole qui constitue ainsi le complément des autres modèles de fours.

Dans les fours écossais et de La Grande Paroisse, ainsi que dans les fours gazogènes, le carbone contenu dans les schistes résiduels est brûlé dans la proportion de 85 à 95 %, contribuant ainsi à améliorer le bilan thermique de l'opération de carbonisation. Si la construction et l'exploitation du four sont bien comprises, si le schiste résiduel contient au moins 4 % de carbone, on peut alors obtenir la vapeur nécessaire aux opérations de chauffage dans l'usine sans avoir besoin de consommer du charbon.

Le rendement thermique des fours écossais a été notablement amélioré, à Autun spécialement, par l'utilisation, dans des générateurs de vapeur, de la chaleur des gaz brûlés sortant des chambres de chauffage des cellules de carbonisation, et par l'emploi de régulateurs automatiques de la pression du gaz aux brûleurs et de la dépression au pied de la che-

minée.

La carbonisation en vase clos d'une tonne de schiste jusqu'à la température de 450° C donne entre 20 et 30 mètres cubes de gaz de 6 000 à 8 000 calories au mètre cube et contenant entre 90 et 120 g d'essence. Habituellement, cette production de gaz subit une très forte augmentation dans les types de fours où le chauffage s'effectue par voie interne, et la base desquels on injecte de la vapeur d'eau pour la transformation en gaz à l'eau du carbone demeuré dans le schiste résiduel. Dans les fours écossais, on recueille ainsi 300 m³ de gaz par tonne de schiste. Evidemment, la teneur en essence ne s'élève plus alors qu'entre 8 à 15 g par mètre cube de gaz.

D'importants progrès ont permis d'accroître le débit journalier des fours servant à la car-

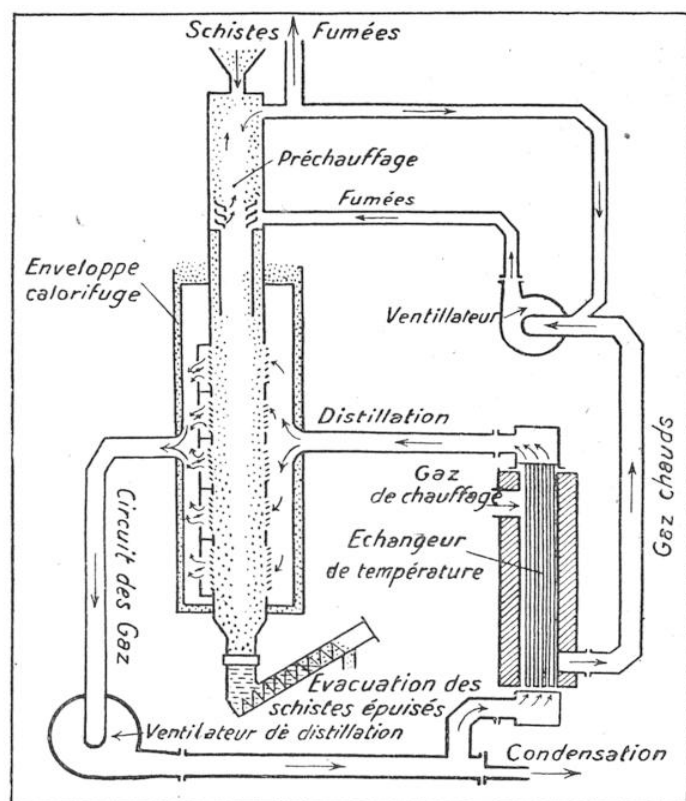


FIG. 8. — COUPE VERTICALE D'UN FOUR POUR LA CARBONISATION DES SCHISTES DE LA SOCIÉTÉ DE LA GRANDE PAROISSE

Les calories nécessaires pour la carbonisation des schistes sont fournies par les gaz chauds provenant de la combustion du carbone contenu dans les résidus de la distillation. Ils cèdent leur chaleur aux gaz du circuit de distillation dans un échangeur de température, traversent la zone de distillation du four et, mus par un ventilateur, recommencent le circuit, après qu'une ponction effectuée sur le circuit de distillation a permis de les débarrasser de leurs huiles. Les schistes sont chargés à la partie supérieure du four en colonne, ils sont chauffés progressivement, distillent et sont évacués par une vis sans fin à garde hydraulique.

bonisation. Egal autrefois à 4 t par cornue écossaise, il a été récemment porté entre 10 et 12 t dans des usines écossaises. Le débit journalier du four de La Grande Paroisse et celui du four tunnel estonien atteignent respectivement 500 et 400 t de schiste traité par 24 heures. Quant au four à sole, qui joue seulement le rôle de complément, il répond au traitement de 40 à 90 t de schiste par 24 heures, selon l'importance donnée aux fours traitant le schiste du calibre 15-60 mm.

Le rendement industriel en huile d'un schiste déterminé, dépend du perfectionnement plus ou moins grand du four employé, de son mode et de sa régularité de chauffage, puis de l'importance des phénomènes de cracking susceptibles de s'y produire.

La qualité de cette huile varie avec la qualité du schiste et le mode de chauffage du four.

A Autun, par exemple, où l'on emploie des cornues écossaises, la densité de l'huile est comprise entre 0,890 et 0,900. Elle varie entre 0,910 et 0,915 à Saint-Hilaire, où l'on se sert de fours de La Grande Paroisse.

Le cracking des huiles de schistes

La nature du schiste ainsi que les conditions de sa carbonisation exercent une influence majeure sur la composition de l'huile de schiste. D'une façon générale, les huiles provenant de schistes d'Ecosse, d'Australie et de Mandchourie sont constituées par des hydrocarbures de la série paraffinique et des hydrocarbures non saturés, tandis que les huiles d'Estonie et de Tasmanie renferment des hydrocarbures appartenant à la série asphaltique.

En général, l'huile de schiste écossais ne contient que 0,45 % de soufre et sa teneur en phénols varie entre 2 et 4 %.

Les méthodes de raffinage de l'huile de schiste présentent des analogies de plus en plus accentuées avec les procédés de traitement du pétrole.

Jusqu'à ces dernières années, le raffinage de l'huile de schiste consistait essentiellement en une série de distillations fractionnées fournissant toute la gamme des produits pétroliers, depuis l'essence jusqu'à la paraffine solide et au coke. Aujourd'hui, les schisteries s'orientent, selon les lois fiscales auxquelles elles sont soumises, soit vers la transformation de leur huile en essence et en huile (usines écossaises), soit vers la transformation intégrale de leur huile en essence (Autun).

Au cours de ces deux dernières années, on a cherché à appliquer l'hydrogénation à l'huile de schiste en vue d'en obtenir des produits de qualité supérieure.

En même temps, de la paraffine, de l'huile de graissage et de l'huile Diesel peuvent être séparées de l'huile de schiste écossais. Les propriétés de l'huile de graissage obtenue par l'hydrogénation sont comparables à celles des meilleures qualités préparées à partir des pétroles de Pensylvanie. Quant aux huiles de schiste d'Estonie, elles se prêtent à une transformation en gasoil avec un rendement pondéral de 85 %.

D'une façon générale, toutes les huiles de schiste sont convertibles en essence avec un rendement pondéral de 80 %, ce qui correspond à un rendement volumétrique légèrement supérieur à 100 %. Cette essence, dont l'indice d'octane est compris entre 65 et 67, se caractérise par une haute sensibilité au plomb tétraéthyle. Elle convient donc pour la préparation des carburants à haut indice d'octane.

H. DOYEN.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Un cyclotron géant en construction aux États-Unis

L'ÉTUDE des constituants intimes de la matière est fondée, on le sait (1), sur la désintégration des atomes que le grand physicien anglais Rutherford a été le premier à obtenir. En bombardant des noyaux d'azote au moyen de particules émises par des éléments radioactifs, il réussit en effet à opérer leur transmutation en noyaux d'oxygène. L'accélération donnée à ces particules sous plusieurs millions de volts a permis depuis de réaliser un grand nombre de transmutations de la matière. Cependant, en vue d'obtenir de très grandes accélérations sans faire appel à un appareillage producteur de très haute tension continue, très coûteux et d'un réglage délicat, on a imaginé de donner aux particules électrisées des impulsions successives sous une tension de quelques dizaines de milliers de volts seulement, chacune au moment où la tension du générateur à haute fréquence est maximum. Le cyclotron in-

(1) Voir : « La transmutation de la matière n'est plus un rêve d'alchimiste », dans *La Science et la Vie* n° 246, décembre 1937.

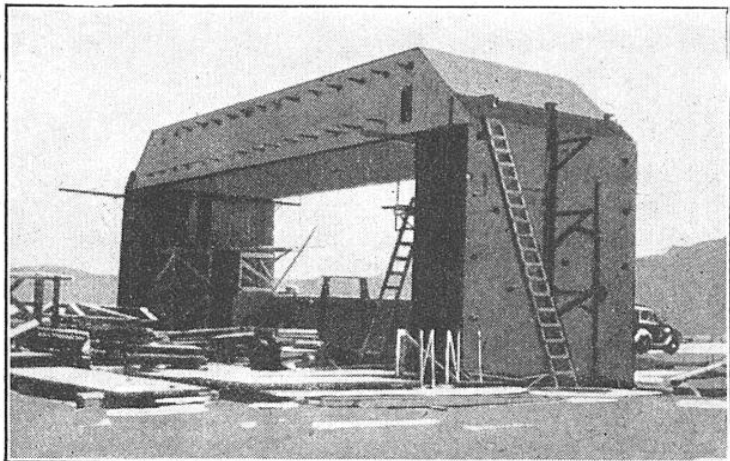


FIG. 2. — L'ARMATURE D'ACIER DE 4 000 TONNES DU FUTUR CYCLOTRON GÉANT DE BIRKELEY

Les pièces polaires de cet appareil ne mesureront pas moins de 4,50 m de diamètre et les enroulements comporteront plus de 200 tonnes de cuivre. La voiture, en bas et à droite, donne l'échelle.

venté par le professeur Lawrence, de l'Université de Californie, est fondé sur ce principe. Les ions se déplacent suivant des circonférences dans un puissant champ magnétique vertical. Ils passent d'une moitié à l'autre d'une boîte de cuivre coupée en deux, dont chaque moitié est reliée à une extrémité d'un générateur à haute fréquence. A chaque passage, ils reçoivent une impulsion et décrivent des circonférences de plus en plus grandes.

Le premier cyclotron construit en 1931 pesait 250 kg; le plus récent, de 220 tonnes, est capable de produire un faisceau de particules illuminant 1,50 m d'air, ce qui correspond à un voltage de 16 millions de volts. On peut ainsi désintégrer pratiquement n'importe quel élément chimique.

Un nouveau cyclotron dû à la fondation Rockefeller, dont la construction débute à Berkelen (laboratoire des radiations de l'Université de Californie), ne pèsera pas moins de 4 000 tonnes d'acier et de cuivre. Il produira un faisceau d'un voltage compris entre 100 millions et 300 millions de volts, capable de traverser et d'illuminer plus de 40 m d'air. Ce nouvel instrument va doter les physiciens d'une arme ultra-puissante, grâce à laquelle ils peuvent espérer contrôler et utiliser la formidable énergie atomique concentrée dans les noyaux. Avec le télescope géant du mont Palomar, la fondation Rockefeller aura doté la

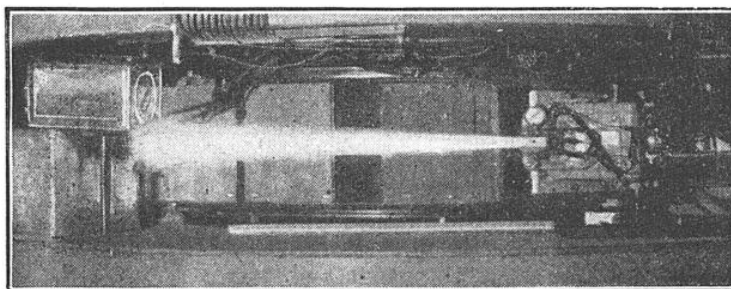


FIG. 1. — LE FAISCEAU DE DEUTONS DU CYCLOTRON DE 220 TONNES CONSTRUIT EN 1938 ILLUMINE UNE ÉPAISSEUR D'AIR DE 1,50 M.

science des appareils les plus puissants pour explorer l'univers, de l'infiniment grand à l'infiniment petit.

L'électricité permet de mesurer l'épaisseur d'une paroi métallique dont un seul côté est accessible

DANS les constructions navales ou en chaudronnerie, le problème se pose souvent de mesurer l'épaisseur de plaques métalliques de grande surface dont un seul côté est accessible, notamment en vue de déterminer les effets de la corrosion sur les tôles de navires, de chaudières ou de réservoirs; en fonderie, il est également important de savoir si le noyau est bien resté en place au moment de la coulée, donnant ainsi une paroi trop mince d'un côté, trop épaisse de l'autre, etc. Percer la tôle pour utiliser un micromètre présente plusieurs inconvénients : diminution de résistance de la tôle, nécessité d'une nouvelle obturation pour les réservoirs.

On sait que la résistance électrique offerte au passage d'un courant continu entre deux points pris sur une surface métallique assez mince est inversement proportionnelle à l'épaisseur du métal, c'est-à-dire que si l'on admet une forme constante de répartition du courant, son intensité est proportionnelle à l'épaisseur de la plaque. On peut donc, pour mesurer

l'épaisseur, soit faire passer un courant donné entre deux points de la surface de la plaque et mesurer le déplacement de l'aiguille d'un galvanomètre indiquant la tension nécessaire, soit inversement mesurer l'intensité du courant nécessaire pour que le galvanomètre dévie d'une quantité fixée, c'est-à-dire pour que la chute de tension entre les contacts avec les pôles du galvanomètre atteigne une valeur donnée. On a adopté cette méthode pour des raisons de facilité de lecture.

Le schéma utilisé étant celui de la fig. 3, on manœuvre le rhéostat de réglage du courant de façon qu'entre les prises du galvanomètre se produise une différence de potentiel donnée et on lit l'intensité du courant sur l'ampèremètre. Il suffit de se reporter à des courbes tracées à l'avance pour connaître l'épaisseur de la plaque au point choisi.

Une nouvelle méthode, fondée également sur la conductibilité, mais dans laquelle le résultat est indépendant de la valeur absolue de cette conductibilité, a été récemment proposée. Un courant connu est introduit dans la plaque par deux sommets voisins d'un carré et on mesure la différence de potentiel entre les deux autres sommets. Comme on sait calculer dans tous les cas intermédiaires entre une épaisseur nulle et une épaisseur infinie la répartition du courant et la différence de potentiel, on peut déduire l'épaisseur de la plaque de la mesure de la différence de potentiel. En faisant une deuxième mesure avec des points situés aux sommets d'un carré de côté double de celui du premier, on peut éliminer la valeur absolue

de la conductibilité en faisant le rapport des lectures faites au galvanomètre.

L'expérience a d'ailleurs démontré la précision de la méthode.

Cet appareil joue les deux faces d'un disque sans le retourner

DES qu'un enregistrement sonore dépasse les proportions d'une chanson ou d'un court monologue, il devient nécessaire de l'effectuer sur les deux faces d'un disque, voire même sur une série de disques. Les arrêts nécessités pour retourner ou changer le disque enlèvent, on le sait, à l'audition une grande partie de son agrément, malgré les précautions prises pour que les interruptions se situent aux points les plus favorables.

M. Carson, de la Radio Corporation américaine, a mis au point, pour obvier à cet inconvénient, un nouvel appareil qui joue successivement les deux faces d'un disque sans qu'il soit besoin de retourner celui-ci. A cet effet, le diamètre du plateau tournant n'est pas supérieur à celui de l'étiquette collée au centre du disque et un bras muni d'un pick-up est situé de chaque côté du disque. Le premier de ces deux pick-up joue normalement la face supérieure du disque; au moment précis où cette audition se termine, un dispositif spécial inverse le sens de rotation du moteur, le pick-up situé en dessous s'applique à son tour sur le disque pour assurer l'audition de la face inférieure.

Installée sur un appareil Victrola, en 1942, une telle machine permettra de jouer une pile de quinze disques dans un ordre varié sans aucune intervention manuelle.

Nouveau procédé de cuisson du bois

ON nous signale un nouveau procédé de cuisson du bois utilisant comme source de cha-

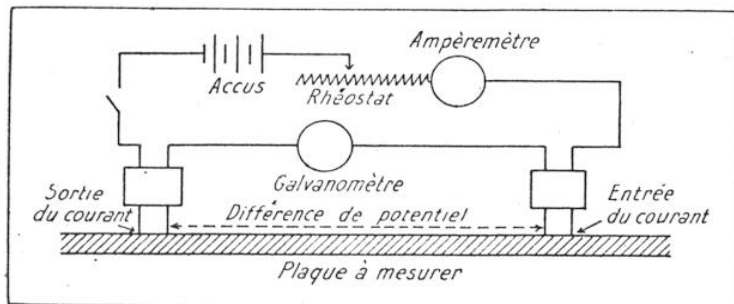


FIG. 3. — MONTAGE UTILISÉ POUR LA MESURE DE L'ÉPAISSEUR D'UNE PLAQUE

T W 15098

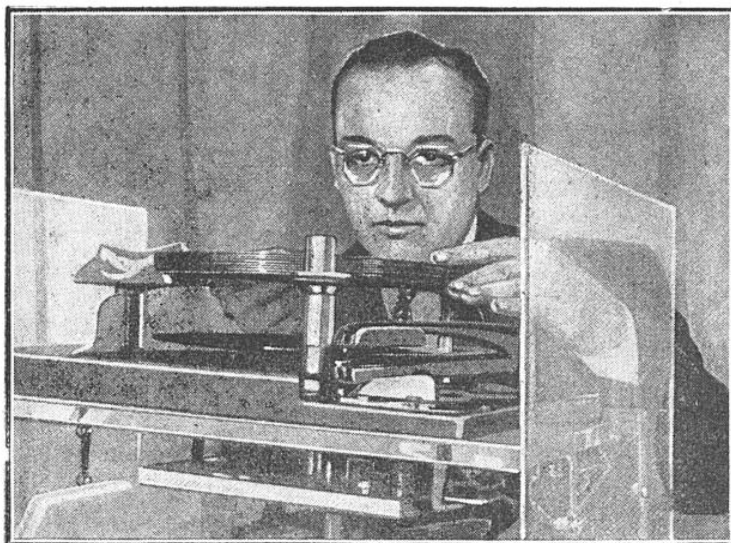


FIG. 4. — L'APPAREIL QUI JOUE LES DEUX FACES D'UN DISQUE

leur la combustion des gaz incondensables contenus dans les fumées. D'après son auteur, le rendement en charbon de bois épuré de ce procédé atteindrait 27 à 28 % du poids de bois employé. D'autre part, la distillation des bois verts, des sarments, des grignons d'olives, du marc de raisin, etc..., procurerait ainsi en une demi-heure du bois étuvé, en une heure du bois roux, en 4 ou 5 heures du charbon de bois épuré. Ce procédé permettrait également la récupération intégrale des sous-produits tels que goudrons et jus pyrolygneux. A volume égal, ce procédé (carbodistillation) produirait onze fois plus: 10 stères de bois carbodistillés donneraient une tonne de charbon épuré.

V. RUBOR.

N. D. L. R. — Par suite des difficultés actuelles pour communiquer avec les éditeurs et recevoir les ouvrages commandés, notre service bibliographique est provisoirement suspendu. Nous prions nos lecteurs de vouloir bien s'adresser à leur libraire habituel.

BULLETIN D'ABONNEMENT (294)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

Déclare m'abonner pour { un an, au prix de 6 mois,

(tarif ci-contre) que je vous adresse par Chèque postal 184.05 Toulouse. Le premier numéro à envoyer sera le n°

TARIF DES ABONNEMENTS A " LA SCIENCE ET LA VIE "

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	60 fr.
	6 mois.....	32 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	75 fr.
	6 mois.....	40 fr.
ÉTRANGER		
Pour les pays ci-après : <i>Australie, Chine, Danemark, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Îles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie :</i>		
Envois simplement affranchis.....	1 an.....	120 fr.
	6 mois.....	65 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	150 fr.
	6 mois.....	80 fr.
Pour les autres pays :		
Envois simplement affranchis.....	1 an.....	100 fr.
	6 mois.....	55 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	130 fr.
	6 mois.....	70 fr.

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats-cartes ou chèques postaux de préférence. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 2 francs en timbres-poste.

" LA SCIENCE ET LA VIE "

Rédaction et Administration : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (H.-G.)
Chèques Postaux : Toulouse 184.05

(Aucun envoi n'est fait contre remboursement)

Pour faciliter notre tâche, nous demandons à nos lecteurs d'effectuer tous leurs règlements uniquement par chèque postal au C/C 184-05 Toulouse.

**BREVETS D'INVENTION
MARQUES DE FABRIQUE
DESSINS ET MODÈLES
FRANCE ET ÉTRANGER**



J. BÉGUÉ
13. RUE CROIX-BARAGNON 13
TÉL. 258-99 - TOULOUSE

Depuis **30 ans**
MARC SAUREL
enseigne LE DESSIN
par correspondance.

SA NOUVELLE MÉTHODE
"LE DESSIN FACILE"

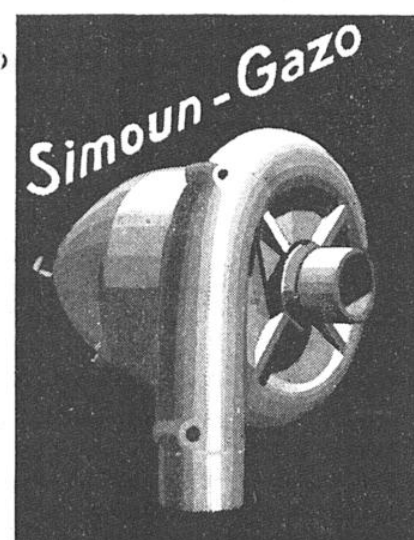
fruit de ces 30 ans d'expérience
utilise des procédés inédits
qui, suivant une progression
attrayante, vous apprennent à
dessiner en 10 mois.

★ **PRIX ACCESSIBLES A TOUS**
Brochure illustrée GRATUITE
LE DESSIN FACILE
SERV S V 8 BANDOL - VAR
Siège à Paris 17. Rue Lauriston XVIe



**ADOPTÉZ, pour votre gazogène,
L'ASPIRATEUR ÉLECTRIQUE**

Simoun-Gazo



ESTANG, constructeur
229, Avenue du Prado - MARSEILLE

Cyclistes !

L. TAJAN 13, rue Jean-Pégot
TOULOUSE

vous présente :

VÉLOMINE, Amortisseurs Arman
CITROEN, Antivols JOPP et LE ELOCUS,
Accus de poche et ménage, ACCU-WATT
et EFFEM

En vente chez tous les marchands de cycles

LA MUTUELLE CYCLISTE
POUR VOUS GARANTIR CONTRE
les ACCIDENTS et le VOL

Abonnez-vous à
CYCLO-REVUE
LA REVUE DU CYCLISME

*Si vous voulez acheter, échanger,
vendre une bicyclette ou un
accessoire, LISEZ et UTILISEZ*

nos PETITES ANNONCES

LE GÉRANT : L. LESTANG.

T W 4362 - 21-1-42.

IMP. RÉGIONALE, TOULOUSE.

ÉCOLE RADIOTECHNIQUE

(Inscription à toute époque de l'année)

actuellement : Rue Maréchal-Lyautey - VICHY

Cours sur place et par correspondance

INGENIEUR-RADIOTECHNICIEN

Trigonométrie, règle à calcul, calcul différentiel et intégral, mécanique, machines électriques, radiotechnique générale, construction et mise au point des appareils, cinéma sonore, télévision.

Admission : niveau B. S. ou classe de première.

SOUS-INGENIEUR-RADIO DE 1^{re} CLASSE

Mathématiques générales, électricité, radiotechnique, machines électriques, cours de travaux pratiques, émetteurs et récepteurs, études schématiques.

Admission : niveau du B. E. ou classe de seconde.

OPERATEURS-RADIO DE 1^{re} OU 2^{me} CLASSE

Electricité, magnétisme, statique, machines électriques, radiotélégraphie et radiotéléphonie, réglementation des radiocommunications, taxation, moteurs thermiques, géographie professionnelle, émetteur B 41 K, récepteurs en usage.

Admission

1^{re} classe : niveau B. E. ou classe de seconde.

2^{me} classe : notions d'algèbre.

MONTEUR-DEPANNEUR-RADIOTECHNICIEN

Electricité générale, circuits oscillants, ondes et propagation, accord des récepteurs et sélection, transmission radiophonique, différents modèles de lampes et utilisation, récepteurs batteries, tous courants, alternatif, vérification et mise au point, recherche des pannes, télévision.

Admission : niveau C. E. P.

(Notices contre 2 francs en timbres.)

NITROLAC

LA GRANDE MARQUE DE PEINTURE



Des millions
de
mètres carrés
de références