

Novembre 1941

6 francs

la Science et la Vie



Voir page 257

ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à

PARIS

152, Avenue de Wagram

Fondée en 1917

Pendant la guerre :

NICE

3, Rue du Lycée

COURS PAR CORRESPONDANCE

(Inscription à toute époque)

Les élèves des Cours par correspondance reçoivent des cours ou ouvrages imprimés et des séries de devoirs qui leur sont corrigés.

SECTION P. T. T.

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.

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.

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.

Envoi gratuit du programme détaillé pour chaque section.

SECTION INDUSTRIELLE

COURS DE MONTEUR-DÉPANNÉUR

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

COURS D'ADJOINT TECHNIQUE OU D'OPÉRATEUR

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

COURS DE TECHNICIEN 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 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. Eclairage électrique. Bobinage électrique. Radioélectricité théorique et appliquée. Dessin.

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. Production et distribution. Construction de l'appareillage. Radioélectricité technique, théorique et appliquée. Prévention des accidents. Projets.

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.

LE NUMÉRO DE **NOËL** (DÉCEMBRE 1941)

DE

la Science et la Vie

sera une magnifique livraison qui rassemblera de nombreux articles sur l'avenir économique de la France et sur les questions à l'ordre du jour dans tous les domaines : économiques, scientifiques, techniques et militaires.

- ★ L'économie française dans l'Europe future.
- ★ Le développement de l'agriculture, terres incultes et cultures nouvelles.
- ★ L'équipement de l'Empire, le Transsaharien.
- ★ Le problème de la houille blanche, des carburants et des huiles de graissage.
- ★ La carbonisation rationnelle et les progrès des gazogènes.
- ★ L'avenir de la marine marchande et de l'avion cargo.
- ★ Le système métrique à la conquête du monde.

Et plusieurs autres articles sur la régénération par le sport, la radiothérapie du cancer, les derniers progrès de la télévision, la prolongation de la durée de la vie, les méthodes du tir à la mer, l'aviation et l'armée japonaises, l'armée américaine, la détection électromagnétique des avions, etc.

Le numéro de **NOËL** de la Science et la Vie (décembre 1941)
SERA MIS EN VENTE FIN NOVEMBRE

ASSUREZ-VOUS DÈ MAINTENANT cette superbe livraison en **SOUSCRIVANT** un abonnement au tarif habituel (60 francs France et Colonies). - Compte de Chèques Postaux : Toulouse 184.05

Devenez...

**MONTEUR-DÉPANNÉUR-RADIOTECHNICIEN,
SOUS-INGÉNIEUR-RADIOTECHNICIEN,
OPÉRATEUR - RADIOTÉLÉGRAPHISTE**

Aviation, Marine, Colonies, Administrations d'État, Industrie

En suivant les cours par correspondance d'une École spécialisée

ÉCOLE PROFESSIONNELLE RADIOTECHNIQUE

Rue Maréchal-Lyautey - VICHY

(Notices sur simple demande)



Les Élèves effectuent des travaux pratiques à domicile

*Faites vos volailles
et vos œufs*

**COUVEUSES
ÉLEVEUSES, ARCHES
ÉLECTRIQUES**

"BÉKOTO"

Usine à METTRAY (Indre-et-Loire)
zone occupée.

SUCCURSALE :

43, Grande Rue à LOCHES
(Indre-et-Loire) zone libre.

Grand catalogue conseils contre 10 francs
ou 11 fr. 50 contre remboursement.

en 10 MOIS
Apprenez à **DESSINER** par

**"LE DESSIN
FACILE"**



MÉTHODE NOUVELLE MARC SAUREL
par correspondance pour
adultes et enfants. Procédés
modernes inédits. Nombreux
modèles. Arrangement pour
essai. Prix accessibles à tous.

SI vous savez déjà dessiner, suivez
notre **COURS TECHNIQUE
DE DESSIN ANIMÉ DE CINÉMA**
(Matériel d'étude fourni)

SI vous voulez apprendre le dessin
en vue d'une carrière lucrative,
ou simplement par plaisir, suivez les
COURS DU "DESSIN FACILE"
(Conditions pour abonnements simultanés)
Brochure et notice illustrées **GRATUITES**
LE DESSIN FACILE Serv. S.V. 5. BANDOL (Var.)

“CARBO-FRANCE”

SOCIÉTÉ D'EXPLOITATION DES PROCÉDÉS G. BONNECHAUX

Service des ventes : **40, Boulevard Carnot - TOULOUSE**

Téléphone 218.40

LA PLUS HAUTE TECHNIQUE — LE MEILLEUR RENDEMENT

FOURS MOBILES A RECUPERATION

TRIPLEX. Four à récupération, par condenseur aéro-réfrigérant et éjecteur à vapeur. Capacité 11 m³. Produit bois, charbon de bois, récupère goudrons et pyroliigneux. Transportable, automatique. Double paroi. Tirage inversé.

AUTOTHERMIC. Four à récupération. Condenseur aéro-réfrigérant. Ejecteur à vapeur. Double paroi. Tirage inversé, transportable. Transformable en séchoir, en four pour agglomérés.

CONDENSEURS - RECUPERATEURS A GOUDRON ADAPTABLES A TOUS LES FOURS

TORNADO. Condenseur aéro-réfrigérant, à goudrons et à jus pyroliigneux. S'adapte sur tous les principaux fours. Tirage forcé par éjecteur à vapeur. Indispensable pour la récupération des sous-produits.

REGULATEURS D'ADMISSION D'AIR ADAPTABLES A TOUS LES FOURS

SOLE MONOBLOC 634. Appareil de répartition d'air avec volets mobiles, auto-régulateurs de la combustion. Supprime la surveillance. Augmente le rendement. Supprime les coups de feu. Adaptable à tous les fours, principalement sur les appareils type Eaux et Forêts.

GAZOGENES - POLYCOMBUSTIBLES

Gazogènes pour camions. Moteurs fixes, tracteurs agricoles. Épuration dynamique. Simplicité. Robustesse. Rendement élevé.

CONCESSIONNAIRES

AIX (B.-du-Rhône), Société AIXOISE, carbone carburant Pont d'Antoine;

AMBERT (P.-de-D.), Ets ROCHER, avenue Henri-IV;

ARLES (B.-du-R.), FALIERE, 11 bis, bd Emile-Zola;

LIMOGES, Carbo-France, 10, rue Poussin;

LYON, Ets RABATEL, 9, rue de la République;

PERPIGNAN, HERAIL, 2 bis, Porte-d'Assaut;

TOULOUSE, Carbo-France, Sud-Ouest, 2, rue Dardenne;

ALGERIE, MAROC, Ets RABATEL, 9, rue de la République, LYON.

CORSE, DOMPIETRINI, 77, r. de la Joliette, MARSEILLE;

TUNISIE, Société LE MOTEUR, 54, av. de Carthage, TUNIS.

Pour les études de vos enfants

Pour vos propres études

Vous ne pouvez faire mieux que de vous adresser à

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

par correspondance de PARIS : 12 place Jules-Ferry, LYON

Ses cours sont, en effet :

LES PLUS COMMODES, puisqu'on les suit CHEZ SOI, sans aucun dérangement, en n'importe quelle résidence, jusque dans les localités les plus isolées, même si l'on est astreint à de fréquents déplacements ;

LES PLUS COMPLETS, puisqu'ils embrassent tous les PROGRAMMES OFFICIELS des différents enseignements, et tous les programmes spéciaux auxquels se rapportent les brochures énumérées ci-dessous ;

MERVEILLEUSEMENT EFFICACES, puisque c'est par MILLIERS que ses élèves sont reçus CHAQUE ANNÉE aux examens et concours publics.

L'ÉCOLE UNIVERSELLE vous adressera gratuitement, par retour du courrier, celle de ses brochures qui vous intéresse et tous renseignements qu'il vous plaira de lui demander.

BROCHURE N° 16.539. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° 16.540. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques incluse, Examens de passage, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° 16.541. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Professorats pratiques), Examens professionnels, P. C. B., etc.

BROCHURE N° 16.542. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance.

BROCHURE N° 16.839. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES.

BROCHURE N° 16.840. — 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° 16.841. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du GÉNIE RURAL, etc.

BROCHURE N° 16.842. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-Dactylo, Représentant, Services de publicité, Expert-comptable, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIERE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° 16.843. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE.

BROCHURE N° 16.844. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Espagnol, Russe, Portugais, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE N° 16.845. — AIR, RADIO, MARINE : Pont, Machines, Commissariat, T. S. F., etc.

BROCHURE N° 16.846. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction), etc.

BROCHURE N° 16.847. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Clarinette, Instruments de Jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° 16.848. — 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° 17.101. — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Reloucheuse, Coupeur, Coupeuse, Modeliste, Professorats, etc.

BROCHURE N° 17.102. — CARRIÈRES FÉMININES : dans toutes les branches d'activité.

BROCHURE N° 17.103. — ARTS DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

ÉCOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

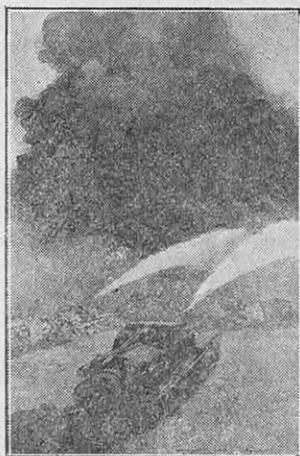
la Science et la Vie

Tome LX — N° 291

SOMMAIRE

Novembre 1941

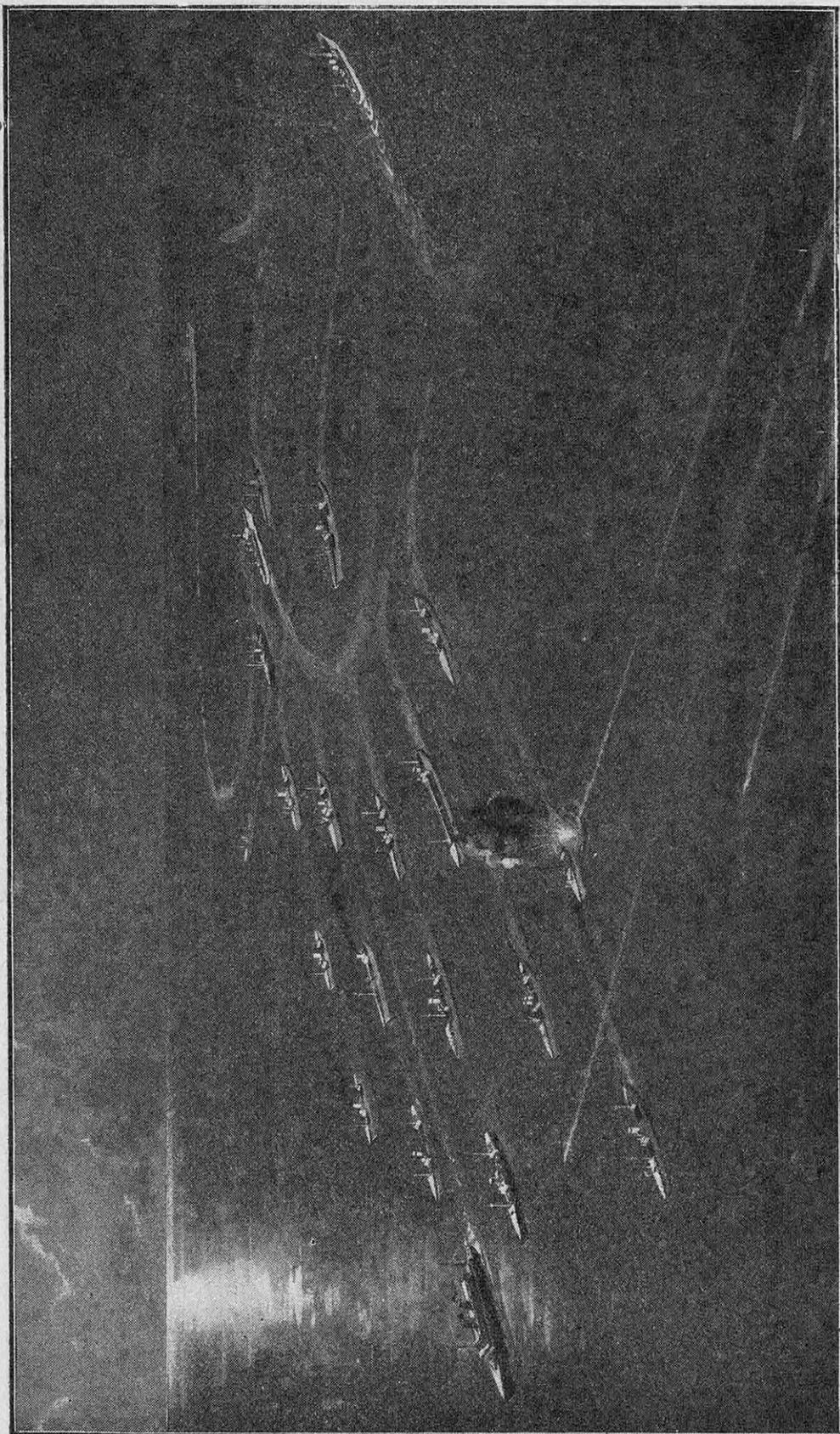
- ★ Où en est la bataille de l'Atlantique en 1941 ? La guerre au tonnage, par Pierre Belleruche 245
- ★ Le lance-flammes, arme d'assaut et arme anti-chars, par Pierre Camblanc 257
- ★ La destruction des villes et la bombe à effet de souffle, par Camille Rougeron 259
- ★ La recherche scientifique des gisements de pétrole, par Henri Doyen 269
- ★ La guerre germano-russe (1^{er} septembre - 1^{er} octobre 1941), par XXX 277
- ★ L'avion-canon blindé, par Pierre Dublanc 285
- ★ A la recherche du « neutrino », véritable particule métaphysique, par Maurice-E. Nahmias 292
- ★ Les A côté de la Science, par V. Rubor 298
- ★ Chez les éditeurs 301



La guerre actuelle a vu tomber en quelques jours des lignes fortifiées jugées infranchissables. Ces brillants succès sont dus à une heureuse combinaison d'armes offensives variées dont la plupart ne sont pas nouvelles. L'une des plus terribles est sans conteste le lance-flammes qui, manœuvré par un seul homme, envoie à plus de trente mètres un jet de liquide enflammé, dont la fortification bétonnée ne peut arrêter les effets meurtriers sur ses défenseurs. Le lance-flammes a joué un rôle prépondérant dans la chute des lignes fortifiées grecques et soviétiques. La couverture du présent numéro représente l'attaque d'une ligne de blockhaus par des chars lance-flammes qui furent imaginés pour mettre les servants de ces engins à l'abri du feu de la défense, et qui se sont révélés l'arme d'assaut par excellence contre un adversaire fortement retranché. (Voir l'article, page 257 de ce 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 », Novembre mil neuf cent quarante et un. Registré du Comm. : Seine 116.654. Abonnements : France et Colonies, un an : soixante francs; six mois : trente-deux francs.



L'ATTAQUE D'UN CONVOI PAR UN GROUPE DE SOUS-MARINS.

Un sous-marin isolé (à droite et en haut de la figure) attaque à la torpille un convoi et attire de son côté les destroyers d'escorte du convoi. Aussitôt le convoi dérouté légèrement du côté opposé à l'agresseur, c'est-à-dire fait une « abattée » sur bâbord. Il se trouve alors aux prises avec un groupe de sous-marins (à droite et en bas de la figure) embusqués pour attaquer de ce côté les navires, momentanément démunis de leurs destroyers d'escorte.

OU EN EST LA BATAILLE DE L'ATLANTIQUE EN 1941? LA GUERRE AU TONNAGE

par Pierre BELLEROCHE

Guerre aéro-sous-marine, blocus des Iles Britanniques, bataille de l'Atlantique, tels sont les différents aspects de la lutte qui s'est développée autour des Iles Britanniques de 1939 à 1941, sous une forme plus variée et beaucoup plus élargie que la guerre exclusivement sous-marine de 1914-1918. Au lieu d'être bloquées dans la mer du Nord par le barrage du Pas de Calais, comme en 1917, les forces allemandes de 1941 s'échelonnent géographiquement de Petsamo à Bayonne et opèrent jusqu'au centre de l'Atlantique : vedettes rapides et Stukas dans la Manche et dans l'estuaire de la Tamise; bombardiers Heinkel 111 sur la périphérie des côtes anglaises et aux atterrages des Iles Britanniques; quadrimoteurs Focke-Wulf « Kurier » dans un arc de cercle allant de l'Islande aux Canaries par les Açores. Les sous-marins opèrent jusqu'au large du Groenland et des îles du Cap Vert, les croiseurs de bataille au delà, jusqu'à Fernando de Noronha. Il ne s'agit plus de guerre sous-marine, mais d'opérations aéro-navales et sous-marines combinées dont l'objectif se résume à la destruction systématique du tonnage travaillant au bénéfice des Britanniques dans l'Atlantique. En quatre ans de guerre, de 1914 à 1918, près de 13 millions de tonneaux avaient été coulés, dont 95 % par les sous-marins. Au 1^{er} septembre 1941, c'est-à-dire en deux années de guerre, c'est approximativement le même chiffre de 13 millions de tonneaux que revendique le Haut Commandement allemand. Certes, Londres n'en avoue, au 1^{er} juin 1941, que 7 millions, mais il faut reconnaître que le rendement de la guerre au « tonnage » s'est singulièrement accru en 1941 par rapport à 1918, surtout du fait de l'intervention de l'aviation. En 1941, la Luftwaffe opère en plein Atlantique, guide les sous-marins, attaque à la bombe les navires marchands, « coventryse » les chantiers de construction. A la mer, 40 % du tonnage coulé lui est imputable. Mais, réciproquement, c'est l'avion qui est devenu aujourd'hui le pire ennemi du sous-marin, qui l'oblige à rester en plongée pendant les heures diurnes, bombarde ses bases... Enfin, c'est peut-être seulement parce que les chantiers navals américains se trouvent encore hors de portée des bombardements allemands que la Bataille de l'Atlantique 1941-1942 ne tournera pas à une usure catastrophique du tonnage marchand.

On a donné le nom de *Bataille de l'Atlantique* à l'ensemble des opérations aéro-navales et sous-marines de 1941 au large des Iles Britanniques, et dont le but se ramène à la destruction systématique du tonnage marchand qui ravitaille cette place forte assiégée que représente l'Angleterre au flanc de l'Europe, depuis la fin du mois de juin 1940. La bataille de l'Atlantique est entrée dans sa phase aiguë au mois de février 1941.

Quel est le tonnage marchand en jeu, et quelles sont les pertes qu'il a subies en deux années de guerre, de 1939 à 1941?

Sur le tonnage coulé : 65 % de pavillon britannique

D'après le *Lloyd's Register of Shipping*, la flotte marchande de pavillon britannique au 30 juin 1939 totalisait en Grande-Bretagne 18 millions de tonneaux, et 21 millions 215 000 tonneaux en comptant les Dominions. A la même date (1939), le tonnage mondial se montait à 69 millions 440 000 tonneaux.

Les pertes subies en tonnage de septembre 1939 à fin avril 1941, soit en vingt mois de guerre, ont été publiées par l'Amirauté Britannique :

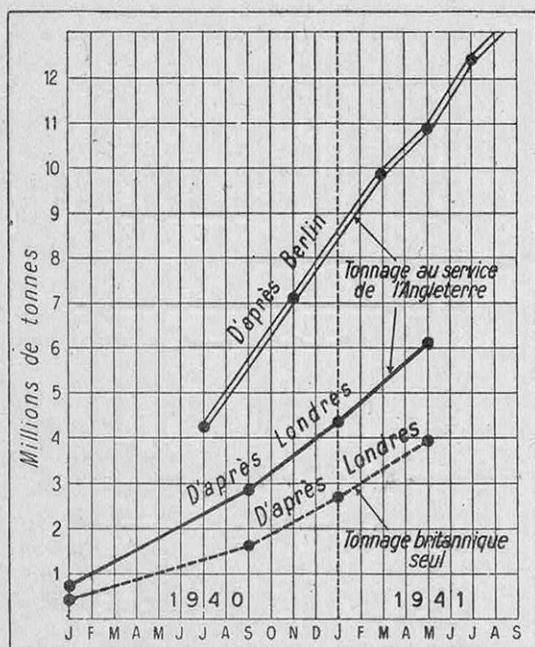


FIG. 1. — LES FLUCTUATIONS DE LA BATAILLE DE L'ATLANTIQUE

Les courbes ci-dessus représentent, d'après les chiffres communiqués par Berlin et par Londres, le tonnage coulé depuis le début de la guerre. Pour le mois de juillet 1941, les deux communiqués sont d'accord pour reconnaître une diminution notable des pertes qui sont comprises entre 407 000 tonnes (Berlin) et 200 000 tonnes (Londres).

- 3 millions 900 000 tonnes, soit 923 unités de pavillon britannique,
- 1 million 280 000 tonnes, soit 278 unités de pavillon allié,
- 950 000 tonnes, soit 307 unités de pavillon neutre utilisées au bénéfice des Britanniques.

Total : 6 millions 180 000 tonnes.

La proportion du pavillon britannique est voisine de 65 %.

A la même date du 30 avril 1941, les statistiques allemandes indiquaient 10 millions 910 000 tonneaux.

L'écart entre les chiffres de Londres et de Berlin est de 1 à 1,8 (fig. 1). En extrapolant un chiffre moyen entre ceux des deux belligérants, cela ferait, au 1^{er} septembre 1941, au bout de deux années de guerre, 10 millions et demi de tonneaux, anglais, alliés ou neutres.

Les moyennes mensuelles de 1939 à 1941

D'après l'estimation provisoire ci-dessus, la moyenne mensuelle, calculée sur vingt mois de guerre, serait de 410 000 tonnes (1) (dont 275 000 pour le seul pavillon britannique).

En réalité, le rythme des pertes de tonnage britannique s'est accru sensiblement de 1939 à 1940 et de 1940 à 1941, ainsi que l'indique le diagramme de la figure 1.

Il résulte de ces chiffres que :

- d'après Londres, les moyennes mensuelles suivent deux paliers :
 - Septembre 1939 à mai 1940 : moyenne : 180 000 tonnes;
 - Juin 1940 à juillet 1941 : moyenne : 410 000 tonnes.
- d'après Berlin, la moyenne serait de :
 - 400 000 tonnes pour la période septembre 1939 à mai 1940;
 - 700 000 tonnes pour l'été 1940;
 - 515 000 tonnes pour l'hiver 1940-1941;
 - 800 000 tonnes pour le printemps 1941.

Le 27 mai 1940 a marqué le départ de la guerre sous-marine intensive, consécutive à l'ouverture du Pas de Calais, et en outre par l'utilisation des bases norvégiennes et des bases françaises de l'Atlantique.

L'accroissement de rendement, dû au « débouchage » du Pas de Calais, s'est traduit par le coefficient 2,25, à partir de juin 1940.

(1) D'après Berlin, la moyenne mensuelle, en 20 mois, ressort à 545 000 tonnes. D'après Londres, à 305 000 tonnes.

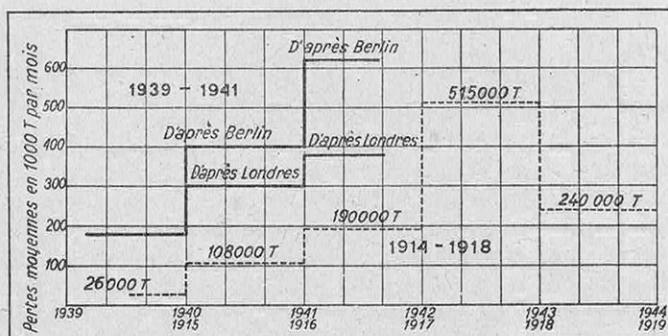


FIG. 2. — LES DEUX BATAILLES DE L'ATLANTIQUE : 1914-18 ET 1939-41

Les chiffres moyens des pertes de tonnage sont calculés par année et évalués en 1 000 tonnes par mois.

Les « pointes » du graphique des pertes hebdomadaires

De tels graphiques, fondés sur des moyennes mensuelles, donnent de la guerre aéro-sous-marine dans l'Atlantique une idée qui peut être inexacte. En

prise relativement modérée, puisque la « pointe » la plus accusée est celle du 23 février au 2 mars 1941 avec 148 000 t. L'allure de la courbe à partir d'avril 1941 n'est pas donnée, mais il est certain que le régime des pointes subsiste. Il est dû à l'allure sporadique de la guerre sous-

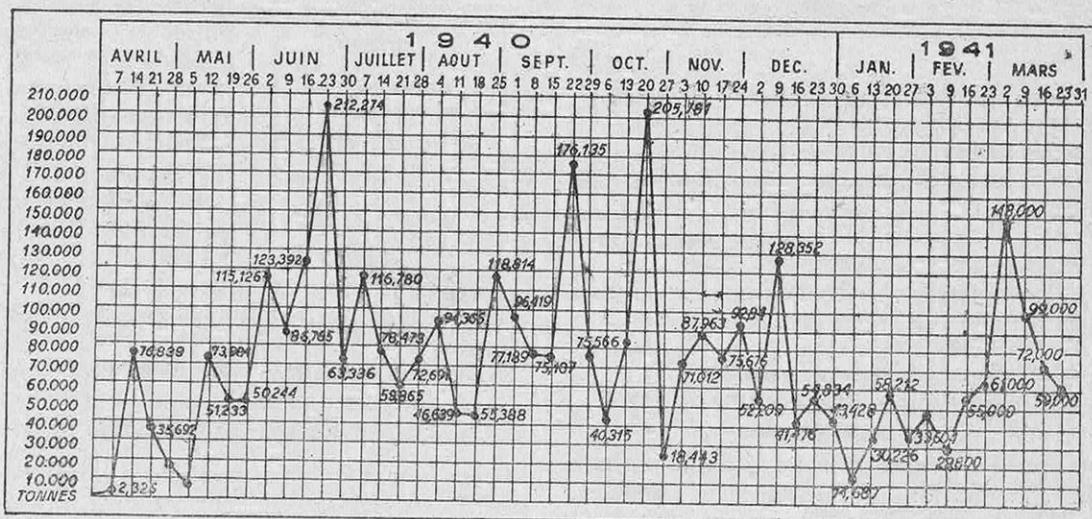


FIG. 3. — LES « POINTES » HEBDOMADAIRES DES PERTES DE TONNAGE BRITANNIQUE

Les discontinuités observées sur la courbe hebdomadaire du tonnage coulé sont dues, d'une part aux conditions atmosphériques qui sont plus ou moins favorables à l'activité sous-marine ou aérienne, et au système de défense (navigation en convois) et d'attaque (croiseurs corsaires, actions conjuguées de plusieurs sous-marins) qui groupe des pertes importantes sur la même semaine. Les chiffres publiés en fin de chaque semaine ne tiennent pas compte des pertes survenues dans les mers lointaines, en navigation isolée. Les pertes de tels navires, dont on reste sans nouvelles, ne sont souvent confirmées que beaucoup plus tard. Les chiffres hebdomadaires ne tiennent pas compte non plus des navires avariés au cours de la semaine et qui sont coulés ultérieurement. Ces pertes figurent toutefois dans les statistiques récapitulatives. C'est ainsi que de septembre 1939 à avril 1940 inclus, la statistique récapitulative de Londres est supérieure de 800 000 t au moins au total des pertes publiées semaine par semaine. A partir du 23 mars 1941, les Anglais renoncent à publier le chiffre hebdomadaire de leurs pertes.

réalité, la courbe des pertes, tracée semaine par semaine, présente des inégalités très accusées d'une semaine à l'autre. Jusqu'au 23 mars 1941, l'Amirauté britannique a publié régulièrement ses pertes hebdomadaires. La figure 3 en donne le graphique pour une année, du 1^{er} avril 1940 au 23 mars 1941. On constate des « pointes » atteignant en 1940 :

- 212 000 tonnes pour la semaine du 16 au 23 juin;
- 176 000 tonnes pour la semaine du 15 au 22 septembre;
- 206 000 tonnes pour la semaine du 13 au 20 octobre.

La même courbe accuse une chute des pertes hebdomadaires au cours de l'hiver 1940-1941, avec un minimum de 15 000 tonnes pour la semaine du 6 au 13 janvier, et au printemps 1941, une re-

marine, dans l'attaque d'une navigation qui s'effectue presque exclusivement en convois escortés.

La tactique sous-marine de 1940 à 1941

L'attaque des convois par les sous-marins se déroule, en effet, de la manière suivante :

- les avions à grand rayon d'action, quadrimoteurs « Kurier », repèrent les convois en plein Atlantique;
- les sous-marins attaquent par « divisions » de quatre à huit, en plongée d'abord; puis, lorsque le convoi est disloqué par les premiers torpillages, montent en surface et le harcèlent au canon.

Un communiqué allemand a indiqué qu'au cours des quatre premiers mois de 1941, dix-neuf convois anglais avaient été

Tonnage britannique (dominions compris) au 1 ^{er} juillet 1939.....	21 215 000 t
Tonnage capturé à l'Axe.....	400 000 t
Tonnage construit dans les chantiers de Grande-Bretagne	1 310 000 t
Tonnage acheté aux Etats-Unis.....	625 000 t
Tonnage provenant des alliés ou neutres dont les territoires ont été occupés en 1940 (Danemark, Norvège, Pays-Bas, Belgique).....	6 000 000 t
Tonnage français saisi.....	500 000 t
Tonnage des flottes marchandes grecque et yougoslave.....	2 100 000 t
TOTAL.....	32 150 000 t
Pertes évaluées au 1 ^{er} juillet 1941.....	10 000 000 t
Disponible au 1^{er} juillet 1941, environ.....	22 millions de t

TABLEAU I. — LE BILAN DU TONNAGE BRITANNIQUE DU 1^{er} JUILLET 1939 AU 1^{er} JUILLET 1941.

ainsi dépistés, et 978 000 tonnes coulées par les sous-marins.

Le coefficient humain : L'importance des commandants de sous-marins

Dans la guerre sous-marine, la valeur du commandant joue un rôle essentiel. Au cours de la dernière guerre 1914-1918, 40 % du tonnage coulé par les sous-marins, soit 5 millions de tonnes, fut l'œuvre d'une vingtaine de commandants seulement, sur les 375 commandants de sous-marins qu'utilisa la marine allemande. A la tête de cette vingtaine figurent : Arnauld de la Périère (400 000 t), Walter Forstmann (380 000 t), Max Valentiner (300 000 t), Rose et Steinbrinck.

En deux années de guerre sous-marine 1939-1941, les « as » sont : Prien (400 000 t, dont le cuirassé anglais *Royal Oak*, torpillé en rade de Scapa Flow le 14 octobre 1939), Kretschmer (313 000 t), Schepke (234 000 t), Kuppisch... Au début de 1941, les trois grands « as » allemands de la guerre sous-marine se trouvèrent éliminés : deux disparus et un prisonnier. La production de sous-marins allemands est estimée, de 1940 à 1941, à 15 unités par mois, en moyenne, ce qui ferait près de 200 sous-marins mis en service par le Reich de l'été 1940 à l'été 1941.

Le tonnage coulé par l'aviation dépasse 40 % en 1941

Ce qu'il y a de remarquable dans la bataille de l'Atlantique 1940-1941, quand on la compare à la guerre sous-marine allemande de 1914-1918, c'est la proportion importante de tonnage coulé par les avions et les navires de surface.

La guerre de 1914-1918 était presque ex-

clusivement sous-marine. Sur les 12,75 millions de tonnage allié coulé en quatre années (1), les sous-marins — par torpilles, canon ou mines — s'adjugeaient 12 millions de tonneaux, soit 95,9 %.

La proportion du tonnage coulé par les navires de surface était très faible (5 %).

Celle par les avions, infime (0,1 %).

La proportion de 1940 est déjà très différente.

Encore très faible en 1939 (0,4 % à peine), du fait que les attaques aériennes contre la navigation commerciale n'ont

(1) La proportion de tonnage de pavillon britannique est de 65 % (7 830 000 tx).



FIG. 4. — LA BATAILLE DE L'ATLANTIQUE AU COURS DE L'ÉTÉ 1940

L'attaque des convois par groupes de sous-marins est surtout concentrée au nord-ouest de l'Eire, jusque vers le 20^e et le 25^e méridien, c'est-à-dire de 300 à 400 milles au large (500 à 700 km) de l'Eire, pour les convois d'Amérique et au large de la côte d'Espagne pour les convois du Cap.

réellement commencé qu'à la fin de janvier 1940, la part revenant aux avions passe, au 1^{er} novembre 1940, d'après les chiffres publiés par Berlin, au second rang, avec 25 %, contre 51 % aux sous-marins et 23 % aux croiseurs de surface. L'utilisation des bases hollandaises et belges, norvégiennes et françaises, à partir de mai 1940, permet d'ailleurs un rendement accru.

Malgré les courtes journées d'hiver, la proportion des pertes de tonnage ne tombe pas au-dessous de 20 % (513 000 tx sur 2 550 000 tx coulés, d'après Berlin, au cours des quatre mois : novembre, décembre 1940, janvier, février 1941). Dès février 1941, la proportion remonte à 25 %. Pour les quatre mois (mars, avril, mai, juin 1941), elle atteint 38 % des 2 235 000 tonnes coulées, talonnant les sous-marins qui n'accusent que 44 %, et dépassant de loin les bâtiments de surface (18 %).

On peut escompter qu'au cours de l'été 1941, la proportion prise par les avions attaquant directement aura été voisine de 45 %.

Pendant l'été 1941, en effet, la longueur des heures diurnes, surtout pour les convois d'Amérique utilisant la route de l'Islande, a rendu difficile les attaques par sous-marins, mais a favorisé l'action de la Luftwaffe. D'autre part, la route des convois d'Amérique ayant été reportée vers l'Arctique, par la côte sud d'Islande sur un parcours tronçonné et patrouillé par des hydravions, les sous-marins ont eu tendance à reporter leur zone d'action plus à l'ouest, vers le Groenland et vers le sud aux alentours des îles du Cap-Vert, cédant la place à la Luftwaffe pour l'action directe aux atterrages sur les Îles Britanniques.

En 1941 : le rôle des croiseurs corsaires a été multiplié par quatre par rapport à 1914

Les croiseurs de bataille jouent un rôle important dans la bataille de l'Atlantique, puisque la proportion du tonnage qu'ils revendiquent atteignait déjà 23 % en novembre 1940. La figure 5 résume les principales croisières de 1941 :

Au cours des premiers six mois de 1941 (janvier-juin), les croiseurs corsaires coulèrent environ 600 000 tonnes de navires de commerce, presque le tonnage coulé par les croiseurs et les corsaires allemands au cours des quatre années de

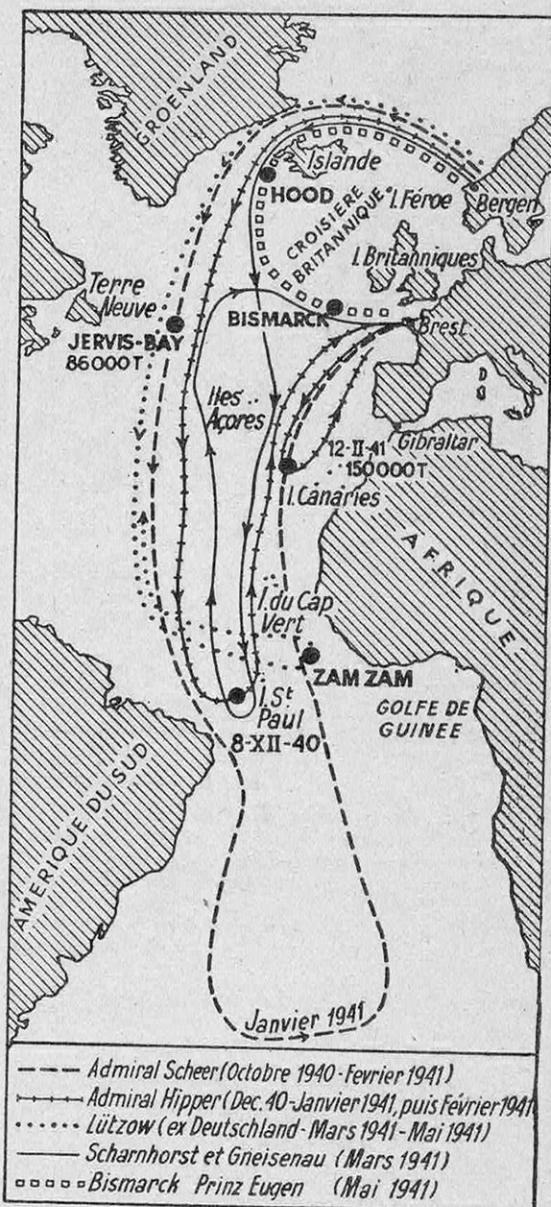


FIG. 5. — L'ACTIVITÉ DES CORSAIRES DE SURFACE ALLEMANDS DANS L'ATLANTIQUE

Au cours de la guerre 1914-1918, la flotte allemande est restée enfermée à l'abri de ses bases. En 1941, au contraire, elle n'hésite pas à couvrir les plus grands risques pour causer au tonnage ennemi des dommages importants. Comme on le voit sur la carte ci-dessus, les croisières allemandes dans l'Atlantique nord peuvent presque toutes se ramener à un type unique : départ de Bergen, passage au nord de l'Islande, puis dans l'Atlantique sud. Retour à Bergen ou à Brest. Les plus beaux exploits réalisés par les corsaires de surface allemands furent les attaques de convois du 5 novembre 1940 (« Admiral-Scheer », 86 000 t coulées), du 12 février 1941 (« Admiral-Scheer », 150 000 t coulées), du début du mois de mars 1941 (« Scharnhorst » et « Gneisenau », 116 000 t coulées) et du 24 mai 1941 (« Bismarck », destruction du « Hood »).

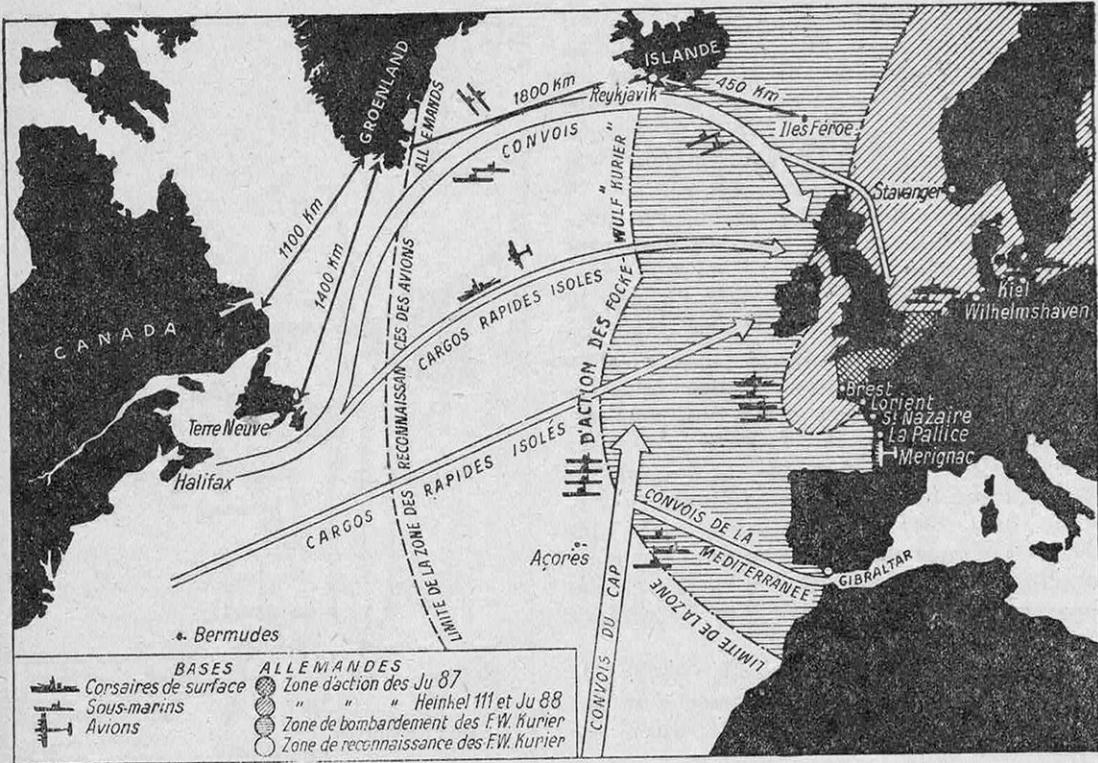


FIG. 6. — LA SITUATION AU COURS DE L'ÉTÉ 1941

La route des convois d'Amérique a été reportée vers le nord, longeant Terre-Neuve, la pointe sud du Groenland, l'Islande et les îles Féroé — cette route étant patrouillée par des avions britanniques et américains. Les sous-marins ont porté leurs attaques plus au large, en direction de l'Islande et du Groenland. De même pour la route du Cap, jusqu'au large de la côte du Maroc, aidés par l'exploration des Focke-Wulf « Kurier ». Ceux-ci opèrent également en bombardiers contre les cargos rapides naviguant hors convois et qui font route directe de l'Amérique ou des Antilles sur la Grande-Bretagne.

guerre 1914-1918. Le rendement a été multiplié par quatre.

Régression de la guerre aéro-sous-marine au cours de l'été 1941

En résumé, la guerre sous-marine pure, type 1914-1918, est devenue en 1940, et surtout en 1941, une guerre aéro-sous-marine, complétée par une guerre de croiseurs corsaires. Au lieu du rendement 95 % à l'actif des sous-marins, qui est la proportion de 1914-1918, la répartition 1941 paraît s'orienter comme suit :

- 40 % pour les sous-marins,
- 40 % pour l'aviation,
- 20 % pour les navires de surface.

Le rendement total s'en trouve multiplié.

Alors qu'en quatre années de guerre sous-marine 1914-1918, il fut coulé près de 13 millions de tonneaux, les communiqués de Berlin en revendiquaient déjà

12 millions au 1^{er} juillet 1941, soit en moins de deux années de guerre.

Pour la seule année 1941, il n'est pas exagéré d'escompter une perte de 6 millions de tonneaux, au minimum. Certes, le printemps 1941 présente des pointes atteignant le million de tonneaux, mais les mois d'été accusent une régression, puisque Berlin lui-même n'avoue que 406 000 tonnes pour le mois de juillet et 537 000 tonnes pour le mois d'août. Est-ce que l'Atlantique se vide de navires? Est-ce que les bateaux à torpiller se raréfient? Ou bien est-ce que le détournement des convois par la route de l'Islande, avec le système des « routes patrouillées » par l'aviation, permettraient aux Britanniques d'améliorer leur système de défense antisous-marine, à la faveur d'ailleurs des journées diurnes arctiques? Ou bien l'Amirauté de Londres aurait-elle partiellement renoncé au système des « convois » pour celui des routes patrouillées?

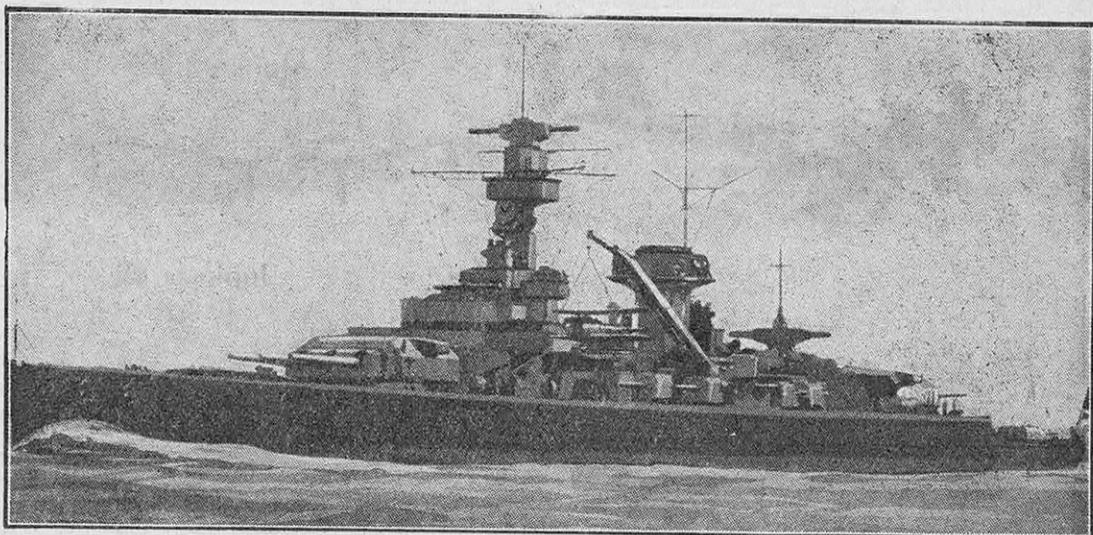


FIG. 7. — LE CUIRASSÉ ALLEMAND « LUTZOW » (ex « DEUTSCHLAND »)

T W 13304

Le « Lutzow » fait partie de la série des « cuirassés de poche » allemands à laquelle appartient également l' « Admiral-Scheer ». Ces deux navires de 10 000 tonnes, armés de six pièces de 280 mm, de huit 150 et de sept 105 anti-aériens, sont de redoutables corsaires de surface.

En septembre, Berlin annonce qu'avec la réduction des heures diurnes, les conditions redeviendront plus favorables à l'emploi des sous-marins.

Le sous-marin, condamné par l'aviation adverse à passer ses heures diurnes en plongée, a besoin d'un certain nombre d'heures pour recharger en surface sa batterie d'accumulateurs épuisée par une plongée prolongée. Le printemps et l'automne aux nuits égales aux jours lui sont plus favorables que l'hiver aux nuits trop longues ou l'été aux nuits trop courtes. Les étés arctiques seraient donc peu favorables aux « U-Boote », qui préféreraient — sinon les nuits claires des mers tropicales favorables à l'attaque nocturne — du moins une égalité des heures diurnes et des heures nocturnes qui permettent un rechargement régulier des batteries d'accumulateurs. La guerre sous-marine va peut-être dévier, au cours de l'automne 1941, vers l'Atlantique sud, à la recherche de bases appropriées.

Les moyens de combattre les sous-marins depuis 1939 : l'appareil « Asdic »

Les moyens techniques de combattre les sous-marins en plongée ont sensiblement progressé depuis 1918. Les Britanniques possèdent depuis 1938 un appareil détecteur ultra-sonore, dénommé appareil « Asdic », et dont les résultats sont très supérieurs aux appareils d'écoute utilisés

en 1918. Ces appareils Asdic sont montés sur les destroyers, les escorteurs, les corvettes et les chasseurs de sous-marins. Mais les Britanniques sont handicapés par l'insuffisance numérique de destroyers et d'escorteurs.

En 1941 : trois fois moins de destroyers qu'en 1918

Alors qu'en 1918, la marine anglaise possédait 435 destroyers, et que les alliés britanniques, français, américains, italiens, japonais en alignaient un total de 660, on peut estimer, au cours de l'été 1941, entre 200 et 220 destroyers les disponibilités de la marine britannique. C'est cette classe de bâtiments qui a subi les plus lourdes pertes. Une cinquantaine ont été perdus, mais, à la fin de 1940, la livraison de 50 destroyers américains avait compensé les pertes subies. A ces quelque 200 destroyers, il faudrait ajouter une quarantaine d'escorteurs de la classe *Hunt*, une centaine d'escorteurs *lents* et une cinquantaine de « corvettes ». Le total serait voisin de 400. En ce qui concerne les destroyers, la marine britannique ne dispose, au cours de l'été 1941, que de 210 unités contre quelque 300 sous-marins mis en ligne par l'Axe. La crise de destroyers anglais s'est surtout fait sentir au cours de l'été et de l'automne 1940. A la fin de 1940, les destroyers achetés aux Etats-Unis sont entrés en service. Au cours de l'été 1941, les chantiers bri-

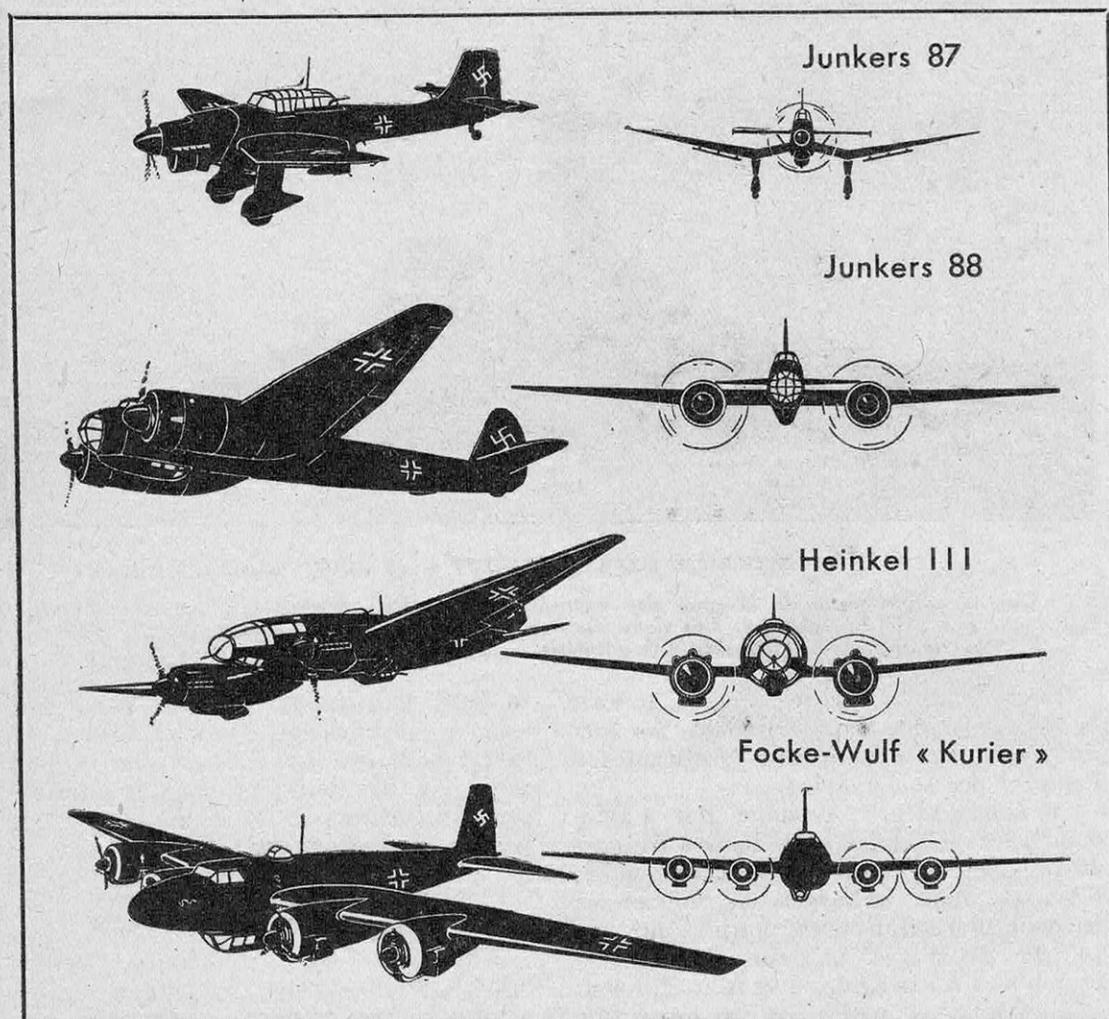


FIG. 8. — LES TYPES D'AVIONS ALLEMANDS PATROUILLANT L'ATLANTIQUE OU LA MANCHE ET ATTAQUANT LES CONVOIS AU LARGE

De haut en bas : les « Stukas » JUNKERS 87 et JUNKERS 88. Le premier est équipé d'un moteur Jumo 221 de 980 ch ; son poids total est de 4 300 kg et sa vitesse maximum de 390 km/h. C'est l'avion aujourd'hui classique pour le bombardement en piqué, le triomphateur de la campagne de Pologne et de celles de Belgique et de France. Pour les actions sur mer, il est aujourd'hui remplacé de plus en plus par le bimoteur Junkers 88 qui peut emporter 1 000 kg de bombes avec 3 500 litres d'essence, ce qui lui confère une autonomie appréciable. Le HEINKEL 111, bimoteur Jumo 211 de 1 200 ch au décollage, est utilisé soit pour l'attaque à la bombe en piqué, soit pour l'attaque à la mitrailleuse. Son poids total maximum est de 12 tonnes. L'armement défensif de cet appareil a été amélioré. Il comprend une tourelle de mitrailleuses à l'arrière et deux mitrailleuses tirant latéralement, en plus de la mitrailleuse tirant à l'avant. L'équipage est normalement de six hommes. Le FOCKE WULF « KURIER », quadrimoteur à grand rayon d'action, qui attaque les navires au large dans l'Atlantique Nord. Il possède une nacelle dissymétrique où sont logés les bombardiers et les mitrailleurs tirant vers l'avant et l'arrière. A la partie supérieure sont installées plusieurs tourelles escamotables. L'équipage est de six hommes et les moteurs sont des Bramo « Fafnir » de 1 000 ch.

taniques en ont livré 34 environ : 6 type Napier et 6 type Laforey, de 1 920 tonnes, armés de canons de 120 AA, 6 de la classe Jervis, de 1 670 tonnes, enfin 16 d'un nouveau modèle de construction simplifiée, les Onslow de 1 500 tonnes, entrepris au début de la guerre sous-marine. Total : 255 destroyers environ. Pour combattre

sensiblement le même nombre de sous-marins, les Alliés de 1918 disposaient de 660 destroyers, soit trois fois plus.

Le 12 septembre 1941, le Président Roosevelt a pris une décision susceptible d'alléger notablement la charge qui pèse sur les destroyers britanniques, pour l'escorte des convois atlantiques : tous les navires

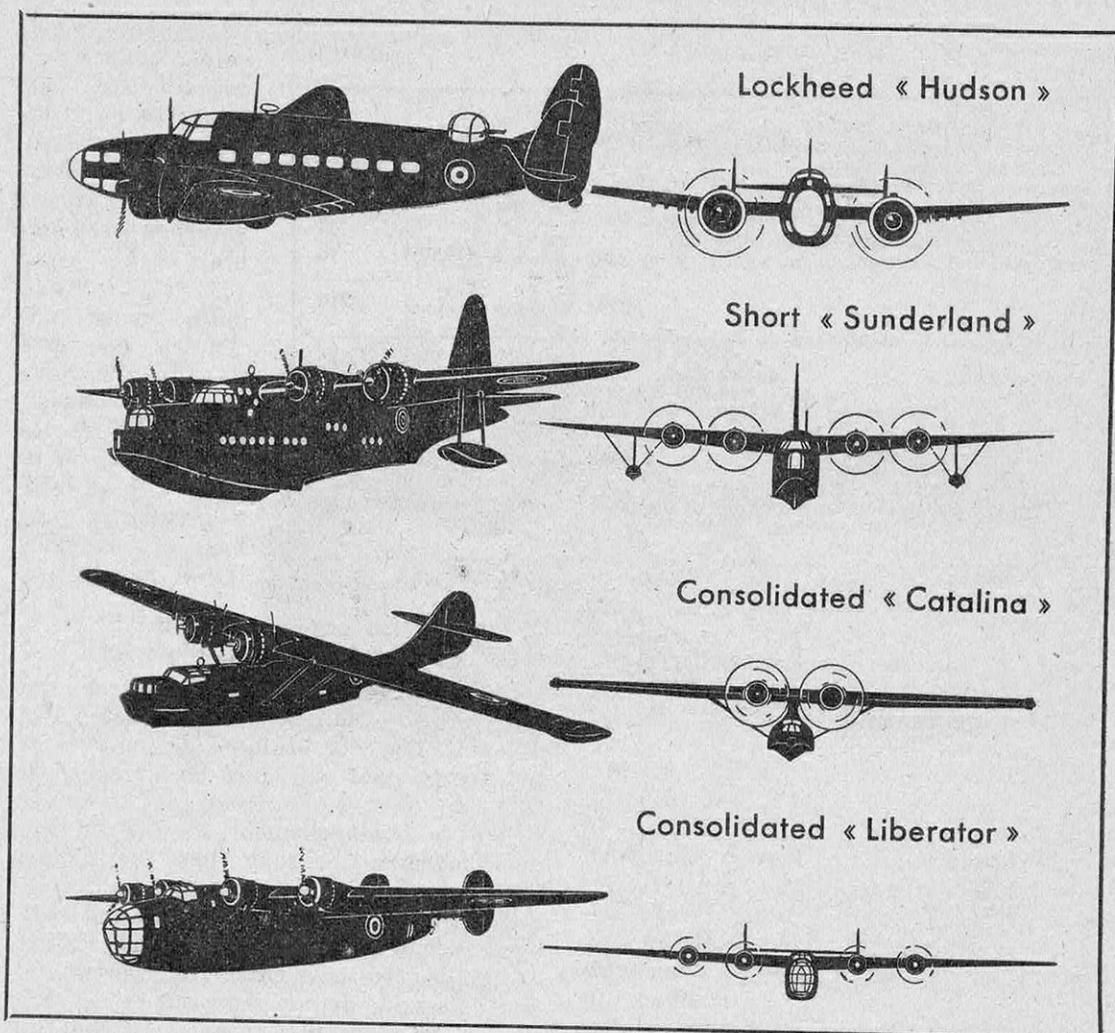


FIG. 9. — QUATRE TYPES D'AVIONS BRITANNIQUES CHARGÉS DE L'EXPLORATION AÉRIENNE AU-DESSUS DE LA ROUTE DES CONVOIS

De haut en bas : Le LOCKHEED « HUDSON », appareil de reconnaissance construit aux Etats-Unis (Burbank, Californie) pour le « Coastal Command ». Ce bimoteur à tourelle double, située immédiatement avant l'empennage à double dérive, a une vitesse maximum de 396 km/h. Il est équipé de deux moteurs Wright « Cyclone » de 1 100 ch. C'est un appareil à grande autonomie, plus de 2 700 km normalement, sensiblement plus en surcharge, ce qui a permis d'en effectuer la livraison à l'Angleterre par la voie des airs. Le SHORT « SUNDERLAND », hydravion quadrimoteur de bombardement et de reconnaissance lointaine, de fabrication anglaise. Sa vitesse maximum est de 350 km/h et son autonomie de vol dépasse 10 heures. Il est armé de plusieurs mitrailleuses et possède en particulier une tourelle quadruple de queue. Le CONSOLIDATED « CATALINA », c'est la désignation anglaise de l'hydravion de reconnaissance lointain américain PBY, dont le poids total normal est de 14 tonnes et la vitesse de croisière 270 km/h. Cet appareil, qui dispose d'un très vaste rayon d'action, est utilisé pour l'escorte des convois au large de l'Islande. Le CONSOLIDATED « LIBERATOR » (B 24), bombardier quadrimoteur à grand rayon d'action, est utilisé pour l'escorte des convois aux Etats-Unis. Plusieurs usines lui sont consacrées ; à San Diego (Californie, usines Consolidated), Fort Worth (Texas, usines Consolidated), Tulsa (Oklahoma, usines Douglas) et Ypsilanti (Michigan, usines Ford). Ce sont des « Liberator » qui sont affectés à la liaison transatlantique destinée à ramener en Amérique le personnel assurant le convoiage des avions entre les Etats-Unis et le Canada et l'Europe. Vitesse maximum voisine de 500 km/h ; autonomie, 4 800 km.

marchands traversant l'océan seront escortés par des navires américains jusqu'à une distance indéterminée des côtes américaines, mais qui paraît devoir être limitée au nord par l'Islande, et dans l'Atlantique central et sud par les limi-

tes de l'hémisphère occidentale (on sait que cette limite inclut les Açores et passe par les îles du Cap-Vert). La marine américaine opérerait donc jusqu'à la ligne Islande, Açores, îles du Cap-Vert.

TYPE	NOMBRE
Destroyers anciens de 900 à 1 100 t des classes R, S, V, et W.....	57
Destroyers conducteurs de flottille du type <i>Wallace</i> à <i>Exmouth</i> (de 1 500 t).....	17
Destroyers des classes A, B, C, D, E, F, G, H et I (de 1 350 t).....	72
Destroyers de la classe <i>Tribal</i> (de 1 850 t).....	18
Destroyers ex-brésiliens de 1 350 t (type <i>Havelock</i>).....	6
Destroyers des classes J, K et N (de 1 690 t).....	24
Destroyers de 1 500 t des classes O et P (programme de guerre 1939)	16
TOTAL.....	210
Coulés de 1939 à 1941.....	- 50
Cinquante destroyers <i>Flushdecker</i> achetés à l'Amérique.....	+ 50
En achèvement : destroyers de 1 920 t des classes L et M.....	+ 16
RESTE.....	226

Pour mémoire : 40 escorteurs rapides de la classe *Hunt*; 11 escorteurs anciens de la classe *W*; 100 escorteurs lents; 50 corvettes.

TABLEAU II. — LES DESTROYERS DE LA FLOTTE BRITANNIQUE A LA FIN DE 1941.

La décision de la bataille de l'Atlantique est de plus en plus une question de maîtrise de l'air

Il faut tenir compte, toutefois, en 1941, de l'appoint de l'aviation. En 1918, les hydravions voyaient leur rôle limité à la partie méridionale de la mer du Nord et aux patrouilles côtières. En 1941, les quadrimoteurs « *Sunderland* », les Consolidated « *Catalina* », les « *Hudson* », patrouillent un large parcours des routes de l'Atlantique nord et remédient, en partie, à l'insuffisance du nombre de destroyers. Réciproquement, les convois sont attaqués par des Heinkel et des « *Kurier* » jusqu'au large de l'Eire et de l'Espagne. La guerre sous-marine 1941 évolue vers une guerre aérienne, où le porte-avions d'escorte, équipé d'avions de chasse, est appelé à jouer son rôle.

C'est l'intervention des porte-avions britanniques *Victorious* et *Ark Royal* qui a fait avorter la croisière du *Bismarck* et du *Prinz Eugen*.

Au cours de l'hiver 1940-1941, la marine britannique disposait d'un nombre insuffisant de porte-avions. Depuis l'été 1940, elle dispose de six porte-avions :

Indomptable, *Victorious* et *Furious* (Home Fleet);

Ark Royal (Gibraltar);

Hermes et *Eagle* (zone du Cap).

L'Indomptable et le *Victorious* viennent d'entrer en service (1).

(1) Le *Formidable* est stationné en Méditerranée orientale, et l'*Illustrious* a passé plusieurs mois en

La contre-attaque sur les bases sous-marines

Mais le rôle de l'aviation dans la lutte anti-aéro-sous-marine n'est pas seulement défensif. Les communiqués de Londres du printemps 1941 ont mis en évidence le rôle de contre-offensive joué par la R.A.F. : bombardement de l'aérodrome de Bordeaux-Mérignac, base de départ des Focke-Wulf « *Kurier* », pendant trois nuits consécutives du 11 au 14 avril 1941, bombardement de Brest et de La Palice, refuge des croiseurs corsaires *Scharnhorst* et *Gneisenau*, depuis leur retour de croisière le 26 mars 1941. L'aviation joue un rôle de plus en plus important dans la bataille de l'Atlantique 1941. Stukas, Heinkel et « *Kurier* » d'un côté, « *Blenheim* », « *Sunderland* », « *Catalina* », « *Spitfire* » et navires porte-avions de l'autre, c'est finalement dans l'air que se jouera la bataille de l'Atlantique 1941-1942.

L'arithmétique du tonnage

Reste, en face des lourdes pertes subies, le problème du tonnage de remplacement. Nous avons estimé à 10 millions de tonnes le tonnage coulé au cours des deux premières années de la guerre de 1939 à 1941 dans l'Atlantique.

réparations aux Etats-Unis, après avoir été gravement avarié par les Stukas dans le canal de Sicile, le 10 janvier 1941.

(1) Deux paquebots de 35 000 tonnes, en construction pour la *Seas Shipping Co*, sont prévus pour être rapidement transformables en porte-avions.

La marine américaine transforme actuellement un paquebot de 17 000 tonnes, le *Mormac-Mail*, en porte-avions. D'autres suivront vraisemblablement pour 1942 (1). En attendant, on se contentera peut-être de catapultes pour avions de chasse, montées sur les cargos, l'avion de chasse catapulté regagnant une base côtière d'Islande ou d'Ecosse.

Pour l'année 1941, il n'est pas exagéré d'estimer à 6 millions de tonneaux au minimum le tonnage britannique, allié ou neutre au service des Britanniques qui sera coulé... Sur ces 6 millions, il faut en compter 4 millions de pavillon britannique.

Le tonnage britannique était en 1939 de 21 millions de tonneaux. Au 1^{er} septembre 1941, les pertes subies par ce pavillon sont estimées à 7 millions de tonneaux. En 1940 et au début de 1941, celles-ci ont été compensées par l'apport des marines marchandes norvégienne, hollandaise, danoise, grecque et yougoslave, ainsi que par un certain nombre de navires polonais et français. Cet apport est estimé à 7 millions 200 000 tonneaux.

Ce n'est pas tout. Un demi-million de tonneaux pourrait, en outre, être fourni par les vaisseaux allemands, italiens et danois bloqués aux Etats-Unis. Mais le déficit se creuse néanmoins, car les pertes de tonnage s'accroissent, au cours de l'année 1941, à une cadence moyenne d'un demi-million de tonnes par mois.

A partir de l'été 1941, c'est sur les constructions neuves que la marine britannique doit compter pour combler son déficit de tonnage.

La capacité de construction des chantiers de Grande-Bretagne était estimée à 1 million de tonneaux par an en 1939. Il est probable que les « coventryisations » des chantiers navals de la Mersey et de la Clyde du printemps 1941 auront quelque peu réduit cette capacité. Mais la quiétude relative de l'été 1941 aura permis de réparer les dégâts subis.

Reste la capacité de construction des chantiers américains.

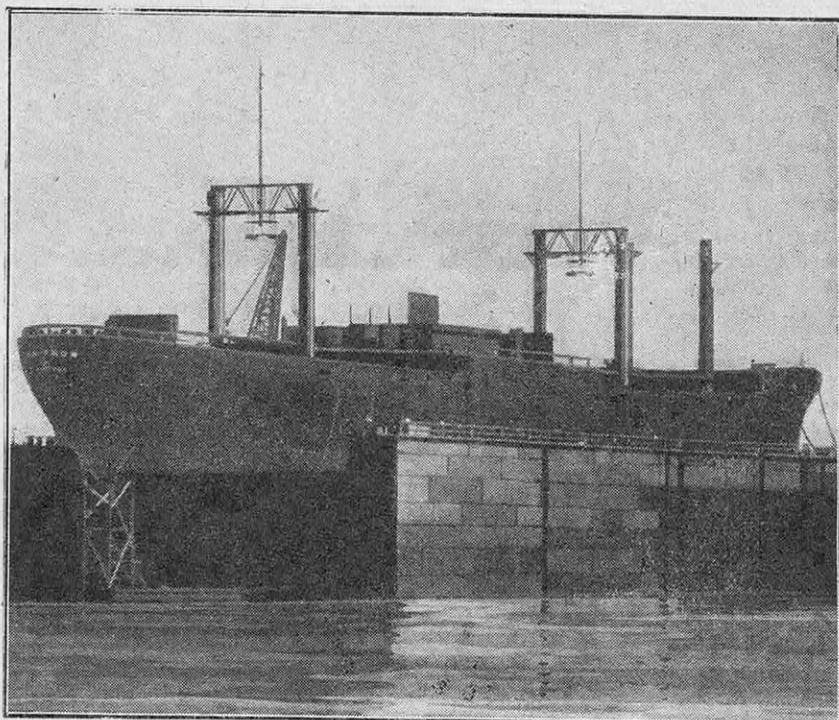


FIG. 10. — UN CARGO AMÉRICAIN DE LA CLASSE C2 EN CONSTRUCTION DANS UN DOCK FLOTTANT A TAMPA (FLORIDE)

Les cargos du type C2 possèdent les caractéristiques suivantes : tonnage, 6 000 tonneaux; longueur, 140 m; largeur 19,2 m; vitesse, 15,5 nœuds.

Plus de 650 navires marchands en construction aux Etats-Unis

D'après le *Journal de la Marine Marchande* du 10 juillet 1941, le tonnage en construction aux Etats-Unis comprend : — 198 navires pour le pavillon américain, totalisant 1 600 000 tonnes (130 cargos, 42 navires mixtes, 23 pétroliers, etc...), conformément au programme de 1937 de la Commission de la Marine marchande. Au 1^{er} janvier 1941, 62 de ces navires étaient terminés.

En outre, il y a en construction dans les chantiers américains :

- 60 cargos de 10 000 tonneaux commandés directement par l'Angleterre en 1940 (600 000 tx);
 - Une première tranche de 200 cargos de 7 000 tonneaux, d'un type standard extrêmement simplifié et de construction rapide, dits « vilains petits canards » (ugly ducklings), soit 1 400 000 tonneaux (tranche votée en janvier 1941);
 - une deuxième tranche de 212 cargos de 7 000 tonneaux, dont la moitié sera du type « ugly duckling » (tranche votée en avril 1941), soit 1 600 000 tx.
- Total : 670 navires et 5 millions de ton-

neaux, dont environ 65 à 70 étaient terminés au 1^{er} juillet 1941.

Les premiers cargos du type « ugly duckling » sortirent à la fin de 1941. Le gros débit aura lieu en 1942. On peut l'évaluer à 2 millions et demi de ton-

neaux. Si les pertes annuelles de tonnage britannique se maintiennent à 6 millions de tonneaux, les constructions neuves ne combleront donc que la moitié approximativement des pertes de tonnage subies, et le déficit annuel resterait de l'ordre de 3 millions de tonneaux.

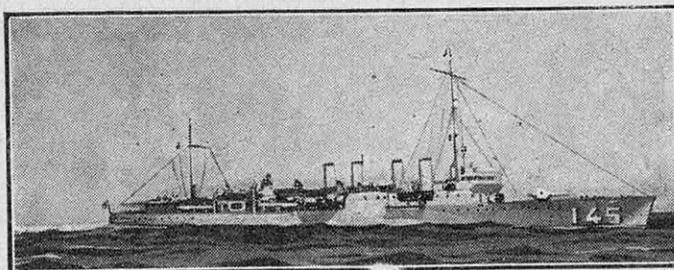
Le tonnage minimum nécessaire au ravitaillement des Iles Britanniques

Une perte sèche annuelle de 3 millions de tonneaux peut-elle être acceptée pour le ravitaillement des Iles Britanniques ?

Selon le *Hamburger Fremdenblatt*, le ravitaillement des Iles Britanniques, qui demandait 10 millions et demi de tonneaux avant la guerre, en exigerait aujourd'hui au moins 16 millions, l'accroissement de 55 % provenant de trois causes différentes jouant dans le même sens :

- la coupure du trafic maritime des Iles Britanniques avec les ports d'Europe, qui obligent les navires à chercher dans leurs Dominions ou en Amérique les produits qu'ils trouvaient en Hollande, en Norvège ou au Danemark (accroissement de tonnage estimé à 20 %);
- l'allongement de la route du Cap par rapport à la route de Suez (accroissement : 15 %);
- la navigation en convois, qui ralentit les rotations des navires (accroissement : 20 %).

Le tonnage britannique, chiffré à 21 millions de tonnes en 1939, ayant subi de grosses pertes, mais compensées jusqu'ici par les apports de pavillon étranger, saisi, réquisitionné ou affrété, peut



T W 13306

FIG. 11. — LE CONTRE-TORPILLEUR AMÉRICAIN « GREER »

Ce destroyer de 1 190 tonnes est du type « Flushdecker » dont les Etats-Unis ont construit 153 exemplaires, parmi lesquels cinquante ont été cédés à l'Angleterre. Lors d'une patrouille dans les mers d'Islande, en septembre 1941, il engagea avec un sous-marin allemand un combat qui resta sans résultat de part et d'autre.

donc difficilement descendre au-dessous d'un volant estimé à 16 millions de tonneaux, sous peine de compromettre l'effort de guerre de la Grande-Bretagne.

Une ultime ressource — provisoire toutefois —

serait le transfert massif au pavillon britannique du tonnage américain disponible. Mais, d'après le *Hamburger Fremdenblatt*, si la flotte marchande des Etats-Unis totalise 7 millions et demi de tonneaux « maritimes » (1), il ne faudrait compter que sur 2 millions et demi de tonneaux utilisables pour le trafic transocéanique.

La véritable solution est donc, si la guerre se prolonge, une production accrue des chantiers navals américains. C'est seulement par une sortie en série de cargos et de pétroliers des cales de construction d'outre-Atlantique que l'on pourrait réaliser ce pont de bateaux à travers l'Atlantique, qui permettrait à la Grande-Bretagne de continuer la guerre avec succès.

En attendant ce « pont de bateaux » issu des chantiers navals américains, le problème urgent est, pour la Grande-Bretagne, de réduire ses pertes mensuelles. Pour l'Allemagne, de les accroître. Tel est l'enjeu de la bataille de l'Atlantique.

Problème de destroyers. Problème d'aviation. Problème de bases.

L'Angleterre peut perdre de nouvelles campagnes dans le Proche-Orient, en Extrême-Orient, ou même ailleurs. Il n'y a qu'une seule bataille qu'elle ne peut pas perdre : la bataille de l'Atlantique. Or, la bataille de l'Atlantique se ramène en 1942 à une question de maîtrise de l'air au-dessus de cet océan.

Pierre BELLEROCHÉ.

(1) Il faut défalquer, du tonnage américain, 2 millions de tonneaux utilisés sur les Grands Lacs.

LE LANCE-FLAMMES, ARME D'ASSAUT ET ARME ANTI-CHARS

Il semble que le lance-flammes soit une invention allemande. Vers 1906, un Allemand, nommé Richard Fielder, réalisa la première arme portative lance-flammes : les essais furent longs, et cette arme en était encore au stade des expériences en 1914. Le premier assaut comportant la mise en œuvre des lance-flammes eut lieu à Malancourt, le 25 février 1915. Mais les résultats ne répondirent pas aux espérances. Un nouvel essai fut tenté le 1^{er} juin 1916, dans le bois de la Caillette, près de Verdun, au moyen de cinq lance-flammes fixes et douze portatifs, précédant une attaque du 66^e régiment d'infanterie allemande. L'effet moral fut considérable et 1 900 prisonniers furent capturés, dont 60 officiers.

Le 11 mai 1940, des chars équipés de lance-flammes furent signalés comme ayant joué un rôle important à la prise du fort de Eben-Eymael, près de Liège. Une année plus tard, le 26 mai 1941, l'emploi de lance-flammes portatifs a été signalé en Crète par les communiqués, dans les corps à corps acharnés qui opposaient les parachutistes et les troupes de

l'air allemandes aux fantassins néo-zélandais autour des aérodromes de Malmédy, de Rethymon et d'Héraklion, ce qui contribua à forcer la décision en faveur des forces allemandes. Les communiqués de la guerre germano-russe mentionnent son emploi dans les assauts contre la ligne Staline et les fortifications de Leningrad et d'Odessa, et l'intervention des chars lance-flammes dans les batailles de rues de Kiev.

Les lance-flammes, qu'ils soient fixes ou portatifs, sont fondés sur le même principe. Deux récipients : l'un contenant du pétrole, du mazout ou des résidus d'hydrocarbures, tels que de la créosote; l'autre contenant un gaz neutre sous pression, généralement de l'azote. Ce gaz sous pression est destiné à propulser le combustible dans une tuyère. A l'ouverture d'une soupape, l'azote lance le pétrole dans la tuyère munie d'un pulvérisateur et il suffit de mettre le feu au jet.

Le lance-flammes portatif moderne présenterait une portée de 35 mètres et une durée de combustion de 30 à 40 secondes.

Le lance-flammes fixe, utilisé en 1915-

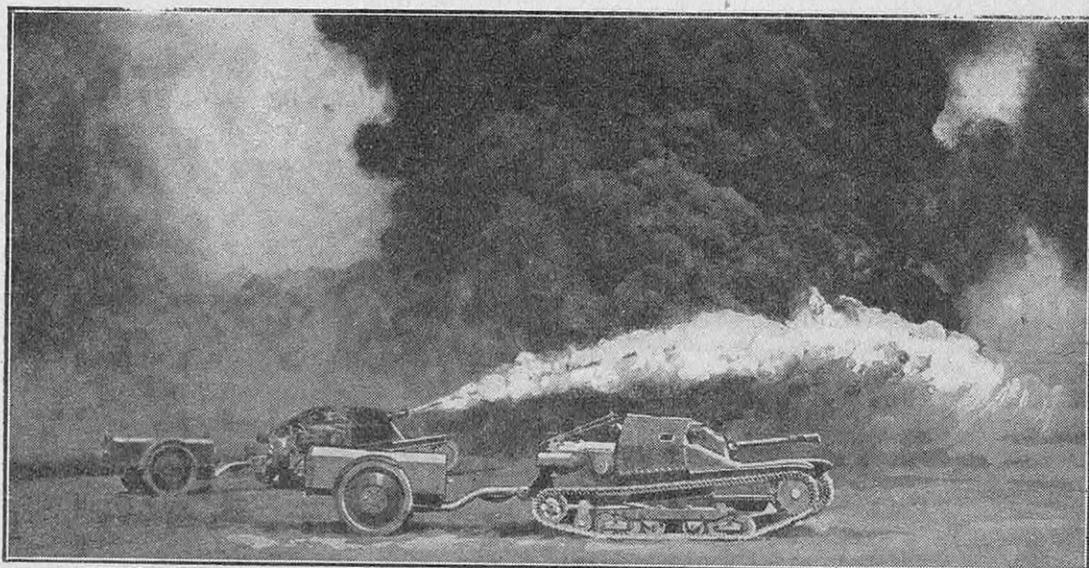


FIG. 1. — CHARS LÉGERS ITALIENS FIAT ANSALDO M. 1933 ARMÉS DE LANCE-FLAMMES

Ces chars, équipés en lance-flammes, traînent une remorque qui contient le chargement de liquide combustible du lance-flammes. Le jet enflammé a une portée de plus de 30 m.

1916, semble avoir été abandonné aujourd'hui. Mais il a été monté sur des chars d'assaut, notamment en Italie. La portée de la flamme atteindrait dans les 90 à 100 mètres, mais il ne fonctionnerait que pendant deux à trois minutes au maximum. La tare du lance-flammes reste, en effet, la très faible durée de son action.

Le lance-flammes agit non seulement par le jet de feu qu'il lance, mais aussi par l'énorme chaleur irradiée et qui brûle dans un diamètre atteignant le triple du diamètre de la flamme elle-même. A tel point que les soldats qui manipulent les lance-flammes portatifs doivent être équipés d'une combinaison d'amiante. Enfin, le lance-flammes agit par la fumée et les gaz de combustion déga-



T W 13308

FIG. 3. — SOLDAT AMÉRICAIN S'EXERÇANT AU LANCEMENT D'UN NOUVEAU MODÈLE DE LANCE-FLAMMES

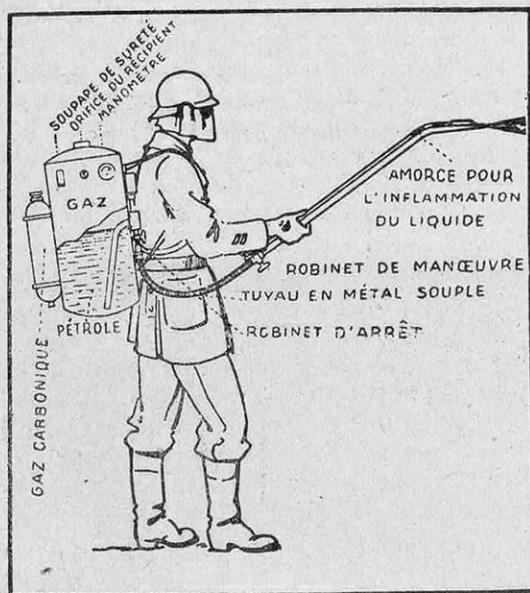


FIG. 2. — SCHÉMA D'UN LANCE-FLAMMES PORTATIF ALLEMAND PENDANT LA GUERRE DE 1914-1918

Le pétrole est chassé de son réservoir par la pression d'un gaz inerte, gaz carbonique ou azote, lorsqu'on ouvre le robinet de manœuvre de l'appareil. A l'extrémité de la lance, un percuteur enflamme une amorce qui met le feu au jet de pétrole. Le pionnier qui manœuvre l'appareil est protégé de la grande chaleur développée par la flamme à l'aide d'un vêtement spécial d'amiante.

gés, riches en oxyde de carbone. Ce sont ces gaz qui rendent le lance-flammes particulièrement efficace pour réduire des fortifications, des retranchements abrités puissamment défendus.

Le lance-flammes portatif est une arme efficace, soit pour le combat corps à corps — comme ce fut le cas en Crète —, soit pour l'assaut d'une position fortifiée contre laquelle les grenades resteraient inefficaces.

Quant au lance-flammes monté sur chars d'assaut, il paraît particulièrement apte à réduire un nid d'armes anti-chars ou à paralyser une fortification importante, comme ce fut le cas à Liège.

Qu'il soit portatif ou monté sur chars d'assaut ou même fixe, le lance-flammes apparaît comme une arme anti-char efficace. Installés fixes dans des fortins anti-chars camouflés, aménagés en bordure d'une route, des lance-flammes fixes pourraient lancer, à l'improviste, un jet de flamme dans les meurtrières ou les intestines des chars passant à proximité et mettre le feu à ces engins que leur charge d'essence et d'huile rend particulièrement inflammables.

Le lance-flammes peut donc être employé à la fois comme arme d'assaut et comme arme anti-chars. — P. CAMBLANG.

LA DESTRUCTION DES VILLES ET LA BOMBE A EFFET DE SOUFFLE

par Camille ROUGERON

Jusqu'à 1939, aucun progrès marquant n'avait été apporté à la bombe explosive qui ressemblait beaucoup au projectile d'artillerie à forte teneur d'explosif. Certains projectiles d'artillerie de tranchée, stabilisés par empennage, tirés à faible vitesse et à corps minces, ne différaient même pas sensiblement de la bombe d'avion. L'emploi généralisé par l'aviation allemande, au cours de l'année 1940, de bombes à fusée instantanée et à très forte teneur d'explosif, a complètement transformé le rendement du bombardement. C'est la cause principale des résultats remarquables obtenus par la « Luftwaffe » sur les Iles Britanniques au cours de l'hiver dernier.

La bombe explosive de 1914 à 1939

LORSQU'ON entreprit de lancer, fin 1914, les premiers projectiles explosifs du haut d'un avion, on s'inquiéta beaucoup plus de les adapter au mode de lancement qu'à l'objectif. Il fallait un empennage qui fit tomber le projectile sur la pointe pour que la fusée fonctionnât; il fallait, en outre, remplacer cette sécurité automatique des fusées d'artillerie, qui est leur armement sous l'effet de l'accélération dans l'âme de la pièce, par une sécurité étudiée pour leurs nouvelles conditions d'emploi. On y arriva simplement, et l'on put même lancer d'avion des projectiles d'artillerie rebutés et sommairement transformés.

L'adaptation à l'objectif, qui est cependant la condition essentielle du rendement de l'opération, fut beaucoup plus lente. On peut même affirmer que ses principes étaient loin d'être répandus en 1939. L'aviation avait une bonne excuse : l'artillerie, qui tirait en 1914 des projectiles explosifs depuis des siècles, les employait tout aussi mal. De 1914 à 1918, l'artillerie fit de grands progrès. L'aviation les suivit rapidement. Dès 1916, les bombes allemandes contre le personnel, répandues sur les cantonnements français et britanniques, avaient toute l'efficacité qu'on pouvait attendre des fusées instantanées récemment introduites en artillerie pour améliorer le rendement du tir « à tuer »; la teneur élevée des bombes en explosif, leur grand angle de chute, leur forme biogivale (1), leur donnaient

même un rendement très supérieur à celui des meilleurs projectiles. Dès 1918, l'aviation d'assaut allemande, arrosant les convois avec ses « mausgranate » (1) sans empennage, à fusée instantanée, fonctionnant quelle que soit la direction d'arrivée, appliquait très heureusement le principe de la réduction du poids unitaire des projectiles destinés aux objectifs fragiles, et ajoutait à la grenade d'infanterie le perfectionnement d'une fusée percutante.

C'est très probablement dans l'attaque des objectifs non abrités, gares, usines, villes..., que l'aviation réalisa les moindres progrès. Elle se borna à reproduire le projectile d'artillerie contre objectifs similaires. La même fusée à retard assurait l'éclatement de la bombe après la même pénétration jugée convenable. Seule, la teneur des bombes en explosif, supérieure à celle des projectiles de même mode d'action, améliorerait le rendement. Mais aucune tentative ne fut faite pour tirer parti de cet avantage énorme du lancement d'avion sur le tir au canon qui est la possibilité d'emploi de projectiles établis uniquement en vue de l'efficacité à l'arrivée sans avoir à tenir compte des conditions de résistance au départ. La guerre de 1914-1918 s'acheva sur un accord à peu près complet quant au type de bombes préférable pour ce genre d'objectifs, bombes à 50 % d'explosif environ, ne différant que par des détails quant à la forme, l'empennage ou les sécurités de fusée.

En 1933, apparaît pour la première

(1) Voir « Le projectile à tuer », dans *La Science et la Vie*, n° 271 (janvier 1940).

(1) Grenades-souris, ainsi nommées d'après leur taille et leur aspect.

fois, croyons-nous, la suggestion d'une transformation radicale du type de bombe en usage. On propose l'emploi systématique contre objectifs non abrités de la bombe de gros poids unitaire, à très forte teneur en explosif et corps très léger, incapable de résister au moindre choc, avec la fusée instantanée (1) obligatoire pour un tel mode de construction. Les avantages escomptés étaient multiples : les bombes tombant à proximité de l'objectif devenaient efficaces ; l'effet de souffle

L'augmentation de rendement attendue, par rapport à la bombe ordinaire, à corps épais et à fusée non instantanée, était dans le rapport de 3 ou 4, le gain pouvait même atteindre le coefficient 4 ou 5 si l'on remplaçait les explosifs habituels par les explosifs à haute puissance et grande sensibilité (penthrite, pancastite...) qui convenaient très bien à la nouvelle formule. Peut-être ces chiffres paraissent-ils trop élevés pour être vraisemblables (1) ; la proposition ne fut pas retenue.

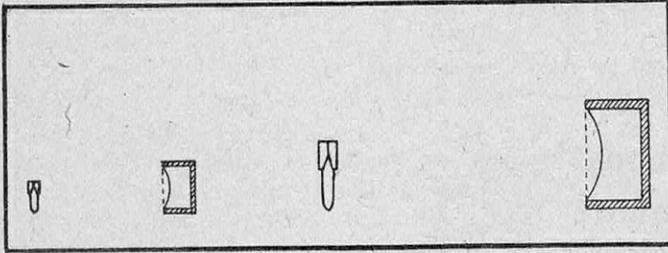


FIG. 1. — SIMILITUDE DANS LES EXPLOSIONS

Les explosions suivent les règles de la similitude géométrique. Si l'on mesure, par exemple, l'effet d'une explosion par la déformation au souffle d'une face en tôle d'un caisson résistant, la déformation relative sera la même si l'on multiplie par 2 (figure de droite) toutes les dimensions linéaires : dimensions et épaisseur des tôles du caisson, dimensions de la bombe et de son chargement (qui devient donc huit fois plus lourd). On peut ainsi comparer et prévoir l'effet des explosions par une expérience sur petit modèle.

était utilisé au maximum ; la teneur en explosif était fortement augmentée.

(1) La fusée « instantanée » est une fusée à « refoulement » où le percuteur prend appui sur l'obstacle pour frapper l'amorce ; son retard de fonctionnement est de l'ordre de $1/1000$ de seconde : l'explosion se produit ainsi, pour une vitesse d'impact de 200 m/s, après un parcours de la bombe de 10 à 20 cm ; si la fusée est saillante et l'ogive légère, on conçoit que la bombe éclate avant que l'amorçage ou le chargement aient été désorganisés par l'écrasement sur l'obstacle. Au contraire, les fusées « à inertie » dans lesquelles le percuteur et l'amorce sont projetés l'un contre l'autre par l'effet du ralentissement de la bombe à sa pénétration dans l'obstacle, ont un retard de fonctionnement de l'ordre de $1/100$ de seconde ; il est indispensable que le corps de la bombe et l'amorçage soient alors calculés pour résister à cette pénétration qui peut atteindre plusieurs mètres, sinon la désorganisation de la bombe l'empêcherait d'éclater. Dans la nomenclature réglementaire française, la classe des fusées à inertie se divise elle-même en fusées « sans retard », qui ne comportent aucun organe d'accroissement du retard dû à l'inertie, et fusées « à court retard » ou « à long retard », le « retard » en question étant alors une pastille de poudre noire dont la durée de combustion s'ajoute à la durée de percussioin. Pour simplifier l'exposé, nous ne distinguerons dans ce qui suit que le fonctionnement instantané obtenu par la fusée à refoulement, et le fonctionnement retardé, obtenu par la fusée à inertie.

Reprise en 1936, l'idée de la bombe à seul effet de souffle fut mieux accueillie. Des bombes allemandes de ce type, reconnaissables à ce qu'elles ne produisaient pas d'entonnoirs, furent expérimentées sur Barcelone vers la fin de la guerre d'Espagne. Les photographies de rangées d'immeubles abattus par une seule bombe tombant à proximité, qui parurent alors dans la presse, confirmèrent l'exactitude du résultat escompté.

La bombe explosive au cours de la guerre de 1939

Dès les premiers jours de la guerre, sur le front de Pologne, la bombe explosive se révéla apte à des destructions sans aucun rapport avec les résultats modestes observés en 1914-1918. Le nombre d'avions participant aux opérations s'était fortement accru ; leur charge utile était très supérieure ; la justesse des lancements en vol horizontal à moyenne ou haute altitude avait fait de gros progrès, et le lancement en piqué les complétait heureusement dans l'attaque des objectifs de dimensions réduites. Aussi parvint-on à raser presque complètement des villes à la bombe explosive, et, pour la première fois dans

(1) Si l'expérimentation vraie grandeur sur des blocs d'immeubles est coûteuse, il n'y a aucune difficulté à déterminer l'augmentation de rendement par un essai à échelle réduite fondé sur les lois de similitude, classiques en études d'explosifs, et notamment d'explosions sous-marines. Il suffit de faire éclater en surface et dans le sol à diverses profondeurs des modèles réduits, et de déterminer par un procédé quelconque, enfoncement d'une paroi mince de caisson métallique, renversement d'un panneau posé sur un sol plan, l'effet de souffle en fonction de la distance. On peut même préciser la comparaison par l'essai à échelle réduite sur des modèles d'immeubles.

l'histoire, on vit préférer l'aviation à l'artillerie pour la destruction d'objectifs également justiciables de l'une et de l'autre.

Il ne semble cependant pas que la bombe à effet de souffle, à très forte teneur d'explosif et fusée instantanée, ait eu une part importante dans les destructions en Pologne; en mai-juin 1940, sur le front occidental, la bombe classique à parois résistantes et fusée retardée était encore employée couramment par l'aviation allemande. On peut en donner une explication qui ne suppose pas la méconnaissance de la valeur respective des deux types de bombes. Si l'Allemagne n'a pas hésité à engager à fond son aviation dans ses opérations militaires, il est certain qu'elle n'a pas désiré étendre son emploi jusqu'à la guerre aérienne

sans restrictions. La destruction des transports intérieurs, des industries, des villes, la gênait davantage qu'un adversaire dont une part importante des ressources se trouvait hors d'atteinte. Il fallait même que le sentiment de cette différence de situation fût bien fort pour que l'Allemagne résistât à la tentation de déclencher la guerre aérienne au cours de l'hiver 1939-1940, alors que sa supériorité en bombardiers était énorme. Si l'Allemagne ne désirait pas la guerre aérienne et si elle se borna, en fait, à répliquer aux bombardements alliés de gares, d'usines ou de quartiers d'habitation par des bombardements similaires, il était naturel qu'elle ne fit rien pour accroître le rendement de ce genre d'opérations par une innovation qui devait rapidement se retourner contre elle.

Ainsi s'explique-t-on que l'emploi généralisé des bombes explosives les plus efficaces ait été réservé à la « bataille d'Angleterre » de l'été 1940, au moment où le bombardement massif des Iles Britanniques pouvait être considéré comme le prélude à des opérations décisives. Soit au

cours de cette « bataille d'Angleterre », soit lors des bombardements nocturnes qui la prolongèrent jusqu'en mai 1941, les bombes explosives représentaient, de beaucoup, la part principale du tonnage lancé, qui atteignit, du côté de la « Luftwaffe », 7 000 à 8 000 tonnes par mois.

La riposte britannique fut tardive. La R.A.F., forte en chasseurs, dut attendre

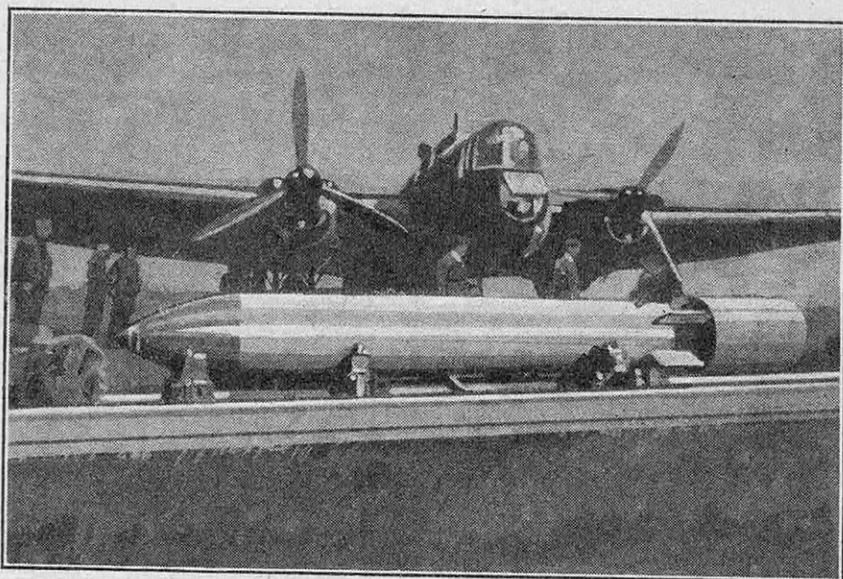


FIG. 2. — UN DES PLUS RÉCENTS MODÈLES DE BOMBE AÉRIENNE UTILISÉE PAR LA ROYAL AIR FORCE. SON POIDS SERAIT DE 900 KG

T W 13317

longtemps les bombardiers indispensables à ses expéditions lointaines; n'est-ce pas seulement en août 1941, après deux années de guerre, qu'un communiqué britannique annonçait, pour la première fois, l'engagement de 300 bombardiers au cours d'un raid nocturne? Aussi les destructions exécutées en Allemagne jusqu'à l'été 1941 restaient-elles très en dessous des destructions de la « Luftwaffe » en Grande-Bretagne.

Bien qu'il soit beaucoup plus simple de modifier une bombe que de créer et construire en série un nouveau type de bombardiers, la bombe à effet de souffle n'apparut dans la R.A.F., aux dires des communiqués britanniques eux-mêmes, qu'au printemps 1941; quelques semaines avant, le commandement allemand avait d'ailleurs mis les populations en garde contre l'intensification des bombardements.

Le mode d'action des bombes explosives

Une bombe explosive tombant sur l'objectif même ou à proximité agit par ses

éclats, par le souffle ou par la projection des matériaux voisins.

Contre le personnel ou les objectifs de même fragilité, l'effet principal est celui des éclats qui portent beaucoup plus loin que le souffle. Contre des objectifs de la résistance d'un immeuble, l'efficacité des éclats est très réduite. Les éclats peuvent labourer un mur, mais ne le renversent pas; il suffit pour s'en convaincre de considérer l'effet de ce morceau de métal beaucoup plus lourd qu'est un projectile d'artillerie de campagne qui, par raté de fusée, reste fiché dans un mur sans éclater. Si l'on vise non seulement aux grosses destructions telles que le renversement des murs d'un immeuble, mais encore aux dégâts légers de clôtures, toitures..., dont la somme est peut-être plus gênante si elle s'étend à un vaste secteur, la conclusion reste la même; l'éclat brisera tout au plus de loin en loin une vitre ou une ardoise.

L'effet de souffle est l'effet principal. Que la bombe pénètre à l'intérieur de l'immeuble ou tombe à proximité, le souffle seul abat les murs ou projette au loin les toits. La supériorité de ce mode d'action est la même en ce qui concerne les dégâts légers; le souffle des grosses bombes disloque assez loin les fenêtres et les toits, et en brise plus loin encore la plus grande partie des vitres ou des éléments de couverture.

La projection des matériaux de l'entonnoir, lorsque la bombe atteint le sol au voisinage de l'objectif, est l'élément spectaculaire de l'explosion. Mais son effet est moindre encore que celui des éclats. Le premier résultat de l'explosion dans le sol est d'abord d'absorber les éclats dans la masse de terre remuée, et d'en supprimer l'effet. D'autre part, les matériaux qui se substituent à ces éclats sont beaucoup moins dangereux, car leur vitesse est trop faible; même s'ils recevaient l'énergie totale libérée par la décomposition de l'explosif, les dizaines de mètres cubes extraits d'un entonnoir de bombe de 200 kg n'auraient qu'une vitesse très insuffisante pour produire des dégâts sérieux. Entre la pelletée de terre et l'éclat de même force vive, aucune comparaison n'est possible; bien des combattants se sont trouvés enfouis sans dommage sous la terre soulevée par un projectile percutant, qui n'auraient pas résisté à un éclat de grenade. Sur les murs d'immeubles, moins fragiles que l'homme,

la différence s'accroît; la plupart des matériaux d'entonnoirs n'ont même pas la vitesse suffisante pour dégrader les murs qu'ils rencontrent, ou briser les toitures sur lesquelles ils retombent.

La conclusion est la même lorsque la bombe, éclatant à l'intérieur de l'immeuble, agit par l'intermédiaire des matériaux qu'elle emprunte à celui-ci pour les projeter. Le plafond, le plancher, les cloisons de la pièce où elle fait explosion sont pulvérisés et lancés sur les cloisons et murs voisins, mais font écran pour protéger ceux-ci du souffle qui les abatrait beaucoup mieux. Ainsi s'explique-t-on que, le plus souvent, dans un pâté de maisons, la seule directement atteinte soit détruite; la façade, affaiblie par les ouvertures, s'écroule souvent en même temps, et encore pas toujours: les murs des maisons voisines restent presque toujours intacts. Une bombe de même puissance éclatant à nouveau à même hauteur sur l'emplacement de l'immeuble détruit abatrait cette fois les immeubles voisins; c'est qu'ils ne sont plus protégés par les cloisons légères.

La réalité de cette protection est hors de doute. Elle a été mise à profit sous plusieurs formes en construction navale pour mettre une cloison mince à l'abri du souffle de l'explosion de la torpille. C'était notamment la base de la protection de 1914 de la marine allemande, où une couche de charbon, pulvérisée par l'explosion, en absorbait l'effet en soulageant d'autant la cloison résistante. Le même principe était retenu dans la protection américaine de 1918, où des cloisons minces successives protégeaient la dernière d'entre elles.

La bombe à effet de souffle

Si le souffle est le mode d'action principal de la bombe contre les immeubles non protégés, c'est donc lui qu'il convient de développer, même si l'on doit réduire l'effet des éclats ou des matériaux projetés.

Or une expérience ancienne montre d'une façon indiscutable le rôle essentiel de la profondeur d'explosion dans le sol sur la valeur du souffle en surface; c'est celle du sapeur mineur lorsqu'il cherche à détruire par l'explosion de ses fourneaux de mine les travaux souterrains de son adversaire. Le seul résultat qui l'intéresse est alors l'écrasement à la plus grande distance possible des galeries de

celui-ci et non point les projections de matériaux en surface. L'expérience lui a montré que l'effet d'un fourneau de mine dans le sol était, en première approximation, indépendant de son effet en surface représenté par l'angle au sommet de l'entonnoir produit. La même charge d'explosif, dans le même terrain, produit dans le sol les mêmes dégâts, qu'elle joue en « camouflet », c'est-à-dire sans effets de surface, ou qu'elle produise un entonnoir. C'est donc que la part d'énergie de la réaction explosive dissipée dans les effets de surface est négligeable vis-à-vis de celle qui est dépensée dans le sol. Lors de l'explosion d'une bombe retardée on ne recueille donc, sous la forme utile du souffle en surface et de la projection des matériaux de l'entonnoir, qu'une faible fraction de l'énergie explosive, qu'on retrouverait intégralement sous forme de souffle si la bombe éclatait avant de pénétrer dans le sol. La conclusion est évidemment d'autant plus exacte que l'explosif est plus brisant, c'est-à-dire qu'il a moins besoin de bourrage pour produire ses effets. Elle est donc plus justifiée encore pour la mélinite ou la tolite que pour la poudre noire longtemps employée en guerre de mines.

L'observation des dégâts causés par les bombes confirme aisément l'importance des résultats obtenus par l'explosion en surface et la faiblesse des dégâts au cas d'explosion dans le sol. En voici deux exemples empruntés à la guerre de 1939.

Au début de 1940, avant le déclenchement de la guerre aérienne sans restrictions, un hydravion allemand, qui mouillait des mines magnétiques le long de la côte est d'Angleterre, fut abattu par l'artillerie et tomba sur une petite ville du littoral. Le corps de la mine magnétique allemande, destiné seulement à résister au choc sur l'eau, est très léger. Il est incapable en particulier de résister au choc sur le sol ou sur un pont de navire. Pour que la mine ne soit pas perdue dans ce cas, on l'a munie d'une fusée instantanée qui n'est pas assez sensible pour fonctionner au choc sur l'eau, mais qui provoque l'explosion sur obstacle plus résistant. Les fusées des deux mines de l'avion abattu fonctionnèrent parfaitement suivant ce principe. D'après le communiqué britannique lui-même, l'effet fut de ceux qu'on n'était pas accoutumé à rencontrer dans l'explosion de bombes de même poids. Le nombre des victimes dé-

passa la centaine; plus de cent maisons furent détruites ou gravement endommagées.

Au cours du bombardement de Paris du 3 juin 1940, nous avons pu examiner l'effet de deux bombes identiques, tombées en traînée sur un boulevard bordé d'immeubles semblables. L'une rencontra

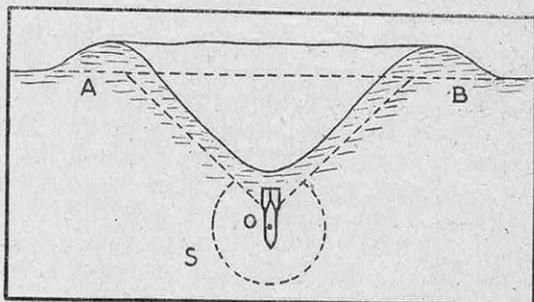


FIG. 3. — COUPE D'UN ENTONNOIR DE BOMBE

La bombe éclatant en O produit dans le sol une sphère de compression S et projette les matériaux provenant du cône AOB. Les matériaux, en retombant, comblent en partie l'entonnoir creusé. L'énergie de l'explosion, surtout dans le cas d'un explosif brisant, se transmet à peu près uniformément en toute direction. On conçoit ainsi que le souffle transmis en surface, qui correspond à peu près à celui qui pouvait passer par la calotte que le cône A O B découpe dans la sphère S, et qui est absorbé en grande partie par la projection des matériaux, ne soit qu'une fraction négligeable de celui d'une explosion en surface.

la chaussée, l'autre un jardinet. La bombe tombée sur le sol pavé et bétonné de la chaussée, freinée par cette traversée, fit un entonnoir beaucoup plus petit que l'autre; les dégâts mesurés par la distance maximum des bris de glaces identiques sur des fenêtres fermées, semblablement disposées, s'étendirent à une distance au moins deux fois plus grande dans le cas de la première.

La faiblesse des dégâts produits par des bombes de poids imposant, si l'on en juge d'après les dimensions de l'entonnoir, est surprenante. Dans l'exemple précédent, le plus grand des entonnoirs, en terrain sablonneux très friable, mesurait 8 mètres de diamètre. L'effet de souffle en surface avait été négligeable. Un mur de façade, à 4 mètres de l'emplacement de la bombe, n'avait que des égratignures. Au troisième étage, des fenêtres laissées ouvertes avaient conservé leurs glaces intactes. A deux mètres des lèvres de l'entonnoir, les autos en stationnement n'avaient eu d'autres dégâts que leurs carrosseries cabossées par la projection

des terres. Sur les lèvres mêmes de l'entonnoir, un parterre de rosiers nains n'avait perdu que ses fleurs fanées; le souffle de la bombe n'avait pu arracher un pétale de rose fraîche. Que l'on compare de tels effets à ceux de tant de bombes à fusée instantanée qui, tombant au milieu d'une file de voitures à l'arrêt, les criblaient d'éclats, les renversaient et les incendiaient.

Il n'est donc pas douteux que la bombe à fusée instantanée qui n'atteint pas directement un immeuble produit sur lui des dégâts beaucoup plus graves que la bombe à explosion retardée. Mais le résultat n'est-il pas inverse pour la bombe atteignant l'immeuble, et la bombe à fusée instantanée, éclatant à la rencontre de la toiture, n'a-t-elle pas un effet très inférieur à celle dont le retard provoque l'explosion après traversée de quelques étages? Faut-il donc pour renforcer l'action des bombes tombant à côté de l'objectif sacrifier les plus efficaces, celles qui le rencontrent? L'étude de la question montre que telle est bien la méthode à suivre pour obtenir le rendement global le plus élevé.

Un premier élément de la décision est le rapport, dans les différents objectifs, entre la surface bâtie et la surface non bâtie. Dans les grandes villes, même de construction ancienne, celle-ci est presque toujours supérieure à celle-là. Cette seule comparaison suffit à condamner sans hésitation possible la bombe retardée dans toutes les villes modernes, à faible densité de construction, où il en tombera davantage dans les rues et dans les squares que sur les immeubles eux-mêmes. Cette même considération justifie davantage encore l'emploi de la bombe à fusée retardée contre des objectifs tels que la banlieue des grandes villes, contre Londres en particulier, où fréquemment la surface bâtie n'atteint pas le dixième de la surface totale.

Au cas d'atteinte directe de l'immeuble, la supériorité de l'explosion retardée est-elle si évidente? On peut l'admettre pour l'immeuble atteint, dont les étages inférieurs seront moins touchés si la bombe éclate à la rencontre du toit. Mais la chute des matériaux provenant des étages supérieurs assure le plus souvent une destruction très suffisante. Pour les immeubles voisins supposés contigus, la supériorité de la bombe à fusée instantanée est assurée; au lieu d'un immeuble détruit de

fond en comble entre deux autres restés intacts, la bombe à fusée instantanée assurera la destruction, moins complète mais pratiquement équivalente, de toute une rangée de maisons.

Ainsi, que la densité des constructions soit faible ou forte, que la bombe atteigne les immeubles ou tombe en dehors, l'intérêt de la bombe à fusée instantanée subsiste dans tous les cas.

La teneur en explosif

La teneur en explosif de la bombe est directement liée à la nature de la fusée.

La fusée à retard exige un corps de bombe résistant qui puisse supporter sans se briser la pénétration dans le sol ou l'immeuble. Sinon la bombe risque de se briser ou de se déformer gravement avant d'éclater; l'explosion ne se produit pas ou est incomplète. La condition n'est pas absolue mais doit être réalisée en moyenne; il n'y a pas d'inconvénient à ce que la bombe établie pour la pénétration dans la plupart des sols ou la traversée d'un étage de maison d'habitation se brise avant explosion si elle rencontre un sol rocheux ou une poutre en béton de grosse section. Si on voulait qu'elle puisse entamer sans déformation ni rupture ce genre d'obstacles, on serait conduit à abaisser la teneur en explosif au point de diminuer le rendement global. La présence de bombes non éclatées n'est donc pas le signe d'une erreur dans le choix de la résistance du corps; si leur fréquence n'est pas trop élevée, c'est au contraire le signe d'un compromis judicieux. Au voisinage de la teneur optimum en explosif, celle-ci peut varier dans de fortes limites sans réduction marquée du rendement global; on s'explique ainsi des teneurs aussi différentes que celles des bombes allemandes, 50 à 60 %, et celles d'autres pays où elles n'atteignaient guère que 45 %.

La bombe à fusée instantanée, qui n'a pas à résister à une pénétration, même faible, en milieu résistant, puisqu'elle éclate avant, s'accommode au contraire d'une construction légère, en tôle mince. Sa teneur en explosif peut donc atteindre les 80 % des grenades sous-marines, et même encore davantage, puisqu'elle n'a même pas à résister au choc sur l'eau. Le baril pour carbure de calcium rempli de tolite ou de penthrite ferait une excellente bombe à fusée instantanée.

L'adoption de la fusée instantanée se

traduit donc par un nouvel avantage; elle permet de porter au maximum la teneur en explosif. Dans la comparaison avec la bombe à fusée retardée, on ne devra pas oublier qu'à poids égal la teneur en explosif peut être majorée de moitié.

L'augmentation de rendement est en réalité plus élevée que ne l'indique ce chiffre si l'on tient compte des ratés.

Comme on vient de le faire remarquer, la bombe à fusée retardée a et doit avoir des ratés fréquents qui tiennent aux ruptures et déformations du corps de bombe entre la percussion et l'éclatement. La bombe à fusée instantanée, même à corps mince, ne connaît pas cette cause de ratés; elle ne craint guère que la non-percussion assez exceptionnelle si la fusée est saillante, au cas où celle-ci ne rencontrerait pas l'obstacle la première.

Si l'on fait porter la comparaison, non point sur la quantité d'explosif lancée, mais sur celle qui éclate, il n'est pas exagéré d'affirmer que l'emploi des bombes à fusée instantanée permet de doubler le rendement de ce seul fait.

Le poids unitaire optimum des bombes

L'expérience montre que le souffle d'explosions en surface de charges différentes produit des effets équivalents à des distances qui varient comme une puissance légèrement inférieure à la racine carrée de la charge. La surface détruite n'est donc pas tout à fait proportionnelle à la charge et il n'y a donc pas intérêt à employer de très grosses bombes.

Mais la bombe de poids trop faible, si elle produit bien des dégâts légers avec le maximum de rendement, est insuffisante pour renverser les murs de la plupart des immeubles; il est préférable de demander ce résultat à une grosse bombe au lieu de multiplier les petites.

Aussi l'effet du poids unitaire est-il négligeable dans d'assez grandes limites de poids. La très grosse bombe ou la très grosse torpille peuvent être utiles pour venir à bout d'un navire protégé, dont les ponts ou la cloison pare-torpilles ré-

sisteraient à des engins moins lourds. La très grosse bombe peut être plus utile encore contre un fortin dont la carapace de béton déferait la répétition des atteintes par des bombes moyennes. Mais, dans l'attaque d'immeubles non protégés, il est à peu près indifférent de répandre des bombes de 100 ou de 1000 kg. Tout ce que l'on peut retenir en faveur de la

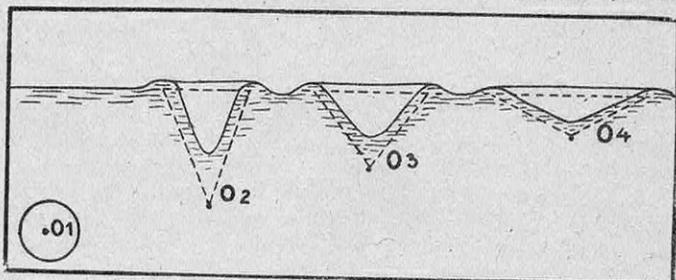


FIG. 4. — EFFETS DE BOMBES ÉCLATANT A DIVERSES PROFONDEURS
L'effet apparent de bombes de même charge explosive, éclatant à différentes profondeurs dans un même terrain, dépend de cette profondeur. La bombe éclatant en O_1 produit ce qu'on appelle un « camouflet », globe de compression restant vide, avec quelquefois un léger soulèvement du terrain. C'est l'effet recherché par les sapeurs en guerre de mine pour détruire les galeries de leur adversaire; c'est également le résultat obtenu, en terrain peu résistant, par les projectiles d'artillerie avec fusée à grand retard, soit qu'on le recherche pour la destruction des abris profonds, soit que le retard soit mal adapté au terrain si l'on veut des effets de surface. Ce fut le cas, notamment, pour de nombreux projectiles de 380 mm tirés en 1916 sur Verdun et qui tombèrent dans les terrains d'alluvions de la vallée de la Meuse. Le camouflet est très rare avec la bombe d'avion, que sa forte teneur en explosif et sa faible vitesse de chute ne laissent pas pénétrer profondément. L'entonnoir, représenté en O_2 est produit par l'explosion d'un fourneau de mine, dit sous-chargé, c'est-à-dire à charge juste suffisante pour obtenir des effets de surface. O_3 est l'entonnoir normal (diamètre égal à deux fois la profondeur). O_4 l'entonnoir de fourneau surchargé. Les effets de souffle en surface de la bombe augmentent très rapidement lorsqu'on passe de O_2 à O_3 et O_4 , mais ils restent très faibles à côté de ceux d'une bombe éclatant avant de pénétrer.

très grosse bombe est l'effet moral de la destruction presque totale de tout un quartier par une seule atteinte, et, de temps à autre, l'effondrement sur ses occupants d'une cave-abri insuffisamment étayée.

Les dégâts légers de la bombe à effet de souffle

Intensité mise à part, l'effet des deux types de bombes est très différent.

Lorsqu'on arrose une ville avec des bombes à fusée retardée, celles qui tombent sur des emplacements non bâtis ne font à peu près aucun dégât. Celles qui touchent les immeubles les abattent le plus souvent de fond en comble, sans em-



T W 13316

FIG. 5. — ASPECT DE LA VILLE DE LIDA (ENTRE GRODNO ET MINSK), EN U.R.S.S., APRÈS LES BOMBARDEMENTS AÉRIENS

pêcher la vie de continuer comme avant dans les immeubles voisins. Les habitants sinistrés sortent de leurs caves et vont loger ailleurs. Un service de propreté bien organisé déblaie rapidement les décombres; c'est un des triomphes de la propagande allemande de montrer deux jours plus tard une ville où seuls les habitués s'aperçoivent de quelques vides.

La bombe à fusée instantanée agit tout autrement. Celles qui tombent dans la rue abattent les maisons par rangées. Au delà de la zone où le souffle renverse les murs, il arrache les portes et les fenêtres, soulève les toitures. Plus loin encore, il brise les vitres et les matériaux de couverture. Les bombes qui atteignent un immeuble ne limitent pas leur action à celui-ci, ou à ses voisins immédiats. Les étages supérieurs sont endommagés à distance. Les toitures le sont plus loin encore. L'aspect de la ville après bombardement sera tout différent du premier cas; les travaux de déblaiement ou de réparation seront beaucoup plus difficiles.

Peut-être n'apprécie-t-on pas toujours à leur valeur ces dégâts « légers » qui ne vont pas jusqu'à l'effondrement. Vaut-il mieux quelques immeubles complètement détruits, dont les habitants iront se réfugier ailleurs, ou des dizaines de maisons lézardées, aux fenêtres brisées, aux toitures à demi enlevées, que les intempéries achèveront de détruire et où l'hiver se passera dans les conditions les plus

pénibles? Se rend-on compte des souffrances supplémentaires qu'auraient enduré, au cours de l'hiver 1940-1941, les habitants des régions occupées, s'il avait fallu ajouter à l'absence de charbon le travail dans un atelier où les « sheds » auraient perdu la moitié de leurs vitrages, et le repos dans des appartements où les fenêtres auraient subi les mêmes dommages?

Les dégâts légers produits par

la bombe à fusée instantanée se prêtent particulièrement à l'emploi simultané de la bombe incendiaire.

Répandue en mélange avec la bombe explosive à fusée retardée, la bombe incendiaire a peu de chance d'atteindre la zone de dégâts très limitée produite par celle-là. Au surplus, il est à peu près inutile d'incendier les décombres d'une maison écroulée entre les murs restés intacts des maisons voisines; l'incendie ne s'étendra pas.

Au contraire, les chances de rencontre par une bombe incendiaire des étages supérieurs endommagés par une bombe explosive à fusée instantanée sont augmentées dans la proportion de la zone dévastée. La destruction partielle de ces étages supérieurs facilite leur combustion; la lutte contre la bombe allumée au milieu d'une toiture écroulée est très difficile; l'incendie d'un immeuble qui n'est que partiellement détruit présente de l'intérêt, l'extension de cet incendie aux immeubles voisins est probable.

Les emplois variés de la bombe à effet de souffle

Les emplois de la bombe à effet de souffle ne se limitent pas à la destruction des établissements industriels et des villes. Tout objectif non protégé en est justiciable.

Elle convient notamment au mieux pour l'attaque des transports, toutes les fois que l'on voudra remplacer la cou-

pure de la voie ferrée ou de la route par la destruction du matériel roulant et des produits en cours de transport. C'est elle qui doit être employée contre les colonnes de ravitaillement sur route, où elle renversera et incendiera les camions, au lieu de creuser les entonnoirs vite comblés de la bombe à explosion retardée. C'est elle qui se prête le mieux à la destruction des wagons concentrés dans les grandes gares de triage qui est l'un des objectifs fréquemment cités dans les communiqués britanniques.

L'attaque du commerce maritime sous la forme qui est probablement la plus efficace, celle du bombardement des ports, s'accommode de même parfaitement de la bombe à effet de souffle. Elle abattra les hangars, renversera les grues, détruira les mâtures, les cheminées, les superstructures des navires en chargement et complètera utilement l'effet de la bombe incendiaire employée en mélange en interdisant la mise en œuvre des moyens de défense contre le feu.

La bombe à effet de souffle s'applique même utilement à certains objectifs protégés. Tel est le cas de l'attaque des chars où son emploi a été inauguré par l'aviation allemande. Pour le char comme pour l'immeuble, le problème difficile n'est pas d'établir la bombe qui le détruira en cas d'impact direct ; n'importe quelle bombe de poids moyen conviendrait ; le problème consiste, là encore, à rendre efficaces celles qui tombent à côté ; la terre ou les pierres projetées sur le char par l'explosion de la bombe à retard ont encore moins d'effet que lorsqu'elles atteignent le personnel non abrité.

La solution classique consistait à copier le projectile d'artillerie à fusée instan-

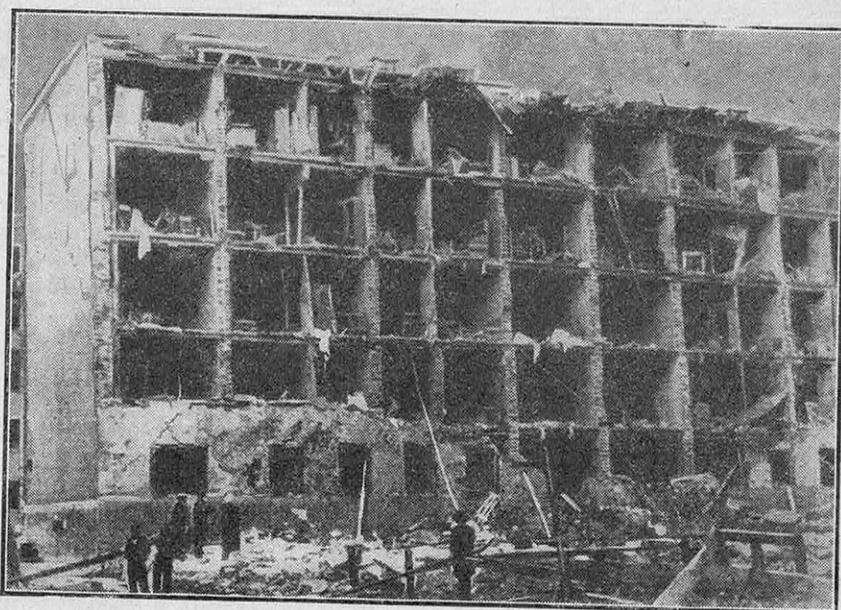


FIG. 6. — UN IMMEUBLE DE MOSCOU APRÈS L'EXPLOSION DANS LA RUE D'UNE BOMBE A EFFET DE SOUFFLE

T W 13318

D'après les résidus de façade du rez-de-chaussée, on voit que la bombe est tombée légèrement à droite de la photographie, et à faible distance de l'immeuble, sans quoi l'effet produit au rez-de-chaussée serait plus homogène. La résistance des planchers et des cloisons montre qu'il ne s'agissait pas d'une très grosse bombe qui, à cette distance, aurait abattu l'immeuble en totalité.

tanée, très faible charge d'explosif et parois épaisses dont l'artillerie allemande avait inauguré l'emploi en 1914 pour le tir de contre-batterie. En 150 mm, ce type de projectile faisait de gros dégâts sur les pièces ; les éclats traversaient les blindages légers servant de boucliers. La bombe de 50 kg conçue sur ce principe eût largement suffi contre les chars légers, celle de 100 kg contre les chars moyens.

La bombe à effet de souffle donnait une solution qui a été jugée de rendement supérieur. Si le souffle n'enfonçait pas le blindage, il disloquait du moins le chemin de roulement du char tout aussi bien que les gros éclats, et il avait l'avantage d'attaquer le char à son point faible, les tôles de fond étant beaucoup moins résistantes que la carapace. A quelques mètres du char, la bombe à effet de souffle chargée à 40 kg d'explosif enfonçait le plancher du char et mettait le personnel hors de combat, tout comme la mine de 4 kg d'explosif que rencontrait une chenille.

Vers la destruction totale par l'avion

La bombe à effet de souffle est la première tentative sérieuse de l'aviation pour s'affranchir des traditions léguées

par l'artillerie, et adapter ses armes aux possibilités illimitées offertes par le mode de lancement. L'artilleur est tenu d'enfermer les produits qu'il projette dans un corps supportant la pression des gaz de la poudre, et tracé pour n'offrir à l'air qu'une résistance acceptable. L'aviateur peut lâcher n'importe quoi, des poussières comme des produits agglomérés, des liquides comme des solides, des plaquettes incendiaires en celluloid comme des corps fuselés, et même des hommes.

L'avion a fait aujourd'hui la preuve de sa puissance de destruction. Ne met-tait-on pas en doute, il y a quelques années encore, qu'il fût capable de raser une ville, pour la raison que les soutes à munitions d'une escadre de ligne n'y suffisaient point? C'était fixer un niveau bien bas aux performances qu'on voulait lui interdire de dépasser. Ce premier progrès qu'est la bombe à effet de souffle lui permet aisément d'y atteindre, avec des effectifs bien faibles, et on peut être certain qu'il ne marque pas la limite du rendement des armes aériennes.

Ce qui est même le plus extraordinaire dans les résultats obtenus, c'est la faiblesse des moyens mis en œuvre pour y parvenir. Qu'après deux années de guerre et au moins trois années de paix où le rôle de l'aviation de bombardement obligeait à s'ouvrir les yeux les plus obstinés à ne pas voir, le communiqué britannique présente comme un record digne d'attention l'envoi de 300 bombardiers sur le continent la nuit précédente, c'est l'indice

de ce que pourra faire un jour l'avion lorsqu'on réunira les appareils et le personnel navigant en rapport avec les efforts que l'on se décide à consacrer à leur production.

Assurément, on ne refusera pas à l'aviation allemande le mérite d'avoir été la seule à prendre vraiment au sérieux le rôle qu'on lui avait confié. Les tonnages mensuels que la R.A.F. annonce avoir répandus sur ses objectifs n'atteignent pas encore, pendant l'été 1941, la moitié de ceux que la « Luftwaffe » avait répandus sur les villes britanniques l'hiver précédent. Et cependant, qu'était-ce que 7 000 à 8 000 tonnes par mois, sur des objectifs aussi proches, à une époque où les opérations de nuit se faisaient à peu près sans aucune perte? Tout au plus le chargement journalier moyen d'une cinquantaine de quadrimoteurs d'aujourd'hui, si l'on persiste à admettre qu'il faut encore un quadrimoteur pour porter 4 à 5 tonnes de charge utile à faible distance, quand les Daimler-Benz de 24 cylindres ou les Wright « Tornado » de 18 cylindres atteignent 2 000 à 2 500 ch.

Jamais l'aviation de bombardement n'aura eu davantage qu'en 1941 les moyens techniques d'accomplir les tâches qu'on lui confiait. Si elle n'est pas encore parvenue à enlever la décision, c'est peut-être que les programmes jugés les plus formidables il y a quelques années, étaient encore au-dessous des possibilités et des nécessités.

Camille ROUGERON.

Le laboratoire de l'Université de Cambridge a mis récemment au point un nouveau procédé de conservation de la viande sous forme de poudre séchée à l'air chaud. Il suffirait de mélanger cette poudre avec deux fois son poids d'eau pour obtenir un produit ayant toutes les qualités de la viande hachée fraîche. Cette poudre de viande, qui se conserverait indéfiniment dans des récipients étanches, présenterait pour le ravitaillement des Iles Britanniques, à partir des pays lointains comme la République Argentine, un certain nombre d'avantages : volume réduit, environ le cinquième de celui exigé pour le transport de la viande frigorifiée; possibilité d'utiliser des cargos de tous ordres, même dépourvus de chambres froides. D'ores et déjà des essais à grande échelle ont été entrepris en Amérique du Sud, où le principal obstacle à la généralisation de cette méthode semble être la pénurie de fer-blanc pour la fabrication des récipients étanches.

LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE DES GISEMENTS DE PÉTROLE

par Henri DOYEN

Exploité industriellement depuis soixante-dix ans, le pétrole a pris, grâce à l'invention du moteur à explosion, une importance stratégique considérable. Aussi s'est-on de tout temps préoccupé d'évaluer l'importance des réserves mondiales de ce précieux liquide. En 1939, on calculait que, tandis que les gisements de houille pouvaient encore soutenir le même rythme de consommation pendant quelque quatre mille ans, dix-huit ans devaient suffire à tarir les gisements de pétrole connus à cette époque. On s'explique dans ces conditions l'activité d'une prospection qui absorbe à elle seule une part notable des bénéfices des compagnies pétrolières pourtant très prospères. La prospection, qui va rechercher l'huile à des profondeurs de plus en plus grandes dans le sol, exige des sondages extrêmement coûteux (1) et dont les résultats sont aléatoires. Pourtant les risques de forage de puits stériles ont pu être réduits dans de grandes proportions au cours des dernières années, grâce à une étude préalable des terrains prospectés par des procédés physiques précis et rapides, qui permettent au géologue de localiser avec une grande certitude les nappes de pétrole.

PEU d'industries ont une vitalité et un esprit d'entreprise comparables à ceux de l'industrie du pétrole. En effet, en 1938, les travaux de recherches ont représenté entre 250 et 300 millions de dollars, soit 12 à 14 milliards de francs (valeur de mai 1940). Si on y ajoute les dépenses d'exploration faites hors des Etats-Unis, on arrive à un total d'environ 400 à 450 millions de dollars, 20 à 22 milliards de francs par an. L'exploration absorbe ainsi environ 20 % de la valeur totale de l'huile brute extraite. La découverte d'un baril de pétrole (2) coûtait, à la veille de cette guerre, aux Etats-Unis, en moyenne 15 cents (près de 7 francs).

Qu'on remarque l'énorme proportion des forages entrepris sans aucun résultat. Aux Etats-Unis, de 1859 à 1928, les statistiques montrent que, sur 100 forages de recherche, 4,9 seulement ont été productifs. La proportion actuelle est bien meilleure : elle a atteint 7,3 % en 1935, 10,7 % en 1936, 12,6 % en 1937. Ce progrès est essentiellement dû au développement de nos connaissances sur les conditions de gisement de l'huile, grâce aux études géologiques entreprises à partir de 1925. On dépense actuellement quelque

20 millions de dollars par an aux Etats-Unis pour les diverses études géologiques, et une somme un peu supérieure en recherches géophysiques. Ces 45 millions de dollars évitent le gaspillage de 250 millions de dollars qui seraient vraisemblablement consacrés à des forages inutiles. Effectivement, la comparaison des réussites en 1937 des forages placés au hasard (5,7 %), avec celles des forages placés sur indications géologiques ou géophysiques (15,3 %), est édifiante.

En 1937, sur les 4,6 millions de mètres forés aux Etats-Unis, il y en a eu seulement 11,19 % qui ont servi (ou serviront) à débiter du pétrole. Cela semble encore bien peu, mais il faut considérer l'énorme difficulté de la tâche. Véritable « wild-cat », c'est-à-dire « chat sauvage », le pétrole est, par sa nature, très difficile à découvrir. Il faut l'atteindre par un sondage descendant parfois jusqu'à 4 500 mètres (normalement 2 000 à 3 000 mètres) ; ce sondage a seulement 150 mm de diamètre et doit être soigneusement vertical, ce qui suppose un équipement mécanique parfait et des méthodes de contrôle rigoureuses.

Toutes ces conditions essentielles sont satisfaites aujourd'hui en n'y consacrant cependant que relativement peu de temps. La durée d'un sondage est normalement

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 282, page 88.

(2) Le baril mesure 158,7 litres.

comprise entre un et quatre mois aux Etats-Unis, deux et dix mois hors des Etats-Unis.

A ce sujet, on cite de véritables records pour lesquels des sondes descendant à 3 300 mètres ont été forées en 60 jours seulement, et pour un prix de revient moyen de 23 dollars seulement par mètre. Cette dépense représente à peu près la moitié de celle que l'on enregistrerait vers l'année 1930.

ment des autres couches poreuses (aquifères, gazéifères, etc...) qui lui sont connexes. Par cette définition même, on conçoit la nécessité de repérer la ou les couches productrices de pétrole, afin que la sonde ne débite, autant que possible, que des hydrocarbures liquides et gazeux. Aujourd'hui, on arrive à cette localisation par l'exploration thermique et électrique des sondages.

Afin de choisir les points optima d'implantation des forages, chacun d'eux revenant en moyenne courante à 4 ou 5 millions de francs, on fait succéder aux études géologiques de surface des explorations géophysiques d'ensemble (pendule, gravimètre, balance de torsion), puis de détail (réflexion d'ondes sismiques ou sondages électriques verticaux) qui précisent les accidents géologiques locaux.

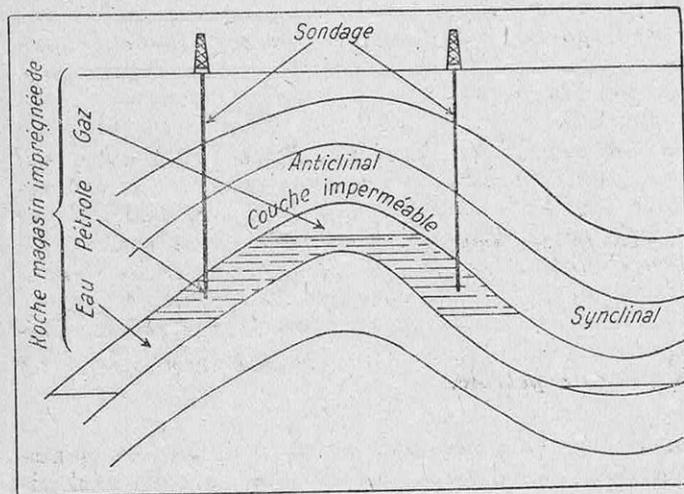


FIG. 1. — SCHEMA D'UN GISEMENT DE PETROLE

La couche imperméable fortement plissée a arrêté la montée des gaz sous pression de l'huile et de l'eau qui imprègnent la roche-magasin poreuse et se sont ainsi accumulés dans l'anticlinal. Suivant le point où débouche le forage, on recueille du gaz, de l'huile ou de l'eau salée.

Ces immenses progrès de technique et d'organisation ont permis de réaliser des économies énormes. Rien qu'aux Etats-Unis, si on travaillait aujourd'hui comme il y a quinze ans, l'exploration exigerait non 250 à 300 millions de dollars, mais bien 800 à 900 et, pour le monde entier, 1 200 à 1 300, soit au moins 6 milliards de francs.

Il convient, avant d'indiquer les principes scientifiques qui ont servi de base à de si merveilleux progrès, de souligner la distinction entre forages d'exploration et forages d'exploitation.

Un forage d'exploration a pour objet de reconnaître exactement la série des couches traversées, en déterminant leur nature, leur « pendage » (inclinaison), leur facies, leur porosité, les fluides qu'ils contiennent et la pression de ces fluides. Quant au forage d'exploitation, il doit servir à atteindre une couche déterminée et à l'exploiter en l'isolant soigneuse-

Comment s'est formé le pétrole? Où le trouve-t-on?

Suivant la théorie la plus vraisemblable, le pétrole s'est formé en bordure des régions plissées, généralement après le phénomène de plissement dans la zone soumise à des transgressions. Là se sont établies momentanément des dépressions lagunaires de mers presque fermées analogues à la mer Noire où s'accumulaient, sous des épaisseurs considérables, pouvant dépasser plusieurs milliers de mètres, des débris organiques, surtout animaux, qui, recouverts par des vases, se sont décomposés en vase clos. Le bain de saumure a peut-être joué un rôle dans cette décomposition.

Effectivement, on enregistre une fréquente corrélation des grands gisements avec les zones de bordures, faiblement ou moyennement plissées, des grandes chaînes récentes ou anciennes. Par exemple, on trouve, au pied du Caucase, les gisements russes; en bordure de l'Iran, ceux de la Perse; en bordure des Carpates, les gisements roumains et galiciens; les gisements de l'est des Etats-Unis sont en relations avec les Alleghanys; ceux de Californie avec les Montagnes Rocheuses; ceux de l'Amérique du Sud avec la chaîne

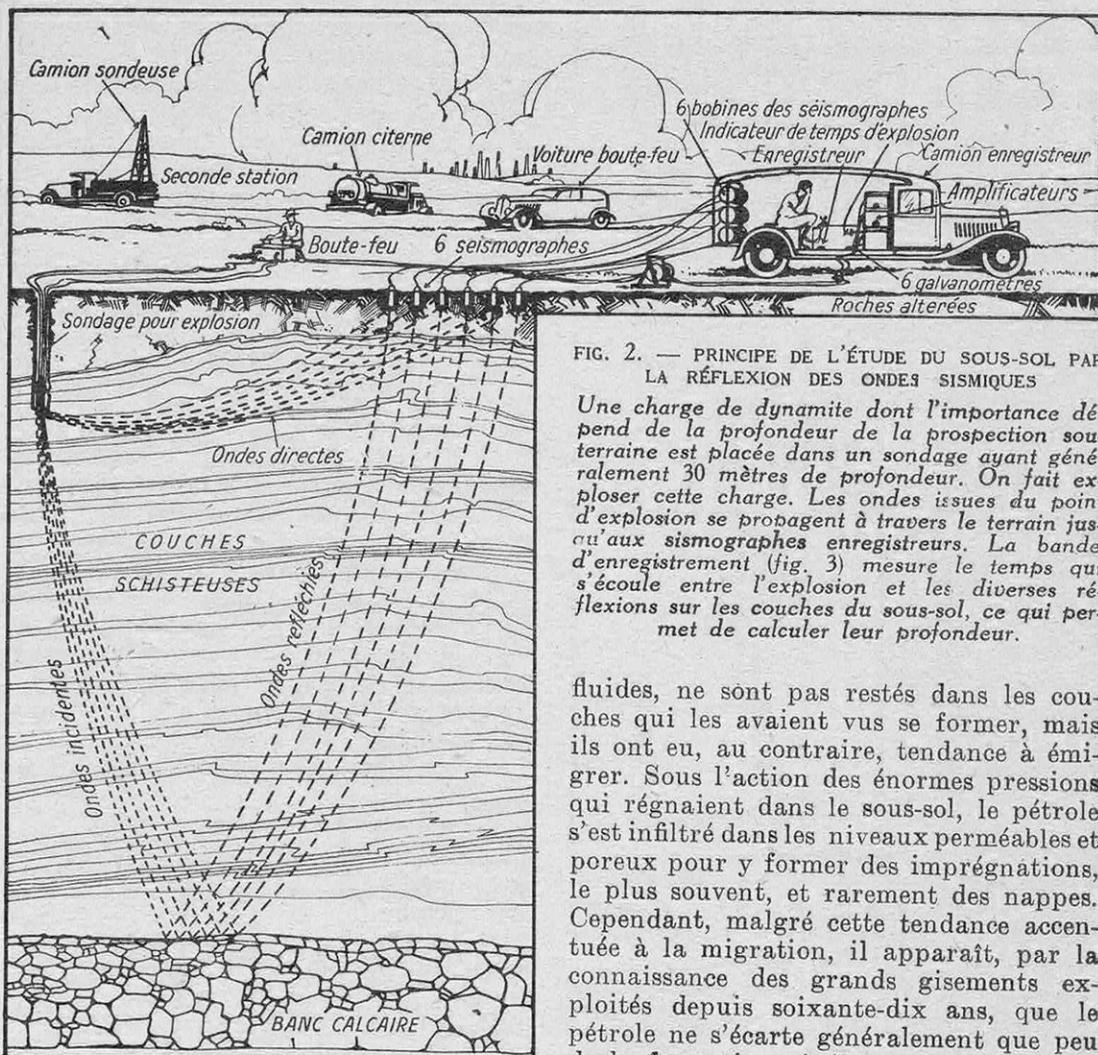


FIG. 2. — PRINCIPE DE L'ÉTUDE DU SOUS-SOL PAR LA RÉFLEXION DES ONDES SISMIQUES

Une charge de dynamite dont l'importance dépend de la profondeur de la prospection souterraine est placée dans un sondage ayant généralement 30 mètres de profondeur. On fait exploser cette charge. Les ondes issues du point d'explosion se propagent à travers le terrain jusqu'aux sismographes enregistreurs. La bande d'enregistrement (fig. 3) mesure le temps qui s'écoule entre l'explosion et les diverses réflexions sur les couches du sous-sol, ce qui permet de calculer leur profondeur.

des Andes. Cette considération géologique constitue un guide précieux pour les prospections pétrolifères.

Contrairement à ce qui s'est passé pour la houille, produite comme le pétrole par la décomposition de débris organiques, le pétrole et le gaz combustible, qui sont

fluides, ne sont pas restés dans les couches qui les avaient vus se former, mais ils ont eu, au contraire, tendance à émigrer. Sous l'action des énormes pressions qui régnaient dans le sous-sol, le pétrole s'est infiltré dans les niveaux perméables et poreux pour y former des imprégnations, le plus souvent, et rarement des nappes. Cependant, malgré cette tendance accentuée à la migration, il apparaît, par la connaissance des grands gisements exploités depuis soixante-dix ans, que le pétrole ne s'écarte généralement que peu de la formation où il a pris naissance : marnes foncées, schistes à diatomées, schistes bitumineux, etc..., et qui constituent les roches mères. Il n'en émigre que pour aller s'accumuler dans des roches-magasins constituant le gisement proprement dit, de nature poreuse, formées de sables ou de grès poreux aux grains sableux imparfaitement cimentés, ou de dolomies, ou plus rarement de calcaires.

Le pétrole pourra donc se rencontrer dans des formations sédimentaires d'un âge à peu près quelconque, car le processus de sa formation s'est reproduit plusieurs fois au cours

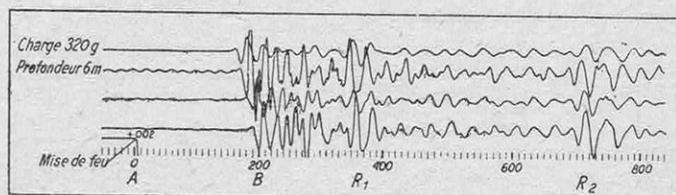


FIG. 3. — EXEMPLE D'ENREGISTREMENT DE TRAINS D'ONDES RÉFLÉCHIES AU COURS D'UNE PROSPECTION EN TUNISIE

Les traits verticaux marquent les centièmes de seconde. La bande a enregistré la mise de feu en A, l'arrivée de l'onde directe aux quatre sismographes enregistreurs en B, l'arrivée aux sismographes de deux trains d'ondes réfléchies sur des couches différentes en R₁ et R₂, l'un au bout de 0,350 s et l'autre au bout de 0,725 s environ.

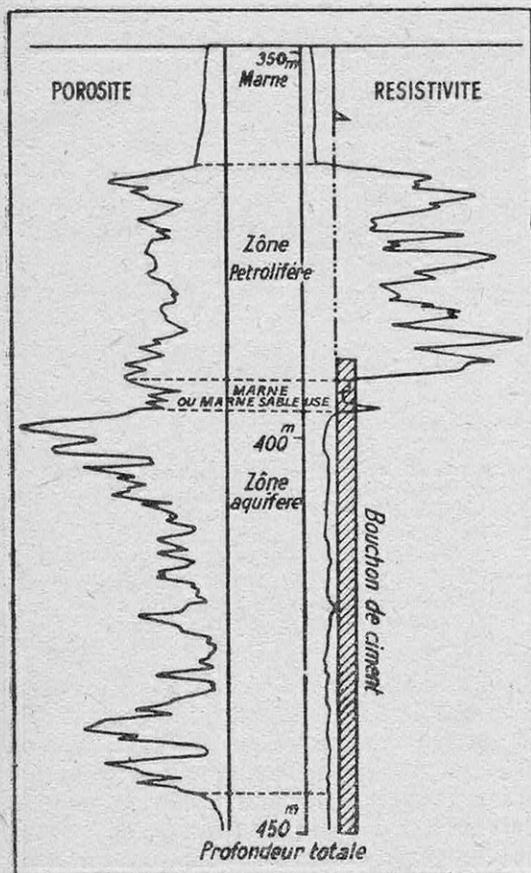


FIG. 4. — RÉSIDIVITÉ ET POROSITÉ DE LA ROCHE MESURÉES AU CONTACT D'UNE SONDE PÉTROLIFÈRE EN EXPLOITATION

Entre 372 m et 400 m, il existe, comme le fait apparaître la forte résistivité, une zone pétrolière. Il lui succède une couche marneuse, puis une zone aquifère. La mise en état d'exploitation a consisté à descendre dans la sonde un tube que l'on a perforé sur la partie correspondant à la zone pétrolière, mais non pas en regard de la zone aquifère dont on a empêché l'arrivée en coulant du ciment depuis la profondeur de 390 m jusqu'à la base. Les résultats obtenus ont été satisfaisants. On a recueilli, par jour, 200 tonnes d'huile sans trace d'eau.

des temps géologiques, mais ces sédiments doivent satisfaire à certaines conditions : il faut qu'ils se trouvent au-dessus d'une couche de formation du pétrole et que celui-ci ait pu monter jusqu'à eux par des couches poreuses. Il faut également qu'il n'ait pu poursuivre sa migration vers des couches supérieures et, par conséquent, qu'il ait été arrêté par une couche imperméable surmontant les sédiments considérés. Cette couche imperméable est fréquemment constituée par des marnes scellant le gisement de pétrole dans les roches-magasins. Si cette couverture manque, se fracture ou est détruite par une

érosion, le pétrole gagne le jour, s'y évapore et se bitumineuse. Tel est le cas des grès bitumineux de Madagascar.

Dans la recherche et l'exploitation du pétrole, l'étude tectonique, ce qui signifie l'étude des formes géologiques des terrains, joue un rôle capital. En effet, en raison de leur mobilité, le pétrole et les gaz qui l'accompagnent tendent à s'accumuler dans les parties hautes de la roche-magasin, c'est-à-dire dans les anticlinaux. Il faut donc commencer par un examen géologique minutieux des terrains que l'on complète par un examen tectonique de la région. Celui-ci consiste dans la recherche des plis synclinaux et anticlinaux (fig. 1), des failles, éventuellement des pointements de sel, etc..., dans le dessein de faire ressortir les structures favorables (anticlinaux ou dômes), dans lesquelles la roche-magasin a des chances de se trouver bien protégée par une couverture imperméable et suffisamment épaisse. C'est seulement lorsque l'on a déterminé ces structures que la campagne de forage peut commencer.

Pour s'aider dans ces recherches, on recourt, depuis quelques années, aux méthodes géophysiques (1). Toutes se proposent de déterminer avant tout la nature, la structure et la forme des terrains en profondeur, puisque

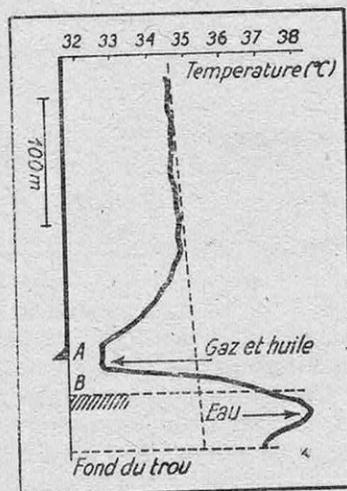


FIG. 5. — VARIATION DE LA TEMPÉRATURE DANS UNE SONDE PÉTROLIFÈRE

Cette courbe peut être établie rapidement, à raison de 540 m à l'heure. Les venues de gaz et de pétrole s'y inscrivent par une dépression due au phénomène de détente. Au contraire, les venues d'eau se traduisent par une élévation de température. La courbe en trait pointillé représente la variation normale de la température en fonction de la profondeur.

(1) La géophysique a pour objet l'application des mesures physiques du sous-sol (électriques, magnétiques, gravimétriques et sismiques, c'est-à-dire de propagation des ondes élastiques) à la recherche de substances minérales : hydrocarbures, minerais,

cette étude constitue la première étape pour déceler le pétrole.

Les méthodes physiques d'étude du sous-sol

Dans le monde entier, le nombre des équipes géophysiques était de 320 en 1935, de 530 en 1937, dont 300 aux Etats-Unis et 120 en Russie. Le développement des diverses méthodes géophysiques a été inégal : la magnétométrie a fait peu de progrès ; la gravimétrie a reçu des applications importantes grâce à l'apparition des pendules et des gravimètres ; la géochimie a fait son apparition en Russie (1). Ce qui est surtout remarquable, c'est l'emploi plus accentué de l'auscultation sismique et de l'exploration électrique des sondages : en 1937, plus de 200 équipes utilisaient le sismographe dans le monde

eaux minérales, etc... Les résultats de beaucoup les plus féconds ont été obtenus dans l'application de la géophysique à la découverte des champs pétrolifères. A priori, la prospection électrique semblerait grandement faciliter la recherche des gîtes métalliques. En réalité, il n'en est pas tout à fait ainsi, parce que les minerais ne sont, en général que de médiocres conducteurs. Ils manquent ensuite, bien souvent, de la continuité indispensable au passage du courant électrique, parce que les cristaux ne se touchent pas et sont séparés les uns des autres par une gangue isolante. En outre, la présence fréquente du graphite dans les terrains sédimentaires minéralisés, en contribuant à accroître la conductibilité des sols, introduit des risques d'erreur dans la recherche des minerais. Néanmoins, la prospection électrique a rendu souvent des services. Au contraire, la géophysique est de plus en plus en faveur pour la recherche et l'exploitation rationnelle des champs pétrolifères.

(1) Cette méthode qui consiste à analyser systé-

entier et plus de 120 faisaient du carottage électrique, lequel est dû à MM. Schlumberger. Ces procédés conjuguent les avantages de la géologie et de la géophysique.

« L'auscultation » du sol par la réflexion des ondes sismiques

La prospection sismique, en abrégé la « sismique » (fig. 2), met en œuvre un

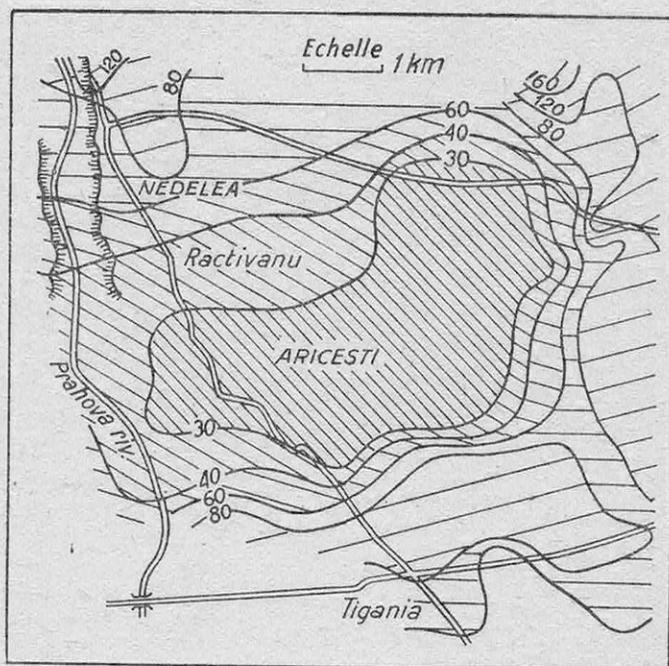


FIG. 6. — CARTE DE LA RÉSISTIVITÉ DES ROCHES DU DÔME PÉTRO-LIFÈRE D'ARICESTI (ROUMANIE)

On a mesuré et reporté sur la carte la résistivité en ohms-m des roches entre le sol et des électrodes situées à 100 m de profondeur. Les hachures, d'autant plus serrées que la résistivité est plus faible, font apparaître le sommet du dôme pétrolifère.

les, les anticlinaux et les « pendages » (inclinaisons) par la mesure de la vitesse de propagation de l'onde explosive, cette vitesse de propagation dépendant de la nature des roches constituant le sous-sol, de leur compacité, de leur disposition. Tout se ramène à l'audition d'un écho ou de plusieurs échos partiels produits par des écrans successifs (fig. 3).

En particulier, on discerne aisément les dômes de sel — témoins souvent caractéristiques des champs pétrolifères — par

matiquement la teneur en hydrocarbures des gaz contenus dans les terrains de surface est actuellement la seule qui recherche l'huile directement, toutes les autres cherchant à l'atteindre par le détour de la structure ou du faciès du terrain.

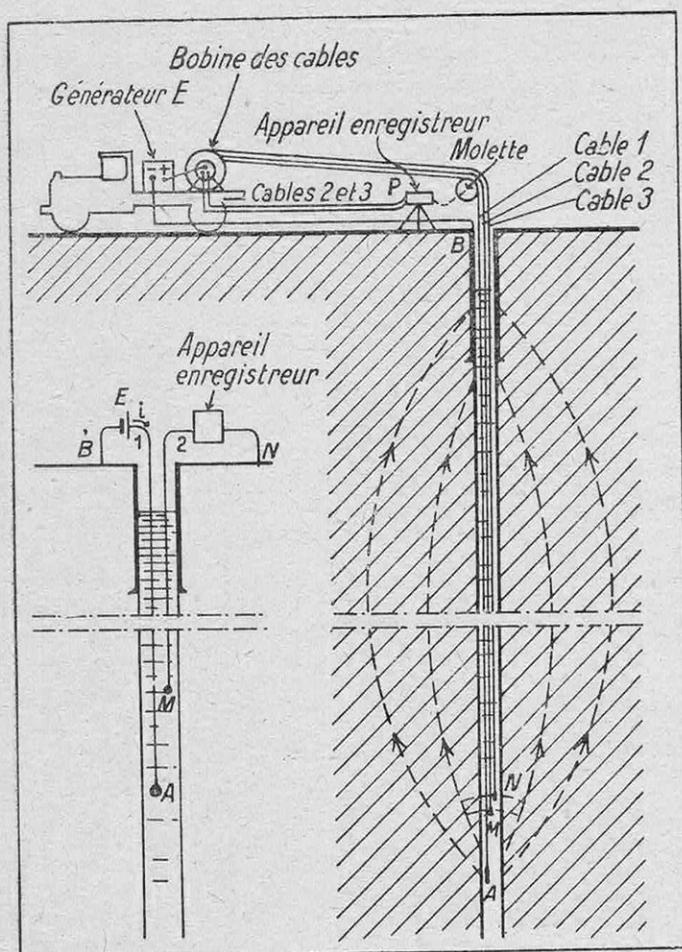


FIG. 7. — SCHÉMA DU DISPOSITIF DE CAROTTAGE ÉLECTRIQUE SCHLUMBERGER POUR L'EXPLORATION DES SONDAGES

On descend, dans la partie non tubée du trou de sonde, une électrode A connectée, par l'intermédiaire d'un câble isolé 1, à une borne d'un générateur E dont l'autre borne B est liée au sol; cette électrode A crée, dans le terrain qui l'entoure, un champ électrique dont les caractéristiques dépendent de la constitution de ce terrain. Ce champ peut être étudié, à sa traversée du sondage, au moyen de deux électrodes de mesure M et N reliées par des câbles isolés 2 et 3 aux bornes d'un potentiomètre P situé à la surface du sol, ou plus simplement encore par une seule électrode M, l'autre borne du potentiomètre étant alors liée au sol.

la grande netteté avec laquelle ils réfléchissent l'onde explosive.

En général, la distance horizontale mesurée entre le point d'explosion et les sismographes enregistreurs doit atteindre au moins cinq fois la profondeur recherchée. C'est là un inconvénient de la « sismique », car elle oblige à embrasser un grand volume du sol pour les prospections à grande profondeur et, par conséquent, à consommer une forte quantité d'explosifs, ce qui contribue à rendre coûteuses de pareilles études. Il n'en demeure pas moins que cette méthode a rendu de

très grands services aux Etats-Unis pour la découverte de champs pétrolifères.

Les forages d'exploration

Le forage d'exploration a pour objet la découverte de couches pétrolifères inconnues. Judicieusement conduits, les forages d'exploration permettent de déterminer non seulement les trois éléments que l'on rencontre dans un gisement pétrolifère : gaz, huile, eau salée, mais encore la stratigraphie, l'âge des terrains traversés. En un mot, ils permettent d'établir, d'une façon précise, l'« anatomie » souterraine de la région explorée.

Pour procéder à ces sondages, on recourt le plus souvent au « Rotary » (sonde tournante) qu'actionne soit une machine à vapeur, soit un moteur Diesel dont la puissance peut atteindre jusqu'à 400 ch.

A mesure que la sonde s'enfonce dans le sol, on détermine les propriétés physiques des roches traversées : leur dureté (que l'on peut déduire de la courbe de vitesse de descente de la sonde dans le sol), leur température, leur élasticité, leurs propriétés électriques.

Avec ces renseignements, dont l'interprétation demande une grande habileté, le géologue doit établir la stratigraphie des terrains traversés, c'est-à-dire indiquer, quels sont la nature et l'âge des couches de

terrain.

Heureusement, il dispose, pour le contrôle d'un travail aussi ardu, d'un certain nombre de recoupements, car il est possible de prélever des échantillons de roches (carottes).

Le sondage doit renseigner non seulement sur la nature des couches traversées, mais encore sur le « mouvement » de ces couches dans une certaine étendue autour de la sonde. En effet, c'est toujours dans les parties hautes des couches perméables que s'accumulent l'huile et les gaz. Il est donc essentiel que l'on puisse connaître

la valeur de l'inclinaison des couches et la direction de leur ligne de plus grande pente, pour savoir comment le forage se trouve placé par rapport à la partie haute du gisement.

En outre, les forages d'exploration doivent déterminer l'emplacement des zones perméables dans lesquelles le pétrole s'est accumulé, puis permettre d'établir des prévisions sur ce que cha-

offrent une résistivité sensiblement constante, tandis que celle des couches poreuses varie dans une très large mesure suivant que leur imprégnation est due à de l'eau salée ou à du pétrole. Elle est très faible dans le premier cas et très élevée dans le second.

En effet, les roches ne conduisent le courant électrique que par l'eau d'imbibition qu'elles contiennent. Si elles

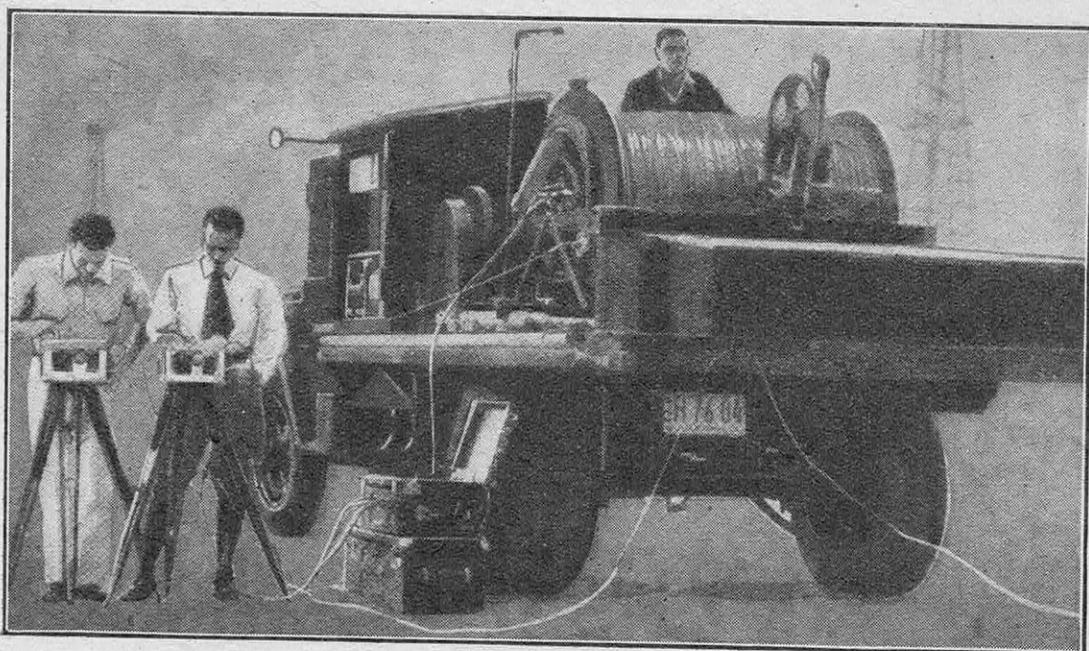


FIG. 8. — UNE INSTALLATION DE CAROTTAGE ÉLECTRIQUE, TREUIL ET APPAREILS ENREGISTREURS

cune d'elles donnera à l'exploitation. C'est à quoi servent les méthodes électriques.

Les méthodes électriques d'exploration La carte des résistivités

La résistivité des roches peut varier entre quelques dixièmes d'ohms et plusieurs milliers (1). Sa valeur est en relation étroite avec la quantité de liquide et la résistivité propre du liquide imprégnant ces roches. D'où il s'ensuit que les formations imperméables, marnes ou argiles,

étaient parfaitement sèches, elles seraient strictement isolantes. Une roche est d'autant plus conductrice qu'elle contient plus d'eau et que cette eau elle-même est plus riche en sels dissous.

Pour établir une carte de résistivités, on mesure avec un dispositif invariable, donc une profondeur d'investigation constante, la résistivité apparente du sol en une série de stations. Les mesures sont reportées sur une carte topographique. Des courbes d'équirésistivité sont tracées par interpolation.

Ces courbes ont, en particulier, pour objet de faire apparaître les variations relatives de résistivité. C'est ainsi qu'un changement de résistivité de 5 à 10 présente souvent la même importance qu'une variation de 500 à 1 000. En tout état de cause, on numérote, le plus souvent, les courbes suivant la résistivité des terrains. Au prix d'un effort important concernant les conditions opératoires, on peut

(1) La résistivité des roches étant exprimée en ohms-mètres, les chiffres pratiques mesurés s'étagent entre une et quelques milliers d'unités. Par exemple :

Sables et marnes imbibés d'eau salée	0,5 à	10
Argiles non salées.....	10 à	30
Marnes	20 à	100
Calcaires	60 à	200
Schistes	70 à	300
Grès	100 à	1 000
Roches éruptives.....	100 à	2 000

exécuter des études systématiques jusqu'à 1 500 m de profondeur et même, exceptionnellement, dépasser ce chiffre.

Cette méthode, pas plus qu'aucune autre méthode géophysique, ne permet de caractériser, au moyen de leur résistivité, les différentes formations géologiques. L'étude de la carte des résistivités permet de déduire la forme des couches de terrain, et, en particulier, de déterminer les points favorables à une accumulation de pétrole : anticlinaux, failles, etc... La présence, en Roumanie, de marnes conductrices fournit en particulier de bons repères électriques.

A titre d'exemple, la figure 6 montre, d'après MM. Schlumberger, la carte des résistivités, établie en 1923 sur le dôme d'Aricesti que l'on exploite pour du gaz naturel et qui, d'après les derniers sondages, semble devoir être producteur de pétrole. Ce dôme est formé de marnes tertiaires conductrices, recouvertes par une terrasse quaternaire résistante. La valeur de la résistivité moyenne est donc d'autant plus faible que la terrasse est moins épaisse.

Le sommet du dôme se traduit par une tache conductrice dont la résistivité est inférieure à 30. On peut dire que les courbes d'équirésistivité représentent les courbes de niveau du toit du tertiaire.

Cet exemple a été choisi parmi un ensemble de travaux intéressant une surface de 964 kilomètres carrés battue par la prospection électrique.

Le carottage électrique

L'une des plus heureuses exécutions de la prospection électrique est représentée par le carottage électrique suivant le procédé Schlumberger. Il a pour objet l'identification géologique des terrains par la mesure de leur résistivité, prise à l'intérieur d'un sondage dans sa partie non tubée.

En principe, cet essai se ramène à descendre, dans le trou de sonde, une électrode connectée par l'intermédiaire d'un câble isolé à une borne d'un générateur

de courant dont l'autre borne est reliée au sol. L'électrode descendue dans le forage crée, dans le terrain qui l'entoure, un champ électrique dont les caractéristiques dépendent de la constitution de ce terrain. Ce champ peut être étudié au moyen d'un potentiomètre disposé à la surface du sol (fig. 7).

Une pratique aujourd'hui courante consiste à établir des recoupements entre la mesure de la résistivité des terrains, d'une part, selon la méthode dont nous venons d'indiquer le principe, puis, d'autre part, d'après des échantillons de roches. Ces derniers échantillons sont aussi examinés aux points de vue lithologique et paléontologique. On va même encore plus loin.

En effet, en analysant les formations poreuses, on détermine leur teneur en huiles, ainsi que la nature de ces huiles, et on établit, d'après leurs caractéristiques : porosité, perméabilité, grosseur des grains, teneur en colloïdes, les possibilités de leur productivité en pétrole.

Dès lors, on chemine à coup sûr, pas à pas, dans le fonçage d'une sonde d'exploration, en y discernant les couches qui ne sont pas productives, et on établit avec précision leurs étages respectifs. On peut même, grâce aux diagrammes fournis par le carottage électrique et par le carottage thermique, déterminer, dans un puits en production, les étages desquels proviennent du gaz, de l'huile ou de l'eau. Notamment, sur un diagramme thermique, le gaz, et dans une moindre mesure l'huile, s'inscrivent par un abaissement de température; inversement, l'eau y révèle sa présence par une température plus élevée.

Il apparaît donc que, de nos jours, la découverte et la mise en exploitation heureuse d'un gisement pétrolifère ne constituent aucunement les attributs de la chance, mais bien le produit d'efforts constants fondés sur des connaissances scientifiques et pratiques, poursuivis avec adresse et ténacité.

Henri DOYEN.

LA GUERRE GERMANO-RUSSE

(1^{er} septembre - 1^{er} octobre 1941)

par XXX

L'acharnement des combats sur l'immense front germano-russe ne s'est pas démenti un seul instant au cours du mois de septembre, et la lutte a pris un caractère d'extrême variété : guerre de siège devant Léninegrad et Odessa, guerre de position devant Smolensk, guerre éclair en Ukraine, offensive aérienne du type de la conquête de la Crète contre les îles Æsel et la Crimée. Notre bilan mensuel des opérations embrasse la période du 1^{er} septembre au 1^{er} octobre. Cette période a vu se développer parallèlement les trois batailles commencées au mois d'août : siège de Léninegrad, bataille de Smolensk-Moscou, bataille d'Ukraine. Au centre, les offensives Timochenko, malgré des succès locaux, n'ont pas atteint leur but stratégique : dégager Léninegrad et empêcher l'avance allemande en Ukraine Orientale et la perte par l'U.R.S.S. d'une grande part de son potentiel industriel.

Au cours du mois de septembre, la situation, de l'océan Glacial à la mer Noire, a évolué d'une façon considérable.

A l'extrême nord, la voie ferrée de Mourmansk a été coupée en plusieurs endroits.

Le sort de Léninegrad est devenu extrêmement critique. La ville, complètement investie, est soumise à un bombardement rigoureux. Au nord-est, les troupes finlandaises sont parvenues sur le Svir, ligne d'eau qui barre l'intervalle entre les lacs Ladoga et Onéga. Au nord, dans l'isthme de Carélie, elles ont complètement réoccupé la zone qui leur avait été enlevée par l'U.R.S.S., après l'agression de 1939.

Au nord, les Allemands ont achevé l'investissement de l'ancienne capitale des tzars. Par leur avance jusqu'à la Néva et par la prise de Schlüsselburg, sur la rive occidentale du lac Ladoga, ils ont intercepté toutes les communications de la grande cité avec le centre de la Russie.

Dans le secteur du centre, les opérations sont demeurées extrêmement confuses pendant la première partie du mois, par suite du silence absolu gardé à la fois par les communiqués officiels des deux partis, sur les événements dont cette zone était le théâtre. Mais la situation s'est soudain éclaircie, dès qu'ont été publiées les nouvelles concernant le rebondisse-

ment et l'extension de la manœuvre allemande d'Ukraine.

Après la bataille de Gomel, qui a eu lieu vers le milieu du mois d'août, la partie gauche du groupe d'armées allemandes du centre (von Bock) est demeurée sur la défensive et s'est contentée de briser sur place l'élan de contre-attaques soviétiques répétées et tenaces. En même temps, le gros des forces du maréchal von Bock s'est orienté face au sud-est, en vue de réaliser le débordement, par le nord, sur un vaste rayon, des armées soviétiques stationnées à l'est de Kiev.

Pendant que se poursuivait la difficile progression de cette masse de manœuvre à travers le territoire de la Desna, les troupes du maréchal von Rundstedt, parvenues depuis la fin d'août sur le bas Dnieper, ont conquis une large tête de pont sur la rive est du fleuve.

Les unités du groupe d'armées Boudienny, rassemblées dans le saillant de Kiev, ne paraissent pas avoir cherché à échapper à la double étreinte qui les menaçait. Dès lors, quand les armées blindées constituant le premier échelon de l'une et l'autre branche de la tenaille allemande, se sont portées en avant, elles ont réussi à se rejoindre, à deux cents kilomètres à l'est de Kiev, encerclant d'importantes forces rouges.

Nous résumerons successivement les opérations en Finlande, dans la région de

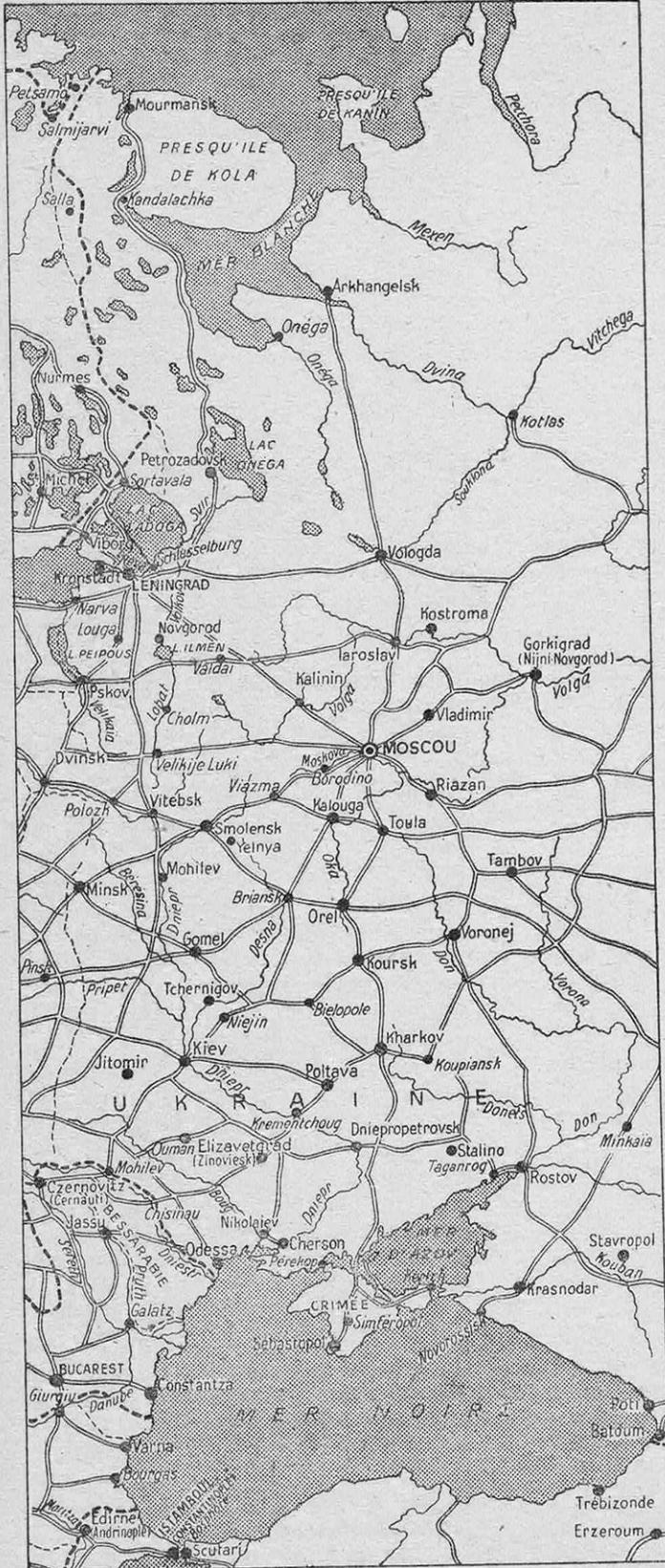


FIG. 1. — LE FRONT GERMANO-RUSSE DE LÉNINGRAD A LA MER NOIRE

Léningrad, dans le secteur de Smolensk et sur la vaste contrée qui s'étend de Gomel à la mer Noire.

Les opérations en Finlande

À la fin du mois d'août, la situation en Finlande avait pris une tournure nettement favorable aux forces du maréchal Mannerheim. Elles avaient remporté un important succès sur la frontière de Carélie, à Salla. Kexholm était tombé le 21 août, et Viborg le 30.

Depuis lors, l'avance des troupes finlandaises s'est poursuivie aussi bien à l'est que vers le sud.

En Carélie soviétique, plusieurs détachements se sont portés vers le chemin de fer de Mourmansk. Ce port en mer libre, défendu énergiquement par une garnison nombreuse, résiste toujours, mais la voie ferrée et le canal Staline ont été coupés en plusieurs endroits. En particulier, Pétrozavodsk, centre important, sur la rive occidentale du lac Onéga, est tombé le 30 septembre. Les Russes ne disposent plus, pour acheminer le matériel et les denrées arrivant par l'océan Glacial, que de la ligne et du port d'Arkhangelsk, bloqué par les glaces pendant les longs mois de l'hiver arctique.

Entre les lacs Onéga et Ladoga, les Finnois ont progressé de plus de deux cents kilomètres et ont atteint le Svir, émissaire du lac Onéga, qui s'écoule dans le lac Ladoga, en barrant l'intervalle entre les deux nappes d'eau.

Enfin, dans l'isthme de Carélie, les unités germano-finlandaises ont réoccupé tout le terrain qui avait été annexé par les Russes à la suite de l'agression de décembre 1939. Elles sont actuellement à une dizaine de kilomètres de Léningrad, et leur artillerie lourde canonne la ville, ainsi que le port de Cronstadt.



FIG. 2. — UNE COLONNE BLINDÉE ALLEMANDE DEVANT LA VILLE DE SLUCK INCENDIÉE

T W 13298

Le siège de Léninegrad

Dans la dernière semaine d'août, les armées allemandes avaient sensiblement resserré le cercle d'investissement au sud de l'ancienne capitale de la Russie. Narva, sur la côte du golfe de Finlande, à 130 kilomètres à l'ouest de la ville, et Louga, à la même distance, au sud-ouest, étaient en leur pouvoir. Tallinn était tombé le 28 août, ainsi que Port Baltique. De nombreux navires soviétiques, de guerre et de commerce, avaient été coulés aux abords de ces deux ports. Enfin, les forces importantes lancées par le maréchal Vorochilov dans la région du plateau de Valdaï, pour frapper dans leur flanc et retarder dans leur marche les armées allemandes progressant vers Léninegrad, avaient subi un grave échec, aux environs de Veliki-Luki.

Les unités du maréchal von Leeb ont, depuis ce moment, largement accentué leurs avantages.

L'approche vers la grande cité paraît s'être effectuée en trois colonnes, opérant concentriquement, l'une à droite, de Novgorod vers le lac Ladoga, la seconde, au centre, de Louga vers la Néva, et la troi-

sième, à l'ouest, par Kingisepp, le long de la côte du golfe de Finlande.

Le 8 s'est produit le dernier épisode de l'investissement. Malgré le temps très pluvieux et le mauvais état des routes, complètement détrempées, un groupement de divisions blindées et motorisées allemandes s'est lancé vers la Néva, qu'il a atteinte à Schlüsselburg, sur le bord du lac Ladoga et à l'ouest de cette ancienne place forte. Dès lors, toutes les voies ferrées et routières reliant Léninegrad au centre de la Russie étaient interceptées. La grande cité ne pouvait plus communiquer avec l'extérieur que par mer.

Le siège proprement dit a commencé aussitôt. La ville est protégée, du côté du sud, par une triple ceinture fortifiée, composée de casemates anciennes, récemment renforcées par des travaux en ciment et des organisations improvisées, blindages en troncs d'arbres, larges fossés et nombreux champs de mines contre les chars.

La lutte s'est engagée avec beaucoup de violence pour la possession de ces retranchements. A la date du 15, les assaillants avaient conquis une partie de la ligne la plus avancée.

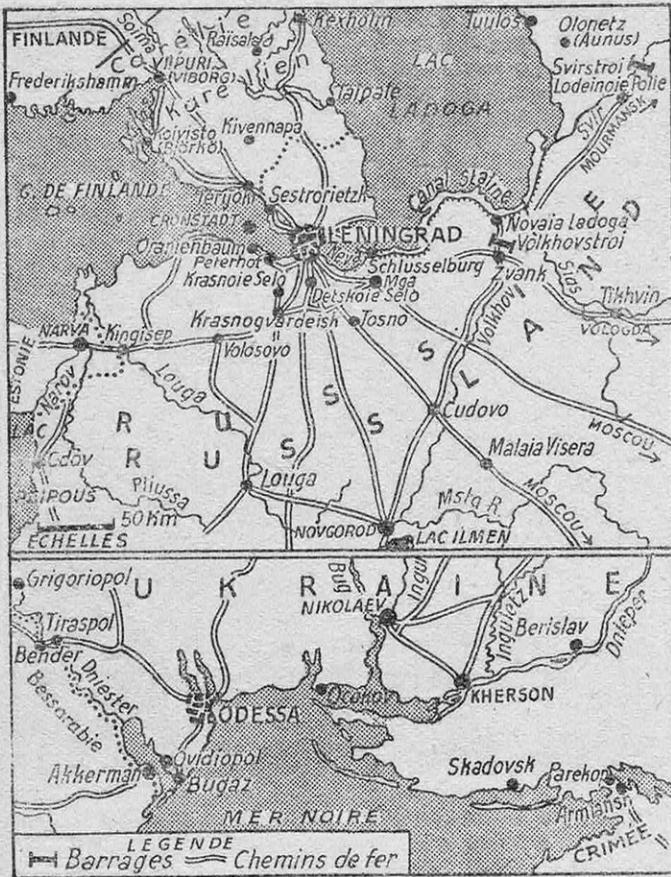


FIG. 3. — CARTES DES ENVIRONS DE LÉNINGRAD ET D'ODESSA

Depuis, la situation de Leningrad s'est sérieusement aggravée. La place renferme dans son enceinte une garnison considérable — des informations étrangères l'évaluent à un million — et une population surabondante, gonflée par l'afflux des réfugiés, qui ont fui devant l'invasion. Les artilleries lourdes allemande et finlandaise exécutent des destructions sur tous les établissements militaires et industriels de la métropole. De plus, les stations d'électricité qui fournissent l'énergie aux usines de toute nature sont pour la plupart aux mains des assiégeants, et il est vraisemblable que la vie deviendra rapidement intenable, pour cette immense agglomération d'êtres humains soumis à un bombardement meurtrier, et que son isolement total prive de toute source d'approvisionnement.

Secteur de Smolensk

Depuis la fin de la bataille de Smolensk, connue par un communiqué du 7 août, les Allemands n'ont pas cherché

à progresser en direction de Moscou. Les renseignements officiels sur les événements qui se sont passés dans cette zone ont été extrêmement sobres et peu explicites. Il semble que les troupes du maréchal von Bock aient pris, de ce côté, des dispositions nettement défensives sur une ligne de direction sensiblement nord-sud, située à l'est de Smolensk.

Sur ce secteur, l'initiative des attaques est revenue aux Russes. Le haut commandement soviétique a fait, dans tout le courant du mois, des efforts énergiques pour refouler les envahisseurs; il a annoncé à plusieurs reprises des succès sur certains points, mais, dans l'ensemble, il semble que toutes ces tentatives n'ont pas donné de résultats de lointaine portée.

Les contre-attaques, qui ont pris leur maximum d'intensité dans la première quinzaine de septembre, ont été effectuées dans trois directions principales :

1° Au nord-ouest de Moscou, le maréchal Timochenko a lancé des masses importantes dans le but d'arrêter la progression des armées d'investissement de Leningrad, en les prenant de flanc, et, en même temps, de maintenir la liaison avec les unités du maréchal Vorochilov. Mais ces forces, exposées à leur tour aux coups d'une puissante riposte des Allemands, ont été complètement battues au sud du lac Ilmen. Le communiqué du Reich a précisé, le 15 septembre, que neuf divisions soviétiques avaient été écrasées dans cette région. Le reste avait été rejeté au delà du Lovat.

2° A l'ouest de la capitale de l'U.R.S.S., une contre-offensive russe à gros effectifs avait pris pour objectif Smolensk et la zone située au sud de cette ville. Un communiqué soviétique a annoncé, à la date du 10, la prise de Yelnya, à 70 kilomètres au sud-est de Smolensk. Selon les communiqués soviétiques, les Russes seraient parvenus à une douzaine de kilomètres de Smolensk, et plus au nord auraient constitué un large front sur la Dvina. Des combats se déroulaient encore le 30



FIG. 4. — CHAR Lourd soviétique capturé par les Allemands

T W 13302

dans la région de Weliki-Luki, au sud du lac Ilmen. Les informations allemandes n'ont pas confirmé ces nouvelles, et il semble qu'à cette date la situation était assez confuse dans ce secteur, du fait de l'enchevêtrement des unités aux prises. Mais le but des offensives Timochenko au nord de Smolensk, qui était de dégager Léninegrad, n'a pas été atteint.

3° Enfin, les armées rouges ont encore tenté un effort vers le sud-ouest, en partant de la région de Briansk, pour faire pression sur le flanc des armées allemandes qui, après la victoire de Gomel, s'étaient orientées vers le sud-est et marchaient vers la Desna. On possède peu de renseignements sur les résultats de ces offensives, mais là encore, le but stratégique qu'elles se proposaient : freiner l'offensive allemande, n'a pas été atteint.

Ainsi, ce vaste secteur, théâtre, quelques semaines auparavant, de rencontres qui semblaient devoir préparer un assaut contre la capitale de l'U.R.S.S., n'a plus servi de cadre qu'à des actions violentes, mais de caractère secondaire.

La manœuvre d'Ukraine

A la fin d'août, les Allemands étaient complètement maîtres de la boucle du Dnieper inférieur. Kherson avait été pris le 20, Tcherkasy le 23, et Dniepropetrowsk le 25. Devant Kiev, la gauche des forces du maréchal von Rundstedt était arrêtée, depuis plusieurs semaines, à peu

de distance à l'ouest de la ville. Enfin, plus au nord, le gros du groupe d'armées du maréchal von Bock, à la suite de la victoire de Gomel, signalée par le communiqué officiel du 20 août, avait fait face au sud-est et progressait vers la Desna.

Ainsi, dès le début de septembre, une importante fraction des armées du maréchal Boudienny, massée à l'est de Kiev, à l'abri de la zone fortifiée, se trouvait dans un vaste saillant complètement débordé au nord et au sud.

Aucun détail n'a été donné par l'un ou l'autre parti, au sujet des combats qui se sont déroulés dans la région difficile de la Desna. Les dates où les passages de la rivière ont été conquis n'ont pas été publiés. Le communiqué soviétique a seulement signalé que Tchernigov avait été évacué par les troupes rouges le 12 septembre, ce qui marque sans doute le recul définitif des Russes dans cette zone.

De même, le plus grand silence a été gardé sur les attaques effectuées vers la même époque par les forces allemandes du sud, sur le Dnieper inférieur, en vue de conquérir des têtes de pont sur la rive gauche. Cette fois, le communiqué de Moscou a annoncé que Kremenchtoug avait été abandonné le 14 par les éléments rouges. Cette date correspond sans doute aux derniers incidents de la résistance. En fait, le groupe d'armées du maréchal von Rundstedt est arrivé à

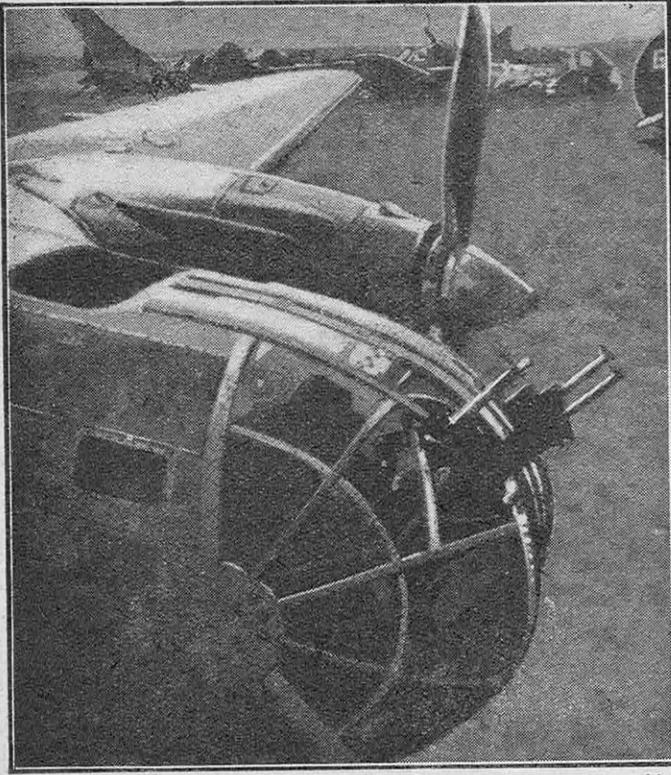


FIG. 5. — BOMBARDIERS SOVIÉTIQUES DÉTRUITS AU SOL
PAR LA LUFTWAFFE

T W 13301

constituer, au nord du grand fleuve, une base de départ de plus de cent kilomètres de largeur, de part et d'autre de Kremenchoug.

Dès que le débouché des deux masses de manœuvre, au delà de la Desna et du Dnieper, eut été assuré, la progression prit une allure très rapide. Deux armées blindées, précédant chacune leur groupe d'armées, se portèrent respectivement des environs de Tchernigov vers le sud et des abords de Kremenchoug vers le nord et convergèrent vers un objectif situé largement à l'est de Kiev. Le communiqué du Reich du 19 a fait connaître que la jonction de ces deux puissants groupements mécaniques avait été réalisée, dès le 13 septembre, à deux cents kilomètres au delà de la grande cité ukrainienne. Des forces soviétiques considérables étaient encerclées.

En même temps, une attaque par surprise, déclenchée au fond de la poche, contre Kiev,

a pleinement réussi; la ville est tombée aux mains des assaillants le 18.

Enfin, une action secondaire, à laquelle ont pris part les corps des diverses nations qui coopèrent à la lutte avec le Reich, s'est développée en direction de l'est, au delà de Poltava, prise le 17 septembre, avec comme objectif immédiat l'importante cité industrielle de Karkov, seconde ville de l'Ukraine, et en direction de la mer d'Azov atteinte le 20 septembre, avec comme objectif plus lointain la ville de Rostov, où aboutit le pipe-line qui, venant de Batoum, fournit le carburant à la plus grande partie des armées soviétiques. Selon les informations allemandes, la Wehrmacht se serait emparée de la ville de Stalino.

En même temps, les armées allemandes s'attachent à réduire les centres de résistance demeurés en arrière des colonnes blindées. Le siège d'Odessa

s'est poursuivi pendant tout le mois. La réduction d'un flot de résistance dans la presqu'île au sud-ouest de Kherson se poursuit, tandis que la Crimée est soumise à une offensive aérienne, avec intervention de parachutistes, du même genre que celle qui aboutit il y a quelques mois à la conquête de la Crète, offensive dont l'enjeu est Sébastopol, qui est le dernier

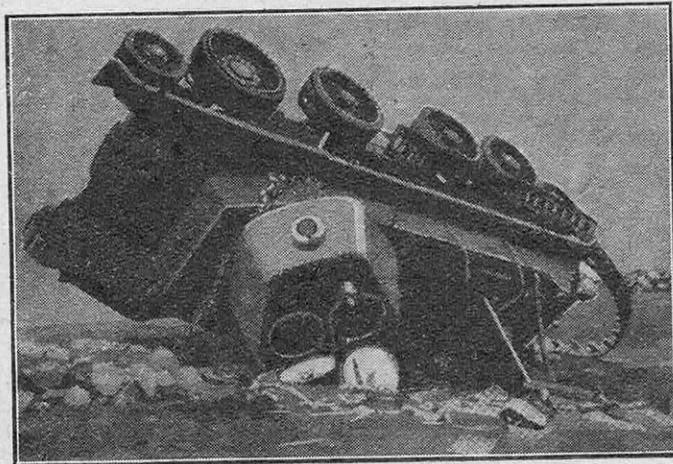


FIG. 6. — CHAR LOURD SOVIÉTIQUE RENVERSÉ ET ANÉANTI PAR LES BOMBES LOURDES ALLEMANDES

T W 13300

grand port que les Russes possèdent avant Batoum sur la mer Noire.

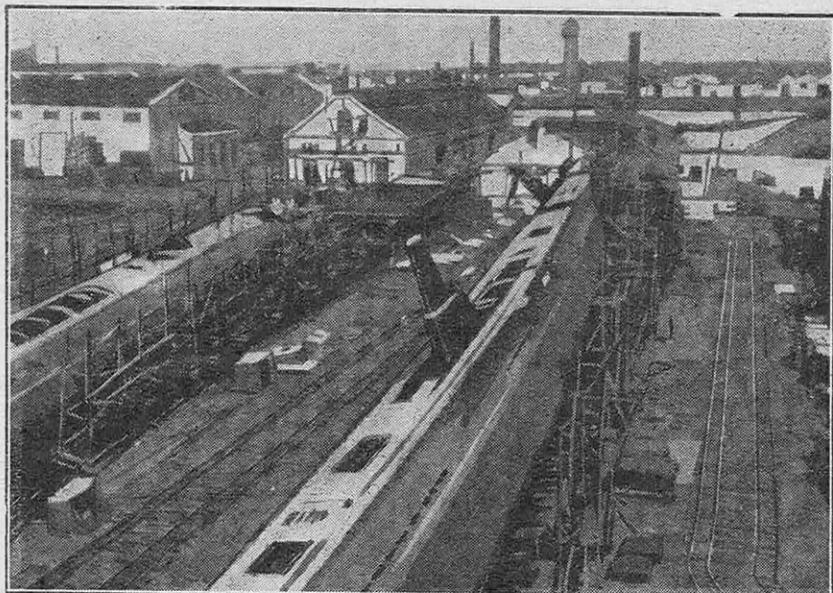
On ne sait pas exactement ce qu'a tenté le maréchal Boudienny, pour échapper à l'étreinte qui menaçait visiblement le gros de ses troupes, à la fois par le nord et par le sud. Des contre-attaques acharnées ont eu lieu sur la Desna. De même, des combats livrés par les Russes sur le bas Dnieper, pour chasser les assaillants des têtes de pont qu'ils occupaient, ont duré plusieurs jours. Tous ces efforts n'ont pas réussi à arrêter la marche des unités de la Wehrmacht. Ont-ils été entrepris avec des moyens trop faibles ou employés d'une façon déconseillée, sans préparation suffisante ? Ou bien faut-il croire que la force combattive des puissants groupements blindés allemands a dominé partout celle des formations rouges ? Il est vraisemblable que ces causes sont intervenues à la fois. Mais l'impression qui ressort des événements est que le commandement russe, mal renseigné et passif, n'a pas su manœuvrer pour sortir ses troupes de l'étau qui se refermait sur elles.

Quoi qu'il en soit, la manœuvre allemande de double enveloppement a, cette fois encore, obtenu un plein succès, et l'on peut se demander si les réserves amenées de l'Oural par le commandement soviétique pourront rétablir dans ce secteur une situation très compromise.

La lutte aéro-navale dans le golfe de Finlande et sur la mer Noire

Les attaques dirigées par l'aviation de bombardement allemande contre les flottes de guerre et de commerce russes, dans le golfe de Finlande et sur la mer Noire, se sont succédé quotidiennement, au cours du mois de septembre.

Les progrès des forces terrestres de l'assaillant, le long des côtes, aussi bien septentrionales que méridionales, de l'U.R.S.S., ont rendu très précaire la situation de ces nombreux bâtiments. Au nord, depuis la prise de Tallinn et de Baltiski, la flotte de la Baltique était



T W 13299

FIG. 7. — LES CHANTIERS DE CONSTRUCTION NAVALE DE NIKOLAÏEV

On aperçoit ici deux sous-marins soviétiques sur cale. L'armée allemande, en s'emparant de la ville au mois de juillet, trouva dans les chantiers de Nikolaïev un cuirassé de 35 000 tonnes en construction.

étroitement resserrée dans les rares bases qui lui restaient : Hangöe, îles Œsel, Cronstadt et Léninegrad. Or, Hangöe est étroitement investi et soumis à un intense bombardement, depuis plusieurs semaines. L'île d'Œsel a été conquise en grande partie par les Allemands, à la suite d'une attaque par surprise. On signale que, depuis un certain temps, les batteries de Cronstadt ne tirent plus. Enfin, les communiqués officiels du G.Q.G. allemand des 23 et 24 septembre ont fait connaître que plusieurs unités navales russes importantes avaient encore été coulées à la suite de bombardements aériens ou par des mines, dans le golfe de Finlande. Les débris de la flotte de la Baltique paraissent bloqués dans l'étroit bras de mer entre Cronstadt et Léninegrad, et participent par leur artillerie à la défense de la ville.

La flotte de la mer Noire a subi, elle aussi, des pertes sensibles. La prise de Nikolaïev l'a privée d'une de ses bases essentielles. Les progrès des forces alliées

sur les côtes de la mer d'Azov et en Crimée, menacent son existence même.

Conclusion

Comme il ressort de cet exposé, la physionomie générale de la manœuvre allemande a subi un changement très notable au cours du mois récemment écoulé. En août, les forces du Reich, divisées en trois masses de puissance comparable, ont avancé à la fois, sur les trois secteurs principaux du théâtre d'opérations, l'une au nord, en direction de Léninegrad, une autre au centre, vers Moscou, la troisième au sud, vers le littoral de la mer Noire. Leurs efforts étaient ainsi nettement divergents et les événements n'ont pas permis de distinguer, dans l'ensemble confus de batailles qui faisaient rage sur un immense périmètre, quelle était l'opération principale.

Pendant le mois de septembre, la situation générale s'est nettement simplifiée et éclaircie. Les Allemands sont restés sur la défensive face à Moscou, sur une vaste zone, économisant des forces qui ont pu être reportées sur le secteur du sud. Au nord, l'activité des assaillants s'est bornée à achever l'investissement de Léninegrad, ainsi que des troupes nombreuses qui occupent cette grande cité, et à en pousser le siège très vigoureusement.

L'opération principale a été manifestement celle menée par les deux groupes d'armées du centre et de droite qui, conjuguant leurs efforts, ont effectué une marche concentrique vers l'est de Kiev et ont ainsi anéanti une forte partie des armées rouges d'Ukraine.

Il faut se garder de chercher à deviner comment tourneront les opérations, au cours de la période qui va suivre. Tout dépend du nombre et de la valeur des moyens possédant une réelle capacité combattive, dont dispose encore le haut commandement soviétique. Mais il est certain que la situation matérielle des armées rouges est dès maintenant sérieusement compromise, en ce qui concerne la possibilité d'une prolongation importante de la guerre.

Léninegrad paraît devoir succomber dans un délai plus ou moins rapproché. Or, cette grande ville n'est pas seulement un centre industriel considérable, englobant sept cents usines où travaillent trois

cent mille ouvriers. C'est, en outre, le seul port que possèdent encore les Russes sur le golfe de Finlande. Sa chute marquera la fin de la flotte de la Baltique. Mais, de plus, sa possession donnera aux Allemands de grandes facilités pour assurer leur ravitaillement dans toute la Russie septentrionale. Les vivres, le matériel, les munitions, amenés par bateaux, des ports allemands à Léninegrad, arriveront beaucoup plus vite et plus sûrement à l'aile gauche des armées allemandes.

Mais, au point de vue des ressources agricoles et surtout industrielles, l'avance des Allemands en Ukraine aura des conséquences encore plus graves pour l'économie de guerre des Russes. On sait que cette province est la grande productrice de blé et de sucre de la Russie. La perte du bassin de Krivoi-Rog a déjà privé ce pays d'une forte proportion de sa production en minerai de fer. Le bassin du Donetz est à son tour sur le point d'être envahi. Or, une grande partie de l'industrie lourde soviétique est concentrée dans cette région.

Enfin, la progression des forces de la Wehrmacht est maintenant dirigée vers les débouchés de la zone pétrolifère du Caucase. Si les Allemands poussent jusqu'à Rostov, ils tiendront le point d'arrivée des chemins de fer et des pipe-lines qui permettent de conduire le carburant au centre de l'U.R.S.S. Batoum étant devenu inutilisable, à la suite de la perte des ports de la mer Noire, il ne restera plus, pour amener cet indispensable produit aux armées et aux exploitations agricoles, que la voie d'eau de la Volga, fermée par les glaces pendant de nombreux mois d'hiver.

En résumé, on ne peut dire encore quelles seront les conséquences définitives des récents succès allemands, mais, dès maintenant, il paraît incontestable qu'aujourd'hui la Russie se trouve, au point de vue d'une sérieuse prolongation de la guerre, dans une situation difficile. L'aide apportée à la nation slave par la Grande-Bretagne et les Etats-Unis pourra-t-elle compenser ces pertes matérielles si considérables? C'est ce que l'avenir fera connaître.

L'AVION-CANON BLINDÉ

par Pierre DUBLANC

Sur mer, la lutte du canon contre la cuirasse a débuté au cours de la guerre de Sécession américaine en 1866. C'est, semble-t-il, au cours d'une autre guerre civile, la guerre d'Espagne de 1936, qu'a pris naissance, en l'air, une lutte analogue : celle de la mitrailleuse ou du canon léger contre le blindage. Les avions de faible puissance de 1918, construits en bois et en toile, pouvaient difficilement être protégés. La construction semi-métallique, puis entièrement métallique, devait faciliter l'aménagement d'une protection. La première exigence fut une protection vers l'arrière pour les avions de chasse. En 1937 apparaissent en Espagne les premiers avions de chasse américains « gouvernementaux » du genre Boeing ou Curtiss, équipés d'un dossier blindé pour le pilote. L'aviation « légionnaire » réplique en substituant des mitrailleuses lourdes (calibre 13 mm) aux mitrailleuses légères (calibre 8 mm) jusqu'alors reconnues suffisantes. Les avions italiens actuels « Saetta » et « Falchi » sont armés de deux mitrailleuses de 13 mm montées dans le capot. A la fin de 1939, devant les avions de chasse « Spitfire » et « Hurricane », armés de huit mitrailleuses de 8 mm, la Luftwaffe protège ses réservoirs d'essence par des dispositifs autoétanches, et ses pilotes au moyen d'un blindage léger. Au début de 1940, les chasseurs anglais s'aperçurent que les Heinkel 111 et les Messerschmitt 109 devenaient plus difficiles à « descendre ». On nous a annoncé, au début de 1941, que les nouveaux Hawker « Tornado » et « Typhoon », au lieu de recevoir douze mitrailleuses d'ailes, extrapolation du « Hurricane », seraient équipés de trois canons de 20 mm s'ajoutant à huit mitrailleuses légères de 8 mm. Du côté allemand, le destroyer bimoteur Messerschmitt 110 a adopté, dès la fin de 1939, une formule mixte analogue : deux canons de 20 mm et quatre mitrailleuses de 8 mm. En 1940, le Heinkel 113, monomoteur monoplace, renonçant délibérément au calibre de 8 mm, s'est armé d'un canon de 20 mm dans le moteur, et de deux mitrailleuses de 13 mm dans les ailes. La course au calibre ne fera donc que s'accuser au cours de l'année 1941. Une course au blindage s'est amorcée parallèlement. L'aboutissement en est d'ores et déjà l'avion-canon blindé, c'est-à-dire un monomoteur tricanon de 1 800 ch, en attendant le penta-canon de 2 000 ch.

UN navire de ligne, appelé à combattre au voisinage du travers, afin de concentrer sur son adversaire le feu de toute son artillerie principale, se protège surtout sur ses flancs, par une cuirasse de ceinture.

L'avion, qui combat au voisinage de son axe, et que sa vitesse met pratiquement à l'abri des coups tirés d'une direction transversale, doit au contraire se protéger vers l'avant et vers l'arrière, seules directions où les tirs dirigés contre lui ont chance d'être efficaces. De tous les avions de combat, l'avion de chasse monomoteur est, par sa compacité et sa puissance motrice élevée, le plus facile à protéger (1).

L'hémisphère arrière doit surtout être

protégé contre des attaques inscrites dans un cône d'environ 15 degrés d'ouverture vers le bas et 45 degrés vers le haut.

Pour l'hémisphère avant, la protection peut encore être plus limitée, car elle se borne au cas des projectiles dirigés à peu près parallèlement à l'axe. Les formes aérodynamiques permettent alors d'utiliser l'incidence favorable du nez d'hélice ou du capot moteur pour la protection du fuselage, et celle du bord d'attaque pour les ailes, et par suite de se contenter de blindages minces.

C'est donc surtout pour la protection de l'hémisphère arrière qu'il faut adopter les blindages les plus épais. Tous les avions de chasse modernes sont maintenant équipés d'un dossier blindé pour le pilote, dont l'épaisseur varie entre 1 et 2 cm.

(1) Voir : « L'avion de combat sera blindé », dans *La Science et la Vie*, n° 288 (août 1941).

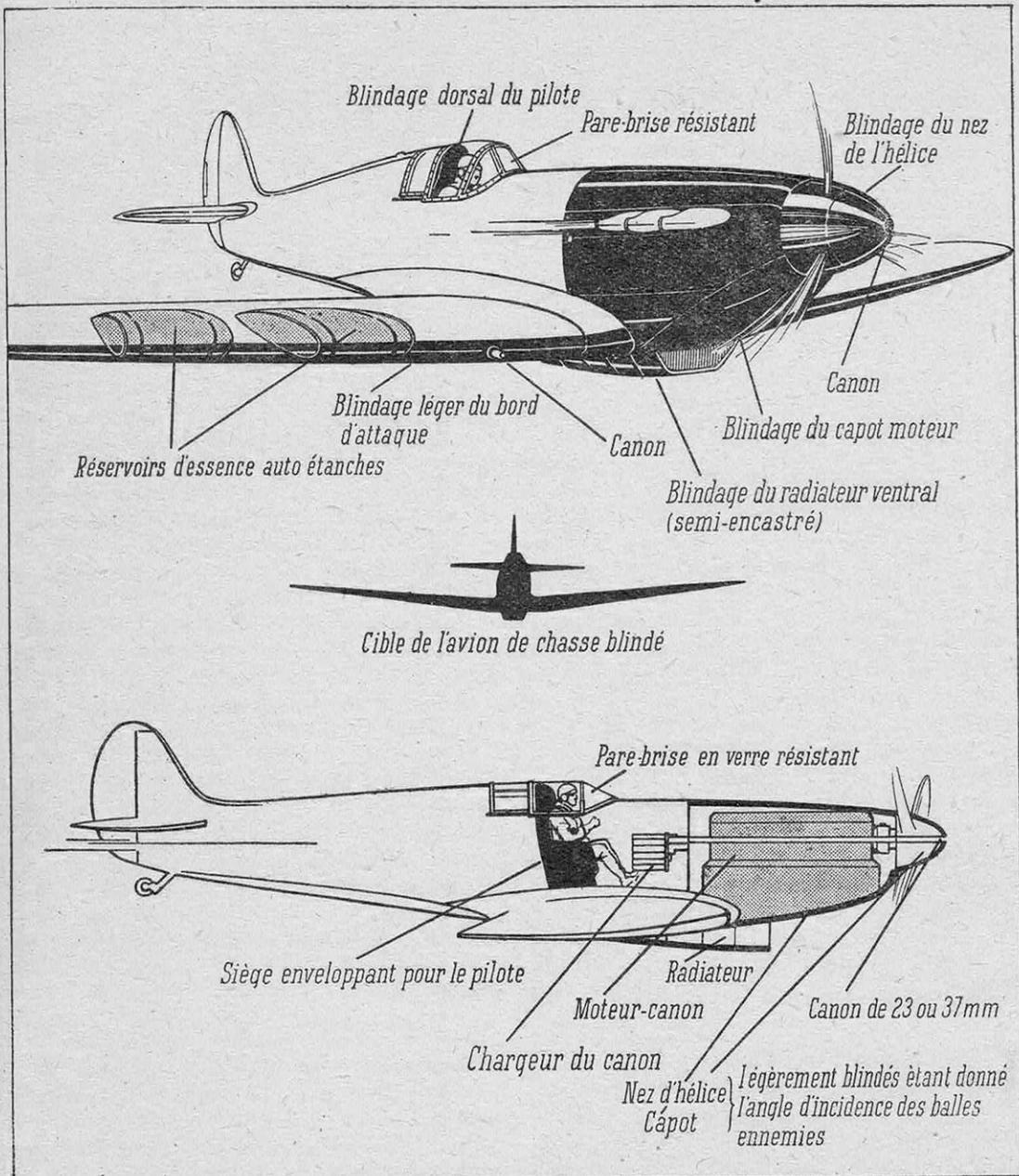


FIG. 1. — SCHEMA D'UN MONOMOTEUR MONOPLACE TRICANON BLINDÉ

L'avion de chasse de demain sera un avion-canon blindé à l'épreuve des balles de mitrailleuses. L'armement du projet ci-dessus consiste en trois canons de 20 ou 23 mm, un dans le moteur, les deux autres dans les ailes. La protection du pilote est assurée : par la casserole du nez d'hélice en tôle résistante; par la partie avant du capotage du moteur; en dessous, par une tôle recouvrant le radiateur; en dessus, par le pare-brise en verre résistant; par le dossier blindé du siège enveloppant. En outre, le bord d'attaque des ailes est légèrement blindé, protégeant les réservoirs d'essence et d'huile rendus autoétanches et à l'épreuve des balles incendiaires. En résumé, cet appareil est protégé contre les balles de mitrailleuses de petit calibre (8 mm), mais il est lui-même armé de canons d'un calibre supérieur (20 mm). Il surclasse donc, en calibre et en protection, ses adversaires, de même que le cuirassé armé de canons de 280 mm ou de 330 mm surclasse les croiseurs légers armés de calibres inférieurs.

**Les blindages modernes légers :
acier, caoutchouc, verre organique**

Il a été réalisé en Amérique, par la

U.S. Rubber Co, de Détroit, un blindage mixte acier-caoutchouc, constitué par une tôle d'acier doublée d'une feuille de caoutchouc formant matelas et dont

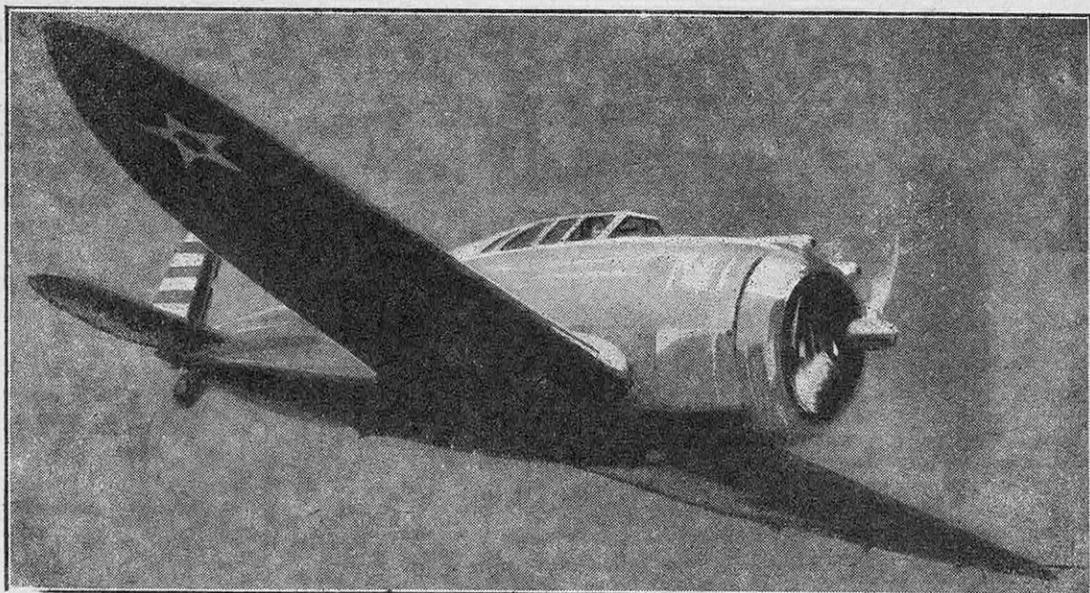
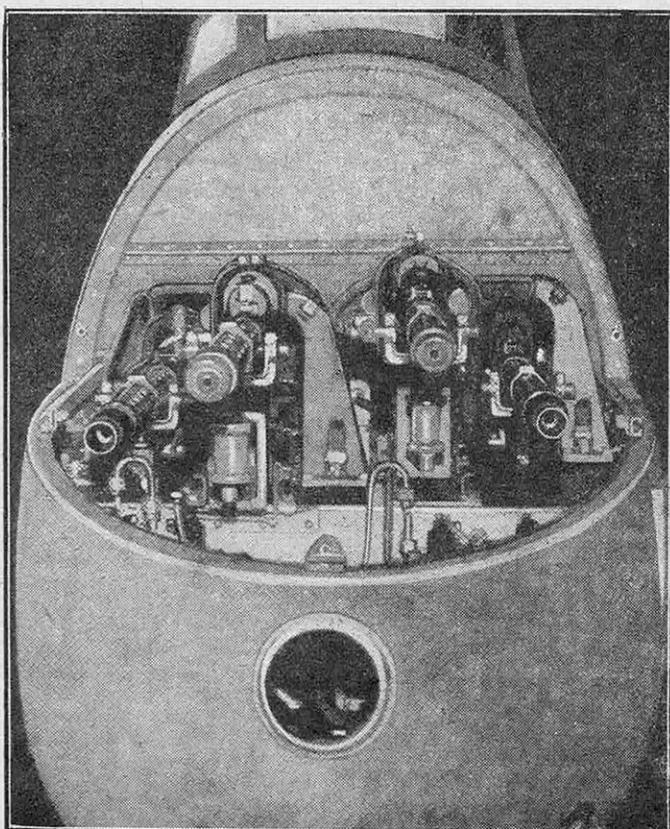


FIG. 2. — LE MONOPLANE MONOMOTEUR DE CHASSE STRATOSPHERIQUE AMERICAIN REPUBLIC « LANCER » T W 13283

Cet appareil est le prototype du monoplane de chasse P-44 pour lequel l'Army Air Corps américain a passé pour plus de cinquante millions de dollars de commandes. Il est équipé d'un moteur Pratt et Whitney « Twin Wasp » à turbo-compresseur de 1 200 ch. Il monterait à 6 000 m en 7,5 minutes et sa vitesse serait de 600 km/h à 7 000 m. Le pilote est protégé par un blindage et un pare-brise à l'épreuve des balles. L'armement comprend deux mitrailleuses de 12,7 mm à la partie supérieure du fuselage, tirant à travers l'hélice, et quatre mitrailleuses de 12,7 mm dans l'aile. Il pourrait, en outre, emporter six bombes de 10 kg suspendues sous l'aile.



l'élasticité permettrait d'encaisser plus aisément les impacts de balles de mitrailleuses. A égalité de résistance, ce blindage mixte ferait gagner 20 % de poids sur une plaque tout acier. La feuille d'acier est, bien entendu, tournée du côté de l'arrivée des projectiles, et la face extérieure de l'acier a subi un traitement thermique destiné à en accroître la dureté.

Il ne peut être question à

FIG. 3. — LES QUATRE MITRAILLEUSES DE 7,9 MM A L'AVANT DU FUSELAGE DU DESTROYER BIMOTEUR ALLEMAND MESSERSCHMITT 110

Le Messerschmitt 110 est armé de quatre mitrailleuses de 7,9 mm à la partie supérieure du fuselage et de deux canons de 20 mm sous le fuselage (plus deux affûts mobiles de mitrailleuses de 7,9 mm pour la défense arrière, montés sur bâbord et sur tribord). Le capot du fuselage est ici enlevé pour laisser voir la disposition des quatre mitrailleuses. L'orifice circulaire à l'extrême avant est prévu pour l'installation d'un appareil photographique.

TYPES D'AVIONS	MITRAILLEUSES		CANONS	
	Nombre	Calibre	Nombre	Calibre
1939	Fiat C. R. 42 (I.)	2 (aile)	8 mm	1 (moteur) 20 mm
	Morane 406 (F.)	2 (aile)	8 mm	
	Vickers-Supermarine « Spitfire » M. k I. (G.-B.)	8 (aile)	8 mm	
	Hawker « Hurricane » (G.-B.)	8 (aile)	8 mm	
	Messerschmitt 109 (D.)	2 (capot) 4 (aile)	8 mm 8 mm	
1940	Fiat C. R. 50 « Falco » (I.)	2 (capot)	13 mm	2 (aile) 20 mm
	Macchi C. 200 « Saetta » (I.)	2 (capot)	13 mm	
	Bloch 151 (F.)	4 (fuselage)	8 mm	
1941	Messerschmitt 110 (D.) (bi-moteur)	2 (fuselage)	8 mm	2 (fuselage) 20 mm
	Spitfire Mark III (G.-B.)	4 (aile)	8 mm	3 20 mm
	Heinkel 113 (D.)	2 (capot) 2 (aile)	13 mm 13 mm	
	Messerschmitt 109 F. (D.)	2 (aile)	13 mm	2 (aile) 1 (moteur) 20 mm 15 mm
		2 (capot)	13 mm	
		2 (capot)	13 mm	
		2 (aile)	8 mm	
Grumman « Martlet » (U. S. A.)	2 (aile)	8 mm	2 (capot) 13 mm 6 (aile) 8 mm	
Curtiss « Tomahawk » (U. S. A.)	2 (capot)	13 mm		
PROTOTYPES	Hawker « Tornado » (G.-B.)	8 (aile)	8 mm	3 20 mm
	Hawker « Typhoon » (G.-B.)	8 (aile)	8 mm	
	Focke-Wulf 187 (D.) (bi-moteur)	4 (fuselage)	8 mm	2 (fuselage) 20 mm
	Republic « Lancer » (U. S. A.)	2 (capot) 4 (aile)	13 mm 13 mm	
	Bell « Airacobra » (U. S. A.)	2 (capot)	13 mm	1 (moyeu de l'hélice) 20 ou 37 mm
		4 (aile)	8 mm	
		4 (aile)	13 mm	
	c)	1 (moyeu de l'hélice)	20 mm	1 (moyeu de l'hélice) 20 mm
		2 (ailes)	20 mm	

de tels blindages doivent rester accessibles pour remplacement, le cas échéant, après un combat aérien.

Un pare-brise résistant complète la protection du pilote. Un verre genre triplex ou « Plexiglass », ou une matière plastique transparente de 5 cm d'épaisseur, assure la protection contre les balles de 8 mm, aux distances actuelles de combat aérien : 100 à 300 mètres. Une épaisseur de 7,5 cm arrêterait des projectiles de 13 mm.

Voici l'ordre de grandeur des poids de cette protection. Dans le Bell « Airacobra », le blindage du pilote (fuseau avant et pare-brise) pèse

TABLEAU I. — L'ARMEMENT EN MITRAILLEUSES ET EN CANONS DE QUELQUES TYPES D'AVIONS EN SERVICE ET DE QUELQUES PROTOTYPES.

bord d'un avion, et pour des raisons impérieuses de poids et d'encombrement, d'utiliser des plaques planes. Limités par le poids, les blindages sont limités en surface; ils doivent donc épouser d'aussi près que possible la forme de la partie vitale à protéger. La difficulté consiste donc à donner à de telles plaques d'acier la forme et la courbure appropriées à leur fonction et à leur mise en place à bord. D'autre part,



T W 13286

FIG. 4. — LE NOUVEAU DESTROYER BI-MOTEUR ALLEMAND FOCKE-WULF 187

C'est un appareil biplace monté par un pilote-pointeur et un pilote-observateur en tandem dans un fuselage étroit. Le nez du fuselage a reçu un blindage conique et le plancher porte un vitrage d'observation. L'armement comporte seulement des armes fixes approvisionnées par le second pilote, aucune arme de défense n'étant prévue pour tirer vers l'arrière. On aperçoit, sur cette photographie, les orifices de deux des quatre mitrailleses, dans la paroi latérale du fuselage, et de l'un des deux canons, sous le fuselage.

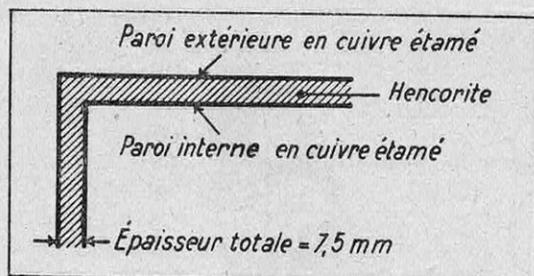


FIG. 5. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN RÉSERVOIR AUTOÉTANCHE ANGLAIS

Au lieu de recourir à l'action chimique de l'essence sur le caoutchouc comme moyen d'obturation (cas des réservoirs allemands), les Anglais utilisent une matière spéciale, appelée la « Hencorite », interposée en sandwich entre deux feuilles de tôle de cuivre étamé. C'est ainsi que sont construits les réservoirs de la Henderson Safety Tank Co.

54 kg. Les réservoirs auto-étanches pèsent 80 kg.

La protection par les accessoires

Enfin, les appareils accessoires de l'avion doivent être utilisés pour la protection. Ainsi, les roues d'atterrissage rentrées dans les ailes peuvent être utilisées pour la protection des réservoirs d'huile ou d'essence — ces derniers étant bien entendu tous aujourd'hui du type auto-étanche et à l'épreuve des balles

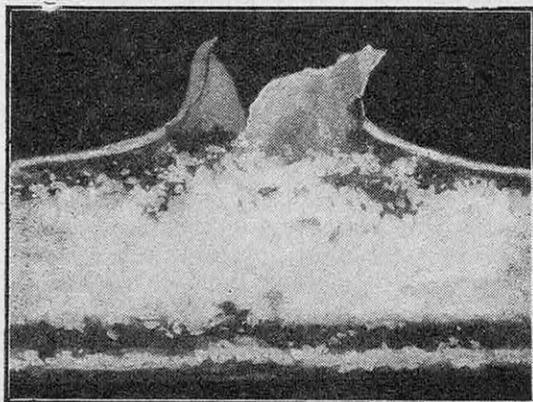


FIG. 6. — ASPECT DE LA PAROI D'UN RÉSERVOIR AUTOÉTANCHE APRÈS PERFORATION PAR UNE BALLE DE MITRAILLEUSE

Au contact de l'essence, la composition intermédiaire foisonne et vient obturer le trou de passage.

incendiaires. S'il s'agit d'un avion tricycle, genre Bell « Airacobra » ou Lockheed « Lightning », la roue avant escamotée peut contribuer à la protection du pilote.

La protection du radiateur

Le moteur à refroidissement direct par l'air est plus facile à protéger qu'un moteur refroidi par liquide dont le radiateur constitue la partie vulnérable. La solution consiste alors à encastrer le radiateur le plus profondément dans le fuselage, dans l'intrados des ailes ou dans

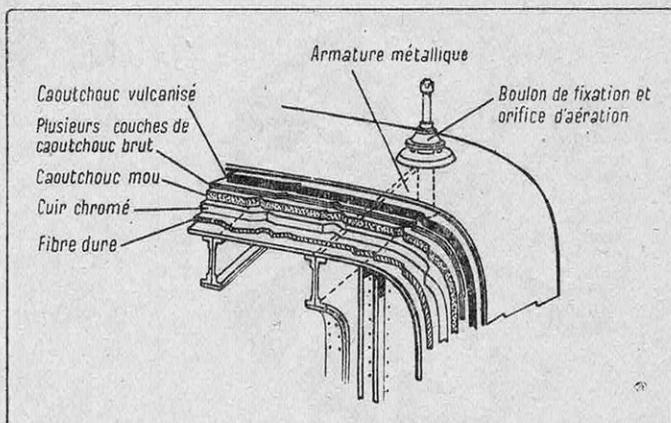


FIG. 7. — COUPE PARTIELLE MONTRANT LA PROTECTION PARTICULIÈRE DES RÉSERVOIRS D'ESSENCE MODERNES CONTRE LES BALLES PERFORANTES ET INCENDIAIRES

Les parois sont ici constituées par cinq couches de matériaux distincts. De l'intérieur vers l'extérieur : fibre dure, cuir chromé, caoutchouc mou, caoutchouc brut, caoutchouc vulcanisé. En cas de perforation, le caoutchouc mou (ou mousse) situé en sandwich se gonfle au contact de l'essence qui fuit et étanche la fuite principale. Les autres parois de caoutchouc agissent d'une manière analogue vis-à-vis des fuites résiduelles. S'il s'agit d'une balle incendiaire, le danger d'incendie est en même temps éliminé.

les fuseaux moteurs. Rappelons à ce sujet le projet Rabatel, de 1938, qui consistait à placer entièrement le radiateur à l'intérieur du fuselage, derrière le moteur, et à l'abri d'un déflecteur qui en même temps favorisait le refroidissement, en réduisant la traînée.

La protection des ailes

La protection des ailes se ramène, depuis la construction métallique, à l'emploi du revêtement « travaillant », épaissi aux dépens de l'armature interne. L'épaisseur du revêtement travaillant doit surtout être forcée au bord d'attaque des ailes. Le revêtement travaillant

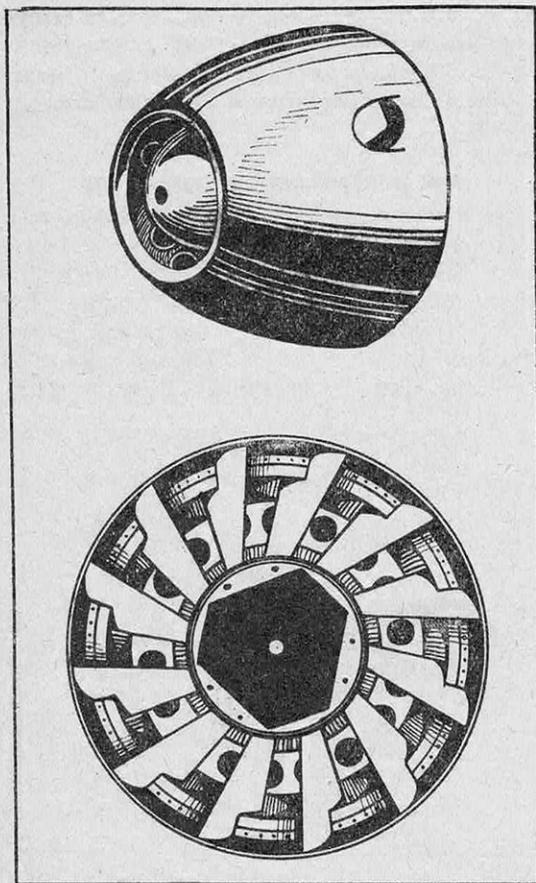
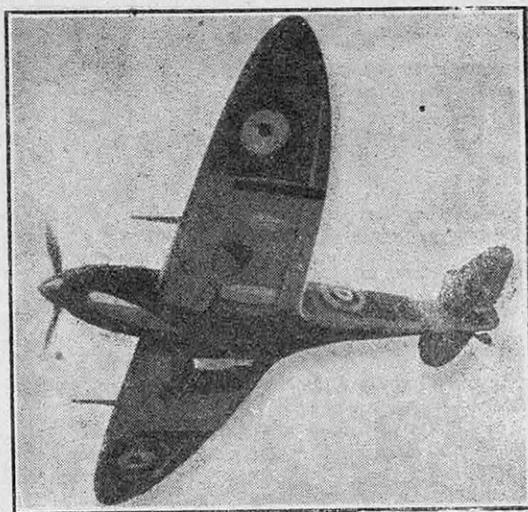


FIG. 8. — CASSEROLE D'HÉLICE BLINDÉE, ASSURANT A LA FOIS LA PROTECTION ET LE REFROIDISSEMENT DU MOTEUR

Une casserole d'hélice de grand diamètre constitue un bouclier efficace dont la forme aérodynamique présente une incidence favorable qui permet une réduction de l'épaisseur du blindage. En outre, ce bouclier est animé, avec l'hélice, d'une vitesse de rotation considérable, ce qui contribue à faire ricocher les balles ou les éclats. Des nez d'hélices de grand diamètre, atteignant 1 m, sont actuellement prévus pour les nouveaux avions de chasse, aussi bien à moteurs refroidis par l'air qu'à moteurs refroidis par liquide (Curtiss « Tomahawk »). Dans le cas des moteurs refroidis par l'air, la partie centrale du nez d'hélice présente une concavité formant prise d'air; des ailettes aménagées à l'intérieur du nez d'hélice agissent à la manière d'un ventilateur pour améliorer le refroidissement. Cette disposition est d'ailleurs applicable aux moteurs refroidis par liquide, notamment s'il s'agit de radiateurs internes (Bell « Airacobra », Lockheed « Lightning »). Un trou central peut éventuellement être aménagé pour le passage du canon tirant à travers le moyeu de l'hélice.

permet de résister au projectile explosif actuel de 20 mm (poids 135 g, dont 10 g d'explosif). Pour augmenter les dégâts, le canon doit accroître son calibre, adop-



T W 13287

FIG. 9. — UNE VERSION NOUVELLE DU VICKERS SUPERMARINE « SPITFIRE », ARMÉ DE DEUX CANONS DE 20 MM LOGÉS DANS L'AILE

ter le 23 mm (300 g et 15 g d'explosif), sinon le 25, voire le 37 mm. C'est ce calibre qui a été choisi pour la version originale du Bell « Airacobra ».

Un armement multicanon

De cette tendance au blindage, il résulte pour l'armement de l'avion de chasse une course au calibre. Le calibre de 8 (ou de 7,9 mm), généralement adopté, est-il suffisant devant l'avion blindé? Il semble qu'il doive être remplacé par le calibre de 13 mm (c'est-à-dire de 12,7 mm ou de 13,2 mm). Les avions de chasse italiens « Saetta » et « Falchi » l'ont déjà fait (1). Les plus récents avions américains (Curtiss P 40 et Grumman « Martlet ») ont suivi. D'autres sont annoncés, notamment le Republic « Lancer ». C'est probablement au récent Heinkel 113, armé de mitrailleuses de 13 mm, que la chasse allemande doit ses succès de l'été 1941 sur les « Spitfire » dans le Pas de Calais et au-dessus des territoires occupés. Les Britanniques semblent vouloir aller directement au calibre de 20 mm, à projectiles explosifs. Les plus récents « Spitfire », « Mark III », en attendant les « Tornado » et les « Typhoon », seraient armés de trois canons de 20 mm, deux dans les

(1) D'ailleurs les bombardiers modernes tendent à substituer, eux aussi, des mitrailleuses de 13 mm aux mitrailleuses de 8 mm. Les bombardiers italiens notamment, Fiat BR 20 (Cigogne), Cant Z 1007 bis (Alcyone), Savoia SM 79 (Sparvieri), sont munis d'une tourelle dorsale comportant une mitrailleuse Breda de 12,7 mm.

ailes et un dans le moteur, armement qui serait néanmoins complété par quatre mitrailleuses de 8 mm.

Le choix des calibres

L'inconvénient des calibres élevés pour les canons d'avion est que, si l'on veut conserver une cadence de tir élevée, il faut renoncer à adopter un projectile très lourd. Les qualités balistiques du projectile se ressentent de l'insuffisance de la masse, puisque à calibre égal (donc à résistance de l'air égale), l'accélération négative communiquée au projectile par le freinage de l'air est inversement proportionnelle à la masse du projectile. Les projectiles de 20 mm, utilisés couramment par les canons d'avions, représentent un compromis entre ces deux exigences. La diminution de masse par rapport à une balle perforante pleine est obtenue par la diminution de la densité du projectile (remplacement d'une partie du métal par de l'explosif peu dense) et par le raccourcissement du projectile. La masse du projectile est alors de 135 g pour une charge d'explosif de 10 g. La cadence de tir est de 600 coups/minute pour les canons *ERlikon* et *Hispano*.

Ce compromis n'est peut-être pas le plus avantageux, puisque sur les nouveaux *Messerschmitt 109 F*, les Allemands ont monté des canons *Mausers* de 15 mm, dont le projectile pèse 130 g (à peu près la même masse que celle du projectile court de 20 mm), et qui tire à la cadence de 900 coups/minute.

Si l'on veut provoquer sur un avion blindé de larges déchirures, il faudra chercher à augmenter la charge d'explosif transportée. Les calibres de 25 à 37 mm semblent alors préférables pour provoquer de larges déchirures sur un avion blindé.

Mais on se heurte alors aux difficultés d'installation. Un canon de 20 mm peut être monté dans chaque aile, de préférence au renforcement de la structure qu'exige le montage du train d'atterrissage. L'alimentation des obus s'effectuant par un tambour, il en résulte dans l'aile une boursouffure du revêtement. Le montage de deux canons de 20 mm dans cha-

que aile nuirait sensiblement à l'aérodynamisme, d'autant plus que les vitesses élevées des avions modernes conduisent à amincir de plus en plus les ailes. Des calibres supérieurs à 20 mm imposent le montage des canons dans le fuselage. Le problème est simple pour le « destroyer » bimoteur (par exemple le *Me 110*). Pour le monomoteur à hélice tractrice, le moyeu d'hélice reste la seule solution. Aussi, le *Bell « Airacobra »* de 1941 a-t-il délibérément adopté le canon de 37 mm (1).

En résumé, les tendances 1941 pour l'avion blindé sont les suivantes :

— *tendance multimitrailleuses lourdes*, par adoption du calibre 13 mm pour des mitrailleuses à balles perforantes, montage possible aussi bien dans les ailes que sous le capot, en mitrailleuses synchronisées.

— *tendance mono-canon*, par adoption d'un gros calibre de 23 à 37 mm tirant de puissants projectiles explosifs à travers le moyeu de l'hélice.

— *solution mixte*, canons et mitrailleuses (canon de 20 à 37 mm, mitrailleuses de 8 à 13 mm).

— *solution pluri-canon*, fondée sur le calibre de 20 mm, donnant un tricanon pour le monomoteur de chasse (un canon dans le moyeu d'hélice, deux dans les ailes) (2) et un penta ou un hexacanon pour le « destroyer » bimoteur (un canon dans chaque moteur, trois ou quatre canons dans le fuselage).

Cette tendance pluri-canon paraît dominante pour l'avion de chasse 1941-1942. Appliquée à la formule du monomoteur, le plus aisé à blinder des avions, elle donne ce que l'on peut appeler l'avion-canon blindé. L'avion-canon blindé caractérisera l'aviation de 1942, de même que le destroyer bimoteur a marqué l'aviation de 1941.

Pierre DUBLANC.

(1) Le *Bell « Airacobra »*, muni par ailleurs d'un porte-bombe, pourrait être utilisé comme avion d'assaut contre les chars. Le calibre de 37 mm de son canon lui permettrait de percer le cuirassement supérieur de n'importe quel char léger ou moyen.

(2) Le *Bell « Airacobra »*, qui sera livré à la Grande-Bretagne, sera un tricanon de 20 mm.

A LA RECHERCHE DU « NEUTRINO » VÉRITABLE PARTICULE MÉTAPHYSIQUE

par Maurice-E. NAHMIAS

Docteur ès Sciences physiques

Pour expliquer la constitution de l'univers physique et les phénomènes qui s'y manifestent, le physicien d'aujourd'hui fait appel à quelques particules élémentaires (électrons, protons et neutrons) et s'appuie sur un petit nombre de principes tels que celui de la conservation de l'énergie, celui de la relativité, etc. L'existence de ces particules élémentaires et la généralité de ces principes sont démontrées toutes deux par de très nombreuses expériences. Il est toutefois un domaine de la science où le principe de la conservation de l'énergie semble être en défaut : celui d'une forme particulière de radioactivité, avec émission de rayons β , considérés jusqu'ici comme composés uniquement d'électrons. Pour sauver l'intégrité de ce principe qui domine toute la physique, les théoriciens ont avancé une hypothèse nouvelle : celle de l'existence d'une particule élémentaire supplémentaire, le neutrino. Bien que cette hypothèse se révèle extrêmement féconde, les physiciens sont restés jusqu'à aujourd'hui impuissants à démontrer expérimentalement l'existence de cette particule fantôme aux propriétés paradoxales.

Les substances radioactives émettent des particules α (noyaux d'hélium), des particules β (apparemment des électrons négatifs) et des rayons γ (de nature électromagnétique comme la lumière, mais de longueur d'onde beaucoup plus petite) (1). Lorsqu'on analyse soigneusement les processus nucléaires — dont le siège est dans le noyau des atomes —, on arrive à expliquer les émissions de particules α et des rayons γ sans trop de difficultés. Il en est autrement lorsqu'on s'occupe de la radioactivité β .

Les particules β sont analogues aux électrons. On sait que tout corps incandescent, par exemple, émet des électrons. C'est ainsi que le fil métallique d'une lampe à incandescence, chauffé par un courant électrique, émet des milliards d'électrons par seconde. Les particules β comme les électrons ont une charge électrique négative extrêmement petite et indivisible. De même, leur masse est la plus petite masse qui ne souffre plus aucune partition.

Voyons où résident les difficultés dans l'explication du phénomène de l'émission

(1) On connaît un certain nombre de « familles » d'éléments radioactifs, les désintégrations s'effectuant par échelons successifs, le passage d'un élément au suivant s'accompagnant, suivant les cas de l'émission, d'un rayonnement α ou γ .

des particules β par un élément chimique radioactif, que ce radioélément se désintègre spontanément comme un des vingt corps radioactifs β naturels, ou qu'il soit un des quelque quatre cents éléments que l'on peut rendre artificiellement radioactifs.

La première difficulté surgit lorsqu'on tente d'interpréter le comportement de ces particules β à leur passage à travers la matière. Si l'on place entre une source de rayons β et un appareil détecteur (chambre d'ionisation ou appareil de Geiger) (1) des écrans absorbants, on pourrait s'attendre à ce que l'intensité du faisceau décroisse proportionnellement à l'épaisseur de l'absorbant. Il n'en est rien. La courbe d'absorption est exponentielle, c'est-à-dire que c'est le logarithme de l'intensité qui varie proportionnellement à l'épaisseur de l'absorbant.

Cette absorption exponentielle est indépendante de la nature chimique de l'absorbant. Si on remplace la source de rayons β par une source d'électricité, on

(1) Le passage d'un électron à grande vitesse dans une enceinte ionise le gaz qui y est contenu. Les charges électriques libérées sont recueillies par des électrodes; elles peuvent, soit décharger directement un électroscope, soit, après transmission à un amplificateur, provoquer le fonctionnement d'un compteur qui indique ainsi le nombre d'électrons ayant traversé la chambre.

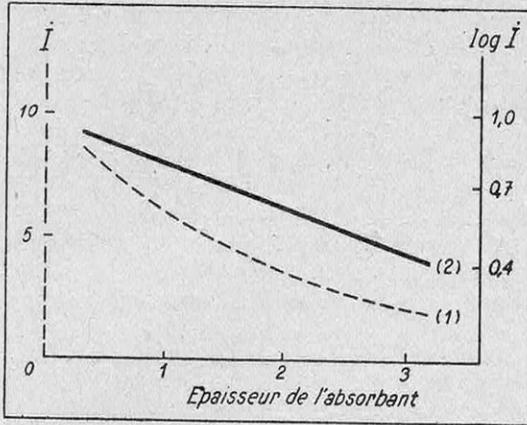


FIG. 1. — LA LOI D'ABSORPTION DES RAYONS D'UN ÉLÉMENT RADIOACTIF

Sur la courbe 1, l'intensité décroît exponentiellement en fonction de l'épaisseur de l'absorbant. Avec la courbe 2, qui est une droite, le logarithme de cette intensité (valeurs portées en ordonnées à droite du diagramme) décroît linéairement en fonction de l'épaisseur de l'absorbant.

observe le même phénomène, mais uniquement avec les absorbants lourds, comme le plomb, l'or, etc., tandis que la loi d'absorption des électrons est linéaire dans les éléments légers comme l'aluminium. Pourquoi cette différence dans l'absorption de particules apparemment identiques ?

Lorsqu'un faisceau d'électrons ayant tous la même énergie (on dit qu'il s'agit d'un faisceau « isocinétique ») traverse des couches d'atomes, il se « dégrade », c'est-à-dire qu'un nombre plus ou moins grand d'électrons, arrêtés, freinés ou déviés par les atomes à proximité desquels ils passent, perdent de l'énergie. Le faisceau perd son homogénéité et devient « hétérocinétique ». La raie qui caractérise un rayonnement électronique ayant une énergie bien déterminée se transforme en un spectre étalé d'énergies diverses toutes inférieures à l'énergie initiale du faisceau. Ce phénomène est d'autant plus rapidement marqué que le pouvoir d'arrêt des atomes est plus élevé. Comme le pouvoir d'arrêt augmente avec le poids atomique de l'absorbant, on voit qu'un faisceau isocinétique se « dégrade » beaucoup plus vite dans les éléments lourds que dans les éléments légers. Or, un faisceau hétérocinétique suit la loi d'absorption exponentielle. Ainsi se trouve expliquée la différence observée dans le cas des électrons. Qu'en est-il pour le rayonnement β ?

Le physicien anglais Chadwick eut le mérite de prouver expérimentalement que les radioéléments émettent chacun un spectre β et non une raie β .

La figure 2 montre le principe de l'appareil employé à cet effet et la courbe de la figure 3 donne la distribution énergétique du spectre β du radium E ainsi relevée.

Ce spectre est à la base de la longue suite de questions dont la réponse est jusqu'ici : non conservation de l'énergie dans les phénomènes nucléaires β , ou bien existence du *neutrino*. Voici pourquoi.

Il découle de l'observation des rayons α et des rayons γ que ceux-ci sont incontestablement émis par des noyaux atomiques identiques. Autrement dit, si on considère un nombre quelconque de noyaux radioactifs α (1) par exemple, on est obligé de conclure, du fait de l'existence d'une raie α , que tous ces noyaux sont dans des états énergétiques et ont des masses identiques. Si tel est donc le cas, tout élément radioactif β , issu d'un parent radioactif α , doit posséder des noyaux identiques. Il s'ensuit donc que, puisque les produits de la désintégration sont identiques pour tous les noyaux, l'on

(1) C'est-à-dire de noyaux qui se désintègrent avec émission d'une particule α .

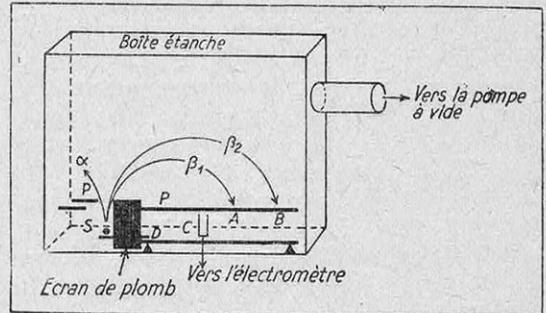


FIG. 2. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA MESURE DE L'ÉNERGIE DES RAYONS β

La source radioactive S émet des rayons β et γ (si elle émet également des rayons α , ils peuvent être arrêtés par une feuille mince de cellophane placée sur S; sinon, ils sont déviés dans le sens inverse des rayons β , car ils sont chargés positivement). F, fente de réglage; P, plaque photographique; C, support du cylindre de Faraday. Un puissant champ magnétique s'exerce perpendiculairement au plan de la figure et provoque la courbure des trajectoires des particules électrisées. L'énergie du rayon β_1 est inférieure à celle du rayon β_2 et de la position des raies A et B sur la plaque on déduit la valeur de l'énergie de chaque groupe de rayons

devrait s'attendre à observer une raie et non un spectre β .

On crut, un moment, avoir trouvé la solution de l'énigme lorsque certains physiciens annoncèrent l'existence possible de rayons β de différentes masses. A une énergie E du spectre (voir fig. 3), inférieure à l'énergie maximum W , correspondrait une masse supérieure à celle de l'électron. On aurait ainsi une combinaison masse-énergie qui équivaldrait à l'émission d'une raie de rayons β de même masse. Malheureusement, ces expériences furent reconnues inexactes, et on peut affirmer aujourd'hui que tous les rayons β ont la même masse, à la correction de relativité (masse fonction de la vitesse) près.

Comme on n'est jamais à court d'hypothèses, on avança encore la suivante : A chaque rayon β d'énergie E , inférieure à W , correspondrait un rayon γ émis avec une énergie correspondant à la différence $W - E$. Cette hypothèse fut rapidement anéantie par l'observation calorimétrique. Si on place dans un calorimètre une source radioactive et qu'on y absorbe tous les rayons émis, on observe une élévation de la température du liquide ou du gaz du calorimètre. Connaissant le nombre de rayons β émis par la source, on en déduit leur énergie moyenne. Or, cette expérience donne une énergie moyenne proche du maximum d'intensité P du spectre. Si un rayonnement γ « compensateur » était émis avec chaque rayon β , on devrait mesurer une élévation de température du calorimètre plus grande, correspondant à une énergie moyenne proche de W .

Supposons un instant qu'au lieu d'un rayonnement γ « compensateur », capable d'échauffer le calorimètre, on admette un rayonnement « compensateur » inconnu, lequel n'aurait pas la possibilité, de par ses qualités physiques, d'échauffer un calorimètre. On amorce ainsi l'hypothèse de l'existence du *neutrino*. A chaque rayon β , d'énergie E , inférieure à W , correspondrait une particule d'énergie $W - E$. On aurait ainsi deux spectres : un de rayons β et un de *neutrinos*, dont l'ensemble donnerait une raie d'éner-

gie W pour chaque émetteur radioactif β .

Avant d'aller plus loin dans cette voie, voyons d'un peu plus près la question de cette énergie maximum W des spectres β . Considérons quelques exemples :

1° Cas du thorium C (fig. 4). Comme le radium C et comme l'actinium C, le thorium C se désintègre de deux façons. Une partie de ses atomes (35 %) émettent des rayons β et les autres sont radioactifs α . Si l'on additionne les énergies

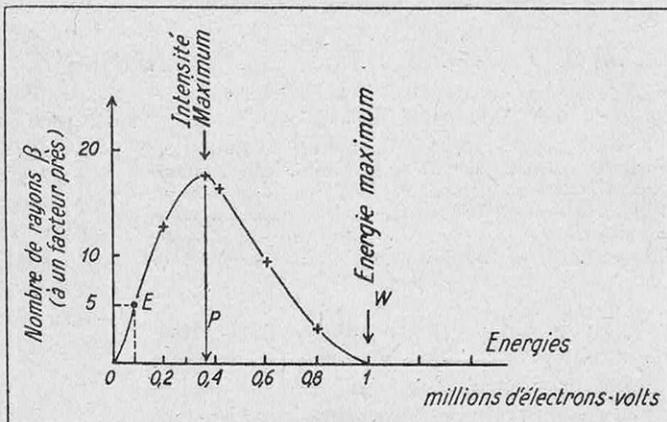


FIG. 3. — SPECTRE ÉNERGÉTIQUE DES RAYONS β ÉMIS PAR LE RADIUM E

prises en jeu dans les deux branches de la figure 4, en utilisant les valeurs respectives des énergies *maxima* W , on obtient d'une part $2,250 + 8,947 = 11,197$ Mev. et, d'autre part, $6,200 + 1,790 + 3,2 = 11,90$ Mev. L'accord est plus que satisfaisant. Il ne le serait pas du tout si nous faisons intervenir les valeurs respectives P des spectres β .

2° Bombardons du lithium avec un faisceau intense de deutons (1) à la sortie d'un cyclotron. Nous observons la formation de lithium radioactif avec expulsion de particules identiques à l'hydrogène et, par suite, la désintégration de ce lithium radioactif suivant le schéma de la figure 5. Connaissant les masses des atomes qui entrent en jeu et les énergies φ , φ' et φ'' , on trouve un excédent d'énergie de 11 Mev. Cette valeur est très proche de la valeur expérimentale W de l'énergie *maximum* du spectre β du radiolithium, et qui est de 10,5 Mev. La valeur de l'énergie P , correspondant à la « pointe » d'intensité de ce spectre, est 3,8 Mev. On voit donc, encore une fois, que l'énergie est conservée intégralement

(1) Noyaux d'hydrogène lourd.

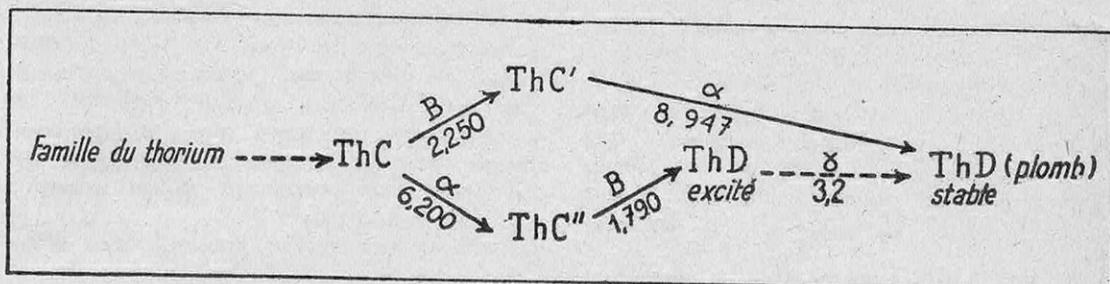


FIG. 4. — SCHÉMA DE LA DÉSINTÉGRATION DU THORIUM C

Une partie des atomes émettent un rayonnement β dont l'énergie maximum (correspondant à W de la figure 3) est de 2,25 millions d'électrons volts. Les autres atomes émettent un rayonnement α dont l'énergie est de 6,200 Mev. Après l'émission β , le noyau émetteur de thorium C devient un noyau de thorium C' qui émet un rayon α d'énergie 8,947 Mev et devient un noyau de thorium D stable ou plomb. Parallèlement, le noyau émetteur α du thorium C devient un noyau de thorium C'' qui, à son tour, expulse un rayon β . L'énergie maximum du spectre β du thorium C'' est de 1,79 Mev. Le thorium D obtenu cette fois n'est pas stable. On dit qu'il est « excité », car il émet un rayonnement γ d'énergie 3,2 Mev avant de devenir du plomb stable.

et non statistiquement. En effet, dans ce dernier cas, on devrait observer un accord assez satisfaisant entre l'excédent d'énergie calculé et la valeur de P.

3° Cas du bore bombardé par des deutons. On observe la formation d'un radioélément émetteur de rayons β avec un spectre ayant une pointe à $P = 4$ Mev et un maximum d'énergie $W = 11$ Mev. L'énergie disponible calculée est presque identique à cette dernière valeur.

Si donc l'énergie est conservée intégralement en tenant compte uniquement des valeurs W des spectres, comment concilier ces observations avec celles issues des expériences au calorimètre? La réponse a été déjà formulée sous forme hypothétique : l'existence d'une nouvelle particule élémentaire, le *neutrino*.

La théorie des spectres β et le neutrino

Examinons avec attention la réaction nucléaire mentionnée plus haut, concernant la désintégration du lithium par des deutons. On comprend que les rayons β du

radiolithium formé donnent dans un calorimètre une valeur moyenne de leur énergie proche de celle de la pointe du spectre. En effet, tout d'abord la plus grande partie de ces rayons β ont des énergies voisines de 3,8 Mev, ensuite le dégagement de chaleur due à l'absorption des particules β d'énergies supérieures à P est compensé par le dégagement moindre que l'on obtient lors de l'absorption des particules du spectre à gauche du point P. Ce que

l'on comprend moins, c'est que le radiolithium ayant à sa disposition un excédent d'énergie de 11 Mev émette des rayons β d'énergies très inférieures à cette valeur et que, de plus, on ne trouve pas trace de ce paquet d'énergie qui serait par exemple dans le cas des particules d'énergie P de 7,2 Mev, différence entre 11 et 3,8 Mev.

Si cette fraction d'énergie est perdue sans laisser de traces, c'est un fait grave pour un des principes essentiels de la thermodynamique et de la science en général. C'est pour évi-

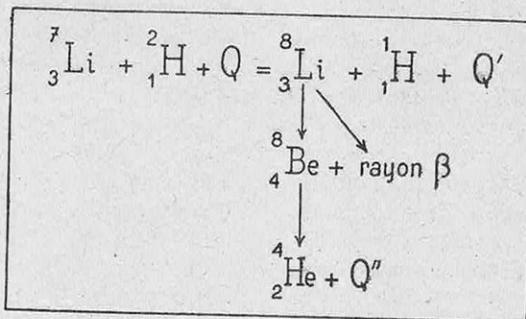


FIG. 5. — SCHÉMA DU BOMBARDEMENT DU LITHIUM PAR DES DEUTONS

Les chiffres de ce schéma représentent, pour l'indice supérieur, les masses et pour l'indice inférieur, les charges des noyaux, les unités correspondant au noyau de l'hydrogène ou proton. Par bombardement du lithium avec des deutons (noyaux d'hydrogène lourd) d'énergie Q , on observe la formation d'un radioélément émetteur de rayons β et l'expulsion (pendant le bombardement) de protons animés d'une énergie Q' . La conservation des charges électriques et des masses indique que ce radioélément formé est encore du lithium (même charge du noyau, mais masse accrue d'une unité). Après émission β , le noyau de lithium radioactif devient un noyau de béryllium. Ce dernier, étant formé dans des conditions particulières d'instabilité, se dissocie en deux noyaux d'hélium qui sont lancés avec une énergie Q'' .

ter cet écueil que le théoricien suisse Paoli a suggéré que toute émission β était accompagnée d'une émission simultanée d'une autre particule : le *neutrino*. On peut donc concevoir que l'énergie disponible lors de la désintégration d'un noyau radioactif β soit répartie entre les rayons β et les *neutrinos*.

Quelles seraient les propriétés physiques de cette nouvelle particule élémentaire ? Sa charge électrique devrait être nulle. En effet, nous savons que tout noyau radioactif β se transforme après expulsion d'une particule β porteuse d'une charge négative élémentaire (de $1,6 \cdot 10^{-19}$ coulomb) en un noyau de charge positive immédiatement supérieure. Ainsi le radiolithium de charge nucléaire β émet un rayon β et devient du béryllium de charge 4. Donc, si un *neutrino* est émis avec le rayon β , sa charge doit être nulle, car si elle était positive ou négative on n'observerait pas la formation de béryllium, mais celle d'un autre élément chimique.

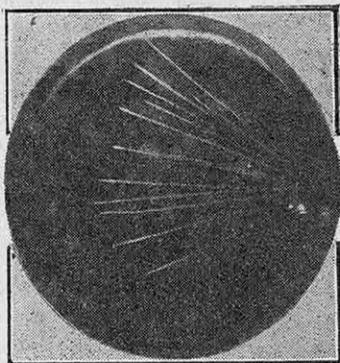
Voyons maintenant ce que serait la masse du *neutrino*. Nous savons que toute émission β ne change pratiquement pas la masse du noyau émetteur. Le radiolithium de masse 8 devient du béryllium de masse également 8. Il s'ensuit que la masse du *neutrino* doit être de l'ordre de la masse des particules α . En fait, si on étudie soigneusement la théorie de la radioactivité β , telle qu'elle a été formulée par le physicien-théoricien italien Fermi, après l'hypothèse de Paoli, on arrive à prédire la forme de la fin du spectre β , en fonction de la masse hypothétique du *neutrino*. Une fin de spectre en queue de poisson, à tangente horizontale, serait à prévoir si le *neutrino* avait une masse nulle, tandis que s'il avait une masse voisine de celle de l'électron on devrait observer une chute abrupte du spectre avec une tangente presque verticale. Or, l'expérience prouve que les spectres β ont des tangentes horizontales pour les fins de spectres, donc la masse du *neutrino* doit être proche de zéro.

D'autres vues théoriques, comme celles

de Francis Perrin, fondées sur l'allure non-symétrique des spectres β , ou comme celles de Bethe sur l'existence dans la nature de quelques couples d'isobares (1) ne différant que d'un seul numéro atomique, tendent également vers la même conclusion concernant la masse presque nulle du *neutrino*.

D'autres propriétés peuvent être attachées à une particule en dehors de sa masse et de sa charge électrique. Il y a encore le *spin* et le *moment magnétique*.

Nous ne pouvons entrer ici dans le détail de ces deux caractéristiques physiques. Qu'il nous suffise de dire que toutes les particules élémentaires : électrons (négatifs ou positifs), protons, neutrons et même les combinaisons matérielles comme les particules α , qui ne sont que des noyaux d'hélium, les deutons, qui sont des combinaisons d'un proton et d'un neutron, etc., ont des valeurs de spin et de moment magnétique assez bien connues. Quelles seraient-elles



T W 13413

FIG. 6. — RAYONS α DU RADIUM OBSERVÉS A LA CHAMBRE DE WILSON

pour le *neutrino* ?

Le spin des électrons ou rayons β est fractionnaire et égal à $1/2$, tandis que le spin des particules lourdes comme les protons, les neutrons, est entier et égal à 1. Nous devons donc nous attendre à observer, chez le noyau émetteur β , un changement de spin après l'expulsion de la particule. Ainsi le radiolithium de masse huit est composé de trois protons qui lui donnent la charge positive 3 et de 5 neutrons. Ces huit particules lourdes ont toutes des spins entiers. Le noyau de radiolithium doit donc avoir un spin entier. Sitôt que la particule β est expulsée, elle emporte une fraction $1/2$ du spin,

(1) Les isobares sont des noyaux atomiques ayant la même masse, mais une charge différente. Lorsque la charge électrique ne diffère que d'une unité, comme c'est le cas pour les trois couples suivants (les indices du haut représentent les charges, les indices du bas les masses) :

48	49	49	50
Cadmium et indium	;	indium et étain;	
113	113	115	115
51			52
	antimoine et tellure		
123		123	

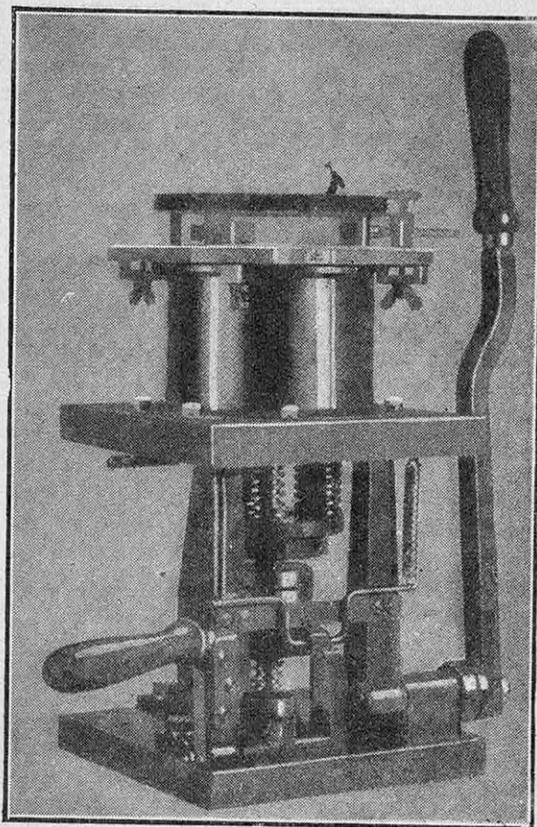
L'existence de tels couples dans la nature n'est possible que si le *neutrino* possède une masse négligeable, mais différente de zéro.

on devrait par conséquent se trouver en présence d'un noyau résultant de béryllium ayant un spin différent de $1/2$ d'un nombre entier. Or, tel n'est pas le cas. Les noyaux résultant d'un processus β ont le même spin que les noyaux émetteurs.

Comme la conservation du spin est aussi importante que la conservation de l'énergie, nous sommes forcés de joindre au *neutrino* un spin fractionnaire $1/2$. De la sorte, le processus comportant l'expulsion simultanée de deux particules de spin $1/2$, dont l'addition fait un nombre entier, n'influe donc pas sur les propriétés des spins des noyaux.

En résumé, nous nous trouvons en présence d'une particule nouvelle et hypothétique ayant une masse proche de zéro, une charge électrique nulle et un spin $1/2$. Les particules élémentaires ne sont accessibles à l'observation que par l'ionisation qu'elles provoquent dans leurs voyages à travers certains milieux. Si on cherche par le calcul le pouvoir ionisant d'un *neutrino*, on trouve une valeur dérisoire. Cette propriété est, en effet, liée à la charge et à la masse du projectile. Une seule chance restait aux physiciens pour observer le *neutrino* et confirmer ainsi son existence. Il s'agissait de compter sur son moment magnétique. Le moment magnétique d'une particule, surtout lorsqu'elle est électriquement neutre, est actuellement imprévisible par le calcul. Mais ce que le calcul peut indiquer, c'est la valeur de l'ionisation que l'on

pourrait observer si une telle particule avait tel ou tel moment magnétique. Ce calcul fut entrepris par Bethe, et la recherche de l'ionisation ainsi prévue occupa pendant un an l'auteur de cet article.



T W 13412

FIG. 7. — UNE CHAMBRE DE WILSON

Dans le cylindre central se meut un piston dont la surface libre est recouverte d'une couche de gélatine imbibée d'eau. Les ressorts à boudin très puissants déclenchés par la poignée de gauche manœuvrent le piston rapidement, la détente provoquant la condensation de vapeur d'eau dans le cylindre. Le passage de particules électrisées dans la chambre provoque l'ionisation de l'air sur leur chemin, chacun des ions formés constituant un centre de condensation pour la vapeur d'eau. Eclairée convenablement, cette traînée de gouttelettes matérialise la trajectoire de la particule. La poignée de droite sert à armer le ressort.

Il s'agissait d'arrêter complètement, avec du plomb, tout le rayonnement γ d'une source de cinq grammes de radium et d'analyser au compteur de Geiger la radiation restante. Si le *neutrino* possédait un moment magnétique, même très petit, l'expérience en question devait le mettre en évidence.

L'effet à observer étant très faible, il fallait se placer dans des conditions telles que le mouvement propre des compteurs de Geiger fût négligeable. Pour cela, il convenait d'absorber une grande partie du rayonnement cosmique qui est cause de ce mouvement propre. Le laboratoire fut installé à trente mètres sous terre sur la plate-forme d'une station de métropolitain (l'absorption du rayonnement cosmique était équivalente à celle de 60 mètres d'eau, la densité du ter-

rain étant d'environ deux fois celle de l'eau).

Mais aucun résultat positif ne fut obtenu. D'autres expériences furent tentées ailleurs avec le même insuccès. On admet aujourd'hui que si un moment magnétique quelconque est attaché au *neutrino*, il doit être tellement petit qu'il ne peut pas contribuer à créer une seule paire d'ions sur un chemin d'un demi-

million de kilomètres d'air qui seraient traversés par un *neutrino*. A titre de comparaison, signalons qu'une particule α produit environ 30 000 ions par centimètre d'air (fig. 6), et qu'un rayon X perd 35 volts seulement de son énergie à chaque ionisation qu'il cause sur son parcours. Comme les rayons X les plus pénétrants, ayant des voltages équivalents de l'ordre de 300 000 volts, sont absorbés par quelques mètres d'air, ou quelques centimètres de muscles, on voit que l'ionisation est très intense.

Nous pouvons, au contraire, envoyer des milliards et des milliards de *neutrinos* de n'importe quelle énergie à travers une chambre de Wilson (fig. 7) pendant des jours et des mois d'expériences, sans qu'on trouve jamais une trajectoire ou un simple ion prouvant l'existence de ces particules.

C'est l'ensemble de ces attributs physiques presque inexistantes qui fit appeler le *neutrino* la particule *nécessaire mais métaphysique*. Le *neutrino*, bien que nécessaire dans l'établissement d'une théorie du rayonnement β ne comportant pas d'entorse au principe de la conservation de l'énergie, ne suffit pas tout de même

pour expliquer tous les phénomènes que l'on observe avec de tels radioéléments. La théorie de Fermi est impuissante par exemple à expliquer les vies ou périodes des radioéléments β . Aussi a-t-il été nécessaire d'imaginer quelque chose de complémentaire et de plus satisfaisant. Le théoricien japonais Yukawa a avancé sa théorie du *mésoton*, autre nouvelle particule élémentaire qui, avec le *neutrino*, parvient à donner une image plus correcte de la radioactivité β . Or, il se trouve que l'existence du *mésoton* ne fait plus de doute, puisqu'il a été observé à l'état libre dans la radiation cosmique.

Dans un autre ordre d'idées, Louis de Broglie a mis dernièrement au premier plan l'importance de l'hypothèse du *neutrino*, en construisant une théorie très séduisante des quanta de lumière ou photons, issus de la combinaison de deux *neutrinos*.

Acceptons donc l'existence du *neutrino*, même si nous sommes encore incapables de la mettre en évidence, et ceci jusqu'à preuve du contraire.

Maurice-E. NAHMIAS.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Tout pour la carbonisation

LA place réservée dans les diverses foires-expositions aux gazogènes suffit à montrer l'importance prise actuellement par la fabrication du charbon de bois, bien que déjà s'annonce l'orientation nouvelle vers le gazogène à bois, inspirée notamment par le souci d'éviter la perte de sous-produits lorsque la carbonisation du bois ne s'effectue pas dans des usines munies de tous les perfectionnements. Mettre à la portée des pe-

tits exploitants, d'une part la fabrication du charbon de bois dans les meilleures conditions compatibles avec la nécessité d'utiliser des appareils mobiles, d'autre part la préparation du bois pour gazogène, enfin la récupération des sous-produits, tel est le but que s'est proposé M. Bonnechaux et qu'il a atteint au moyen de quelques appareils simples et d'une conduite aisée.

Ainsi l'*Autothermic* réunit trois fours en un seul. Il peut fonctionner, en effet, soit comme carbonisateur, soit comme étuve à bois (de 3 000 à 4 000 kg de bois par jour), soit comme

cokéfacteur d'agglomérés de charbon de bois. Dans chaque cas sont naturellement prévues la récupération des sous-produits par le condenseur « Tornade » et la régularisation de la marche par la sole « Monobloc ».

Disons tout de suite que le condenseur « Tornade », qui s'adapte sur tous les fours existants, comprend un tirage forcé, un barbotage de gaz et un refroidissement accéléré; il réunit donc les principaux éléments nécessaires à la récupération des sous-produits de la carbonisation du bois.

Quant à la sole « Mono-

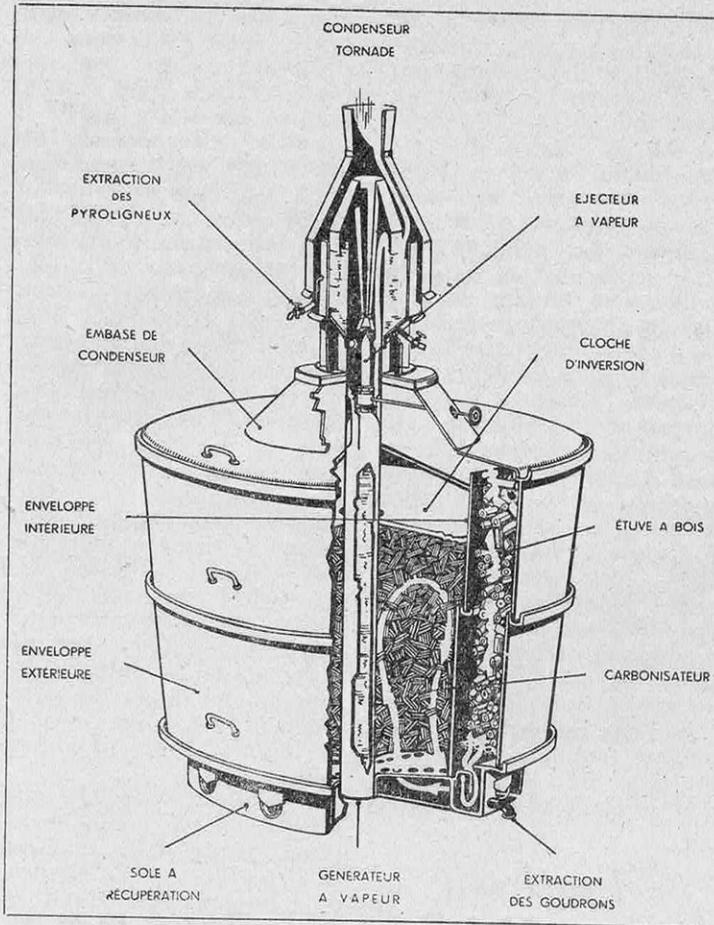


FIG. 1. — LE FOUR TRIPLEX

intervention dans la cuisson du charbon. En outre, grâce à l'inversion du tirage rendue possible par certains trous de la sole et un collecteur de fumées et un collecteur de fumées circulaire F sur lequel repose la sole, on réalise une carbonisation plus régulière.

Citons enfin le four « Triplex », qui permet à la fois : de produire du charbon de bois, de sécher et étuver le bois pour gazogène à bois, de récupérer des goudrons et jus pyroligneux dans une proportion élevée. Son principe est fondé sur l'utilisation maximum de la chaleur produite par la carbonisation qui s'effectue dans la partie centrale du four. En effet, d'une part les calories qui seraient perdues par rayonnement sont récupérées pour l'étuvage du bois grâce à la cloche d'inversion qui oblige les gaz chauds à redescendre avant de s'échapper. D'autre part, ce sont encore les calories dégagées par la masse incandescente qui échauffent une masse centrale d'eau formant générateur de vapeur; celui-ci alimente un éjecteur assurant le tirage forcé dans

bloc » A, grâce aux trous B dont elle est perforée, aux tuyères C d'admission d'air qu'elle comporte et aux volets mobiles équilibrés qui en règlent le débit, elle assure à tous les fours, quels qu'ils soient, une marche sans surveillance dans les meilleures conditions de rendement. En effet, si l'atmosphère est calme, l'entrée d'air dans la tuyère se trouve réglée par l'ouverture donnée aux volets par la vis de butée. Si le vent souffle, sa pression sur la partie inférieure du volet tend à fermer celui-ci. Ainsi toute accélération nuisible de la combustion (coups de feu) est évitée. En même temps, les volets situés de l'autre côté du four s'ouvrent plus largement et assurent automatiquement l'alimentation en air nécessaire à la

combustion. Cette autorégulation supprime toute

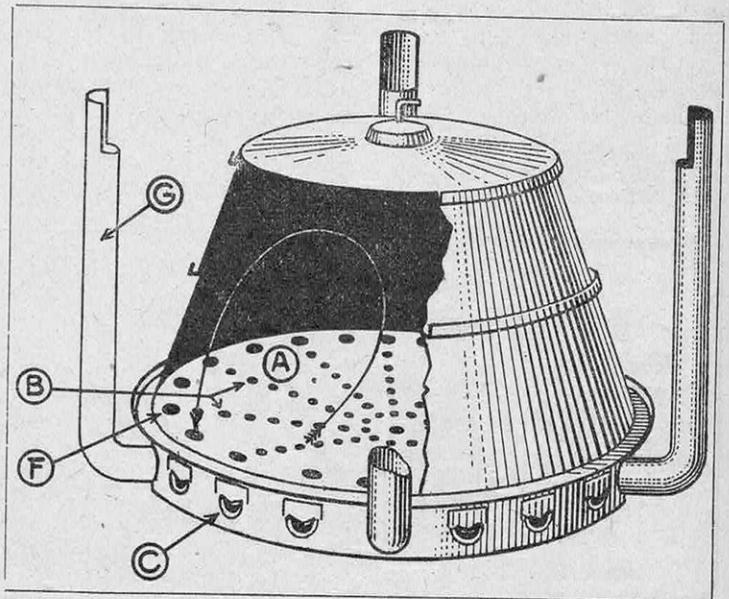


FIG. 2. — FOUR ÉQUIPÉ DE LA SOLE MONOBLOC 634

le four et le condenseur « Tornade ».

Ainsi ces perfectionnements importants font du four moderne mobile un ensemble rationnel à haut rendement aussi bien quantitatif que qualitatif.

Vers la bicyclette électrique

La pénurie des moyens de transport a mis en vedette la « petite reine d'acier » qui avait été délaissée par tous ceux à qui répugnent un effort musculaire. Il était donc naturel que l'on cherchât à diminuer ou même à supprimer la fatigue à ceux qui considèrent uniquement la bicyclette comme un moyen de se déplacer rapidement pour leurs affaires.

Si la bicyclette elle-même n'est pas encore électrifiée, voici une *remorque* motrice électrique simple, étudiée par M. Henri Lanoy, du type tricycle en vue de supprimer tout « ballant » latéral désagréable, facile à déplacer et à remiser, s'adaptant à n'importe quel cycle (par une tige d'attelage). Elle paraît susceptible de rendre de nombreux services. Elle comporte un moteur électrique suspendu, à tension de courroie constante (l'absence de chaîne supprime le bruit), alimenté par accumulateurs. Elle pousse le

vélo à une vitesse de 17 km/h en palier (en côte on peut soulager le moteur et la batterie en pédalant). Avec une batterie de 18 V, 45 Ah, le rayon d'action est de 25 à 30 km en palier (une batterie de plus grande capacité peut être utilisée). La recharge peut s'effectuer partout avec un redresseur ou un convertisseur automobile de 24 V. Le moteur électrique TAIO Paris-Rhône, de 100 mm de diamètre, pèse 6 kg. La commande s'effectue du guidon par un simple interrupteur. Cette remorque motrice est surtout apte à assurer un transport journalier restreint (marchés, livraisons, etc.).

Sur le même principe a été établi un petit *cyclecar* électrique, tricycle monoplace sur lequel le voyageur est complètement à l'abri des intempéries. Médecins, hommes d'affaires, mutilés, etc., voient ainsi leurs déplacements facilités.

Fenêtres à transparence réglable

On sait qu'en traversant certains matériaux la lumière se trouve polarisée, c'est-à-dire que les vibrations électromagnétiques qui la constituent s'effectuent alors dans un plan, dit plan de polarisation, alors

que pour la lumière ordinaire les vibrations se propagent dans tous les plans. Il est donc évident que, si on place après la première vitre polarisante une autre vitre identique, mais qui polarise la lumière dans un plan faisant un angle droit avec le premier plan de polarisation, aucun rayon lumineux ne traversera l'ensemble des deux glaces. On sait que l'on a mis en œuvre cette propriété dans certaines voitures de chemin de fer dont les fenêtres rondes sont doubles et composées de deux glaces polarisantes dont on peut faire tourner l'une par rapport à l'autre. Les voyageurs peuvent donc régler, de zéro au maximum, la lumière qui pénètre dans la voiture, en plaçant les axes de polarisation des glaces soit à 90 degrés, soit en coïncidence.

Cependant, une telle manœuvre n'est évidemment possible que si les fenêtres et les glaces sont rondes, d'où de grandes difficultés de fabrication. Edwin H. Land, qui a découvert le polaroid a imaginé de placer entre les deux glaces une troisième plaque en Lucite, matière polarisante photoélastique. Le plan de polarisation de celle-ci a la propriété de tourner sous l'effet d'une traction. La plaque de lucite située entre les deux glaces est donc im-

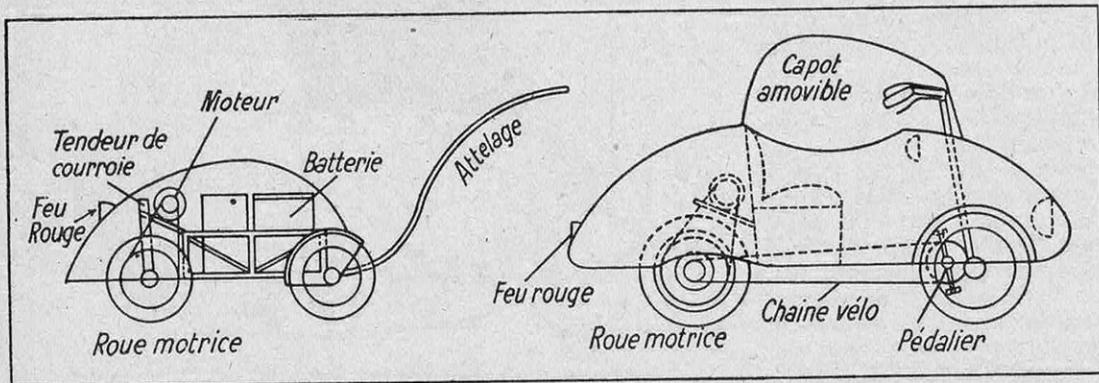


FIG. 3. — LA REMORQUE MOTRICE ET LE CYCLECAR ÉLECTRIQUES DE M. HENRI LANOY

mobilisée à sa partie supérieure tandis que sa partie inférieure est fixée à une tige que l'on peut actionner au moyen d'une manivelle et arrêter à la position voulue. On exerce ainsi une traction variable qui fait tourner le plan de polarisation de la plaque de lucite et peut rendre la fenêtre opaque.

La lumière noire et la détection des fuites de pétrole

ON sait avec quelle facilité le pétrole fuit facilement des réservoirs où il est conservé. Qu'il s'agisse de

stockage de pétrole brut, de mazout, ou d'huiles de pétrole, ces fuites polluent les eaux des lacs, des rivières, des étangs et des ports voisins des stations de manutention ou de raffinage de ces produits pétroliers.

Une surveillance constante des réservoirs permet seule de diminuer l'importance de ces fuites. Encore faut-il les déceler, et on se fonde généralement, à cet effet, sur les taches grasses visibles à la surface des eaux. Procédé évidemment impraticable de nuit.

La fluorescence du pétrole a heureusement permis à une importante raffinerie des États-Unis de mettre au point une mé-

thode pratique pour cette détection de fuites d'hydrocarbures. Soumis à la « lumière noire » (rayonnements infrarouges ou ultraviolets), le pétrole émet, en effet, une lueur blanchâtre qui décèle, sur le fond noir des eaux non polluées, les taches d'huiles minérales. Il est alors aisé de remonter à la source, c'est-à-dire à la fuite que l'on colmate le plus tôt possible.

On utilise pour cela un projecteur portatif muni d'un miroir parabolique, dont l'ampoule, de 85 W, est en verre noir arrêtant tous les rayons lumineux qui rendraient invisible la fluorescence du pétrole.

V. RUBOR.

CHEZ LES ÉDITEURS ⁽¹⁾

LES MATIÈRES PREMIÈRES DE REMPLACEMENT EN CONSTRUCTION ÉLECTRIQUE, par *Henry Lanoy*, Ingénieur électricien, Professeur d'Electricité Industrielle. Prix : 19 fr. 50.

La construction électrique traverse en ce moment une crise sévère, du fait des difficultés d'approvisionnement en matières essentielles, telles que le cuivre, le mica, le coton, les vernis gras et isolants, le caoutchouc. Cette petite brochure traite le problème dans son sens technique le plus général et rassemble les renseignements

les plus précieux sur les produits susceptibles d'être mis à contribution dans l'électrotechnique, tant que les matières premières classiques feront défaut.

LE CHARBON DE BOIS, par *A. Lepoivre* et *G. Septembre*. — Prix : 45 fr. 50.

Le développement des véhicules à gazogène a transformé radicalement l'antique industrie de la carbonisation pour la préparation du charbon de bois, le moins coûteux des carburants de remplacement, ce-

lui dont les ressources sur le territoire métropolitain sont les plus abondantes, puisqu'on peut évaluer à plus de 30 millions de stères de bois de feu la production des quelque 10 millions d'hectares de forêts françaises, sans compter les élagages des arbres et boqueteaux non répertoriés, les résidus de taille des arbres fruitiers, les sarments de vigne, etc... MM. Lepoivre et Septembre ont rédigé un traité complet de carbonisation pratique, passant en revue les diverses sortes de fours à carboniser, meules forestières,

INVENTEURS

Pour savoir comment protéger vos inventions et comment en tirer parti

LISEZ

LE MANUEL-GUIDE DE L'INVENTEUR

Qui vous sera adressé gratuitement sur demande par carte interzone à

H. BOETTCHER Fils

Ingénieur-conseil pour Brevets d'invention en tous pays

Cabinet fondé en 1876

23, rue de La Boétie - PARIS (8^e)

fours métalliques mobiles et démontables, fours continus à chauffage extérieur, et étudiant l'organisation rationnelle et l'évaluation du prix de revient d'un chantier de carbonisation. Cet ouvrage est complété par un historique des applications multiples du charbon de bois, l'étude de la constitution des bois à carboniser et des sous-produits de la distillation, et enfin des notions sommaires sur le fonctionnement des gazogènes à charbon de bois.

ETUDE MÉTHODIQUE DU VOCABULAIRE LATIN-FRANÇAIS, par F. Balsan. — Prix : 22 fr. 60.

L'un des principaux vices de l'enseignement actuel du latin, c'est qu'on y néglige totalement, ou qu'on y considère comme accessoire, ou qu'on y pratique sans méthode l'étude des mots. Or, enseigner une langue sans apprendre des mots, c'est vouloir monter un engrenage compliqué sans tenir les pièces.

L'étude des mots doit être menée avec méthode et progression. Il faut commencer par les plus fréquents et par les racines les plus riches, en les groupant à la fois par sens et par familles. Telle est la méthode suivie par l'ouvrage ci-dessus, qui rassemble toutes les expressions autour de quelques notions fondamentales, telles que l'être, l'avoir, la vie, la pensée, l'activité. Ainsi comprise, l'étude des mots devient une éducation de la pensée.

L'expérience a montré que ce manuel, qui contient plus de 5 000 mots latins et près de 900 expressions, peut être assimilé en quelques mois, si le professeur ou même des parents qui ne savent pas le latin en assurent l'étude persévérante.

Si quelques maîtres trop fidèles à de vieilles coutumes s'obstinent à méconnaître cette primauté des mots et à enseigner vainement pendant six ans une syntaxe qu'on ne sait

jamais, que les parents y suppléent. En faisant apprendre le vocabulaire latin à leurs enfants, ils auront une excellente occasion de mieux connaître eux-mêmes notre français.

N. D. L. R. — Dans le numéro 290 de la « Science et la Vie », octobre 1941, page 227, dans la phrase « L'étude de la répartition énergétique dans ce spectre par M. Vassy a montré que ce spectre est très analogue à celui d'un corps noir qui serait porté à 400 millions de bougies », au lieu de « 400 millions de bougies », il faut lire « trente-cinq mille degrés ».

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par *La Science et la Vie* au reçu de la somme correspondante aux prix indiqués, sauf majoration. Un délai est à prévoir pour les volumes en provenance de la zone occupée.

BULLETIN D'ABONNEMENT (291)

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 : Australie, Chine, Danemark, États-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Îles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodésie :

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^o.-C.)
Chèques Postaux : Toulouse 184.05

Aucun envoi n'est fait contre remboursement.

Des Années d'Expérience...

Des Centaines d'Équipements en circulation...

GAZOGENES FRANCE "940"

(Brevetés en France et à l'Étranger)

HOMOLOGATION DÉFINITIVE 526

CLASSE B : CHARBON DE BOIS — CLASSE C ANTHRACITE



GÉNÉRATEURS D'ACÉTYLÈNE FRANCE " 940 "

HOMOLOGUES



BREVETS, PROCÉDÉS ET SYSTÈMES

RENE IANDELLI

Constructeur Agréé par l'État N° 521



Bureau d'Études et Service Commercial :

18, Avenue de Valescure, 18

SAINT RAPHAËL (Var)

TÉLÉPHONE

4.51, 4.55



Agents dans toute la France et les Colonies



PARIS, 152, Avenue Wagram
TÉL. WAGRAM 27.97

NICE, 21, Boul. Frank-Pilatte
et 3, rue du Lycée
TÉLÉPHONE 62.63
(Pendant la guerre)

Enseignement par correspondance

INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Électricité, Radiotechnique, 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.

COMMERCE - DROIT

SECRÉTAIRE, COMPTABLE ET DIRECTEUR, CAPACITÉ ET LICENCE EN DROIT, ÉTUDES JURIDIQUES.

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 Baccalauréats.

PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance à toute époque

Sur place, certains cours seulement ont lieu pour les sections navigation

SECTION T. S. F.

INDUSTRIE : Construction et dépannage.

P. T. T. : Opérateurs radios de 1^{re} et 2^e classe.

AIR : Opérateurs de l'administration.

MARINE : Officiers de la Marine marchande, radios de la Marine militaire.

ARMÉE : Lecteurs au son et manipulateurs.

DIVERS : Police, colonies, etc.

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

ÉCOLE NAVALE ET ÉCOLE DES ÉLÈVES INGÉNIEURS MÉCANICIENS. ÉCOLES DE MAISTRANCE.

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.



CEYBE, Publicité.

