

Fevrier 1941

5 francs

la Science et la Vie



Voir page 77

ECOLE SPECIALE DE T.S.F.

Normalement à

PARIS

152, Avenue de Wagram

Pendant la guerre :

NICE

21, Boulevard Frank-Pilatte

COURS SUR PLACE (*Rentrée à toute époque*)

COURS PAR CORRESPONDANCE (*Inscription à toute époque*)

Les élèves des Cours par correspondance ont le droit de faire un stage gratuit d'un mois dans les ateliers et laboratoires de l'Ecole, ainsi qu'aux salles de lecture au son. Ils peuvent également assister aux différents cours oraux.

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 RADIOTÉLEGRAPHISTE DE LA MARINE MARCHANDE

Ce diplôme est délivré par le Ministre de la Marine après un examen partant 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.

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.

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.

SECTION INDUSTRIE

COURS DE MONTEUR-DÉPANNEUR

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

COURS D'ADJOINT TECHNIQUE

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

COURS DE TECHNICIEN OU CHEF DE POSTE

Arithmétique. Algèbre. Géométrie. Trigonométrie. Règle à calcul. Mécanique. Résistance des matériaux. Physique. Chimie. Electricité. Moteurs thermiques. Radiotechnique. Dessin.

Prix de la préparation : 850 francs.

COURS DE SOUS-INGÉNIEUR ADJOINT

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'ÉTUDES SUPÉRIEURES EN T.S.F.

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. Prévention des accidents. Projets.

EQUIPEMENT LILOR ACÉTYLÈNE

LE PREMIER AGRÉÉ PAR L'O. C. A.

■
GÉNÉRATEUR BASSE PRESSION
FILTRATION PARFAITE DU GAZ
DISTRIBUTEUR AUTOMATIQUE INDÉRÉGLABLE

■
SIMPLICITÉ - ÉCONOMIE - SÉCURITÉ

■
SOCIÉTÉ MÉTALLURGIQUE LIOTARD FRÈRES - Suc^{le}, 4, Place Jérusalem - AVIGNON

CEYBE, Publicité.

COMMERÇANTS... INDUSTRIELS...

à l'heure actuelle, notre Revue est la seule en zone libre qui vous permette de diffuser vos produits parmi une vaste clientèle sélectionnée.



UTILISEZ
les pages d'annonces de
**" la science
et la vie "**

Si les problèmes de la fertilisation du sol et ceux du dépérissement de la vigne et des arbres fruitiers vous intéressent, lisez la brochure :

la barodysation

ou stérilisation partielle d'un sol préalablement enrichi en humus

■
ENVOI FRANCO CONTRE **3 francs**
aux **Éditions du SOC**
20, Rue Saint-Étienne, à TOULOUSE

CEYBE, Publicité.

Ceci intéresse

**tous les PÈRES et MÈRES DE FAMILLE,
tous les JEUNES GENS, JEUNES FILLES et ADULTES**

Parents, que préoccupent les études de vos fils et de vos filles, par suite d'une santé délicate, d'un retard à rattraper, parce que vous habitez loin d'un grand centre ou aux colonies;

Jeunes gens, jeunes filles et adultes qui désirez compléter votre instruction sans quitter l'emploi qui vous fait vivre, renseignez-vous sur

L'ENSEIGNEMENT INDIVIDUEL

DE

**L'ECOLE UNIVERSELLE
par correspondance de Paris**

dont les élèves obtiennent chaque année des milliers de succès aux examens des baccalauréats, brevets, licences et aux concours administratifs.

**Etudes complètes ou partielles, chez soi,
sans dérangement. Dépense très réduite.**

Découpez le bulletin ci-dessous, adressez-le à l'ECOLE UNIVERSELLE, 11 et 12, place Jules-Ferry, Lyon, pour la zone libre, ou 59, boulevard Exelmans, Paris, pour la zone occupée, après avoir marqué d'une croix la brochure qui vous intéresse et inscrit vos nom et adresse sur les trois premières lignes.

M.....
rue..... N°.....
à....., département.....

désire recevoir sans frais et sans engagement de sa part :

- BROCHURE N° 82.** — Classes secondaires complètes depuis la 11^{me} jusqu'à la classe de Mathématiques spéciales incluse (Baccalauréats).
 - BROCHURE N° 83.** — Classes primaires complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur.
 - BROCHURE N° 84.** — Enseignement supérieur. — Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats.
 - BROCHURE N° 85.** — Toutes les grandes écoles spéciales.
 - BROCHURE N° 86.** — Toutes les carrières administratives (France et Colonies).
 - BROCHURE N° 87.** — Toutes les carrières de l'Industrie et des Travaux publics.
 - BROCHURE N° 88.** — Carrières de l'Agriculture, de l'Agriculture coloniale et du Génie rural.
 - BROCHURE N° 89.** — Carrières du Commerce, de la Banque, de la Bourse, des Assurances.
 - BROCHURE N° 90.** — Langues étrangères. — Tourisme.
 - BROCHURE N° 91.** — Orthographe, Rédaction, Calcul, Dessin, Ecriture.
 - BROCHURE N° 92.** — Carrières de l'Air, de la Radio, de la Marine.
 - BROCHURE N° 93.** — Etudes musicales, Professorats.
 - BROCHURE N° 94.** — Carrières féminines.
- et tous renseignements concernant.....
.....

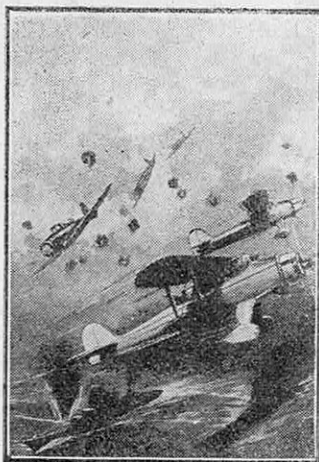
la Science et la Vie

Tome LIX — N° 282

SOMMAIRE

Février 1941

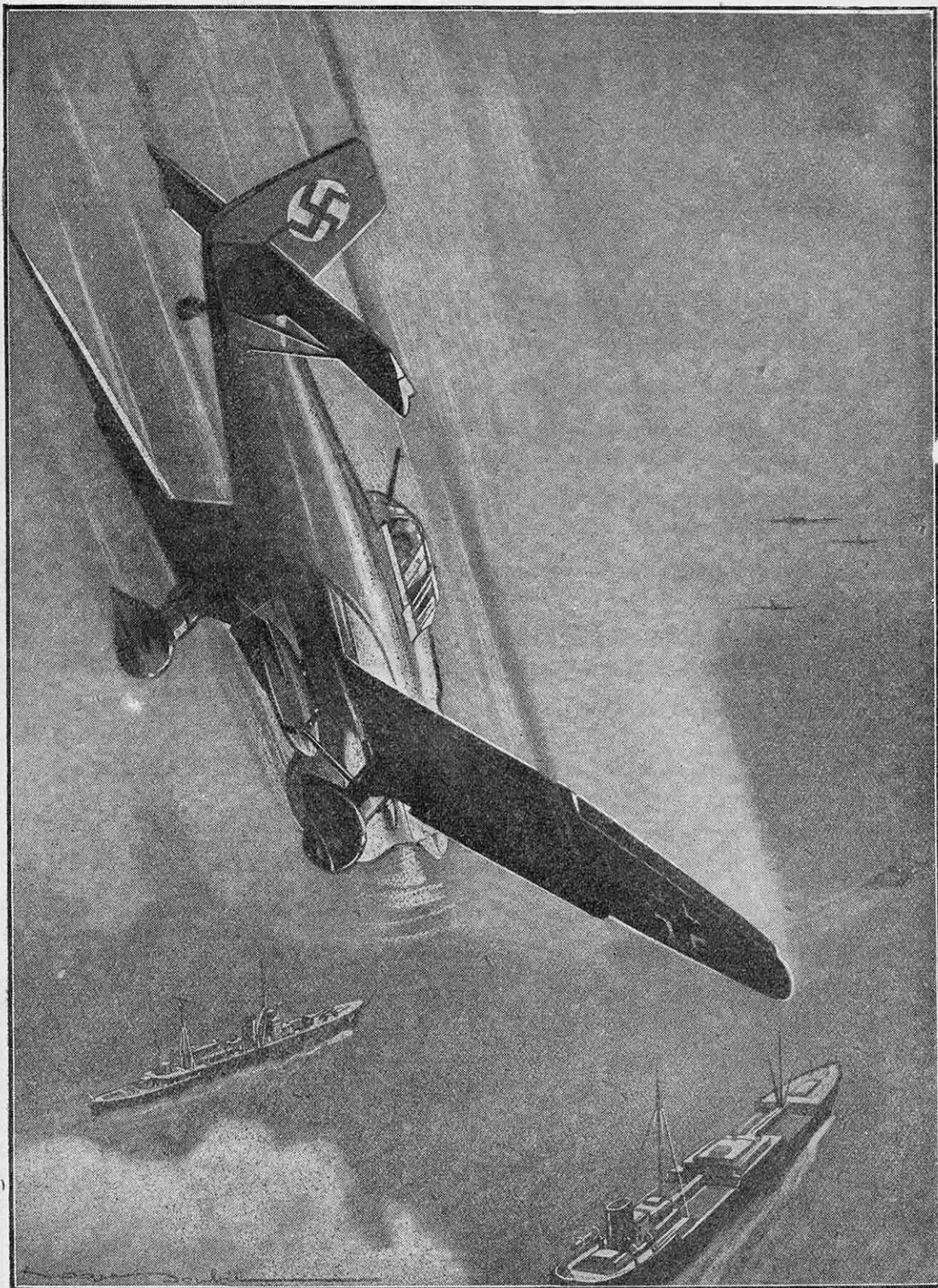
- ★ Un problème vital pour l'Angleterre : la défense des communications maritimes contre l'avion, par Camille Rougeron 67
- ★ Avions et hydravions torpilleurs, par Pierre Belleruche 76
- ★ Le pétrole, comment on l'extrait des couches profondes du sous-sol, comment on lutte contre les incendies d'un puits, par S.-R. Guéronik . . 88
- ★ Une solution au problème de la viande : l'alimentation végétale rationnelle, par André Fournier 97
- ★ Les débarquements de vive force et la lutte aéronavale, par le général F. Culmann 107
- ★ L'unité et la diversité de l'œuvre de d'Arsonval, biologiste, physicien et ingénieur, par Louis Houlevigüe 118
- ★ Les A côté de la Science, par V. Rubor 124



Les communications maritimes jouent, dans le conflit actuel plus encore que dans tous ceux qui l'ont précédé, un rôle de première importance. Pour les convois de navires marchands comme pour les unités de tous tonnages des flottes de combat, l'action de l'aviation constitue aujourd'hui la menace la plus grave, qui vient s'ajouter encore à celle des sous-marins et des vedettes rapides lance-torpilles. La couverture du présent numéro représente l'attaque d'une division navale par des avions torpilleurs modernes, tels que ceux qui équipent aujourd'hui les porte-avions. Ces appareils, lourdement chargés par leurs torpilles, sont protégés dans leur intervention contre l'escadre par des groupes de bombardiers appartenant aux mêmes porte-avions, et qui, après avoir lancé leurs bombes en piqué, se sont transformés en chasseurs afin de neutraliser les réactions de la chasse adverse. (Voir dans ce numéro, page 76, l'article sur les avions et hydravions torpilleurs.)

« 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.

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », février mil neuf cent quarante et un, Registre du Commerce : Seine 116.654. Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs ; six mois : vingt-huit francs.



T W 5214

UN JUNKERS 87 ATTAQUANT UN CONVOI EN PIQUÉ

Sous la protection de son escorte navale de torpilleurs, escorteurs et vedettes, et de son escorte aérienne de « Spitfire », qui ne le quittent qu'à la limite de leur rayon d'action pour faire place aux appareils moins rapides de la Fleet Air Arm, le convoi s'avance sous le ciel couvert propice aux attaques aériennes. Un « Stuka », qui avait aperçu le convoi à quelques dizaines de kilomètres et venait de terminer sa marche d'approche dans les nuages, en sort brusquement, pique sur l'un des navires et se prépare à rentrer dans les nuages par une chandelle.

UN PROBLÈME VITAL POUR L'ANGLETERRE

LA DÉFENSE DES COMMUNICATIONS MARITIMES CONTRE L'AVION

DU CROISEUR DE D. C. A. AU CONVOYAGE AERIEN

par Camille ROUGERON

Avec des fortunes diverses, l'attaque des navires marchands par l'aviation se poursuit depuis dix-huit mois. Dès les premiers mois de la guerre, on aura vu la mer du Nord interdite pratiquement à la pêche d'abord, au commerce ensuite, en dehors d'un étroit chenal sur les côtes des belligérants et des neutres; puis, malgré les attaques des bombardiers en piqué, les « Stukas », le rapatriement des armées franco-britanniques de Dunkerque en Angleterre; puis, comme l'ont appris les informations même de source allemande ou italienne, des convois de dizaines de navires — et parfois d'une centaine — franchir le Pas de Calais pour atteindre Londres, ou quitter Gibraltar à destination de l'Égypte et de la Grèce. Aujourd'hui, bien que l'avion puisse inquiéter le navire de commerce à de grandes distances des côtes, le bombardement massif des ports paraît bien être la plus efficace des méthodes d'attaque de l'avion contre le navire de commerce. Ainsi se trouve engagée, entre les chantiers de construction navale et les engins de destruction de l'adversaire, une véritable course, qui rappelle par son âpreté celle que les Alliés eurent à soutenir en 1917 et dont le résultat décidera du destin de l'Angleterre.

L'attaque aérienne du commerce maritime au cours de la guerre d'Espagne

JUSQU'A la guerre d'Espagne, on ne s'était guère soucié de la menace directe de l'avion contre le navire de commerce autrement que pour en constater la légitimité et la possibilité.

L'attaque du navire de commerce, disait-on, violerait toutes les règles admises du droit international. L'arraisonnement, la visite, la mise en sécurité de l'équipage sont plus difficiles encore pour l'avion que pour le sous-marin. Mais nous sommes tellement accoutumés à voir le droit international évoluer (comme on le dit généralement lorsqu'on bénéficie du changement) ou être violé (c'est le terme préféré par les victimes) qu'on ne pouvait guère compter sur cette protection d'ordre juridique. Le blocus alimentaire des belligérants et des neutres ne respecte pas davantage les règles autrefois admises.

A supposer que les belligérants ne se

laissent pas convaincre par l'argument du droit international, pourquoi, ajoutait-on, le navire de commerce ne résisterait-il pas aussi bien à l'avion qu'au sous-marin? Isolé, on compléterait son armement par quelques canons de défense éloignée et quelques mitrailleuses de défense rapprochée. D'ailleurs, la navigation normale en temps de guerre, au voisinage du théâtre des opérations, est le convoi; les convoyeurs armés contre le sous-marin seraient tout aussi aisément armés contre avions.

Dès le début, la guerre d'Espagne plaça la question au premier plan de l'actualité. L'aviation nationaliste attaqua d'abord sans grand succès, selon la méthode classique du lancement en vol horizontal, quelques navires passant au voisinage des côtes d'Espagne. Les nationalistes se rabattirent alors sur les moyens purement navals d'interdiction du commerce maritime. Leurs navires de surface entreprirent d'arraisonner et de conduire pour visite dans les ports espagnols les navires soupçonnés de travailler pour le

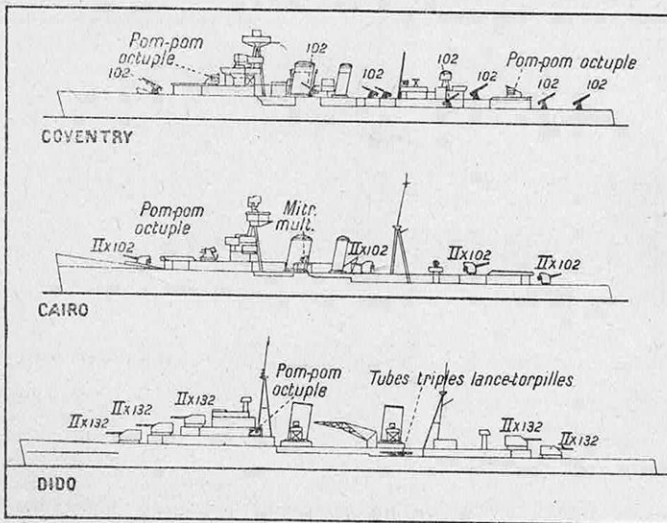


FIG. 1. — TROIS CROISERS DE D.C.A. BRITANNIQUES, LE « COVENTRY », LE « CAIRO », LE « DIDO »

Le Coventry, ex-« Corsair », est le premier des « anti-aircraft cruiser » de la marine britannique. C'est un croiseur de 4 290 tonnes, construit en 1917 et refondu en 1935 en remplaçant ses 5 pièces de 152 mm par 10 pièces de D.C.A. de 102 mm et 20 mitrailleuses contre avions. Cet armement de défense rapprochée, jugé suffisant à une époque où le lancement normal contre navires était encore le lancement en vol horizontal, a été fortement augmenté depuis par l'installation de canons automatiques sur affûts multiples du calibre de 40 mm. Le Cairo est un croiseur de la classe « Carlisle », construit de 1917 à 1919, et qui a été transformé également en 1939 en croiseur de D.C.A. L'armement principal est de 8 pièces de 102 mm; il possède, en outre, de nombreuses mitrailleuses et canons automatiques; sa vitesse est de 29 nœuds. Le Dido est le prototype d'une série de 10 croiseurs de D.C.A. modernes, mis en chantier par la marine britannique entre 1937 et 1939, et dont les premiers sont entrés en service en 1940. Ce sont les premiers croiseurs dont l'armement a été conçu pour pouvoir tirer en entier contre avions, quel que soit leur site. La marine allemande avait bien produit le croiseur dont l'artillerie pouvait tirer à la fois contre avions et contre objectifs flottants, dès les premiers navires qu'elle construisit après 1918, mais l'angle de pointage vertical étant limité à 60°, l'avion pouvait échapper au tir de cette artillerie en approchant du navire au voisinage de la verticale de celui-ci. Le calibre de l'artillerie principale du Dido est de 132 mm; elle est disposée en tourelles doubles; l'artillerie de défense rapprochée est très développée (16 canons automatiques de 40 mm et nombreuses mitrailleuses); la vitesse est de 33 nœuds.

compte gouvernemental; ils furent obligés d'y renoncer quand ces navires, la plupart sous pavillon britannique, firent appel à la protection de leur marine de guerre. L'emploi du sous-marin réussit d'abord assez bien, mais l'organisation des patrouilles navales franco-britanniques mit fin assez rapidement à son action.

Ce fut l'avion qui, mieux utilisé, obtint enfin le résultat cherché. L'attaque à la bombe en piqué à basse altitude, avec quelquefois le complément d'un balayage à la mitrailleuse des ponts et des embar-

cations de sauvetage, prouva son efficacité. Alertés par les signaux, les patrouilleurs affectés à la lutte anti-sous-marine recueillaient bien quelques survivants, mais leur intervention réclamait un délai qui ne laissait aucun doute sur leur impuissance à assurer ce genre de protection. Les représentations diplomatiques suppléèrent heureusement les patrouilleurs défaillants et parvinrent à faire interrompre les attaques au large.

Elles reprirent alors, et cette fois encore avec le plus grand succès, dans les eaux territoriales. Un très grand nombre de navires furent ainsi coulés et incendiés, soit à quai, soit à quelque distance du port. Le lancement sur Barcelone et Valence à très haute altitude se révélait aussi fructueux que l'attaque individuelle du navire en piqué. Les protestations diplomatiques n'eurent plus le même succès, les autorités de Burgos persistant à tenir pour légitime le bombardement aérien des ports et de tous les objectifs qui s'y trouvaient. M. Chamberlain conseilla la résignation: « Les bateaux commerçant avec les ports situés dans la zone des hostilités doivent accepter les risques qui résultent inévitablement de l'état de guerre. »

Le croiseur de D.C.A.

La guerre d'Espagne s'achevait donc sur un double succès de l'avion sur le navire de commerce: l'attaque au port et l'attaque au large se montraient aussi dangereuses l'une que l'autre.

La défense des ports posait le même problème que la défense des villes en général, et l'on croyait pouvoir le résoudre par un renforcement convenable de l'aviation de chasse et de l'artillerie; l'expérience de la guerre actuelle montre qu'on se faisait quelque illusion à cet égard.

La défense du navire de commerce au large posait un problème dont les marines de guerre ne pouvaient se désintéres-

ser : il mettait en cause leur raison d'être. Il fallait absolument trouver un moyen de protection. Il était naturel de le chercher dans la voie du convoi, qui avait fort bien réussi contre le sous-marin après l'échec des routes patrouillées. Toute la question revenait à trouver un convoyeur adapté à cette mission.

La première solution fut donnée dans la presse maritime italienne, où l'on discutait la question du « croiseur de D.C.A. ». Il n'était pas difficile d'imaginer pour les différentes éventualités de l'attaque éloignée et rapprochée la concentration d'un puissant armement de défense sur un croiseur de tonnage suffisant pour qu'il pût être efficacement mis en œuvre.

La marine britannique se rangea à cette opinion en transformant à cet usage ses croiseurs de la classe « Hawkins », construits en 1918 et trop âgés pour figurer utilement en face de croiseurs modernes (1).

Pour peu qu'on y réfléchit, la solution du croiseur de D.C.A. présentait bien quelques inconvénients.

Le premier était le nombre de navires réclamés par cette mission. On avait eu bien du mal, en 1914-1918, à trouver pour la protection des convois un nombre suffisant de navires de déplacement cependant bien faible puisqu'ils allaient du chalutier armé au chasseur de sous-marins spécialisé d'une trentaine de tonnes. Que serait-ce s'il fallait y affecter des croiseurs de 4 000 à 5 000 tonnes !

Mais, chose plus grave, le principe même de la protection du convoi par des navires puissamment armés, donc nécessairement peu nombreux, paraissait discutable. Si l'avion s'en tenait au lancement en vol horizontal à moyenne altitude, on pouvait admettre que la puissante artillerie de défense éloignée d'un croiseur le gênerait sérieusement dans sa tâche. Mais ce mode de lancement avait déjà prouvé son inefficacité au cours de la guerre d'Espagne, même en l'absence

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 277, page 23.

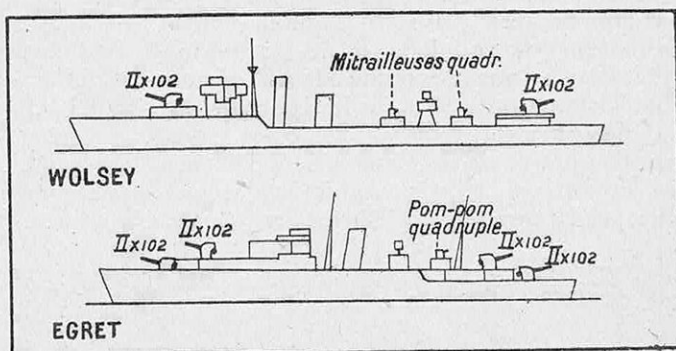


FIG. 2. — DEUX ESCORTEURS BRITANNIQUES : LE « WOLSEY » ET L' « EGRET »

Le *Wolsey* est le prototype d'une série de 30 torpilleurs construits en 1917, dont 15 ont été transformés en 1938 en escorteurs. Il possède un armement à double usage contre objectifs aériens et contre objectifs flottants; il déplace 900 tonnes et sa vitesse est de 28 nœuds. L'*Egret* est le prototype de la classe la plus récente d'escorteurs lents de la marine britannique. Mis en chantier en 1937, il venait d'entrer en service au début de la guerre. Il dérive par agrandissement des bâtiments de la classe « Bittern » qui sont les premiers escorteurs de la marine britannique dont l'armement principal ait été construit à deux fins, contre navires et contre avions. L'armement original de l'« *Egret* », tel qu'il est indiqué ci-dessus, a été complètement transformé dans les petits calibres par l'installation de 40 mm automatiques sur affûts quadruples ou octuples, comme d'ailleurs pour les mitrailleuses lourdes. L'« *Egret* » est, depuis 1938, classé comme « escort vessel »; c'est à cette date que l'Amirauté a renoncé à la dénomination centenaire de « sloop » (avis) pour classer les petits bâtiments de cette catégorie en « escort vessels », « minesweepers » et « patrol vessels ». Le déplacement de l'« *Egret* » est de 1 200 tonnes et sa vitesse de 19 nœuds. A ces bâtiments, il faut ajouter 20 escorteurs rapides de la classe « *Hunt* » (900 tonnes, 32,5 nœuds) avec un armement du même genre que celui de l'« *Egret* » et qui venaient d'être mis en chantier à la déclaration de guerre.

de convoyeur et sans aucune réaction du navire attaqué. La menace contre laquelle il fallait protéger le convoi, c'était l'attaque en piqué à basse altitude. Or, s'il n'était pas douteux que le nombreux armement de défense rapprochée groupé sur un croiseur fût à même de gêner l'attaque de celui-ci par l'avion, la question se posait différemment dès qu'il s'agissait, avec cet armement, de protéger contre ce même genre d'attaque un navire convoyé situé à 500 m ou 1 000 m de là. Toute la simplicité et l'efficacité du tir de défense contre l'avion attaquant en piqué tiennent à ce que la route de l'avion est en direction du tireur, d'où l'absence de corrections et la facilité du pointage. Tout change dès que l'avion pique sur le voisin.

Les débuts de la protection des convois contre avions

Lorsqu'à l'automne de 1939 commencèrent les premières attaques de navires

marchands par l'aviation, dans toutes les marines le problème de la protection en était surtout au stade de la discussion. Comme au début de la guerre sous-marine, on s'empessa d'armer les navires attaqués et de déléguer à leur défense des chalutiers réquisitionnés aidés des plus petits navires des flottes de guerre.

en vol rasant, la seule arme utile était la mitrailleuse. On parvint assez rapidement à en munir la plupart des navires.

La simplification s'étendait aux convoyeurs et enterrait du même coup la question du croiseur de D. C. A. Si la seule menace grave était celle de l'attaque à basse altitude, point n'était besoin

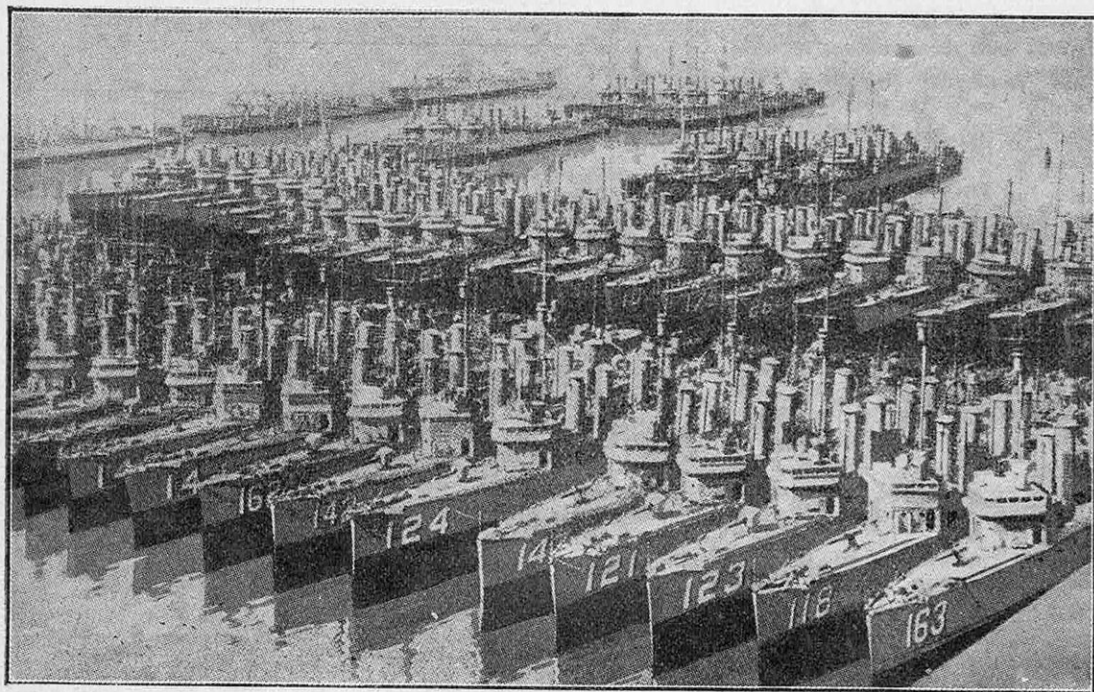


FIG. 3. — TORPILLEURS AMÉRICAINS DE LA GUERRE DE 1914-1918 EN RÉSERVE

Comme le matériel des armées, celui des marines peut à la rigueur faire plusieurs guerres; c'est une économie, si c'en est vraiment une, que ne permet pas l'aviation. Si on leur ajoutait quelques affûts de mitrailleuses, cette centaine de torpilleurs de 1 000 à 1 200 tonnes, construits de 1917 à 1918 pour la guerre sous-marine dans les mers d'Europe, avec leurs 34 nœuds, leurs 4 canons de 102 mm et leurs 12 tubes lances-torpilles, ne feraient pas plus mauvaise figure, pour la protection des convois, que les cuirassés de 1914 avec leurs canons de 380 mm que l'Amirauté britannique emploie à cet usage en Méditerranée. La suggestion en a été présentée à plusieurs reprises en Grande-Bretagne et aux Etats-Unis, et il semble d'ailleurs que certains des torpilleurs livrés jusqu'ici à la marine britannique soient de ce type. Les torpilleurs américains portent sur l'étrave leur numéro d'ordre de construction, le n° 1 ayant été le « Bainbridge », construit en 1898. Les n°s 69 à 347 ont été construits de 1915 à 1919. Les n°s 348 et au delà ont été attribués aux torpilleurs construits depuis 1932, la tranche 1939-1940 arrivant au n° 444, largement dépassé depuis les derniers programmes de réarmement.

L'armement des navires de commerce fut heureusement facilité par la méthode de lancement. S'il avait fallu monter sur chaque cargo une batterie de pièces de 90 à 130 mm, accompagnée de quelques télépointeurs et du personnel nécessaire au service de cet ensemble, il est à présumer que bien peu d'entre eux auraient reçu cet armement. Mais l'inefficacité, à la mer, du lancement horizontal, à moyenne et grande altitude, simplifiait la défense. Contre l'attaque en piqué ou

de la puissante et nombreuse artillerie de défense éloignée qui justifiait seule l'existence de ce type de bâtiment. Ce qu'il fallait, c'était multiplier les convoyeurs dont le nombre était la seule chance qu'ils aient de se trouver en situation de défendre le convoyé le plus voisin. La mitrailleuse suffisait au chalutier comme aux ex-vedettes lance-torpilles transformées à usage mixte de chasseurs de sous-marins et de chasseurs d'avions, et sur lequel on parvint à monter deux affûts quadruples

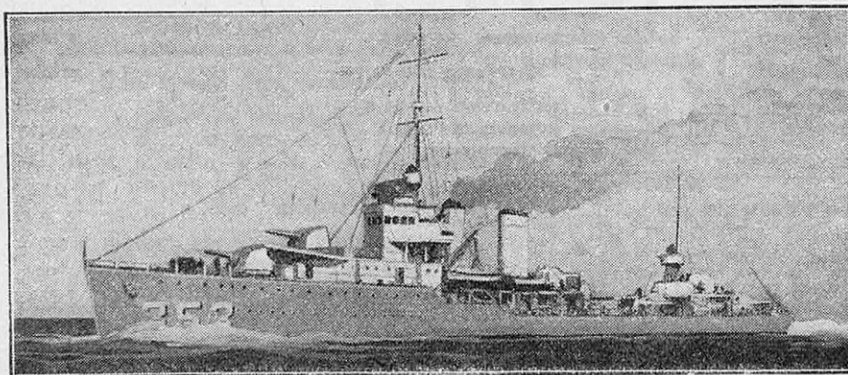


FIG. 4. — TORPILLEUR AMÉRICAIN « DALE » DE 1 400 TONNES

Le « Dale » est un des huit torpilleurs américains de la classe « Farragut » qui a été mise en chantier à partir de 1932 (ce « Farragut » porte dans la liste des torpilleurs américains le n° 348, le « Dale » le n° 353). C'est par ce type que la marine américaine a entrepris le renouvellement de sa très nombreuse flottille de torpilleurs construits de 1917 à 1919. Il se distingue essentiellement des précédents par l'armement, à deux fins, contre avions et contre objectifs de surface, une vitesse maximum de plus de 40 nœuds, comme celle de tous les torpilleurs modernes, un rayon d'action de 6000 milles (11 000 km), très élevé pour un torpilleur et qui permet leur emploi dans les régions les plus mal pourvues en bases navales. Ce type a été reproduit à peu près sans changement (si ce n'est la multiplication des tubes lance-torpilles) dans les séries suivantes : une cinquantaine de ces navires ont été remis en 1940 à la marine britannique, en échange de bases navales et aériennes cédées aux Etats-Unis. Le « Dale » est armé de 5 pièces de 127 mm à double usage, de 4 mitrailleuses, de 8 tubes lance-torpilles de 533 mm.

qui en faisaient un adversaire avec lequel l'avion devait compter.

L'armement individuel des navires de commerce, tout comme leur organisation en convois sous la protection de navires dont l'armement n'a pas beaucoup plus d'efficacité que celui des premiers, et dont la présence se justifie surtout pour la défense contre le sous-marin, donna rapidement des résultats satisfaisants. On cessa de voir les chalutiers envoyés au fond par groupe au passage d'une escadrille ; certains prétendirent même avoir descendu des avions trop imprudents.

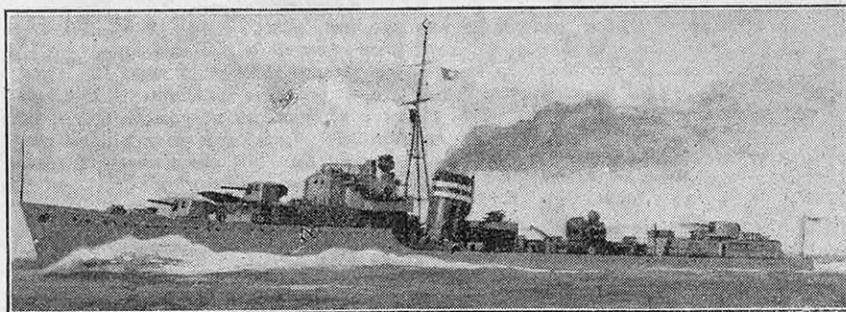


FIG. 5. — LE TORPILLEUR BRITANNIQUE « JERVIS » DE 1 700 TONNES

Le « Jervis » est le prototype des 24 plus récents torpilleurs de la marine britannique mis en chantier par groupes de 8 en 1937, 1938 et 1939 et dont les premiers sont entrés en service au début de 1939. Ses caractéristiques générales sont assez voisines de celles des torpilleurs américains et allemands construits à la même époque. Leur rayon d'action, comme celui des torpilleurs américains récents, est de 6 000 milles (11 000 km) à 15 nœuds ; ils ne dépassaient pas 3 000 milles en 1918. On doit noter que les affûts doubles de 120 mm ne permettent pas le tir contre avions les attaquant au voisinage de la verticale, comme sur les torpilleurs américains et allemands ou sur les croiseurs de D.C.A. britanniques construits simultanément. Le calibre de 120 mm est également nettement inférieur au 127 mm américain et allemand. L'armement principal n'en vaut pas moins largement, en puissance, celui des torpilleurs américains dont les pièces n'ont que 38 calibres de longueur, tandis que les 120 britanniques sont de 50 calibres ; aussi bien pour le tir contre objectifs flottants que contre avions, le rôle de la vitesse initiale est essentiel, et le 120 mm à 50 calibres l'emporte nettement sur le 127 mm à 38 calibres. Mais le torpilleur allemand réunit, sans aucun doute, les avantages du calibre et de la vitesse initiale. On notera également que la marine britannique a renoncé à la distinction entre le « destroyer » et le « flottille leader » en aménageant en conducteurs de flottilles l'un des torpilleurs de la série : c'est précisément le cas du « Jervis ». Il est armé de 6 pièces de 120 mm, 4 pièces de 40 mm, 8 mitrailleuses, 10 tubes lance-torpilles de 533 mm. Sa vitesse indiquée, largement dépassée, est de 36 nœuds.

La nécessité du convoiage par torpilleurs

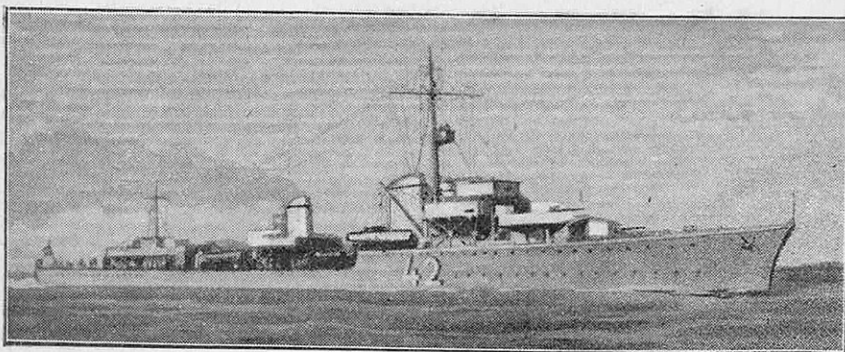
Du seul point de vue de la défense contre avions, et d'ailleurs contre sous-marins, la solution du convoiage par chalutiers et vedettes à moteurs, complétée par l'armement des navires convoyés, donnait à peu près tout ce que l'on peut attendre des méthodes de protection purement navales. Pourquoi a-t-il fallu, dès le printemps de 1940, introduire dans le système le torpil-

leur, qui n'est plus aujourd'hui le bâtiment de 300 à 800 t de la guerre de 1914 et qui déplace près de 2000 t à pleine charge?

Il est évidemment un objectif dont l'approche apparaît comme assez difficile; les derniers modèles en service au début de la guerre dans presque toutes les marines portaient un armement puissant de défense rapprochée qui atteignait 4 canons de 37 à 40 mm, semi-automatiques ou

opérations terrestres. L'occupation de la Norvège en avril 1939, de la Hollande, de la Belgique et du nord de la France en mai, de toutes les côtes françaises de la Manche et de l'Atlantique en juin, livrait à l'Allemagne des bases qui lui permettaient d'ajouter à son action aérienne et sous-marine des raids de surface contre les convois britanniques. Cette action, dans la mesure où on se limite à des

moyens purement navals pour s'en préserver, suppose des moyens équivalents. On l'a bien vu pour les convois protégés par de simples croiseurs auxiliaires et attaqués au milieu de l'Atlantique par les croiseurs allemands, mais la marine britannique n'a pas assez de croiseurs pour en affecter à chaque convoi partout où la menace, assez exceptionnelle, des croiseurs adverses peut s'exercer. Au contraire, la menace des vedettes



T W 5216

FIG. 6. — LE TORPILLEUR ALLEMAND « KARL GALSTER » DE 1 800 TONNES

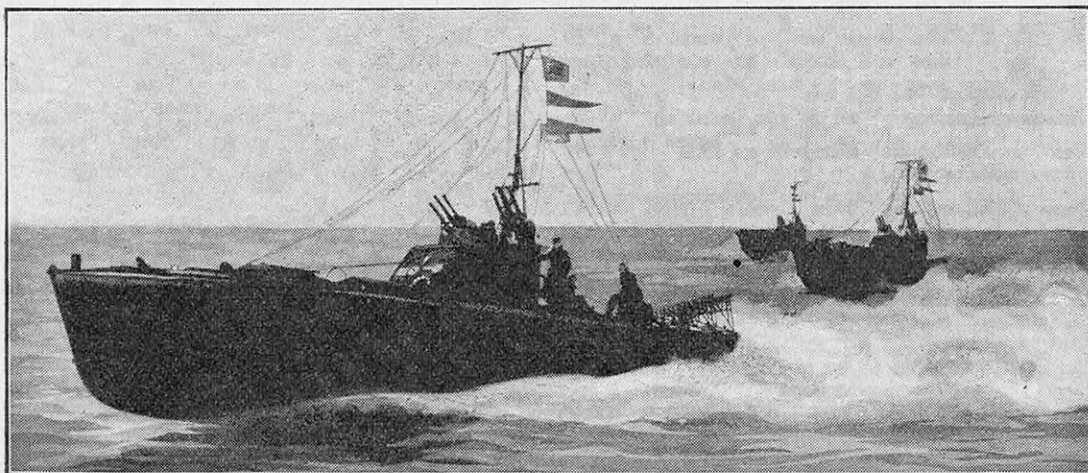
Ce torpilleur de la classe « Roeder » a été mis en chantier en 1937. Ses caractéristiques sont très voisines de celles des torpilleurs américains et britanniques construits à la même époque. L'artillerie principale est naturellement disposée pour tirer à la fois sur buts flottants et contre avions. La vitesse indiquée, de 36 nœuds, a été très largement dépassée aux essais. On notera, comme sur tous les torpilleurs de cette date, la faiblesse relative de l'armement de défense rapprochée (4 canons automatiques de 37 mm) par rapport à l'armement de défense éloignée (5 pièces de 127 mm), ce qui montre que, même dans la marine allemande, on ne semblait pas apprécier à sa juste valeur, en 1937, le danger de l'attaque en piqué et le faible rendement du lancement en vol horizontal.

automatiques, et 8 mitrailleuses de calibre voisin de 13 mm. Mais il ne faut pas juger cet armement d'après le seul total des pièces. Les pièces de l'avant sont gênées par les passerelles pour tirer dans certains secteurs de l'arrière et inversement. La mâture arrière et la pièce supérieure arrière de gros calibre, lorsqu'il y en a une, sont également un obstacle pour le tir des armes de défense centrales. D'autre part, dans l'attaque à très basse altitude par avion débouchant des nuages et y rentrant, le canon de 37 à 40 mm paraît insuffisamment maniable pour suivre commodément l'adversaire. Toutes ces faiblesses sont connues et mises à profit, et, dès le début de 1940, les torpilleurs britanniques, en butte aux attaques de groupe de l'aviation allemande, connurent des pertes nombreuses.

En réalité, la raison principale de la nécessité du torpilleur dans les convois ou patrouilles des eaux exposées aux opérations aériennes tient à l'évolution des

et des torpilleurs allemands contre ces convois ne pouvait être négligée. Dès l'évacuation de Dunkerque, elle imposait la présence des torpilleurs français et britanniques pour la protection des transports. De Narvik à Bayonne, et spécialement de Brest, les raids de torpilleurs allemands obligent la marine britannique à escorter ses convois par des torpilleurs de même puissance; la situation est la même pour la protection contre l'avion et contre le sous-marin.

Le torpilleur est donc actuellement le navire type pour la protection des communications maritimes contre l'avion. Il s'en consomme beaucoup, autant par usure que par pertes au combat; il en faudra d'autant plus que l'on devra prolonger plus au large dans l'Océan le système des convois. On s'en tire pour l'instant en multipliant l'importance des convois, au détriment d'ailleurs du rendement général des transports. La marine américaine, source presque inépuisable



T W 5219

FIG. 7. — UNE VEDETTE A MOTEUR AMÉNAGÉE EN ESCORTEUR

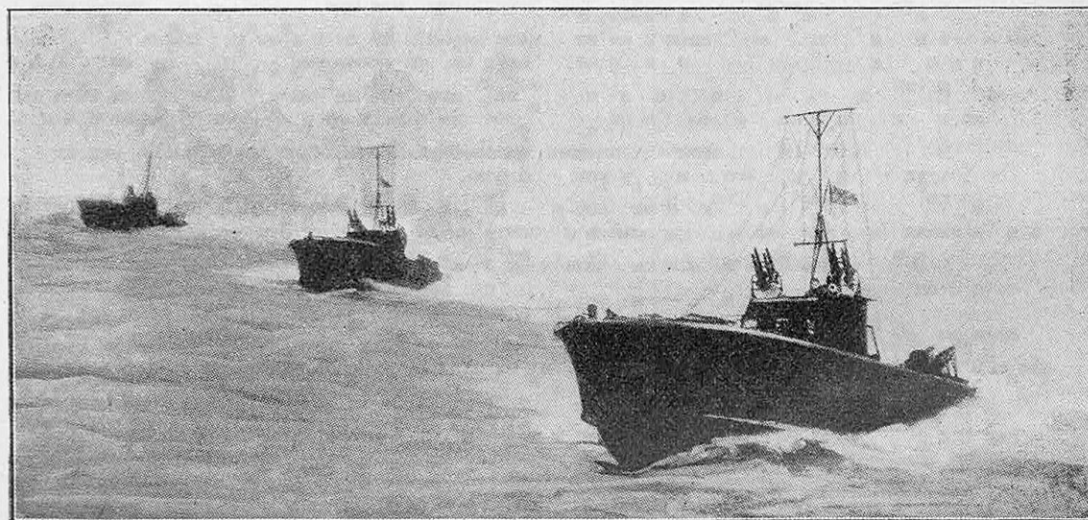
Les vedettes à moteur de la marine britannique étaient, à la déclaration de guerre, des M.T.B. (Motor Torpedo Boats), vedettes lance-torpilles, et M.A.S.B. (Motor Anti Submarine Boats), chasseurs de sous-marins. Les besoins de l'escorte antiaérienne les ont fait rapidement transformer, les unes et les autres, en escorteurs puissamment armés en D.C.A., avec leurs 8 mitrailleuses sur deux affûts quadruples. Les plus anciennes vedettes à moteur de la marine britannique sont des unités de 18 tonnes, munies de 3 moteurs Napier « Sea Lion » de 500 ch, donnant 35 nœuds environ. Les plus récentes sont des unités à 3 moteurs d'avions Rolls Royce « Merlin » de 1 000 ch; le modèle expérimental aurait atteint 60 nœuds (110 km à l'heure).

de torpilleurs, avec les 153 unités de 1 000 à 1 200 tonnes qui lui restent de ses constructions de 1917 et 1918 et la centaine de torpilleurs modernes construits ou mis en chantier de 1932 à 1934, est amplement mise à contribution.

Le convoi par avion

L'escorte des convois est assurément une nouveauté que, semble-t-il, personne n'avait prévu avant 1939, même parmi les défenseurs les plus enthousiastes de

l'universalité des missions de l'avion. On n'envisageait pas que des convois d'une centaine de navires partiraient de Gibraltar à destination de la Méditerranée orientale sous la protection continue de quelques escadrilles les survolant. Aucun programme « d'avion d'escorte » n'avait été établi; l'avion de chasse s'est heureusement trouvé là pour s'adjuger cette mission, tout comme celles de l'arrêt des chars ou du bombardement de jour quand les bombardiers ne parviennent plus à



T W 5215

FIG. 8. — UNE LIGNE DE VEDETTE BRITANNIQUES ESCORTANT UN CONVOI

passer. Peut-être même vaut-il mieux qu'il n'ait pas été établi de programme où les nécessités du rayon d'action et de « l'autonomie » l'auraient probablement emporté sur les qualités indispensables au combat aérien.

Pourquoi compléter l'escorte par bâtiments de surface par une escorte aérienne? C'est que l'avion est encore le plus efficace des moyens que l'on ait trouvés de se protéger contre l'avion.

Plus il est puissant et moins le convoyeur de surface a de chances d'être assez près du convoié pour lui prêter un secours efficace. Au contraire, par temps clair, l'avion d'escorte peut se porter au-devant de l'assaillant qu'on lui signalera, le gêner au cours de son

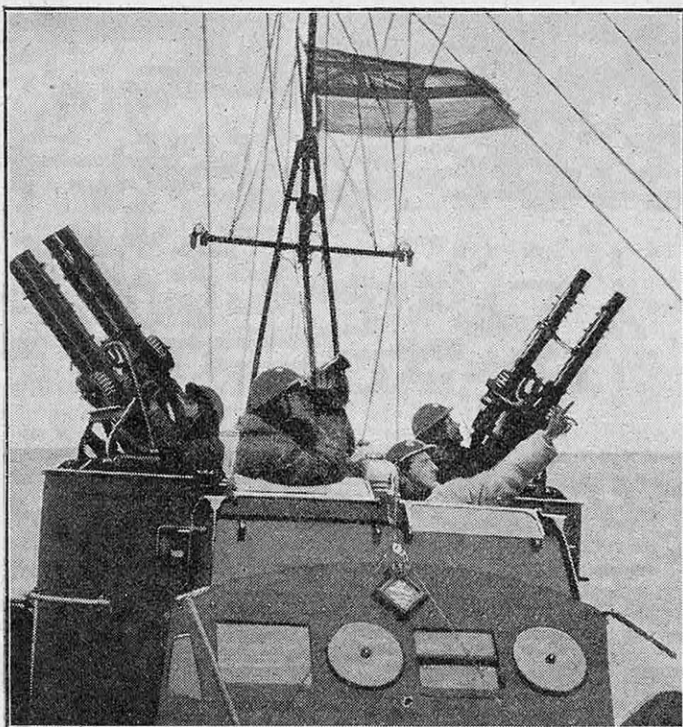
attaque, l'empêcher de la renouveler, le poursuivre sur la route de retour. Par temps couvert, la protection est assurément plus difficile, et le chasseur d'escorte ne sera pas toujours assez heureux pour se trouver à point nommé sur la route de l'assaillant qui sort en piqué d'un nuage et y rentre en chandelle une fois ses bombes lâchées; il est du moins le seul qui puisse manœuvrer assez vite pour le tenter.

L'avenir de l'attaque aérienne des communications maritimes

Il serait prématuré de porter aujourd'hui un jugement sur l'avenir des communications maritimes devant la menace aérienne. On sent bien que le navire de commerce a probablement rencontré dans l'avion le plus puissant adversaire qu'on ait jamais connu, mais il ne semble pas

que celui-ci ait encore été employé à la dose massive de l'aviation d'assaut dans l'attaque des troupes au sol ou de l'aviation de bombardement dans l'attaque des villes. On se bornera donc aux quelques remarques qu'on peut se permettre aujourd'hui.

Les résultats enregistrés sont évidemment discordants suivant leur source. Néanmoins, les appréciations allemandes et britanniques, qu'on s'en rapporte aux statistiques hebdomadaires ou aux chiffres d'ensemble donnés pour la première année de guerre, ne diffèrent pas tellement qu'on ne puisse conclure provisoirement. L'avion, même en portant à son actif à la fois le tonnage coulé par les bom-



T W 5218

FIG. 9. — LES POSTES DE MITRAILLEURS A BORD D'UNE VEDETTE DE LA MARINE BRITANNIQUE

bes et le tonnage coulé par les mines magnétiques, est loin d'avoir atteint les résultats du sous-marin en 1916 et 1917; il est vrai que le sous-marin, malgré la disposition de bases infiniment mieux placées, n'est pas davantage parvenu à les reproduire.

Il ne faut cependant pas mesurer le seul effet de l'avion au tonnage coulé. Le tonnage de navires avariés, ainsi que leurs cargaisons, est certainement plus fort dans l'attaque à la bombe que dans l'attaque à la torpille. L'arme de l'avion n'a pas encore la puissance de celle du sous-marin; le lancement en piqué s'applique mal aux bombes du plus fort tonnage; ce n'est que contre navire non convoié que l'avion peut renouveler ses attaques, alors que le sous-marin peut multiplier les torpilles lancées contre un même objectif jusqu'à être certain de le

couler. L'embouteillage des chantiers navals britanniques par les navires en grosse réparation est certainement l'œuvre de l'avion.

D'autre part, les exigences de la protection contre l'avion troublent davantage les communications maritimes que les exigences de la protection contre le sous-marin. Le convoi de 1916-1918 naviguait à peu près avec la même sécurité de jour et de nuit, par temps clair et par temps couvert; les progrès de la détection sous-marine accentuent cette indépendance du risque et de la visibilité. La question se pose de façon différente pour l'avion. Il ne semble pas très prudent de faire naviguer de nuit un convoi, si puissamment défendu qu'on le suppose, dans une région trop exposée aux attaques aériennes. De même, le plafond de nuages bas facilite singulièrement l'attaque des convois par les avions qui en débouchent et s'y réfugient. Si les communiqués allemands et les nouvelles de source britannique sont d'accord pour signaler le passage en plein jour de convois de dizaines de navires le long des côtes anglaises du Pas de Calais, ce n'est pas pour le plaisir de les exposer au feu des batteries du Cap Gris-Nez (1) que l'Amirauté renonce au parcours de nuit

(1) Les résultats de ces tirs d'artillerie, à les prendre dans le communiqué allemand lui-même, peuvent surprendre : on signale, sur un convoi d'une dizaine de navires, le convoi dispersé, un navire touché et obligé de se réfugier à Douvres, de temps à autre un navire coulé. L'explication en est simple : aux distances de tir d'environ 35 km, la durée de trajet des projectiles de grosse artillerie laisse aux navires le temps d'exécuter des manœuvres de débordement efficaces; le navire échappe aux coups de l'artillerie de côte comme l'avion à 8 000 m aux coups de l'artillerie de D.C.A. qu'il survole. D'ailleurs, les convois sont masqués par rideaux fumigènes et protégés par le survol continu d'avions de chasse qui gênent la tâche des avions de repérage.

qui les en préserverait; c'est qu'il est bien difficile de repousser de nuit l'attaque aérienne.

Enfin, il n'est pas douteux que l'attaque la plus aisée des communications maritimes soit le bombardement des ports de nuit. Les pertes de l'aviation sont alors insignifiantes eu égard aux effectifs engagés. Même si les navires ne sont pas directement atteints, la destruction régulière des marchandises débarquées est aussi grave que la destruction des navires eux-mêmes; le bouleversement des quais, l'incendie des magasins, les avaries aux moyens de levage, les dégâts dans les chantiers de construction navale augmentent la durée du séjour au port et troublent les transports maritimes dans un domaine où le sous-marin ne pouvait prétendre à faire sentir son action. Peut-être est-ce la comparaison des résultats aisément obtenus dans cette voie et de la difficulté relative des attaques au large qui aura poussé le commandement allemand à intensifier ce dernier genre d'opérations au détriment des premières.

Nous ne sommes certainement qu'aux tout premiers débuts de l'attaque directe ou indirecte des communications maritimes par l'avion. Les armes employées — la bombe explosive et incendiaire — sont encore rudimentaires; les rayons d'action des appareils utilisés sont bien inférieurs aux possibilités de la technique actuelle; les effectifs mis en jeu dans l'attaque des ports seront peut-être rapidement décuplés. Le trafic maritime n'a aucune raison sérieuse d'échapper à la destruction générale que l'aviation est aujourd'hui en mesure de répandre.

Camille ROUGERON.

L'évolution des centrales électriques au cours de ces dernières années a été marquée à la fois par une élévation de la pression et de la température de la vapeur. Aux Etats-Unis, un certain nombre de centrales utilisent des turboalternateurs fonctionnant à des pressions de 80 à 100 kg/cm² et des températures dépassant 480° C. L'augmentation de la température pose un certain nombre de problèmes techniques au premier plan desquels apparaît la difficulté de réaliser des aciers capables de travailler sans déformations à des températures égales ou supérieures à 500°. Les laboratoires de la General Electric viennent de mettre au point dans ce but un alliage de fer et de niobium possédant jusque vers 600° C une résistance mécanique supérieure à celle des meilleurs aciers au molybdène, tungstène et vanadium.

AVIONS ET HYDRAVIONS TORPILLEURS

par Pierre BELLEROCHE

L'hydravion, ou l'avion, armé de la torpille sous-marine, constitue une arme navale dont les premiers exploits remontent à la guerre de 1914-1918. Et pourtant, à cette époque, des moteurs insuffisamment puissants permettaient à peine à l'hydravion alourdi de décoller avec sa torpille. Dès ce moment, il fallut envisager l'emploi soit de bimoteurs, soit de monomoteurs de type terrestre. Avec le développement de la puissance motrice, le problème technique s'est trouvé simplifié, et l'avion torpilleur put enlever des torpilles sous-marines plus puissantes. L'avion ou l'hydravion torpilleur revêt en 1941 des formes variées, mais qui se ramènent à deux formules bien distinctes : la formule britannique, que l'on peut schématiser ainsi : « avion torpilleur à roues + porte-avions », formule dont le prototype est le Sopwith « Cuckoo » de 1918 et dont l'aboutissement de 1941 est le Fairey « Albacore ». L'avion est à la fois monomoteur et monotorpille; — la formule italienne de l'aviation de torpillage côtière par hydravions ou avions trimoteurs, capables de prendre deux torpilles, et dont l'aboutissement en 1941 est l'« aerosilurante » Savoia. L'aviation allemande semble, pour le moment, se désintéresser de l'avion de torpillage. Les Heinkel 115 de 1939 ont troqué leurs torpilles pour des mines magnétiques, et ces torpilles semblent avoir été cédées aux vedettes rapides qui opèrent en Manche. C'est ce qui explique que l'aviation de torpillage semble, en 1940 et au début de 1941, voir ses exploits limités à la Méditerranée.

La torpille sous-marine est bien antérieure à l'avion, puisque c'est vers 1875 que Whitehead réalisa la première torpille « automobile » mue à l'air comprimé. A sa naissance, l'avion trouva donc à sa disposition des torpilles de calibre 350 et 450 mm pesant entre 350 et 650 kg. C'était déjà trop pour les premières machines volantes, étant donné la faible puissance motrice des moteurs de l'époque.

C'est à l'ingénieur italien Alessandro Guidoni que l'on doit, dès 1911, le premier essai d'avion torpilleur — un Maurice Farman M. 80; mais sa tentative d'enlever une petite torpille allégée à 150 kg échoua. En 1913, la marine britannique réalisa le Short 184, le premier hydravion torpilleur en service.

La torpille sous-marine anglaise de 1913, de calibre 350 mm, pesait 350 kg. Le problème se ramenait en premier lieu à trouver un moteur suffisamment puissant pour enlever un tel poids. On s'adressa aux firmes d'automobiles et, la première, la maison Sunbeam réalisa un moteur développant 225 ch, puissance inégalée à l'époque. Le Short 184, biplan de grande envergure à grande surface portante, réussit à grand-peine à décoller avec sa

charge. Son autonomie en était réduite à trois quarts d'heure; mais qu'importe, l'hydravion serait embarqué sur des navires et transporté à pied d'œuvre. C'est ainsi que les premiers Short 184 furent chargés sur le petit transport d'hydravions « Ben-my-Chree », et expédiés aux Dardanelles, où les eaux calmes de la Méditerranée permettraient aux Short, mieux qu'en mer du Nord, d'effectuer leurs décollages pénibles en charge.

L'exploit du Ct. Edmunds aux Dardanelles (1915) et l'expédition avortée contre Cattaro (1917)

Une occasion favorable se présenta le 16 août 1915. Un des Short mis à l'eau dans le fond du golfe de Saros et piloté par le Ct Edmunds, réussit à décoller et, franchissant l'isthme de Boulair (il n'avait qu'une demi-heure de vol), pénétra en mer de Marmara et lança sa torpille sur un transport ture qui fut coulé. Tel fut le premier exploit historique de l'hydravion-torpilleur. Exploit qui mettait en évidence le double handicap de l'hydravion torpilleur de l'époque: difficultés d'envol à flot et rayon d'action infime. Il faut attendre 1917 pour que se présente l'occasion d'un nouvel

	Types	Moteur	Poids de la torpille	Autonomie	Rapport Puissance (ch) Poids de la torp. (kg)	Nationalité
1914-15	Short 184 flotteurs	Sunbeam 225 ch	350 kg	45 mn	0,75 env.	Br.
1917-18	Sopwith "Cuckoo" roues	Hispano 220 ch	350 kg	1 h 30 mn	0,75 —	Br.
1935	Blackburn "Shack" roues (1)	Siddeley 700 ch	750 kg	2 h 30 mn	1 —	Br.
1936	Levasseur P. L. 7 roues (1)	Hispano 600 ch	750 kg	2 h	0,8 —	Fr.
1937	Dornier Do 22 flotteurs	Hispano 800 ch	750 kg	2 h 30 mn	1 —	All. (2)
1937	Laté 298 flotteurs	Hispano 850 ch	750 kg	2 h 45 mn	1,2 —	Fr.
1937-39	Fairey Swordfish roues (1)	Pegasus 750 ch	750 kg	3 h	1 —	Br.
1939-40	Fairey "Albacore" roues (1)	Taurus 1 065 ch	750 kg	4 h	1,5 —	Br.

(1) Avions à roues transformables à flotteurs.
 (2) Construit pour la Yougoslavie.

dravion pour le torpillage.

Les bimoteurs torpilleurs allemands de Zeebrugge en 1916-1917

Basés à Zeebrugge, sur la côte belge des Flandres, les hydravions torpilleurs allemands devaient attaquer le « shipping » britannique aboutissant à l'estuaire de la Tamise. Pour ce faire, il leur fallait plus de rayon d'action qu'à l'hydravion torpilleur britannique qu'un navire devait transporter presque partout à pied d'œuvre. Aussi la technique allemande adopta-t-elle dès le début, la formule bimoteur.

TABLEAU I. — L'ÉVOLUTION TECHNIQUE DE L'AVION ET DE L'HYDRAVION TORPILLEUR MONOMOTEUR

De 1914 à 1939, la puissance unitaire des moteurs a été multipliée par 5, ce qui permet à l'avion torpilleur d'enlever des torpilles de 750 kg (calibre 400 à 450 mm) au lieu des très petites torpilles de 350 mm pesant 350 kg. Le rapport de la puissance motrice au poids de la torpille atteint 1,5 ch/kg sur les avions torpilleurs les plus récents. La puissance du moteur imposait en 1914-1918 la recherche de la légèreté et, par suite, l'emploi de l'avion à roues (Sopwith « Cuckoo »). Ce n'est qu'à partir de 1935, lorsqu'on disposa de puissances motrices supérieures à 600 ch, que l'on revint à l'hydravion, forcément plus lourd, et encore sous la forme transformable.

essai. Ce fut, en Adriatique, une tentative anglaise contre la flotte austro-hongroise en rade de Cattaro.

Cette fois, les Short 184 — munis d'un moteur Rolls Royce de 275 ch, basés à Brindisi — furent transportés à pied d'œuvre pendant la nuit sur des chalands remorqués par des vedettes rapides, jusque devant les Bouches de Cattaro. A l'aube, ils furent mis à flot, mais à ce moment, la brise se leva, et dans le clapotis les Short furent incapables de décoller. L'expédition avorta. Après ce fiasco, les Anglais renoncèrent à la formule hy-

Hansa-Brandenburg, dont l'ingénieur était le docteur Ernst Heinkel, réalisa un bimoteur Mercedes 165 ch, monté sur flotteurs, soit 330 ch, pour enlever une torpille de 350 kg. L'escadrille fut constituée à Zeebrugge sous les ordres du Kapitän-

	TORPILLES POUR AVIONS				TORPILLES POUR TORPILLEURS DE SURFACE OU SOUS-MARINS			
	Calibre	Poids	Vitesse	Portée	Calibre	Poids	Vitesse	Portée
1914	350 mm	350 kg	25 nds (45 km/h)	Quelques centaines de m	450 mm	750 kg	30 nds (55 km/h)	6 000 m
1939	400 mm et 450 mm	700 et 750 kg	40 nds (75 km/h)	2 000 m	533 mm et 550 mm	2 000 kg environ	45 nds (torpilles — vitesse) 35 nds (torpilles — dist.)	4 000 m 12 000 m

TABLEAU II. — L'ÉVOLUTION DE LA TORPILLE SOUS-MARINE DE 1914 A 1939

La torpille sous-marine pour avions est passée du calibre 350 mm au calibre 400 et 450 mm; son poids de 350 kg à 700 ou 750 kg; sa vitesse de 25 nds à 40 nds. Ce tableau montre en outre que, en 1939 comme en 1914, la torpille d'avion est plus petite que la torpille de marine par suite de la nécessité de réaliser, pour l'avion, un engin beaucoup plus léger.

Leutnant Becker. En octobre 1916, un premier essai fut concluant, et, de 1916 à 1917, plusieurs tentatives de torpillage furent effectuées en rade des Dunes et devant l'estuaire de la Tamise, certaines avec succès. Mais le 9 juillet 1917, quatre hydravions de l'escadrille Becker attaquèrent un convoi anglais dans les mêmes parages et l'affaire tourna mal. Les torpilles lancées allèrent heurter le fond,

ses bases, mais par suite de retards, tant dans leur construction que dans la mise au point du navire porte-avions « Argus », ils ne purent être utilisés avant l'armistice de 1918.

Evolution de l'aviation de torpillage de 1919 à 1939

De 1919 à 1939, la puissance motrice est multipliée par quatre. Dès 1930, l'emploi

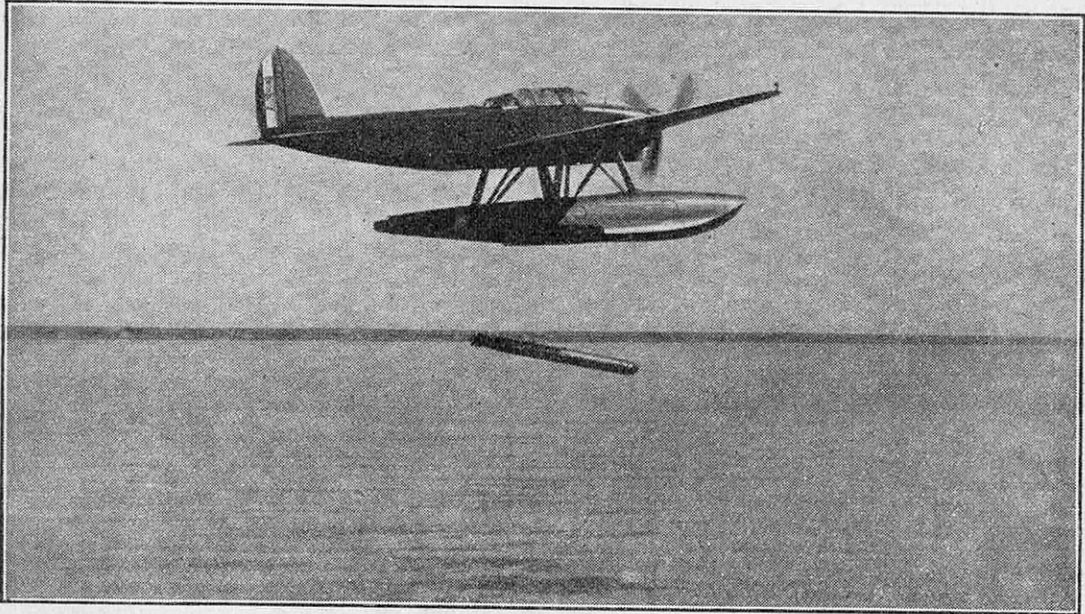


FIG. 1. — HYDRAVION TORPILLEUR FRANÇAIS LATÉ 298 LANÇANT UNE TORPILLE

T W 5381

d'ailleurs de faible profondeur. Un hydravion fut abattu par les mitrailleuses d'un patrouilleur. Un autre hydravion amérit pour recueillir son équipage, mais ne put réussir à décoller et les deux équipages furent faits prisonniers. En octobre 1917, l'escadrille d'hydravions torpilleurs de Zeebrugge fut dissoute.

Les Sopwith « Cuckoo » de 1918 pour navire porte-avions

Les expériences anglaises de 1915-1917 ayant montré les difficultés d'envol à flot de l'hydravion torpilleur monomoteur, la marine britannique renonça définitivement aux flotteurs pour les roues. Ainsi naquit le Sopwith « Cuckoo » de 1917-1918, destiné à décoller d'une plateforme de navire porte-avions. Le moteur était un Hispano-Suiza 220 ch, mais la construction de l'ensemble était beaucoup plus légère. Deux cents « Cuckoo » furent demandés par l'Amiral Beatty en vue d'attaquer la flotte allemande dans

de moteurs de 600 ch permet d'utiliser des torpilles sous-marines plus lourdes. Du calibre 350 mm, on passe à 400 ou 450 mm; le poids de la torpille atteint 600 à 750 kg.

Le rapport du nombre de chevaux au poids de la torpille varie peu : il se tient autour de 1 cheval par kilogramme de torpille.

Comptant sur la suprématie de leur flotte, les Britanniques s'en tiennent à la formule monomoteur à roues, utilisable en partant des porte-avions. Toutefois, à partir de 1933, ils admettent un type « transformable à flotteurs », tel le Blackburn « Shark » et le Fairey « Swordfish ».

Les Italiens, qui ne possèdent pas de navire porte-avions, mais disposent d'une aviation côtière nombreuse, s'engagent dans la formule de l'hydravion « bimoteur » à double coque dont le Savoia S. 55 (de 1930) est le prototype le plus réussi, puis, en 1937, passent au trimoteur à flotteurs type Cant Z 506 B.

La France essaie les deux formules, hydravion et terrestre. Citons le « Goliath », bimoteur à flotteurs de 1923, le Levasseur P.L. 7 de 1930 (pour porte-avions et transformable à flotteurs) (1) et enfin le Latécoère Laté 29, monomoteur à flotteurs.

De son côté, l'Allemagne s'en tient — comme l'Italie — à la formule hydravion à flotteurs, et le Heinkel 115 est réalisé en 1937. Toutefois, elle essaie, dès 1933, pour le compte de la Yougoslavie, un monomoteur à flotteurs, le Dornier Do 22, lequel fut équipé du moteur le plus puissant réalisé à l'époque, l'Hispano Y de 800 ch. En Hollande, on adopte le bimoteur à flotteurs, avec le Fokker C. VIII-W, et l'Amérique le Vultee V. 11. T.S.

Difficultés de lancement dues à la vitesse accrue des avions

Après les difficultés dues à l'insuffisance de la puissance motrice, d'autres problèmes techniques apparaissent. L'un d'eux résultait des vitesses de plus en plus élevées de l'avion au moment du lancement. Le Short de 1915 laissait tomber

(1) Sous sa forme à flotteur, le P.L. 7 est appelé P.L. 14. Mais les flotteurs du P.L. 14 alourdissent le P.L. 7 de 500 kg.

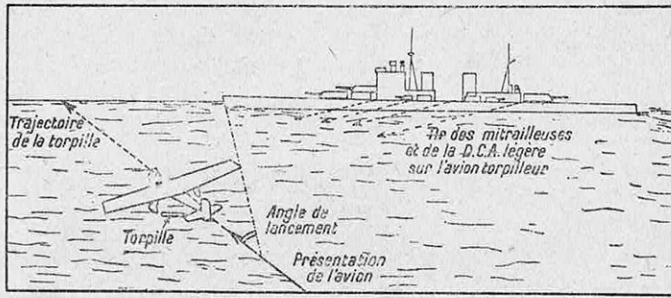


FIG. 2. — L'ATTAQUE D'UN AVION TORPILLEUR

L'angle de lancement est fonction de la vitesse du but (ici un croiseur) et de celle de la torpille. L'avion se présente en palier au ras de l'eau dans la direction convenable calculée par le pilote qui connaît la vitesse de sa torpille et estime celle du but.

sa torpille à 90 km à l'heure. A partir de 1930, c'est à 250 et 350 km à l'heure qu'un engin aussi fragile que la torpille sous-marine heurtait la surface de la mer.

On risquait, au moment du lancement, de briser les mécanismes intérieurs de réglage de l'immersion et de la trajectoire en direction (1).

La torpille est toujours suspendue en position horizontale et à peu près parallèlement à l'axe de l'avion, et le lancement s'effectue au cours d'un palier en ligne droite, le pilote pointant sur l'avant du but d'un angle convenable appelé angle de lancement (cet angle correspond à la vitesse du but). Ce palier rectiligne est effectué à très basse altitude (5 à 20 mètres) — ceci pour réduire au minimum le choc de la torpille à son contact avec la mer.

Avec les vitesses modérées des avions primitifs, il suffisait, en larguant les deux sangles de tenue, de laisser tomber la torpille à peu près à plat. Avec les vitesses plus élevées des avions, il devint

(1) Rappelons que ces mécanismes comprennent, en principe, un piston hydrostatique équilibré par un ressort convenablement bandé pour l'immersion choisie, un pendule chargé de maintenir l'horizontalité de la torpille et d'éviter les « sinusoides », enfin un gyroscope qui est responsable du maintien de la trajectoire en direction.

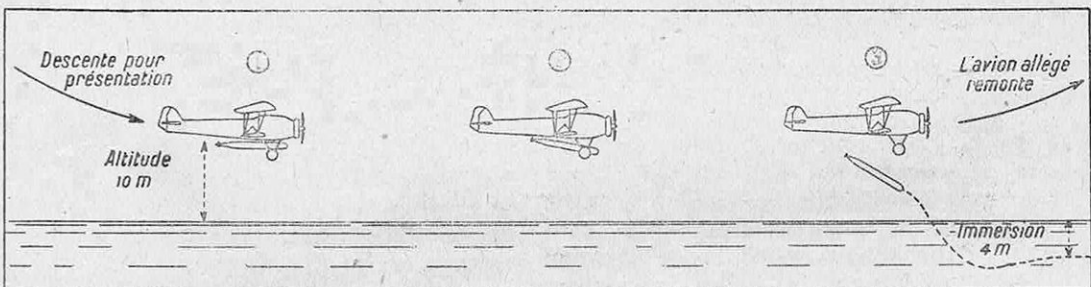


FIG. 4. — LES DIFFÉRENTES PHASES DU LANCMENT D'UNE TORPILLE

En 1, l'hydravion torpilleur en palier s'apprête à larguer sa torpille. En 2, la torpille se décroche avec un décalage lui donnant l'incidence convenable pour qu'elle pénètre dans l'eau avec une légère « pointe ». En 3, la torpille pénètre dans l'eau à une certaine profondeur et reprend son immersion de réglage (4 mètres par exemple).

nécessaire de donner à la torpille une « pointe » convenable pour pénétrer dans l'eau. Cette pointe ne devait pas être trop verticale, sous peine de conduire la torpille à des immersions considérables

ment. Ces dispositifs, qui résultent de nombreuses expériences, sont généralement tenus secrets.

Quoi qu'il en soit, avec les avions torpilleurs modernes, les torpilles doivent tou-

jours être lancées à basse altitude, car la force du choc s'accroît très sensiblement avec l'altitude du lancement.

L'inconvénient d'une présentation à basse altitude est que l'avion torpilleur offre alors une cible vulnérable aux mitrailleuses de D.C.A. des navires qu'il attaque. Aussi a-t-on cherché à élever l'altitude de présentation. Certaines marines firent l'essai d'un petit parachute chargé de freiner la chute de la torpille, ce qui aurait permis aux avions torpilleurs de se présenter à 200 ou 300 m d'altitude, mais il semble que ces essais ne donnèrent pas les résultats escomptés, probablement du fait qu'on augmentait la durée de la chute d'une manière incompatible avec la tactique de la torpille.

Le procédé du parachute fut tou-

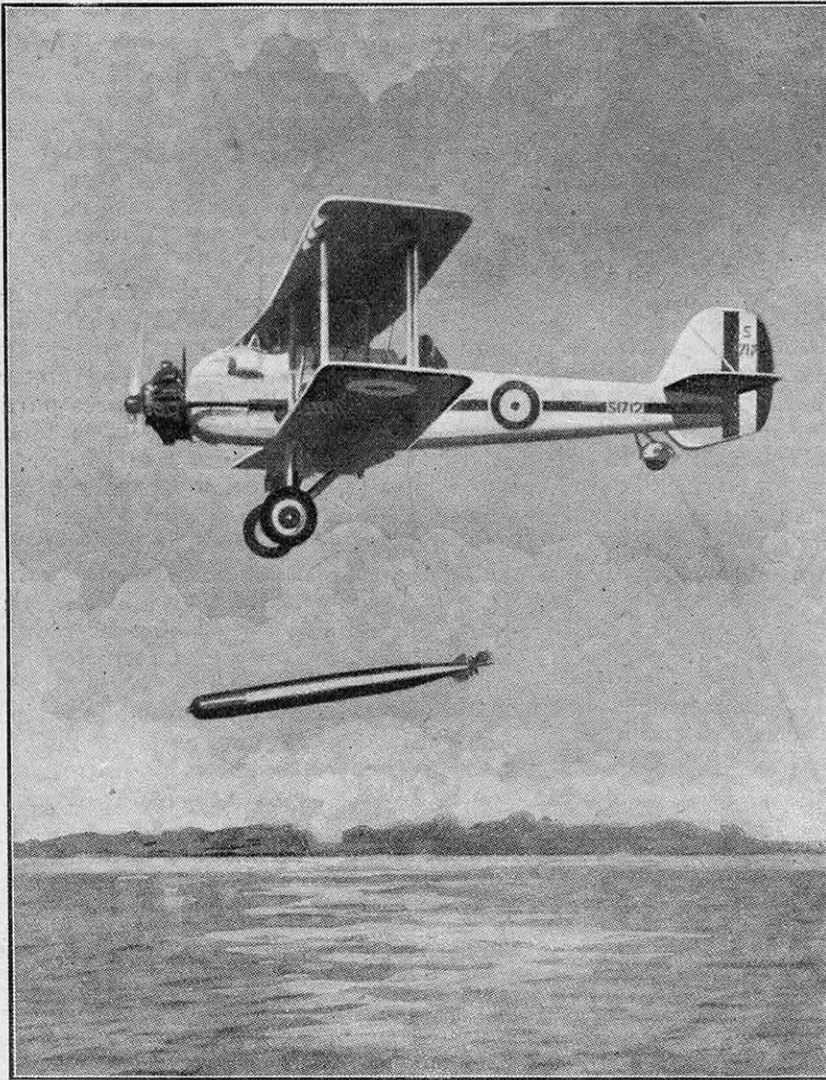


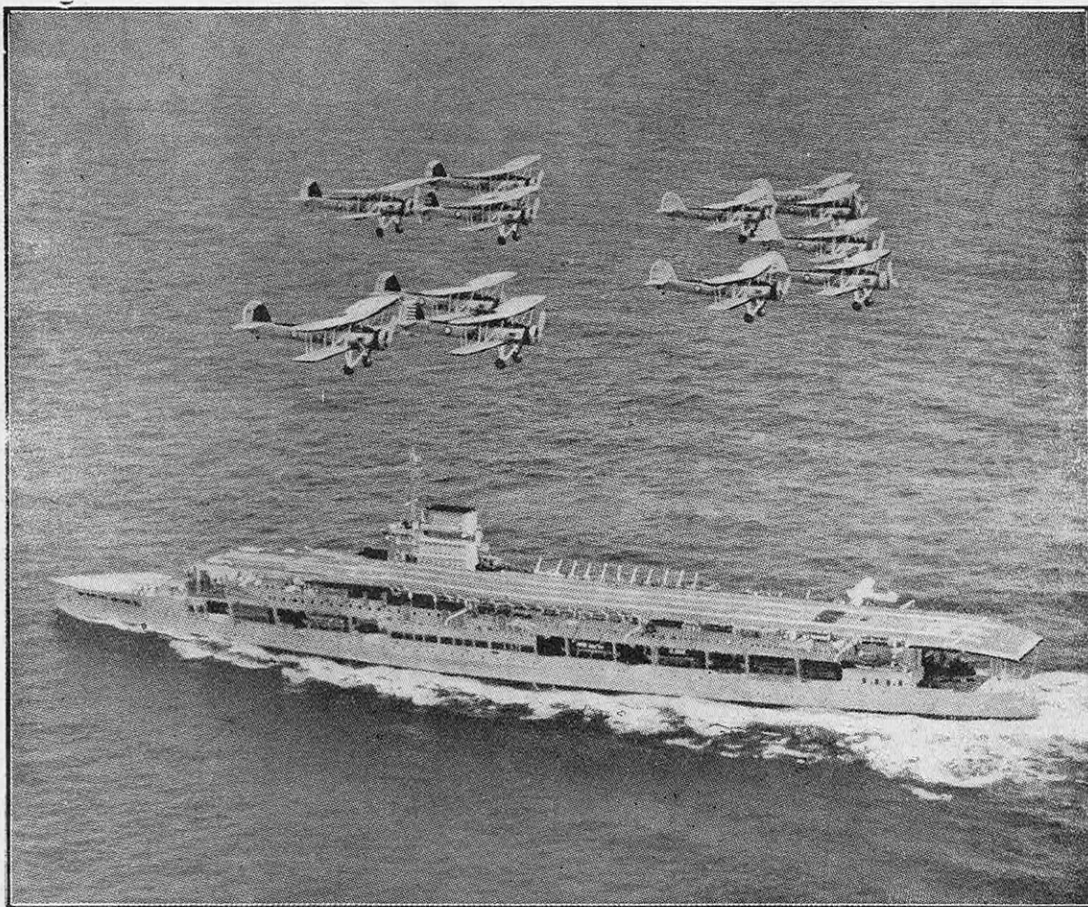
FIG. 4. — AVION TORPILLEUR ANGLAIS VICKERS « VILDEBEEST » LANÇANT SA TORPILLE

et de lui faire toucher le fond, dans les mers peu profondes. Elle ne devait pas être trop faible, sous peine de retrouver les inconvénients du choc à « plat ventre ». Différents dispositifs de largage furent étudiés par les marines pour basculer légèrement la torpille au moment du lancement, de manière à réaliser cette « pointe » optimum de la torpille lors de sa pénétration dans l'eau, selon la vitesse de l'avion et l'altitude de lance-

tefois réalisé pour le lancement des mines magnétiques (engins fragiles également), mais pour lesquelles la durée de la chute ne présente pas la même importance.

1931 : l'avion torpilleur fusionne avec l'avion de reconnaissance navale

Une caractéristique de l'évolution de l'aviation de torpillage au cours des années qui précéderent la guerre de 1939 a été son rapprochement, sinon sa fusion,



T W 5384

FIG. 5. — UNE FORMATION D'AVIONS TORPILLEURS « SWORDFISH » SURVOLANT LE PORTE-AVIONS ANGLAIS « GLORIOUS »

On se rappelle que le porte-avions Glorious a été coulé en juin 1940 lors de l'évacuation de Narvik.

avec l'aviation de reconnaissance maritime, résultat du développement de la puissance motrice.

Depuis ses débuts jusque vers 1930, l'avion de torpillage monomoteur, strictement limité en poids, devait se cantonner dans la formule monoplace, les uns pour porte-avions (Blackburn « Ripon »), les autres terrestres (Vickers « Vildebeest »), etc. A partir de 1930, disposant de moteurs de 600 ch et plus, il s'équipa à la manière d'un triplace de reconnaissance ou d'observation, et on aboutit à la formule T.S.R. (ce qui veut dire *torpedo-spotting-reconnaissance*, c'est-à-dire, en français, torpillage-observation-reconnaissance) et dont le prototype semble avoir été le Blackburn « Shark » de 1933. Cette formule ne tarda pas à être généralisée avec le Do 22 yougoslave, l'Arado 95 allemand, le P. L. 107 français et le Laté 298. C'est sous cette forme que l'avion ou l'hydravion de torpillage mo-

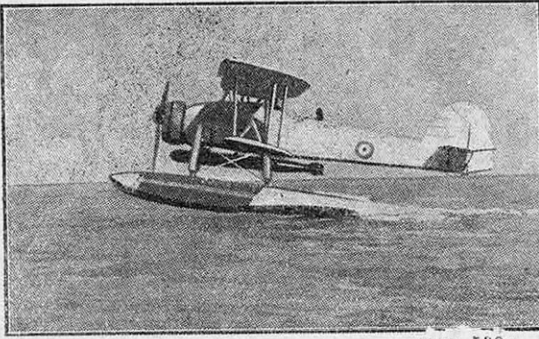
nomoteur se présenta au début de la guerre de 1939.

La formule aurait évidemment pu être élargie; certains avaient préconisé de généraliser les torpilles sur les grands hydravions d'exploration multimoteurs, pour en faire de véritables « torpilleurs d'escadre volants ». L'expérience ne fut pas tentée (1), mais nous verrons plus loin que la récente innovation des « Aero-silurante » italiens à deux torpilles dérive en partie de cette conception.

L'aviation de torpillage de la guerre 1939-1941 : « Swordfish » et « Albacore » britanniques

Chez les Britanniques, on s'en tient à la formule T. S. R. et au monomoteur

(1) Elle le fut toutefois en 1916, lorsque le lieutenant anglais Porte, constructeur des hydravions à coque bimoteurs, type M. 12 « America », essaya de faire porter deux torpilles à ces hydravions de croisière.



T W 5387

FIG. 6. — LE FAIREY « SWORDFISH », AVION TORPILLEUR DES PORTE-AVIONS BRITANNIQUES 1939-1940 C'est un biplan à train fixe sans essieu à moteur Bristol « Pegasus » de 775 ch ou « Perseus » de 900 ch. Il est éventuellement transformable en hydravion à flotteurs, mais, dans ce cas, il décolle difficilement à pleine charge avec une torpille dont le poids est de 750 kg (poids total 4 tonnes). Le « Swordfish » est à missions multiples (torpillage, observation, reconnaissance), et, dans ce but, est équipé en triplace. C'est au fond un avion de reconnaissance et de torpillage dont la vitesse est de 295 km/h.

« monotorpille », apte à s'envoler d'une plate-forme de porte-avions et à y atterrir. Le type réglementaire en 1939 était le Fairey « Swordfish », à moteur Bristol « Pegasus » de 775 ch. Peu rapide, mais pratique : vitesse 280 km/h, utilisé indifféremment pour la reconnaissance et la patrouille anti-sous-marine comme pour le torpillage, si l'occasion s'en présente. Les deux missions « reconnaissance » et « torpillage » sont liées, puisque c'est aux avions de reconnaissance qu'il appartient de découvrir les navires ennemis avant de les attaquer. La limitation du nombre des avions à bord d'un même navire porte-avions oblige d'ailleurs à réduire le nombre des types.

Le successeur du Fairey « Swordfish » pour 1940-1941 est l'« Albacore », très analogue et équipé d'un moteur plus puissant : Bristol « Taurus » de 1 065 ch, et dont la vitesse est de 320 km/h.

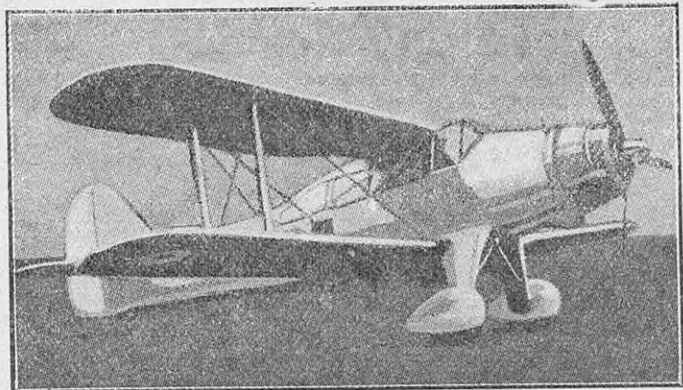
De Mers-el-Kébir à Tarente : la tactique du 11 novembre 1940

Il fallut attendre 1940 pour que les « Swordfish » torpilleurs fissent parler d'eux dans la guerre aéronavale : un épisode en Norvège, en avril 1940 (attaque d'un torpilleur alle-

mand dans un fjord), puis celui de Mers-el-Kébir, le 3 juillet 1940. C'est, en effet, au cuirassé français *Strasbourg* que revint le triste privilège d'être la cible des torpilles d'un « Swordfish ». Fort heureusement, il évita l'attaque par une habile manœuvre, mais quelques jours après, le *Dunkerque*, déjà blessé en rade de Mers-el-Kébir, subissait leur attaque. Puis, le 7 juillet, ce fut une tentative sur le *Richelieu* à Dakar. Pour toutes ces attaques, l'envol eut lieu de la plate-forme d'un navire porte-avions.

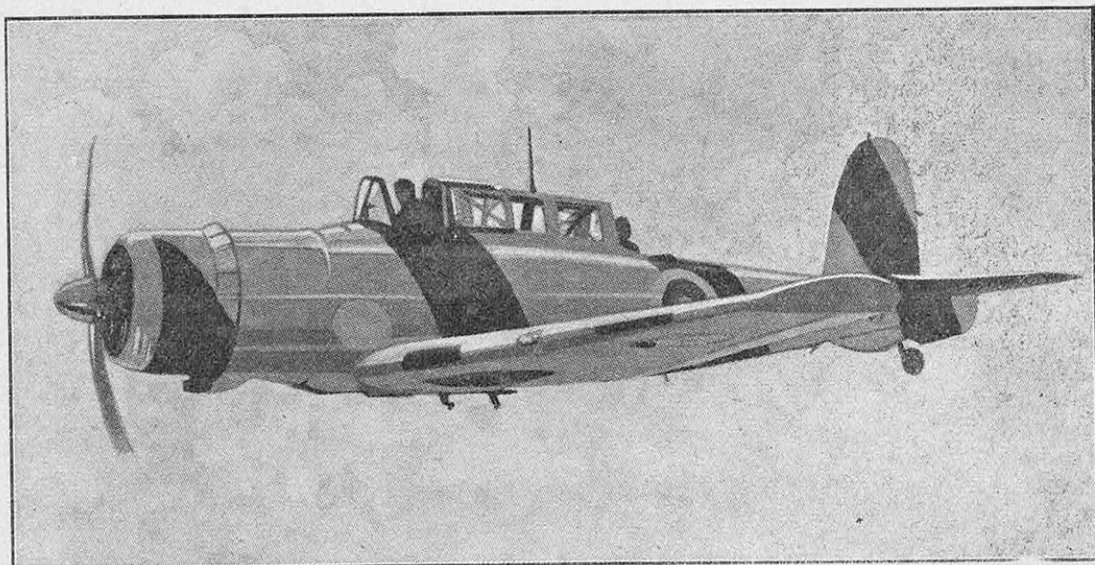
Dans la soirée du 11 novembre 1940, les « Swordfish » de l'*Illustrious* furent lancés sur la flotte italienne en rade de Tarente. L'opération a donné lieu à une innovation intéressante au point de vue tactique. Une vague de Blackburn « Skuas » de bombardement en piqué s'envolèrent d'abord du porte-avions et, arrivant à 400 km à l'heure, lancèrent leurs bombes de 250 kg. Délestés, ils se transformèrent en avions de chasse biplaces. Le « Skua » est armé de quatre mitrailleuses fixes logées dans les ailes et d'une mitrailleuse arrière en tourelle. Ces avions de chasse restèrent au-dessus de l'objectif pour protéger l'arrivée des « Swordfish » torpilleurs, plus vulnérables à cause de leur vitesse inférieure (280 km/h) et l'attaque eut lieu à la faveur de la pleine lune. On sait que trois navires de bataille italiens furent avariés au cours de cette attaque : le *Littorio*, le *Cavour* et le *Duilio*. L'opération n'avait coûté que deux avions perdus.

Les « Swordfish » réapparurent au combat du Cap Teulade (extrémité sud



T W 5388

FIG. 7. — LE FAIREY « ALBACORE », AVION TORPILLEUR 1941 C'est en quelque sorte le successeur du Fairey « Swordfish », de construction analogue, mais avec une cellule plus affinée. Il est équipé d'un moteur plus puissant Bristol « Taurus » de 1 065 ch. Sa vitesse atteint 320 km/h.



T W 5380

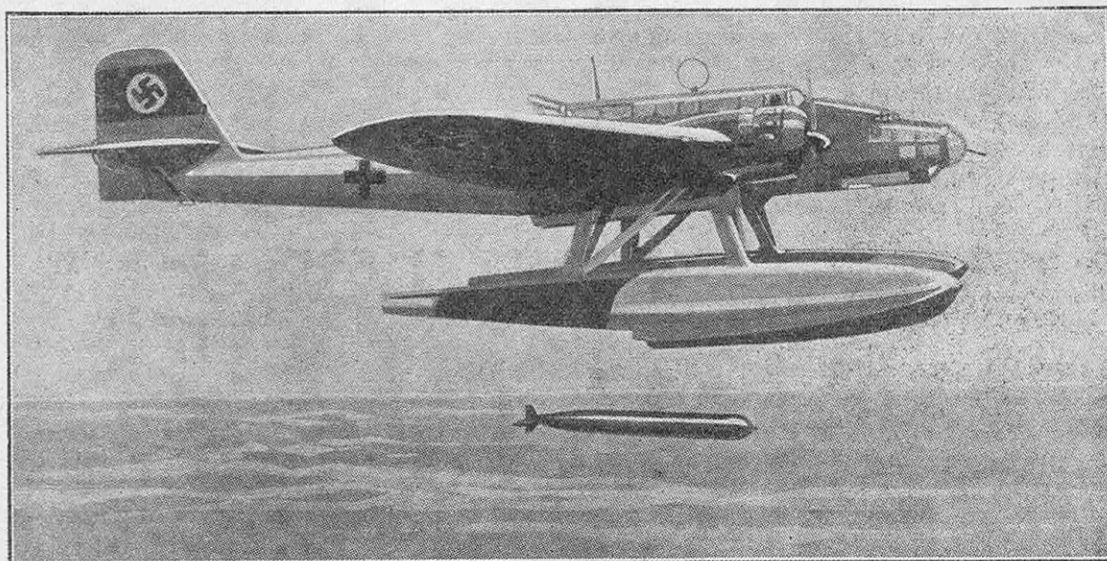
FIG. 8. — L'AVION DE BOMBARDEMENT EN PIQUÉ DES PORTE-AVIONS BRITANNIQUES, LE BLACKBURN « SKUA » C'est un monoplane à train rentrant, moteur Bristol « Perseus » sans soupapes. Une fois délesté de ses bombes, il devient un avion de chasse. Le pilote dispose de quatre mitrailleuses d'ailes et le mitrailleur arrière d'une arme montée sur affût mobile dont le champ de tir paraît restreint latéralement, mais très étendu vers le haut. Plus rapide que le « Stuka », sa vitesse est de l'ordre de 400 km/h.

de la Sardaigne) le 27 novembre 1940, mais avec un succès moindre. Envolés du porte-avions *Ark Royal*, ils attaquèrent à plusieurs reprises le cuirassé *Vittorio-Veneto* et des croiseurs de 10 000 tonnes de la classe *Bolzano*, mais sans les toucher. Il est évidemment plus difficile de

torpiller un navire de guerre en route libre à la mer que s'il est immobile dans une rade.

Les Heinkel 115 : torpilleurs et mouilleurs de mines

En 1939, l'aviation allemande disposait d'excellents Heinkel 115, hydravions bi-



T W 5390

FIG. 9. — L'HYDRAVION ALLEMAND HEINKEL 115

C'est un hydravion côtier bimoteur, à usages multiples. équipé de deux moteurs B.M.W de 800 ch. Son poids est de 9 tonnes en ordre de vol et sa vitesse de 345 km/h. Il peut être équipé en torpilleur ou en mouilleur de mines magnétiques.

moteurs de 9 tonnes, équipés de deux moteurs de 800 ch et atteignant la vitesse de 325-330 km/h. Ces Heinkel 115 de 1939, héritiers modernes des Brandenburg de 1917, entrèrent en scène pour la première fois, semble-t-il, le 21 octobre 1940, dans l'attaque d'un convoi marchand escorté sur la côte est d'Angleterre — mais cet essai ne fut pas plus concluant que celui effectué 23 ans plus tôt, dans les mêmes

parages, par les Brandenburg. D'après les communiqués de Londres, les douze torpilles lancées manquèrent le convoi, cependant que sept des Heinkel étaient abattus par la D.C.A. des navires et les Spitfire de chasse accourus à la rescousse.

Depuis lors, les Heinkel 115 semblent s'être consacrés au mouillage des mines magnétiques le long des côtes anglaises plutôt qu'à de nouvelles attaques à la torpille. Il est certain que, la surprise technique aidant, la mine magnétique offrait un bien meilleur rendement dans les faibles fonds de la mer du Nord. D'autre part, l'attaque des buts marins mobiles passait de plus en plus aux « Stukas » de bombardement en piqué. Enfin, la torpille sous-marine elle-même aban-

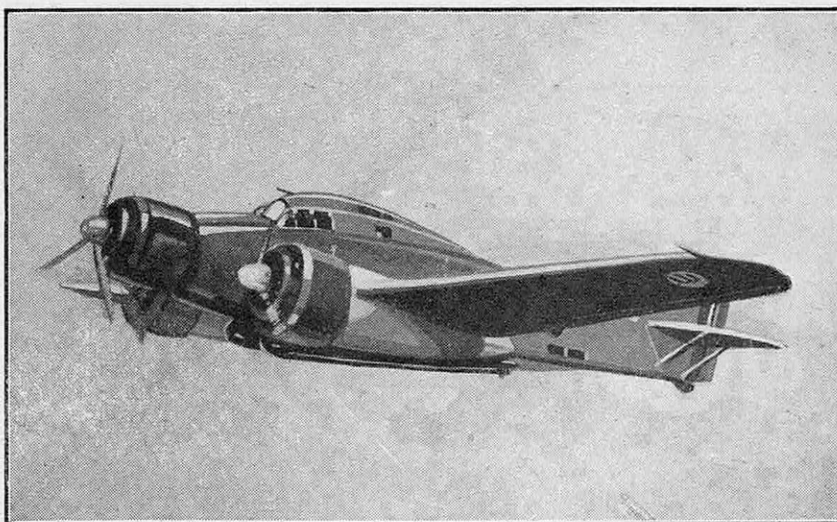


FIG. 11. — UN « AERO-SILURANTE » ITALIEN (TORPILLEUR AÉRIEN) T W 5389

Les Italiens désignent sous ce nom, semble-t-il, les trimoteurs Savoia terrestres à train rentrant du type S. 79 et équipés pour porter deux torpilles. Ils sont équipés de trois moteurs Alfa-Roméo de 750 ch et leur vitesse (sans torpilles) est voisine de 480 km/h.

donnait l'hydravion pour la vedette rapide. C'est ce qui explique la faible activité de l'aviation de torpillage allemande en mer du Nord et en Manche en 1939 et 1940.

Les « Aironi » et « Aerosilurante » de l'aviation italienne

Par contre, l'aviation italienne conservait sa foi dans l'hydravion torpilleur.

En 1940, un excellent matériel est à sa disposition : les trimoteurs à flotteurs Cant Z. 506 B, dit Hérons (Aironi).

Il s'agit de trimoteurs de 10 tonnes, très rapides (vitesse 390 km/h). La puissance ne leur est pas épargnée, puisqu'ils disposent de trois moteurs Alfa-Roméo de 750 ch, soit au total 2 250 ch pour en-

lever une torpille de 750 kg. Trois chevaux par kilogramme de torpille, c'est un luxe qui permet à la fois la vitesse et le rayon d'action.

Enfin, en 1940, on voit apparaître des avions torpilleurs encore plus rapides, les « Aerosilurante ».

Ce sont des trimoteurs terrestres à train rentrant dé-

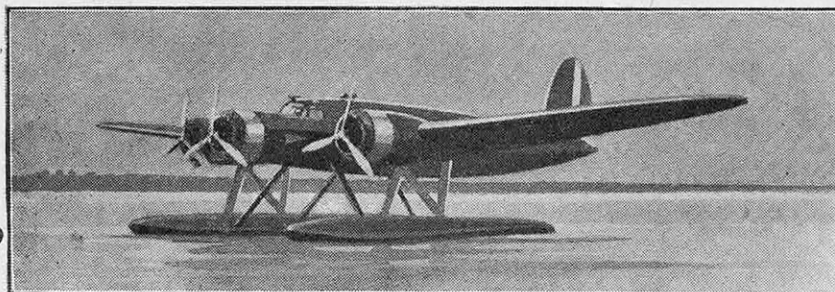


FIG. 10. — L'HYDRAVION ITALIEN CANT Z 506 B, DIT « HÉRON » (AIRONI) T W 5385

Cet hydravion côtier trimoteur paraît une extrapolation de la formule allemande du Heinkel 115. Il est équipé de trois moteurs Alfa-Roméo de 750 ch. Son poids est de 10,5 tonnes en ordre de vol et sa vitesse de 380 km/h.

rivés du Savoia S. 79 et équipés pour porter deux torpilles à la vitesse de 440 km à l'heure. Ils disposent de la même puissance motrice que les « *Aironi* », mais le remplacement des flotteurs par un train rentrant a permis non seulement de gagner en vitesse, mais de prendre une torpille de plus.

L'*aerosilurante* italien se rapproche donc de la règle du « cheval par kilogramme de torpille » que l'on observe

attaque contre un croiseur anglais en rade de la Sude (Crète), le 3 décembre 1940, et sur un paquebot dans le port de Malte, le 9 janvier 1941. Les résultats de ces attaques sont inconnus.

La bataille aéronavale du canal de Sicile (10 janvier 1941) :

« *Aerosilurante* » et « *Stukas* »

La bataille aéronavale du canal de Sicile fit intervenir à la fois des torpil-

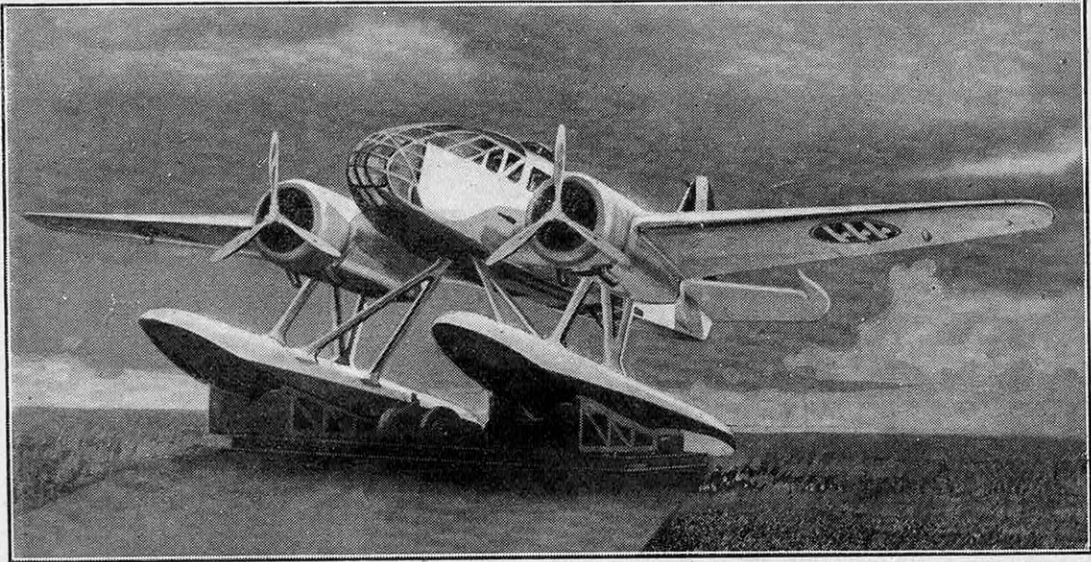


FIG. 12. — L'HYDRAVION TORPILLEUR ITALIEN CAPRONI 312 I. S.

T W 5379

Les lettres I. S. sont l'abréviation de *idro-silurante* (*hydro-torpilleur*). Le même hydravion comporte une version « bombardement léger et reconnaissance », dite C. A. 312 bis. Dans sa version I.S., cet appareil comporte sous le fuselage une nacelle ventrale profilée destinée à loger la torpille. Lorsque la torpille est embarquée, l'équipage est réduit à deux pilotes côte à côte, le second faisant fonction d'« observateur-poinçeur ». Il est chargé de calculer l'angle de visée et de l'indiquer au premier pilote. Lorsque l'hydravion ne porte pas de torpille, il sert à la reconnaissance maritime; il emporte alors un observateur supplémentaire et un opérateur de radio. Cet appareil est équipé de deux moteurs Piaggio de 600 ch; il pèse 5,7 tonnes et a une vitesse de 380 km/h. Il est armé d'une mitrailleuse fixe dans l'aile gauche et d'une mitrailleuse dans une tourelle dorsale balayant tout l'hémisphère supérieur.

dans l'aviation de torpillage britannique.

À l'actif de l'aviation de torpillage italienne, il faut citer :

— le torpillage d'un croiseur type *Kent* en mer Rouge, le 23 septembre 1940, croiseur qui fut avarié;

— le torpillage du croiseur *Liverpool*, dans le canal de Sicile, le 12 novembre 1940, au cours d'un engagement aéronaval (le *Liverpool* réussit néanmoins à rentrer à grand-peine à Alexandrie);

— l'attaque du porte-avions *Illustrious*, le 10 janvier 1941, dans le même canal de Sicile.

Il faudrait ajouter également une at-

teurs de surface italiens qui attaquèrent à l'aube (l'un d'eux, le *Vega*, fut coulé), des torpilleurs aériens italiens, des « *Pichiattelli* », bombardiers légers, et enfin — pour la première fois en Méditerranée — des « *Stukas* » allemands de bombardement en piqué. L'aviation italienne attaqua dans le courant de la matinée du 10, et c'est vers midi que plusieurs torpilles furent lancées avec succès par des « *Aerosilurante* » sur le porte-avions *Illustrious* qui fut touché. D'autres furent lancées sur un cuirassé type *Malaya* et un destroyer l'*Hyperion*. Puis, dans l'après-midi, intervinrent les attaques des « *Stukas* », dont le communiqué anglais re-

connaît que l'action fut la plus dure et la plus efficace. L'*Illustrious* fut touché à nouveau et le croiseur anglais *Southampton* fut réduit à l'état d'épave (il dut être coulé avant son arrivée à Malte).

En dépit du brillant exploit des aviateurs de torpillage italiens, lieutenant d'aviation Copello et lieutenant de vaisseau Olivari, dans l'attaque de l'*Illustrious*, le combat aéronaval du 10 janvier 1941 démontrait — il faut bien l'avouer — le rendement supérieur du « Stuka » de bombardement en piqué sur l'avion de torpillage. Il y a, à ce rendement supérieur, une explication technique.

Le handicap de la torpille sous-marine actuelle : sa lenteur relative

L'hydravion torpilleur est rapide, mais l'engin qu'il lance est beaucoup plus lent. La torpille sous-marine file 40 nœuds à peine (75 km/h). Si le lancement est effectué à une distance de 600 m, par exemple, il faut compter 30 secondes pour parcourir ces 600 mètres. En 30 secondes, le navire visé peut avoir le temps d'évoluer et de se dérober à la vue de l'avion torpilleur ou du sillage de la torpille.

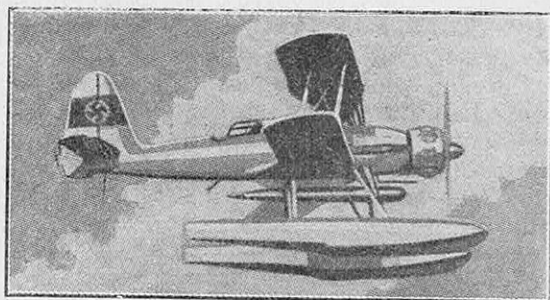


FIG. 13. — L'HYDRAVION TORPILLEUR ALLEMAND ARADO 95

C'est la réplique allemande, semble-t-il, du monomoteur transformable à roues ou à flotteurs, genre Fairey « Swordfish » de l'aviation navale britannique. Il est à missions multiples et en particulier apte au torpillage. Son poids total (en hydravion probablement) est de 3,2 tonnes, sa vitesse est de 320 km/h

Prenons maintenant le « Stuka » et supposons qu'il lance sa bombe à une altitude de 600 mètres, distance supposée égale à la distance de torpillage. La bombe du « Stuka », lancée à 500 km/h, parcourra en 4 secondes à peine la distance qui la sépare du but. Au total, 4 secondes au lieu de 30, la durée de trajet de l'engin est divisée par sept!

Le handicap de la torpille sous-marine vient de ce qu'elle se déplace dans un milieu 800 fois plus résistant que l'air et, dans l'état actuel, qu'elle n'y parcourt que 20 mètres à la seconde, alors que l'avion qui la lance dispose d'une vitesse de 100 mètres à la seconde. La torpille actuelle est donc un engin cinq fois moins rapide que l'avion torpilleur qui la lance. Et l'on peut se demander — paradoxalement — si une torpille de 40 nœuds ne convient pas mieux à une vedette rapide de 50 nœuds (90 km/h) qu'à un hydravion de 200 nœuds (370 km/h). Mais il est probable également que la torpille sous-marine destinée à l'avion n'a pas dit son dernier mot et que des engins sous-marins beaucoup plus rapides, des sortes de bombes à trajectoire sous-marine, pourraient être utilisées plutôt que des engins « automobiles » dont la mécanique n'a pas beaucoup varié depuis la réalisation de Whitehead en 1875.

Date	Lieu	Navires attaqués	Avions attaquants
1940 : 23 sept.	Mer Rouge.	Croiseur Kent avarié.	Hydravions torpilleurs italiens.
12 oct.	Canal de Sicile.	Croiseur Liverpool avarié.	Hydravions torpilleurs italiens.
11 nov.	Port de Tarente.	Cuirassés Littorio , Cavour et Duilio avariés.	6 Swordfish et 6 Skuas du porte-avions Illustrious .
27 nov.	Cap Teulade.	Cuirassé Vittorio-Veneto .	6 Swordfish du porte-avions Ark Royal .
3 déc.	Rade de la Crète.	Croiseur anglais atteint.	Hydravions torpilleurs italiens.
1941 : 9 janv.	Rade de Malte.	Un paquebot atteint.	Hydravions torpilleurs italiens.
10 janv.	Canal de Sicile.	Porte-avions Illustrious et un cuirassé type « Malaya » atteints.	Hydravions torpilleurs italiens et « Stukas ».

TABEAU III. — LES EXPLOITS DE L'AVIATION DE TORPILLAGE EN MÉDITERRANÉE

Pour mémoire, il faudrait mentionner les attaques contre la flotte française de juillet 1940 : contre le *Strasbourg* (3 juillet) en route après son appareillage de Mers-el-Kébir ; contre le *Dunkerque* (6 juillet) en rade de Mers-el-Kébir ; le *Richelieu* fut aussi attaqué, le 7 juillet, dans le port de Dakar.

L'avenir de l'aviation de torpillage est-il la torpille aéro-sous-marine ?

La torpille sous-marine doit s'adapter à l'avion. L'engin réalisé par Whitehead, en 1880, est resté une mécanique précise et compliquée qu'il convient de simplifier en tenant compte des conditions aériennes de lancement. La grande vitesse de l'avion (200 m/s) doit être mise à profit pour la propulsion de l'engin dans sa trajectoire sous-marine. C'est ainsi qu'une torpille non automobile pesant 200 kg et lancée à 200 m/s conserverait, au bout de 100 m, une vitesse restante de 80 nœuds (40 m/s). Si l'on ajoute à cet engin une fusée propulsive permettant de maintenir la vitesse à 100 nœuds (50 m/s), la trajectoire se prolongerait sur 600 mètres supplémentaires, sans que le poids de la fusée dépasse 80 à 100 kg. En résumé, 250 à 300 kg, une vitesse de 100 nœuds (50 m/s), une portée de l'ordre de 800 m, voilà la torpille aéro-sous-marine proposée il y a déjà plusieurs années.

Autre avantage : grâce à sa grande vitesse, une telle torpille pourra perforer les tôleries du système de protection anti-

sous-marine actuellement en usage. A la vitesse de 20 m/s, la torpille sous-marine actuelle se contente d'exploser au contact de la tôle de coque extérieure. A 40 m/s, la torpille « percerait », et viendrait exploser au contact des cloisons internes, ce qui rendrait inefficace le système de protection anti-sous-marine actuel.

La torpille aéro-sous-marine de demain sera-t-elle une torpille de 250 à 300 kg (à ce poids, l'avion torpilleur de 1941 en prendrait trois pour une), une torpille propulsée par fusée, de 80 nœuds, et capable, par conséquent, de rompre le dispositif de protection anti-sous-marine des navires les plus modernes ?

L'avenir nous le dira. Ce que l'on peut constater, c'est qu'en dépit des résultats considérables obtenus en torpillage par l'aviation navale britannique et par l'aviation italienne de 1940, l'aviation allemande de 1941 reste sur la réserve, et que le mariage de la torpille sous-marine et de l'avion moderne rapide est encore imparfait — mais qu'il est techniquement perfectible.

Pierre BELLEROCHÉ.

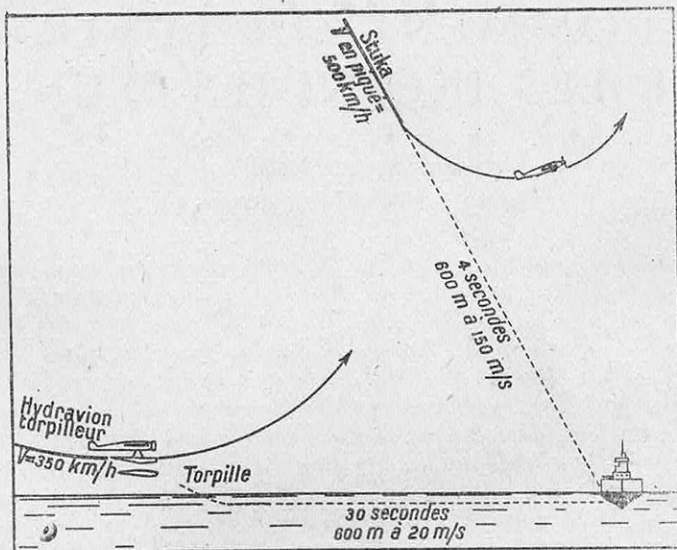


FIG. 14. — L'ACTION DU BOMBARDIER EN PIQUÉ ET DE L'HYDRAVION TORPILLEUR CONTRE UNE UNITÉ NAVALE

Le « Stuka » en piqué est plus rapide que l'hydravion torpilleur volant en palier au ras de l'eau pour lancer sa torpille. Mais surtout la vitesse du projectile lancé est beaucoup plus grande : 150 m/s au lieu de 20 m/s pour la torpille dans sa trajectoire sous-marine. La durée de trajet est réduite à 4 s pour la bombe contre 30 s pour la torpille à égalité de distance de lancement supposée de 600 m.

la Science et la Vie est le seul magazine de vulgarisation scientifique et industrielle.

LE PÉTROLE : COMMENT ON L'EXTRAIT DES COUCHES PROFONDES DU SOUS-SOL COMMENT ON LUTTE CONTRE LES INCENDIES D'UN PUIT

par S.-R. GUÉRONIK
Ancien Élève de l'École Polytechnique

L'invention du moteur à explosions, que sa légèreté permet d'employer à la propulsion de tous les véhicules, et l'emploi de plus en plus répandu de la chauffe au mazout à bord des navires modernes, ont fait du pétrole une des sources d'énergie les plus précieuses dans la paix comme dans la guerre; aussi la possession de gisements pétrolifères est-elle devenue un facteur important de la puissance d'une nation. La France, qui est extrêmement désavantagée au point de vue de ses ressources en carburants liquides, a cependant l'espoir que la nappe découverte récemment dans la région de Saint-Gaudens (1) pourra satisfaire une part de ses énormes besoins en pétrole. Mais les réserves de ce précieux liquide constituent un don de la nature, l'homme doit le mériter par un travail acharné. Si l'on excepte de rares régions où il affleure à la surface du sol, on doit le plus souvent aller chercher le pétrole à de grandes profondeurs (supérieure à 2 000 m à Saint-Gaudens, 4 500 m dans certains gisements américains), grâce à une technique mise au point surtout en Amérique. Les études géologiques préliminaires, les forages profonds constituent des opérations coûteuses et d'un succès aléatoire. Et quand elles ont décelé un gisement, l'extraction doit être conduite avec la plus grande prudence si l'on veut éviter que, par suite des jaillissements de gaz ou de liquides inflammables à haute pression (200 atmosphères), l'incendie ne vienne détruire le gisement malgré les puissants moyens que la technique moderne sait mettre en œuvre pour combattre le sinistre.

LE rôle de premier plan joué par les produits pétroliers dans la guerre actuelle explique la lutte, tour à tour ouverte et cachée, que se sont livrée les belligérants autour des puits de Roumanie, gisement pétrolifère le plus proche du théâtre des opérations. Des informations sensationnelles de la presse ou de la radio ont attiré l'attention sur certains aspects de cette lutte et, notamment, sur le sabotage ou la destruction des installations. Indépendamment de toute malveillance, le feu reste toujours le grand danger d'une exploitation pétrolière et l'on peut dire qu'il n'existe pas de méthodes générales contre lui : chaque feu est un cas d'espèce et le procédé d'exploitation, la nature du ter-

rain, l'étendue du sinistre, le régime des vents sont autant de facteurs devant déterminer la ligne d'action des ingénieurs chargés de le combattre. Aussi, un bref rappel des méthodes d'exploitation les plus répandues est-il nécessaire avant d'étudier les causes d'incendie et les moyens d'extinction dont on dispose.

Le problème de l'exploitation d'un gîte pétrolifère

On sait qu'un gisement pétrolifère se présente très généralement sous la forme d'une imprégnation par l'huile minérale brute de roches poreuses dites roches magasin, recouvertes par des couches imperméables ayant empêché l'émigration du liquide. Le plus souvent, la partie supérieure de la roche magasin renferme des gaz sous pression (gaz combustibles

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 277, septembre 1940.

composés principalement de méthane, mais pouvant contenir des carbures plus ou moins lourds condensables) et sous le pétrole on trouve de l'eau salée. Dans le cas d'une structure anticlinale, on a là le schéma bien connu (fig. 1).

Le problème de l'exploitation consiste à percer d'un forage (1) l'ensemble des terrains recouvrant le gisement, à aller jusqu'au pétrole, à l'extraire du sol en le souillant le moins possible et à le capter à la sortie du forage pour l'amener aux installations de raffinage. Bien entendu, comme il s'agit d'imprégnation et non pas, comme l'imagine communément le profane, de « poches », il ne suffira pas généralement d'un seul sondage pour épuiser un champ pétrolifère, mais il faudra multiplier (fig. 2) des trous plus ou moins rapprochés, suivant leur diamètre et suivant la porosité de la roche magasin. On admet généralement pour un gisement moyen comme porosité et comme profondeur qu'il faut un puits tous les 2 ou 3 hectares. On peut d'ailleurs, dans certains cas (grès par exemple), augmenter artificiellement la porosité au voisinage d'un sondage (notamment pour ranimer un forage qui commence à s'épuiser) en « torpillant » le fond du trou, c'est-à-dire en faisant éclater au niveau de la roche magasin une charge (pouvant atteindre 150 kg) de nitroglycérine contenue dans des torpilles en fer blanc et mise à feu électriquement.

(1) Nous ne parlerons pas ici de l'exploitation par puits et galeries adoptée pour certains gisements pauvres du type Pechelbronn où la roche imprégnée est traitée comme un véritable minerai, extrait en chantiers souterrains.

Généralement, les terrains traversés n'auront pas une tenue suffisante pour que l'on exploite le forage tel quel sans risque d'éboulement. En outre, les niveaux aquifères se déverseraient librement dans le sondage et l'on pourrait « noyer » la couche en créant une émulsion difficile

à sortir ou même en faisant refluer complètement le pétrole. On est ainsi conduit à tuber, c'est-à-dire à descendre un conduit métallique composé de tubes d'acier assemblés par vissage de façon à assurer l'étanchéité de l'ensemble et dont le bas, terminé par un sabot tranchant, entre dans le terrain et empêche les venues d'eau (1). On

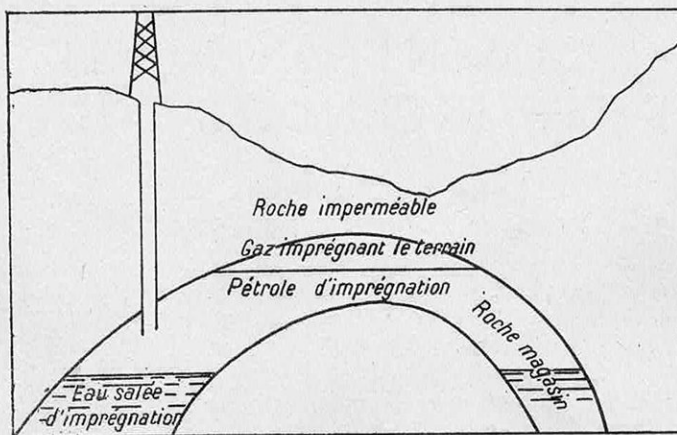


FIG. 1. — SCHÉMA D'UNE NAPPE PÉTROLIFÈRE SOUTERRAINE

La décomposition de débris d'animaux ou de végétaux marins déposés au fond de la mer ou d'une lagune et recouverts par la suite de roches imperméables a donné naissance à des hydrocarbures liquides et gazeux et à de l'eau salée. Ceux-ci, superposés par ordre de densité, imprègnent les roches poreuses et s'accumulent au sommet d'un « anticlinal » formé par une couche de roche imperméable qui les empêche d'émigrer vers la surface du sol. Le forage, suivant le point où il aboutit, pourra donner du gaz, de l'huile ou de l'eau salée.

complète souvent en cimentant sous pression l'espace compris entre le tubage et le terrain.

Les trois phases successives de la vie d'un puits sont le forage, l'exploitation et le déséquipement.

Le forage d'un puits

Il existe de nombreux procédés de forage et l'on utilise pour les recherches d'eau ou de gisements miniers des appareils par battage au câble (procédé pennsylvanien ou chinois, fig. 3) ou à la tige (procédé canadien), ainsi que des appareils rotatifs à couronne de diamant ou à la grenaille. A l'heure actuelle, le procédé le plus employé dans les grands champs américains, ainsi que dans les recherches récentes en pays neufs (neufs

(1) Le plus souvent on fait plusieurs passes de tubage pour éviter les éboulements en cours de sondage et aveugler les venues d'eau avant de risquer de rencontrer la couche. Il faut chaque fois reprendre le sondage avec un outil de plus faible diamètre.

au point de vue de l'exploitation du pétrole) est le rotary : comme son nom l'indique, l'outil (ou trépan) attaque le sol par rodage en tournant rapidement et en appuyant sur le fond du trou. Le trépan, en forme de cœur ou de queue de poisson (fig. 4), est en acier ; la partie qui

et remonte autour en entraînant la boue. Souvent, on injecte de l'eau alourdie en y délayant de la marne ou même de la baryte : l'eau lourde a l'avantage de mieux remonter les déblais et de colmater le sondage en attendant le tubage.

Pour placer le tubage, il faut remonter

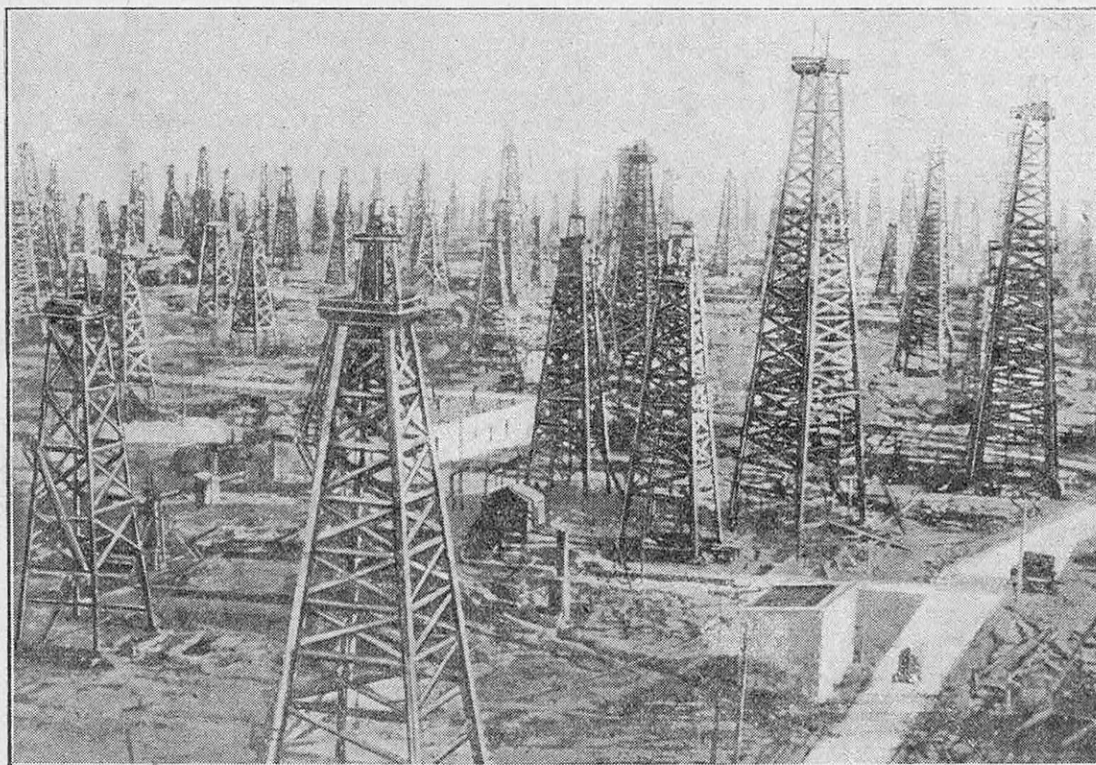


FIG. 2. — CHAMP PÉTROLIFÈRE AU MEXIQUE

T W 5061

Chaque puits draine autour de lui une certaine superficie qui dépend de la porosité de la roche. Pour épuiser tout le gisement, on doit le plus souvent exécuter un grand nombre de forages dont les « derricks » donnent à la région pétrolifère son aspect caractéristique.

travaille est en acier spécial très dur (1). Le trépan est entraîné par un tube de tiges creuses vissées par éléments de 6 à 9 m. A la surface, le tube se termine par un élément à section carrée. Une table à ouverture plus grande, où l'on cale le tube par des coins, lui transmet son mouvement de rotation (200 tours/minute).

Pour que le poids de la tige n'entraîne pas sa flexion, on maintient l'ensemble par un palan suspendu à un chevalement métallique (derrick, fig. 5). On laisse filer peu à peu le câble du palan en freinant puissamment. Le curage du fond du trou et l'évacuation des déblais se font par injection d'eau qui descend par la tige

(1) On peut également utiliser certains alliages comme le widia, carbure de tungstène fabriqué par Krupp.

et remonte autour de lui en entraînant la boue. Souvent, on injecte de l'eau alourdie en y délayant de la marne ou même de la baryte : l'eau lourde a l'avantage de mieux remonter les déblais et de colmater le sondage en attendant le tubage. Pour placer le tubage, il faut remonter

tout l'outil ; on dévisse généralement plusieurs éléments à la fois et on n'est limité que par la hauteur du derrick (d'où l'intérêt des derricks élevés, de 30 m et plus). Un sondage se passe d'ailleurs rarement sans incidents : rupture de tube, coincement d'outil, etc... Il existe toute une série d'instruments, caracole, cloche à taraud (fig. 6), etc., pour repêcher l'extrémité du tube inférieur et le remonter.

Ce type de sondage est spécialement bien adapté aux terrains tendres où il permet des vitesses d'avancement de 30 m et plus par jour (1). Par contre, la verticalité n'est pas bien assurée et le sondage peut dévier d'une centaine de mètres. Quand on traverse des couches

(1) On est descendu parfois de 100 m en un jour.

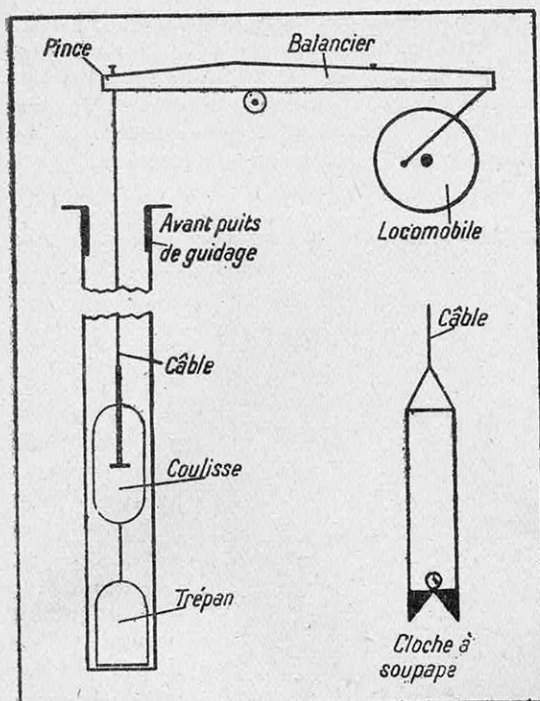


FIG. 3. — LE SONDAGE AU CÂBLE PAR LE PROCÉDÉ PENNSYLVANIE

Un câble en aloès ou en métal, animé par un balancier d'un mouvement de va et vient (50 à 60 coups par minute), supporte le trépan, dont les chocs répétés délitent la roche. La liaison entre le câble et le trépan se fait par une coulisse qui régularise l'intensité du battage et évite les réactions trop violentes dans le câble. Le curage, discontinu, se fait au moyen d'une cloche à soupape.

plus dures, il faut utiliser des trépan spéciaux à molettes qui roulent sur le fond du trou (dicônes ou tricônes, fig. 7). Cet appareillage très spécial n'a été fabriqué jusqu'à présent qu'aux Etats-Unis (tout au moins pour les tricônes).

Quand on a affaire uniquement à des terrains durs, il est généralement préférable de recourir au sondage au câble. Toutefois, on réussit aujourd'hui à forer en terrain dur en rotary et on l'adopte très généralement pour tous les forages profonds (1). C'est ainsi qu'on a atteint à Gulf Mac Elroyd, au Texas, la profondeur de 3 730 m, record qui n'a été dépassé que tout récemment en Californie où l'on a dépassé 4 500 m (forés en six mois).

Exploitation du forage

Le forage une fois terminé et tubé (avec un tube d'extraction intérieur, terminé

(1) En Pennsylvanie, on est resté fidèle au forage au câble même profond et on a atteint par ce procédé 400 pieds à Roane County (Virginie). Cela ne va pas sans difficultés ni incidents.

par une crépine, fig. 8), il arrive très souvent que le pétrole jaillisse sous l'effet de la pression des gaz qui le recouvrent (fig. 9). Si le sondage est mal placé, on a d'ailleurs pu rencontrer les gaz d'abord et ceux-ci font éruption de la même façon : il faut alors obturer la tête du sondage au moyen de vannes spéciales (la pression peut monter à 150 ou 200 atmosphères) et « tuer le sondage » de façon à garder le bénéfice de cette pression élevée pour l'extraction ultérieure du pétrole par le même puits poussé plus profond ou par un autre. C'est au moment de ce jaillissement que se produisent souvent les inflammations et il y a lieu de prendre des précautions d'autant plus minutieuses qu'il se produit souvent à l'improviste. La tête de sondage doit être équipée (casing-head) pour permettre de canaliser l'huile vers les réservoirs.

Au bout d'un certain temps, la pression diminue et il faut avoir recours à des méthodes d'épuisement artificiel; on peut parfois prolonger le jaillissement en descendant un deuxième tubage de diamètre plus petit. Mais le plus souvent, il faut recourir au pompage, au cuillérage (bailing), à la succion (swabbing) ou à l'injection d'air comprimé (air-lift ou gas-lift). Enfin, nous avons vu qu'on peut procéder au torpillage pour ranimer un sondage dont la production se tarit.

Enfin, la production ne suffira plus à couvrir les frais et le sondage sera abandonné. La vie d'un sondage est très variable et si l'on cite au Caucase des cas de pompage en activité

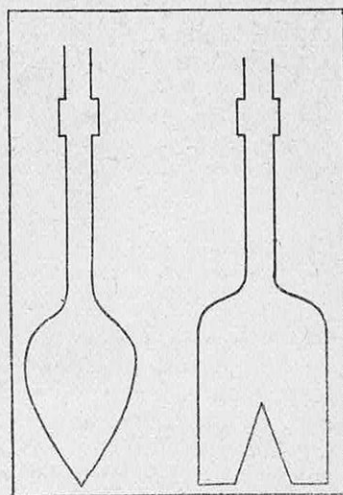


FIG. 4. — DEUX FORMES DE TRÉPANS UTILISÉS POUR LE SONDAGE PAR « ROTARY »

Le trépan, en acier spécial très dur, entame la roche en tournant rapidement. Il est entraîné par un tube d'acier formé d'éléments de 6 à 9 m, qui se vissent les uns sur les autres au fur et à mesure de la descente du trépan. Celui-ci s'enfoncé, suivant la dureté de la roche, de 10 à 100 m par jour.

pendant cinquante ans, les durées moyennes dans les grands bassins américains sont de cinq à six ans avec des productions totales de quelques milliers de tonnes (certains sondages ont donné plusieurs millions de tonnes, mais ce sont là de cas tout à fait exceptionnels) (1).

Quand le sondage est abandonné, on récupère généralement les tubages, mais l'opération peut être très difficile en raison des tassements du sol autour du tubage.

Les feux dans les puits jaillissants

Nous avons dit plus haut que c'est au moment où le gaz ou l'huile font éruption qu'il y a lieu de craindre tout spécialement le feu : une cause fortuite, comme la projection par le sondage de blocs allant heurter des parties métalliques et donnant des étincelles, suffit à provoquer des catastrophes d'une amplitude inouïe pouvant entraîner la perte d'un gisement tout entier.

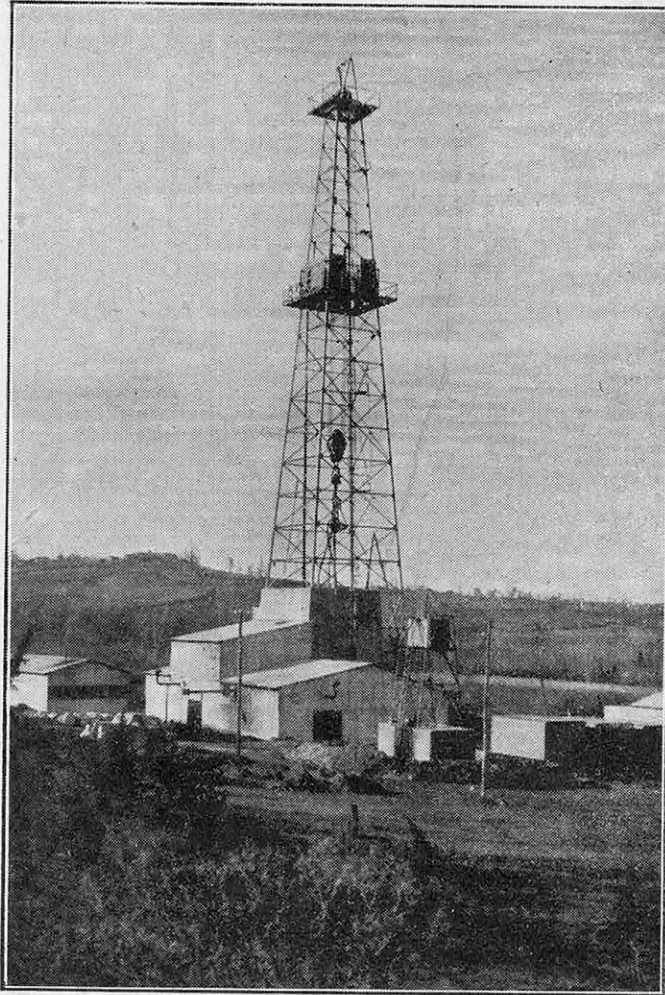
La lutte contre un tel fléau est toujours très difficile; la colonne de flamme peut s'étendre à plusieurs centaines de mètres : c'est ainsi qu'à Caddo, en Louisiane, un

(1) Le Juan Casiano n° 7, au Mexique, a donné 15 000 000 t en 8 ans. De même le Potrero del Llano n° 4.

feu visible à plus de 50 km dura cinq mois. Si les quantités de pétrole sont importantes, le pétrole en flammes retombe aux alentours et allume de nouveaux foyers; l'intense chaleur dégagée, la fusion des parties métalliques du chevalement interdisent l'approche et même si l'on peut

s'avancer, le tubage souvent endommagé ne permet pas l'obturation.

L'histoire de tous les grands bassins comporte quelques feux célèbres: c'est ainsi que, le 11 juillet 1911, une éruption soudaine de gaz s'enflamma à la sonde 7 de la Société Astra Romana, à Moréni, en Roumanie. Les flammes qui montaient à 150 m de haut ne purent être éteintes qu'après trois semaines de lutte à la vapeur d'eau. Le feu de Caddo, que nous avons cité plus haut, survint dans les circonstances suivantes: le sondage Producers n° 2 don-



T W 5060

FIG. 5. — UNE INSTALLATION DE FORAGE AU MAROC

Le forage s'exécute suivant le système « rotary ». La longue tige creuse, qui porte à son extrémité le trépan, est soutenue par un palan suspendu à un chevalement métallique appelé derrick. Au fur et à mesure qu'elle s'enfonce, on visse à son extrémité supérieure de nouveaux éléments.

na un jaillissement puissant en mai 1905; la force des gaz était telle qu'il se forma à la tête du sondage un cratère (qui finit par atteindre 75 m de diamètre) empli de boue où s'engloutirent le derrick et les installations. Le 18 juin, le feu se mit au gaz : une flamme, de 10 m d'épaisseur, jaillissait ainsi du milieu d'un lac bouillonnant. Le même champ du Caddo fut le

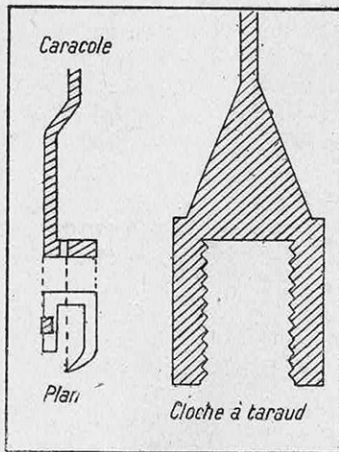


FIG. 6. — LES INSTRUMENTS DE « REPÊCHAGE » DE LA TIGE DE FORAGE EN CAS DE RUPTURE

On utilise la caracole quand la tige s'est rompue à la partie inférieure. Pour cela, on amène le doigt autour de la partie restée au fond du trou, et en remontant il saisit un des ren-

fiements des tubes. Si la partie restée au fond est plus importante, on emploie la cloche à taraud avec laquelle on coiffe le haut de la tige, puis on visse en exerçant une forte pression.

théâtre d'autres catastrophes aussi spectaculaires : le sondage Gilbert Tract, de la Caddo Oil and Gas Company, donna un puissant jaillissement de gaz pendant trois ans; le feu s'y mit et la chaleur était telle qu'elle portait à l'ébullition les eaux du cratère de 90 m de diamètre qui s'était formé. En 1908, toujours à Caddo, le sondage Dowes Trustee n° 1 donna une flamme de 40 m de haut.

Au Mexique, le jaillissement fut tel au sondage de Dos Bocas que le tubage fut projeté à l'extérieur; puis le jet d'huile et de gaz s'enflamma, montant jusqu'à 300 m de hauteur. Toute l'huile brûla (pendant 58 jours) et le feu ne s'arrêta que quand apparut l'eau salée. Près de deux millions de tonnes de boue et de sable avaient été projetées et à l'emplacement du sondage l'eau salée chaude emplît un cratère de 120 000 m² (fig. 10).

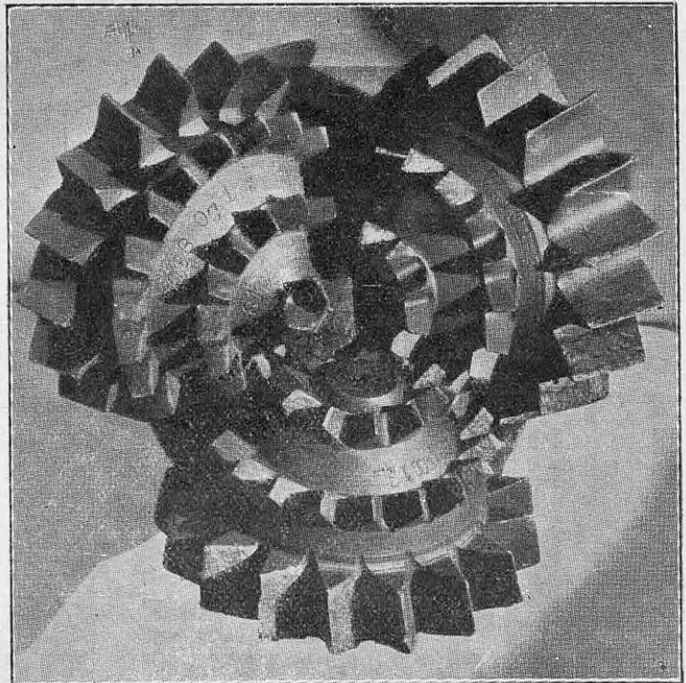
La lutte contre les feux de gaz

Les feux de gaz sont plus faciles à éteindre que les feux d'huile, car le gaz brûle au-dessus du sondage et la flamme se limite à une colonne. La force de l'éruption fait même que le gaz ne s'allume qu'à quelques distances

de la tête du sondage. Si donc on peut arrêter momentanément l'arrivée du gaz combustible, le feu s'éteindra de lui-même. Le plus souvent, pour interrompre ce flux, on a recours au soufflage à la vapeur d'eau : un jet brutal et massif, dirigé sur la sortie du gaz, interrompt l'arrivée d'oxygène et a, en outre, pour effet de refroidir les fumées, ainsi que les objets situés au voisinage. Les autres procédés les plus fréquemment employés sont la canalisation du gaz à la sortie ou le soufflage par explosifs.

Pour attaquer la flamme à la vapeur, on se sert généralement d'une batterie de locomobiles du type utilisé pour actionner les appareils de sondage ou d'épuisement. Les locomobiles sont placées à bonne distance et reliées par des canalisations terminées par des lances. On met sous pression, puis, le moment venu, on lâche brusquement la vapeur par plusieurs côtés à la fois. Quelquefois, on projette directement de l'eau que la flamme transforme elle-même en vapeur.

La canalisation des gaz à la sortie du



T W 5062

FIG. 7. — UN TRÉPAN TRICÔNE UTILISÉ POUR LES SONDRAGES DANS LA ROCHE DURE

Les trois cônes du trépan sont montés « fous » sur un bâti entraîné par la sonde dans son mouvement de rotation. Leurs axes respectifs sont inclinés sur la verticale, de telle manière qu'ils roulent sur le plan horizontal au fond du sondage. Leurs dents, en alliage très dur (carbure de tungstène), pulvérisent peu à peu la roche.

trou peut se faire au moyen d'appareils dits extincteurs à feux de gaz (fig. 11) : on abaisse sur la tête de sondage un gros tuyau vertical ; l'arrivée d'air étant interrompue, la flamme ne se produit qu'à la sortie du tuyau. Puis on bascule l'appareil de façon à amener la flamme sur le côté, à bonne distance du puits.

Pour les petits feux, il existe des types portatifs avec coiffe montée sur roues et portant un tuyau de 6 à 8 m de long. Au lieu du type basculant, on peut avoir une vanne au sommet de la cloche et une autre à la base donnant sur une canalisation de dérivation. Pour des feux importants, l'appareillage est plus encombrant. Dans un cas, on a pu, en se servant d'un câble aérien, transporter un appareil suffisamment haut et le descendre sur le « casing head ». La flamme ainsi relevée, il a été possible de refroidir le sol et les parties métalliques voisines, puis, ayant incliné le haut pour déplacer la flamme, on a rapidement éloigné la cloche de la sortie des gaz coupant ainsi toute arrivée.

Donnons, pour terminer ce chapitre de la lutte contre les feux de gaz, quelques exemples d'emploi des explosifs.

A Elk Hills Field, un puits à gaz qui donnait un débit supérieur à 3000000 m^3 par jour, s'alluma par friction du sable et de schistes entraînés sur le tubage et échauffement. On eut recours en vain au tétrachlorure de carbone et à la vapeur d'eau. On résolut alors de souffler la

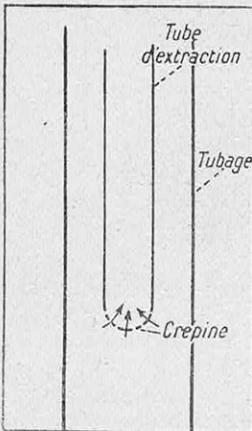
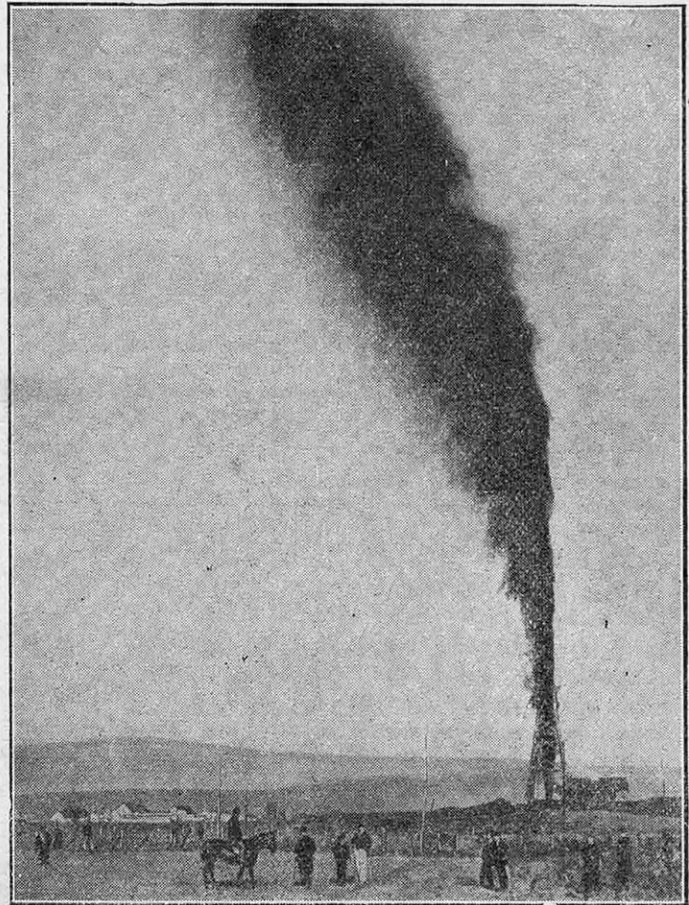


FIG. 8. — L'EXTRÉMITÉ INFÉRIEURE D'UN TUBE D'EXTRACTION

Une crépine, sorte de passoire percée de trous, empêche la roche d'être entraînée avec le liquide qui remonte par le tube d'extraction.



T W 5038

FIG. 9. — JAILLISSEMENT DE PÉTROLE SOUS PRESSION DU FORAGE « STEANA ROMANA », EN ROUMANIE, AU MOMENT DE L'INSTALLATION DU TUBAGE D'EXTRACTION

flamme à l'explosif ; il fallut dresser une tour de chaque côté du feu et tendre un câble passant à quelques mètres de la colonne de flamme qui s'élevait à 70 m de haut. On amena par le câble à proximité de la flamme une benne contenant 150 livres de nitroglycérine et l'on mit le feu. La flamme fut littéralement soufflée de tous côtés. Pendant ce temps, on projetait sur la base du puits de la vapeur et du tétrachlorure pour refroidir et éteindre les foyers secondaires.

Dans un cas analogue, à Garland Anticline (Wyoming), une sonde de la Stock Oil Company fit éruption et une étincelle provoquée par le choc de roches contre le derrick alluma le gaz le 27 février 1936. Le feu dura jusqu'au milieu de juin (le débit atteignait $2\ 000\ 000\ \text{m}^3$). Il fallut construire un « canon » en vieux tubes de canalisation et projeter un peu en dessous de la tête deux torpilles de 12 cm

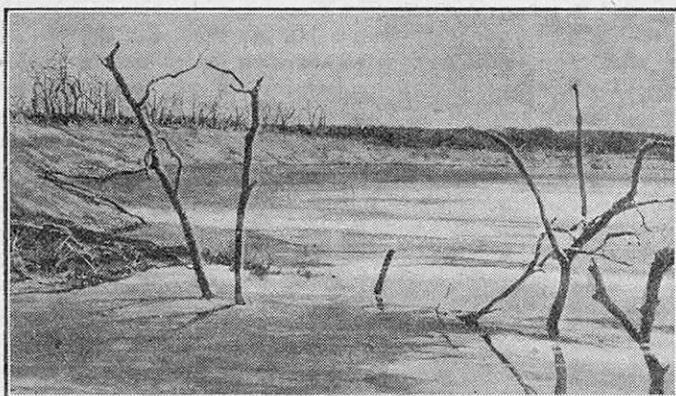


FIG. 10. — CRATÈRE DE 120 000 m² REMPLI D'EAU SALÉE CHAUDE JAILLIE APRÈS L'INCENDIE QUI DÉTRUISIT COMPLÈTEMENT LE PUIT DE DOS BOCAS AU MEXIQUE

de diamètre et 1,50 m de long (1). On profita du soufflage pour introduire une prise sur la sortie, ce qui permit de canaliser les gaz.

Il existe une autre catégorie de feux de gaz beaucoup plus difficile à traiter : c'est le cas où le gaz ne sort plus par un orifice bien déterminé, mais par des fissures du terrain répandues sur un espace plus ou moins considérable. C'est le cas des « feux éternels » de Bakou. Le foyer s'étend et la température élevée à laquelle sont portés les terrains intéressés suffit à rallumer les gaz, même si l'on réussit à souffler la flamme. Dans un feu de ce genre, nous avons vu employer sans succès l'eau, de puissants extincteurs à mousse, et même une projection brutale sur le principal cratère de 3 t de neige carbonique pilée. Il fallut tarir, tout au moins partiellement, la venue des gaz (en injectant, dans la sonde qui était à l'origine des venues, des quantités considérables de ciment) pour venir à bout du feu.

Lutte contre les feux de pétrole

Ici, la flamme n'est plus très bien définie : l'huile enflammée retombe aux alentours, étendant le foyer et en créant de nouveaux. On ne peut généralement pas approcher et les méthodes de soufflage sont très souvent insuffisantes. C'est ainsi que la vapeur ne donne rien contre un feu d'une certaine importance : l'huile se rallume au contact des parois brûlantes du cratère qui se forme et il faut souvent emplir celui-ci complètement de boue pour maîtriser l'incendie. La

(1) Bien entendu, il avait fallu perforer le tubage sous la tête.

lutte nécessite beaucoup d'ingéniosité et il n'existe pour ainsi dire pas de méthodes générales.

Toutefois, un procédé fréquemment employé est celui du tunnel de dérivation. Il consiste à aller percer le tubage sous terre et à faire dévier l'huile dans une canalisation. C'est ainsi qu'on parvint à éteindre un puits jaillissant dont le débit dépassait 6 000 tonnes par jour et que 36 chaudières n'avaient pu souffler.

On fit autour du sondage (fig. 12) une levée circulaire de 1 m de haut et de 70 m de diamètre, puis on creusa un tunnel de 115 m de long pour aller recouper la sonde à 6 m de profondeur.

Le puits contenait 3 passes de tubage. On coiffa le tube extérieur par un joint relié à une canalisation placée dans le tunnel. A l'intérieur de celle-ci, on enfonça un tube terminé par un taraud avec lequel on perça les trois tubages grâce à un vérin. Puis on tourna l'extrémité du taraud de façon à obstruer complètement la sortie par la sonde et à diriger l'huile sous le tunnel (1).

Une variante de cette méthode a été utilisée au lac Maracaïbo, au Venezuela,

(1) Il fallut compléter l'éclanchéité en injectant de l'ouate d'amiante que la pression de l'huile appliqua puisamment sur le joint.

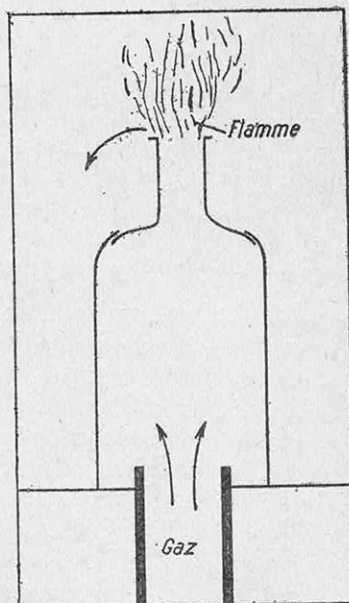


FIG. 11. — UN EXTINCTEUR A FEU DE GAZ

Cet appareil vient coiffer l'arrivée de gaz et relève le point d'inflammation des gaz, ce qui permet au sol de se refroidir; sa partie supérieure est rabattable, de façon à amener la flamme à distance convenable du puits.

à la Lago Petroleum Company en 1936 également. Comme il s'agissait de sondages sous le lac, il fallut percer un deuxième sondage incliné pour aller recouper le premier à 800 m de profondeur.

La prévention des feux

On voit, par ce qui précède, la difficulté de lutter contre les feux. Aussi faut-il s'efforcer par tous les moyens, et notamment par une discipline très sévère et très stricte des chantiers, de prévenir les causes d'inflammation. Il y a lieu, notamment, de ne pas placer de feux dans les derricks (éloigner les forges à outils, les chaudières entourées éventuellement d'écrans métalliques), d'employer exclusivement l'éclairage électrique (1), d'éviter tout échauffement

(1) Dans le cas de puits jaillissants, il est préférable d'éclairer par projecteurs.

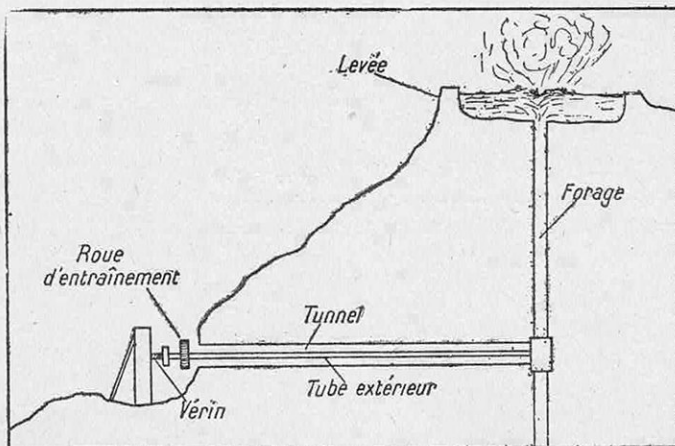


FIG. 12. — L'EXTINCTION D'UN FEU D'HUILE DE PÉTROLE PAR FORAGE D'UN TUBE DE DÉRIVATION LATÉRAL

Une levée de terre creusée autour du puits empêche l'huile enflammée de se répandre au loin. Un tunnel va recouper le sondage et, en dérivant le jaillissement d'huile, permet de tarir le puits. Quand le sol est refroidi, on peut de nouveau faire jaillir l'huile par le forage principal.

par friction en soignant le graissage; il faut aussi porter son attention sur les phénomènes d'électrisation possible et mettre soigneusement à la terre les installations (notamment dans le cas d'entraînements par courroies, de freins). Enfin, il faut proscrire absolument l'emploi

d'allumettes et interdire rigoureusement de fumer. Il reste, d'ailleurs, suffisamment de causes accidentelles d'inflammation, telles que les projections de blocs que nous avons vu être à l'origine de nombreux accidents. Contre ces causes, la meilleure précaution consiste à garder le contrôle des

émissions par une conduite judicieuse du sondage et par une disposition convenable des appareils de sortie ou d'injection de boues.

S.-R. GUÉRONIK.

La découverte de produits chimiques ayant une action spécifique sur certains microbes a ouvert, il y a quelques années, un nouveau chapitre de la thérapeutique. Depuis la mise au point de la sulfanilamide, quelque 2 000 ou 3 000 produits de synthèse ont vu le jour, parmi lesquels les plus couramment employés aujourd'hui sont la sulfapyridine contre le pneumocoque, et la sulfathiazole contre pneumocoque et streptocoque. A une réunion récente de la *Southern Surgical Association* à Hot Springs, aux Etats-Unis, le D^r W. M. Firor, du *Johns Hopkins Hospital*, a annoncé la réalisation de deux nouveaux composés : l'un, dérivant de la sulfadiazine, utilisé contre le pneumocoque et le streptocoque, a un pouvoir toxique remarquablement bas vis-à-vis de l'organisme; l'autre, la sulfanilylguanidine, est susceptible d'une très large application pour le traitement des maladies des voies digestives. Cette dernière substance, traversant les parois intestinales avec grande difficulté, demeure suffisamment longtemps dans le tube digestif pour y attaquer les microorganismes responsables de la fièvre typhoïde, de la dysenterie, etc... D'après le D^r Firor, les expériences faites jusqu'à présent permettent d'espérer que la sulfanilylguanidine pourra rendre de très grands services en chirurgie abdominale.

UNE SOLUTION AU PROBLÈME DE LA VIANDE : L'ALIMENTATION VÉGÉTALE RATIONNELLE

par André FOURNIER

Le problème des aliments azotés (viande, lait, œufs) est actuellement l'un des plus graves que pose le blocus britannique de l'Europe. Nous sommes privés directement de nombreuses sources d'aliments azotés : viandes d'Argentine, poissons des pêcheries de la Mer du Nord et de l'Atlantique. Indirectement, le déficit est encore plus grand. Le bétail ne donne de l'azote sous forme de lait, fromage et viande que lorsqu'on lui en fournit. Or, l'arrêt des importations de graines oléagineuses qui portaient sur une dizaine de millions de tonnes pour l'Europe occidentale ôte à notre bétail une de ses principales ressources en azote : les tourteaux alimentaires, et entraînera une réduction du cheptel. Nous connaissons donc des restrictions de plus en plus sévères sur nos aliments les plus recherchés. Heureusement, notre organisme sait emprunter aux végétaux l'azote nécessaire à son entretien et à sa croissance. Toutefois, des précautions s'imposent dans le choix de ces aliments. L'azote n'est en effet assimilé par nos tissus que sous la forme d'acides aminés dont un certain nombre sont indispensables et ne peuvent se remplacer mutuellement. Les aliments végétaux ne les offrent pas tous simultanément, et, pour être complète, une alimentation purement végétale doit être aussi variée que possible.

La vie est possible sans aliments d'origine animale

LE rôle essentiel des aliments azotés, des « protides » (1), est aujourd'hui connu du grand public comme des spécialistes. L'aliment azoté est un aliment de luxe dont le rôle n'est pas seulement de servir comme source d'énergie, mais principalement comme matériel plastique avec lequel les êtres vivants du règne animal édifient leurs tissus.

De là à confondre l'aliment azoté et l'aliment d'origine animale, il y a un pas qu'il ne faut pas franchir. La vie de l'homme est possible sans aliments d'origine animale. Bien des hommes se maintiennent en effet en parfaite santé dans de telles conditions.

Il ne faut pas ranger dans ce cas les végétariens. Le régime végétarien se borne à exclure toute nourriture qui a vécu de la vie animale : viande de boucherie, basse-cour, gibier, poissons, mol-

lusques..., mais il accepte, en dehors des produits végétaux (céréales, fruits, légumes...), certains aliments tirés du règne animal : les œufs, le lait et ses dérivés, le miel. Le terme de végétarien, déclarent les adeptes de cette doctrine alimentaire, ne vient pas de végétal, mais bien du latin *vegetus*, qui signifie vigoureux (1). Vigoureux, le végétarien peut l'être autant que l'homme qui consent à se nourrir de « cadavres d'animaux » ; témoin le champion finlandais Nurmi et tant d'autres. Et la vigueur intellectuelle du végétarien ne le cède pas à sa vigueur physique : Pythagore, Platon, Newton, tous végétariens, prouvent à l'homme moderne que le travail cérébral n'exige pas la consommation de viande.

La viande, dit le végétarien, n'est pas un aliment qui corresponde à la structure anatomique de l'homme. Il n'a ni les dents acérées, ni la longue mâchoire des carnivores. Ses canines courtes, tant invoquées pour prouver qu'il est omni-

(1) L'ancienne désignation : matières azotées, matières grasses, hydrocarbonées, est généralement remplacée aujourd'hui par la désignation : protides, lipides, glucides.

(1) *Vegetus* et *vigor* ont en effet même origine (racine commune); les dérivés de *vegetus* se sont appliqués par la suite à la désignation de ce que nous appelons le règne végétal.

ALIMENTS		Protides	Lipides	Glucides	Calories au kg
Viande fraîche sans os	Bœuf maigre.	20,6 %	3,5 %	0,6 %	1 200
	Bœuf gras.	18,9 —	24,5 —	0,3 —	3 070
	Veau maigre.	20,7 —	3,1 —	0,5 —	1 200
	Veau gras.	19,5 —	10,5 —	0,4 —	1 790
	Mouton maigre.	19,9 —	6,4 —	0,4 —	1 430
	Mouton gras.	17,0 —	28,4 —	0,3 —	3 350
	Porc maigre.	20,1 —	6,3 —	0,4 —	1 430
	Porc gras.	15,1 —	35,0 —	0,3 —	3 900
Conserves et c. r. r. r.	Corned-beef.	25,5 %	22,5 %	0,5 %	3 100
	Jambon fumé.	24,7 —	36,5 —	0,3 —	4 400
	Saucisson d'Arles. ...	24,9 —	50,6 —	0,2 —	5 580
	Lillettes.	21,5 —	53,7 —	0,2 —	6 000
	Lard fumé et salé. ...	9,0 —	78,8 —	0 —	7 700
Poissons maigres	Bar.	16,2 %	4,1 %	0 %	1 050
	Colin.	18,0 —	0,3 —	0 —	820
	Raie.	19,5 %	0,9 —	0 —	880
	Truite.	19,2 —	2,1 —	0 —	980
Poissons gras	Anguille.	12,2 %	27,5 %	0 %	3 060
	Maquereau.	18,9 —	8,9 —	0 —	1 600
	Saumon.	21,1 —	15,5 —	0 —	2 310
Lait, gras	Lait de vache.	3,4 %	3,6 %	4,8 %	670
	Beurre.	0,7 —	83,7 —	0,8 —	7 850
	Gruyère.	30,6 —	27,2 —	2,7 —	4 010
	Camembert.	18,8 —	22,8 —	1,7 —	2 920
Œufs	Œufs de poule.	13,1 %	9,3 %	0 %	1 400
	Blanc d'œuf.	12,8 —	0,3 —	0,7 —	580
	Jaune d'œuf.	16,1 —	31,7 —	0,3 —	3 620

TABLEAU 1. — COMPOSITION DE QUELQUES ALIMENTS D'ORIGINE ANIMALE

Le tableau ci-dessus donne la composition et la valeur calorifique des principaux aliments d'origine animale. Il ne doit être utilisé que sous les réserves importantes qui suivent. La valeur calorifique des viandes est avant tout fonction de leur teneur en graisse; c'est par l'appréciation de cette teneur qu'on pourra les classer dans la catégorie bœuf maigre, bœuf gras... ou intermédiaire. Si les poissons dits « maigres » ne sont gras qu'exceptionnellement, les poissons dits « gras » peuvent l'être à un degré très différent, et leur valeur calorifique s'en ressentir. Les conserves, charcuteries, fromages fabriqués aujourd'hui en France, ont une valeur calorifique très variable et souvent très inférieure à celle qui est indiquée dans le tableau.

vore, se retrouvent chez des herbivores aussi certains que le cerf et le chameau. Son estomac n'a pas la forte musculature, ni son intestin la brièveté du carnivore. L'absorption de viande ne répond pas à un désir naturel. Lorsque vous passez devant un cerisier chargé de fruits mûrs, dit le docteur Carton, vous avez envie d'en cueillir; lorsque vous apercevez un veau, avez-vous envie de le manger?

Le végétalien pousse le raisonnement plus loin : lorsque vous voyez une vache, avez-vous envie de la traire? Il exclut tout aliment d'origine animale; il affirme, et les adeptes de la doctrine en font la preuve expérimentale, que le règne végétal contient tous les matériaux nécessaires à l'entretien de la vie et des

tissus, à commencer par les matières azotées. Il étend à tout ce qui a participé à quelque titre au règne animal la répulsion du végétarien pour les « cadavres d'animaux ». Laissez l'été au soleil pendant 48 heures du lait ou des œufs, tout comme de la viande ou du poisson, et vous verrez la différence qui sépare ces aliments de ceux qu'on a tirés du règne végétal; les uns seront en pleine putréfaction, les autres simplement suris. Ces 48 heures à 37°, c'est précisément ce qu'ils restent dans notre estomac et notre intestin.

Le régime végétalien, qui recrute un certain nombre d'adeptes, est notamment celui que suivent les Trappistes pendant le tiers environ de l'année, par longues périodes (28 jours à l'Avent, 40 jours au Carême...). Or, les Trappistes travaillent intellectuellement et manuellement; beaucoup parviennent à l'extrême vieillesse.

Le fruitarien est au dernier degré de la sévérité des régimes alimentaires naturalistes. Il a découvert que la constitution anatomique de l'homme est celle du singe frugivore. La conformation de ses mains et la forme de ses ongles plats et peu ri-

gides ne le rendent apte qu'à la cueillette des fruits. Pas plus que le végétarien et le végétalien n'admettent les instruments que l'ingéniosité de l'homme est parvenue à créer pour tuer, découper et préparer les animaux, en remplacement des ongles du carnivore, ils n'admettent ceux qu'ils emploient pour creuser le sol et en extraire les pommes de terre, ou couper la canne à sucre et en sucer le jus. Ils étendent à tous les instruments agricoles la malédiction de Mahomet contre la charrue. L'homme, que la nature a fait pour cueillir des fruits, reviendra à la nature en vivant de fruits.

Cette doctrine est au fond celle de la plupart des Arabes, des nègres, des Asiatiques vivant presque exclusivement de dattes, de bananes, de riz (les grains de

céréales sont des fruits)... Elle simplifie au maximum les obligations alimentaires des adeptes. « Je n'ai pas de cuisinière, déclare l'un d'eux, le romancier américain Upton Sinclair; qu'en ferais-je? Mes provisions se composent d'un baril de noix et d'un baril de pommes, d'un sac de figues, d'un sac de raisins secs et d'un sac de prunes sèches. Une fois par semaine, l'épicier m'apporte un régime de bananes, une caisse d'oranges et un panier de plaquemines (1). »

Pour le romancier qui gagne quelques centaines de milliers de dollars par an, cette simplification de l'existence peut être considérée comme une fantaisie; pour d'autres hommes, c'est une nécessité.

Dans de nombreuses provinces de la Chine, l'étendue de terre cultivable et la densité des habitants ne permet pas à l'homme d'entretenir à côté de lui des animaux avec qui il devrait partager des aliments insuffisants pour lui-même; le régime végétalien est obligatoire. On a calculé que, pour des provinces entières, éloignées de la mer et des fleuves, sources de poissons, la valeur calorique des aliments d'origine animale entrerait pour moins de 1 % dans la ration, soit l'équivalent de trois cueillerées à bouche de lait par personne et par jour. Mais il s'agit là d'une moyenne; les nids d'hirondelles, les œufs pourris et les canards laqués sont réservés à la classe riche; faute de ressources, la classe pauvre y est strictement végétalienne, et se livre cependant à des travaux physiques dont bien peu de nos Occidentaux gavés de viande, de graisse et de laitages seraient capables.

Plus près de nous, l'U.R.S.S. est un exemple de pays où cette même classe

(1) La plaquemine est le fruit d'une espèce d'arbre ou d'arbuste des régions tropicales (plaquemier) et est supposée être le fameux « lotos » que mangeaient les « lotophages » de l'antiquité. Elle est plus connue en Europe sous le nom de « kaki ».

ALIMENTS		Protides	Lipides	Glucides	Calories au kg
Farine et dérivés	Farine de froment...	12 %	1,8 %	69 %	3 500
	— d'avoine.	10 —	5,3 —	60 —	3 450
	— de maïs.	9,5 —	4,1 —	70 —	3 620
	Pain blanc.	9,2 —	1,3 —	53 —	2 650
	Pâtes.	11 —	1 —	68 —	3 350
Légumes-frais	Artichaut.	2,5 %	0,1 %	8,3 %	450
	Asperge.	1,6 —	0,1 —	1,7 —	140
	Carotte.	1 —	0 —	8,5 —	400
	Céleri-rave.	2,5 —	0,2 —	5,9 —	360
	Choux.	1,5 —	0,2 —	5,7 —	320
	Choux-fleurs.	2,5 —	0,3 —	4,6 —	320
	Épinards.	2,3 —	0,3 —	1,8 —	200
	Haricots verts.	2,6 —	0,2 —	6,3 —	380
	Navet.	1,1 —	0,1 —	7,3 —	360
	Mâche.	2,1 —	0,4 —	5,0 —	340
	Petits pois.	5,4 —	0,4 —	15,1 —	890
Poireau.	2,8 —	0,3 —	6,5 —	410	
Pomme de terre.	1,8 —	0,4 —	14,7 —	650	
Scarole.	0,8 —	0 —	4,8 —	240	
Tomate.	1,0 —	0,2 —	4,0 —	260	
Légumes secs	Haricots.	22,5 %	0,8 %	59,6 %	3 350
	Pois.	24,6 —	1 —	62 —	3 450
	Lentilles.	21,6 —	1,6 —	57,1 —	3 440
	Fèves.	19,5 —	1,9 —	58,8 —	3 450
	Riz.	7,9 —	0,5 —	77,8 —	3 560
Soja.	38,3 —	14,9 —	26,6 —	3 940	
Fruits frais	Banane.	1,3 %	0,3 %	22,8 %	1 000
	Fraise.	1,3 —	1,8 —	7,8 —	450
	Poire.	0,4 —	0,2 —	13,6 —	590
	Pomme.	0,4 —	0,6 —	13,3 —	590
	Orange.	0,8 —	1,4 —	12,6 —	610
Raisin.	0,9 —	1,2 —	18,3 —	910	
Fruits secs	Dattes.	1,6 %	0,8 %	71,6 %	3 080
	Raisins secs.	2,0 —	0,5 —	68 —	2 960
Fruits secs gras	Amandes.	11,5 %	30,2 %	9,5 %	3 340
	Noisettes.	7,5 —	31,3 —	6,2 —	3 150

TABLEAU II. — COMPOSITION DE QUELQUES ALIMENTS D'ORIGINE VÉGÉTALE

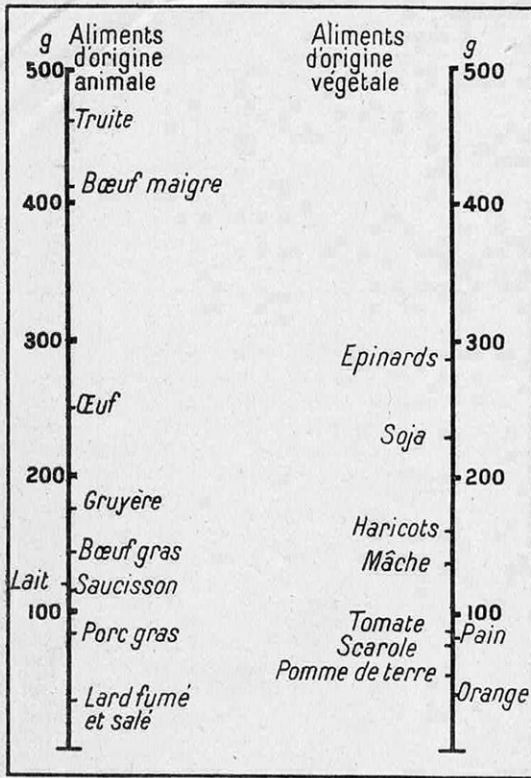
Le tableau ci-dessus donne la composition et la valeur calorifique des principaux aliments d'origine végétale. Il doit être utilisé avec prudence, la composition et la valeur calorifique de ces aliments étant susceptibles de variations notables suivant l'espèce, le degré de maturité, etc...

pauvre est pratiquement réduite aussi à une alimentation végétalienne. Sa vigueur physique ne paraît pas s'en ressentir.

On peut se demander d'ailleurs si cette démonstration était bien nécessaire. Il y a beaucoup de différences entre l'homme et la vache, mais elles ne portent pas sur la composition générale des tissus. Pourquoi veut-on que l'homme soit soumis à la nécessité de former les siens à partir des produits du bétail, et que le bétail seul ait la faculté de croître à partir des aliments du règne végétal?

Les dangers de l'alimentation strictement végétale

Sans y voir, comme Geoffroy Saint-Hilaire, l'explication de la domination



TABEAU III. — TENEUR EN AZOTE DE DIVERS ALIMENTS A VALEUR CALORIFIQUE ÉGALE

La faible teneur en azote de la plupart des aliments d'origine végétale, comparée à la forte teneur des aliments d'origine animale, ne doit pas faire conclure à la difficulté de trouver la quantité globale d'azote apportée dans une ration principalement ou exclusivement végétale. Un facteur aussi important que la teneur en azote est la valeur calorifique de l'aliment; c'est le rapport de ces deux chiffres qui détermine la quantité globale d'azote qui est apportée dans la ration. C'est ce qui explique que la vache laitière, dont les besoins d'azote sont très élevés, les satisfait très bien avec de l'herbe ou des fourrages à teneur de protides de 1 à 3 %; elle en absorbe beaucoup, car leur valeur calorifique est faible. On a indiqué ci-contre, pour quelques aliments d'origine animale et végétale, la quantité de protides qu'on absorberait si la ration (supposée de 2 400 calories) ne comportait que l'aliment envisagé. On voit que ni les « végétariens », ni les « végétaliens » ne risquent guère de tomber au-dessous des 65 g de protides estimés journellement nécessaires; seuls les fruitariens (voir le chiffre donné pour l'orange) doivent faire attention à leur choix de fruits. On notera, ce qui paraît paradoxal au premier abord, qu'une ration composée exclusivement de mâche ou d'épinards apporte plus d'azote qu'une ration composée exclusivement de saucisson d'Arles.

de l'Anglais, mangeur de viande, sur l'Irlandais, mangeur de pommes de terre, et sur l'Hindou, qui s'interdit de toucher à aucun animal, l'étude comparée des régimes alimentaires a permis de mettre en évidence le rôle bienfaisant de nombreux aliments d'origine animale.

L'introduction de quantités croissantes de ces aliments dans la ration développe l'homme soumis à ce régime.

C'est à lui que l'on attribue notamment l'augmentation de taille, traduisant l'amélioration générale du type humain, dans les pays du nord de l'Europe au cours du siècle dernier; le Danois a grandi en moyenne de 8 cm de 1840 à 1914; le Norvégien de 10 cm entre 1800 et 1900; le Hollandais de 12 cm entre 1850 et 1907.

Le résultat de la suralimentation carnée est le même aux Etats-Unis. Sur 400 000 conscrits qui viennent de défiler en 1940 devant le conseil de révision, on trouve, par rapport à 1917, une augmentation de taille de 5 cm et une augmentation de poids de 7 kg. Pour être juste cependant, il faut ajouter que 40 % souffrent de mauvaise dentition, faiblesse pulmonaire, hernie ou pieds plats, ce qui tendrait à démontrer que la suralimentation carnée n'a pas seulement des avantages.

L'expérience a été plus démonstrative encore sur les émigrants pauvres des régions méditerranéennes transplantés en Argentine; leurs enfants, soumis au régime d'une alimentation carnée abondante, se sont trouvés à la première génération de taille beaucoup plus élevée que leurs parents.

Plus récemment, on a observé que la distribution systématique d'un supplément de ration sous forme de lait aux enfants des écoles se traduisait par une prise générale de poids et de taille. Mais il faudrait séparer dans ce cas l'effet des protides contenues sous forme particulièrement assimilable dans le lait et celui des vitamines qu'il renferme.

En sens inverse, l'effet déplorable de certains régimes végétaliens et fruitariens a été fréquemment noté. Le docteur Carton, qui a consacré sa vie à l'étude des régimes naturistes et qui est personnellement partisan du régime végétarien, a eu l'occasion de soigner des fruitariens portugais. Il a relevé chez certains un état de dénutrition totale; le taux de l'azote dans l'urine était tombé au cinquième de la normale; le changement de régime fut impuissant à éviter l'issue fatale.

Les besoins quantitatifs d'azote

Comment expliquer ces faits contradictoires?

Pendant longtemps, la biologie n'envi-sagea le problème que du point de vue des besoins quantitatifs d'azote et ne parvint à donner des faits expérimentaux qu'une explication partielle.

L'homme a incontestablement besoin d'azote pour sa croissance, puisqu'il entre dans la composition de son organisme, et pour son entretien, puisqu'il en élimine de façon continue et que cette élimination persiste même si l'on vient à supprimer tout apport de protides dans la ration. Si l'on veut éviter l'amaigrissement par fonte musculaire et cachectisation, un apport minimum de protides est donc indispensable.

La difficulté commençait dès qu'il fallait trouver la valeur de ce minimum. La principale source d'élimination de l'azote est l'urine où il se présente sous forme d'urée. On pourrait donc croire que la mesure de la quantité moyenne journalière d'urée éliminée permettrait de fixer le taux de la ration journalière d'azote. Mais l'excrétion d'urée se règle précisément dans de très larges limites sur l'ingestion d'azote; constater qu'un groupe d'hommes élimine en moyenne 25 g d'urée, soit environ 12 g d'azote, c'est simplement vérifier par le bilan des pertes que les hommes de ce groupe intro-

AMINO-ACIDES	LACTALBUMINE	CASÉINE
Acide aspartique.	1 %	1,4 %
Acide glutamique.	10,10 —	15,60 —
Arginine.	3,23 —	3,81 —
Proline.	4,00 —	6,70 —
Tyrosine.	0,90 —	4,50 —
Phénylalanine.	2,40 —	3,20 —
Tryptophane.	2,69 —	2,20 —
Cystine.	4,08 —	0,26 —
Histidine.	2,06 —	2,63 —
Lysine.	9,16 —	5,25 —

TABLEAU V. — LA COMPOSITION DE LA LACTALBUMINE ET DE LA CASÉINE

Le lait contient quatre protides, la caséine, la lactalbumine, la lactoglobuline et, dans certains laits (lait de femme notamment), l'opalsine. La caséine est le corps qui coagule sous l'effet de la présure; la lactalbumine et la lactoglobuline sont très probablement identiques à l'albumine et à la globuline du sérum sanguin. On notera la richesse générale de ces protides en tryptophane, cystine, histidine, lysine, à l'exception de la teneur en cystine dans la caséine. C'est une des causes de la supériorité de l'allaitement maternel, le lait de femme étant, par rapport au lait de vache, beaucoup plus riche en lactalbumine et lactoglobuline (5 p. 1000 au lieu de 3 p. 1000) et plus pauvre en caséine (6 à 10 p. 1000 au lieu de 30 p. 1000).

duisent en moyenne dans leur alimentation 80 g de protides qui, au taux moyen de 16 % et tenu compte du rendement de la digestion, fournissent ces 12 g d'azote. Si, au lieu d'absorber 80 g de protides, on en absorbe 200 g, on éliminera l'azote ingéré sous forme de 62 g d'urée.

Pour fixer le minimum indispensable, il fallait donc diminuer la ration jusqu'au point où l'on pouvait noter l'apparition des premiers effets du manque d'azote. Nouvelle difficulté, l'organisme s'adaptant dans une certaine mesure au manque d'azote en restreignant ses éliminations, tout comme il s'adapte au manque de calories dans l'apport alimentaire en restreignant ses combustions.

On s'explique ainsi la diversité des chiffres auxquels on a successivement cru devoir fixer la ration journalière convenable de protides et qui variaient presque du simple au double. La discussion a perdu beaucoup de son intérêt aujourd'hui, où l'on

CERTAINEMENT inutiles pour l'entretien comme pour la croissance	TRÈS PROBABLEMENT inutiles pour l'entretien comme pour la croissance	DE NÉCESSITÉ douteuse pour l'entretien
Glycocolle. Acide aspartique. Acide glutamique. Acide hydroxyglutamique.	Arginine. Proline.	Cystine. Tyrosine. Phénylalanine. Lysine.
TRÈS PROBABLEMENT nécessaire pour l'entretien	DE NÉCESSITÉ certaine pour l'entretien	DE NÉCESSITÉ certaine pour la croissance
Histidine.	Tryptophane.	Cystine. Histidine. Lysine. Cystéine (par son dérivé le glutathion).

TABLEAU IV. — LES PRINCIPAUX ACIDES AMINÉS, CLASSÉS SUIVANT LEUR DEGRÉ D'UTILITÉ POUR NOTRE ORGANISME

Le tableau ci-dessus donne la liste des acides aminés considérés actuellement comme indispensables pour l'entretien et la croissance. On n'est d'ailleurs pas complètement d'accord sur cette liste; il faudrait, pour certains, ajouter l'arginine dans les acides aminés indispensables à l'entretien, et la proline, dans ceux qui sont indispensables à la croissance. Enfin, de nouveaux acides aminés que les progrès de l'analyse chimique parviennent à isoler des protides (thréonine, méthionine...) jouent certainement un rôle de même importance que les acides aminés plus anciennement connus.

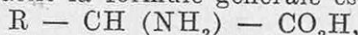
s'est aperçu que le problème était avant tout d'ordre qualitatif. Aussi admettons-nous simplement que la vie est possible avec une ration d'entretien de l'ordre de 1 gramme de protides par kilogramme, soit 65 g pour l'adulte de 65 kg.

Le rôle des acides aminés

On a cru pendant longtemps que l'azote caractérisait l'animal et le car-

rique, il en existe un certain nombre qui appartiennent tous aux groupes des acides aminés, qui entrent dans la constitution de nos tissus et dont notre organisme est incapable de faire la synthèse à partir d'autres sources d'azote.

Qu'est-ce qu'un acide aminé? C'est un corps dont la formule générale est :



le groupement acide CO_2H constituant le

AMINO-ACIDES	Lactal- bumine	Lactoglo- buline	Caséine	Gélatine	Gliadine (avoine)	Zéine (maïs)
Tryptophane...	Traces	Traces	1,50 %	0,00 %	1,09 %	0,00 %
Cystine.	2,30 %	0,67 %	0,06 —	0,00 —	1,76 —	0,85 —
Histidine.....	3,40 —	2,80 —	3,79 —	0,40 —	2,08 —	1,25 —
Lysine.....	13,20 —	8,95 —	7,70 —	2,75 —	1,33 —	0,00 —

TABLEAU VI. — COMPOSITION DE QUELQUES PROTIDES EN AMINO-ACIDES INDISPENSABLES

Ce tableau donne la teneur en amino-acides indispensables des trois protides du lait, de la gélatine et des deux protides essentiels de l'avoine et du maïs. On notera d'abord, en comparant avec le tableau V, la divergence des analyses suivant les auteurs; le dosage des acides aminés, plus difficile encore que celui des vitamines, est la cause principale du retard de nos connaissances sur la question des protides. On est d'ailleurs certain aujourd'hui que la lactalbumine contient du tryptophane. La composition de la gliadine et de la zéine montre comment certains aliments végétaux (avoine, soja, tournesol...) peuvent fournir tous les acides aminés nécessaires à l'entretien et à la croissance, tandis que d'autres (maïs...) en sont incapables (d'après Arthus).

bone la plante. Mais les progrès de l'analyse chimique montrèrent très rapidement la présence d'azote dans tous les végétaux et de composés du carbone dans tous les animaux. Les tableaux ci-joints donnant la composition des principaux aliments tirés du règne animal et du règne végétal précisent la teneur en azote de ceux-ci.

L'azote se présente, dans les protides d'origine animale comme d'origine végétale, sous des formes extrêmement complexes. Les chimistes ne sont pas encore parvenus à les isoler toutes et ne sont même pas d'accord sur un classement général.

Cette limite à nos connaissances n'a heureusement pas empêché chimistes et biologistes d'élucider d'une manière à peu près complète, au cours des vingt dernières années, le problème de nos besoins en protides, en posant sur le plan qualitatif une question traitée jusqu'alors du simple point de vue quantitatif. Les protides ne sont pas capables de se suppléer les uns les autres. Au milieu d'un grand nombre de corps de toute nature qui n'interviennent dans notre alimentation que par leur valeur calori-

groupement terminal de la chaîne, et le groupement aminé NH_2 se fixant sur le carbone le plus proche du groupement acide CO_2H . Le radical R est, selon les cas, une chaîne, un radical aromatique ou hétérocyclique (renfermant une combinaison de cycles et de chaîne). Le plus simple d'entre eux est le glycolle ou acide amino-acétique ;

mais les plus intéressants sont précisément parmi les plus complexes.

Des nombreux acides aminés, plus d'une vingtaine, dont on a reconnu la présence dans les substances alimentaires, les trois quarts environ sont inutiles. Les autres, lysine, tryptophane... sont indispensables pour l'entretien ou pour la croissance. Le tableau IV donne ce classement des acides aminés. Deux d'entre eux, le tryptophane et très probablement l'histidine, sont indispensables à l'entretien ; quatre, la lysine, l'histidine, la cystine et le glutathion sont indispensables à la croissance.

Le mode d'intervention de ces acides aminés indispensables n'est pas encore complètement élucidé, mais il est certainement très complexe. L'un des rôles de l'histidine, par exemple, est de fournir des matériaux de formation à la globine, une albumine particulière qui est un des constituants de l'hémoglobine du sang. Le glutathion, amino-acide sulfuré, joue un rôle fondamental dans les phénomènes d'oxydo-réduction ; c'est un corps tampon, facile à enrichir soit en oxygène, soit en hydrogène, c'est-à-dire qui s'oxyde ou se réduit de façon réver-

Composition globale.	{	Glucides.....	12	%	
		Lipides.....	15	—	
		Protides.....	35	—	
		Cellulose.....	3,5	—	
		Cendres.....	4,5	—	
Composition des protides.					
Acide aspartique.....	9,4	%	Phénylalanine.....	3,9	%
Acide glutamique.....	19,5	—	Glycine.....	1	—
Acide hydroxylglutamique.....	6,5	—	Valine.....	0,7	—
Arginine.....	5,1	—	Leucine.....	8,5	—
Proline.....	3,8	—	Tryptophane..	1,7	—
Tyrosine.....	1,9	—	Cystine.....	1,1	—
			Histidine.....	1,4	—
			Lysine.....	2,7	—

TABLEAU VII. — LA COMPOSITION DE LA FARINE DE SOJA (D'APRÈS WEBB-HILLS)

Le tableau ci-contre donne la composition détaillée moyenne des protides de la farine de soja. Bien que le soja ait des qualités exceptionnelles, qu'il soit très supérieur aux autres légumineuses et contienne notamment tous les acides aminés indispensables, on constatera la faible teneur de ceux-ci (les quatre derniers sur la liste). Il contient notamment trois fois moins de lysine et quatre fois moins de cystine que la lactalbumine. C'est de tryptophane (amino-acide d'entretien) qu'il est le moins dépourvu (37 % de moins que la lactalbumine); c'est donc un excellent aliment azoté pour adultes. Ce sont les biologistes américains qui ont attiré, depuis une vingtaine d'années, l'attention de la médecine infantile sur ce produit, qui peut être donné en remplacement du lait, à partir de l'âge

de trois mois. Voici la formule de ce lait artificiel : farine de soja : 4 g; sucre : 5 g; crème de riz : 10 g; lait sec : une cuillerée à café; extrait de malt en paillettes : 2,5 g; eau, 80 g. L'addition de crème de riz et de sucre rétablit l'équilibre glucides-lipides-protides, rompu au profit des protides par le soja; la cuillerée à café de lait sec augmente la richesse en lysine. On obtient ainsi un lait de soja corrigé, de composition très supérieure au lait de soja consommé en Extrême-Orient. D'après L. Babouneix, les indications de ce produit chez le nourrisson seraient les suivantes : diarrhées simples, dyspepsie du lait de vache, dyspepsie des farineux, troubles digestifs secondaires, intolérance lactée, certaines dermatoses diathésiques. Ce serait « un produit de régime excellent entre des mains expertes, à employer toutefois avec précaution par le médecin non spécialisé » (inconstance des résultats et notamment de la croissance en poids, répugnance de certains nourrissons à l'égard du soja, contre-indication en cas d'insuffisance rénale).

sible avec une grande rapidité (1) et qui est un agent capital de synthèse.

Toute la question des acides aminés est gouvernée par une loi d'Osborne et Mendel, dite *loi du minimum*, d'après laquelle l'organisme dépérit ou la croissance s'arrête s'il ne lui est pas fourni un certain poids de chacun des acides aminés indispensables à l'entretien ou à la croissance.

Précisons cette loi sur un des exemples mêmes choisis par Osborne et Mendel. La caséine, l'un des protides du lait, contient tous les acides aminés indispensables, ce que vérifie l'expérience sur les animaux de laboratoire : il est possible d'assurer l'entretien et la croissance normale d'un rat avec une alimentation qui ne comporte, comme protides, que de la caséine. Ce résultat est obtenu avec une ration où 12 % de la valeur calorifique est fournie sous forme de caséine.

Mais la caséine (voir le tableau V) est très pauvre en cystine, l'un des acides aminés indispensables à la croissance. Si l'on vient à réduire la proportion de caséine dans la ration, c'est donc par le manque de cystine que celle-ci péchera. Effectivement, si l'on diminue la proportion de caséine au-dessous de 12 %, la croissance est touchée; elle s'arrête pres-

que complètement si le taux descend à 9 %. On peut alors ajouter à la ration les amino-acides les plus variés sans résultat, sauf si l'on ajoute de la cystine, auquel cas la croissance repart immédiatement.

La cystine était donc, dans la caséine, le facteur limitant *primaire*. Si, après avoir paré au déficit de cystine, on continue à réduire le taux de caséine, on retrouve, vers 6 %, un nouvel arrêt, même si l'on ajoute un excès de cystine; un facteur limitant *secondaire* est apparu.

La répartition des acides aminés dans les aliments

Deux règles, qui connaissent d'ailleurs l'une et l'autre des exceptions, gouvernent la répartition dans nos aliments des acides aminés indispensables.

Les aliments d'origine animale contiennent en totalité ou en très grande partie les acides aminés indispensables.

C'est l'explication de la supériorité de l'azote d'origine animale. Elle est naturelle; les organismes d'animaux supérieurs ne sont pas de composition tellement différente qu'on ne puisse fabriquer les uns avec les matériaux prélevés dans les autres. Il faut d'ailleurs bien que certains au moins des aliments d'origine animale, comme le lait, contiennent tous les acides aminés indispensables,

(1) Il partage cette propriété avec la flavine (ou vitamine B₂) et l'acide ascorbique (ou vitamine C).

puisqu'ils peuvent être, pendant des mois ou des années, le seul aliment des animaux jeunes.

Cette règle souffre malheureusement des exceptions importantes. La plus connue est celle de la gélatine qu'on peut extraire en grande partie des os et où certains voyaient déjà, pendant la Révolution française, la solution de la crise alimentaire d'alors (les crises alimentaires provoquées par le blocus britannique ne datent pas d'hier...). La gélatine devait même, selon d'Arcet, « de quatre bœufs en faire cinq ». L'expérience montra que, malgré sa richesse en azote, et même prise en grandes quantités, la gélatine ne pouvait entretenir la vie. La chimie biologique nous en donne aujourd'hui l'explication : la gélatine ne contient ni tryptophane, indispensable à l'entretien, ni cystine, indispensable à la croissance.

Au surplus, même pour les aliments d'origine animale qui contiennent tous les acides aminés indispensables, la proportion dans laquelle certains y figurent est très différente, et une alimentation exclusive avec l'un d'entre eux risque très facilement d'être insuffisante. C'est le cas de la caséine, très pauvre en cystine, que nous avons donnée en exemple à propos de la loi d'Osborne et Mendel.

Au contraire des produits d'origine animale, les aliments azotés d'origine végétale manquent fréquemment de certains des amino-acides indispensables soit à l'entretien, soit à la croissance, ou bien ne les contiennent qu'en proportion très insuffisante. C'est l'explication de l'infériorité des protides d'origine végétale.

L'exemple classique est celui de la comparaison faite par Osborne et Schaeffer des albumines du maïs, la zéine, et du chènevis, l'édestine. L'édestine contient

2,19 % d'histidine et de tryptophane, et 1,65 % de lysine; la zéine, au contraire, ne contient ni tryptophane ni lysine. La première convient à l'alimentation, même si elle est employée exclusivement, la deuxième pas. On s'explique ainsi les très mauvais résultats obtenus autrefois en Angleterre et aux Etats-Unis au cours d'essais entrepris pour nourrir les porcs, depuis l'époque du sevrage, exclusivement avec du maïs, dont le prix était alors particulièrement avantageux.

La variété dans l'alimentation azotée

L'aliment azoté est un aliment de luxe; sa production est beaucoup plus coûteuse que celle des autres aliments. S'il est d'origine animale, il aura fallu, pour le produire, passer par un intermédiaire qui consomme pour son simple entretien une fraction importante des aliments qu'on lui donne. S'il est d'origine végétale, l'expérience montre que l'hectare produit

beaucoup moins de calories-protides ou de calories-lipides que de calories-glucides. Le rendement du soja reste bien loin de celui de la pomme de terre ou de la betterave.

Ces aliments azotés, si rares et si coûteux, il n'est pas douteux qu'ils soient gaspillés pour la plus grande partie. Les protides qui ne contiennent pas les acides aminés indispensables sont dissocies dans l'intestin grêle; les amino-acides inutilisables sont brûlés et éliminés; la fraction non azotée est transformée en glucides. Les protides qui contiennent les acides aminés indispensables sont soumis par l'organisme à un véritable triage; seuls ceux d'entre eux qui sont utiles sont fixés par les tissus; les autres sont éliminés sous forme d'ammoniaque et d'urée.

Peut-on espérer qu'un jour nous pourrions régler l'ingestion des aliments azo-

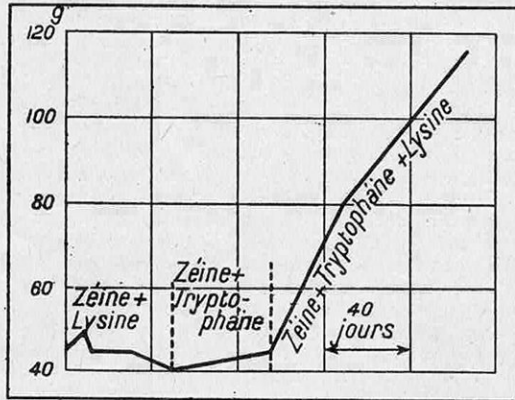


FIG. 1. — EFFET D'UNE ADDITION DE TRYPTOPHANE ET DE LYSINE A LA ZÉINE DU MAÏS

Cette courbe donne les variations de poids d'un jeune rat dont la ration comportait tous les éléments nécessaires (glucides, lipides, vitamines, sels minéraux...), à l'exception des protides qui se trouvaient réduits à la zéine extraite du maïs (voir la composition de la zéine au tableau VI). La zéine manque à la fois de tryptophane, indispensable à l'entretien, et de lysine, indispensable à la croissance. Seule l'addition simultanée de ces deux acides aminés a permis un développement normal (d'après Osborne et Mendel).

tés de manière à éviter ce gaspillage? Il n'est pas impossible qu'à côté de la petite pilule de vitamines synthétiques, on nous donne une pilule à peine plus grosse d'acides aminés soigneusement triés, les uns pour l'enfant, les autres pour l'adulte. Mais nous n'en sommes pas encore là, et le pauvre consommateur qui ne parvient pas toujours à obtenir la maigre ration d'aliments azotés que lui réservent les cartes serait bien aise de tirer des savantes études de la chimie biologique quelques résultats aisément applicables.

Dans l'état actuel de nos connaissances, la seule règle vraiment pratique pour utiliser au maximum l'ensemble des aliments azotés mis à la disposition de chacun de nous est de les associer entre eux. On parera ainsi aux déficiences de chacun d'eux en tel ou tel amino-acide, qu'il s'agisse de ceux qui sont connus de longue date ou de ceux dont on découvre et dont on découvrira vraisemblablement pendant longtemps encore l'importance (thréonine, méthionine...).

La justification de la règle tient à l'absence dans l'organisme d'un moyen d'accumulation des acides aminés indispensables. Pour les lipides comme pour les glucides, l'homme peut emmagasiner sous une forme utilisable l'excès absorbé momentanément. Le foie, les dépôts graisseux... forment chez lui le volant que le chameau trouve dans sa bosse. Pour les protides, rien de semblable; le seul volant est la masse constituée par les muscles, le cœur, les reins. On conçoit qu'il vaille mieux de ne pas avoir à y faire appel.

Mais surtout, l'utilisation de ce volant

se fait avec un rendement très faible. Qu'un seul des acides aminés indispensables, le tryptophane par exemple, vienne à faire défaut ou à n'être absorbé qu'en quantité insuffisante et l'organisme se met aussitôt à détruire les molécules de protides de ses masses musculaires pour l'y prélever, en brûlant tout le reste

jusqu'au stade de l'urée. Que ce soit ensuite l'histidine qui fasse défaut, et la même opération reprend, en transformant cette fois le tryptophane en urée, sans que l'organisme se souvienne qu'il démolissait quelques jours plus tôt ses muscles pour l'y prélever, et sans qu'il prévoie qu'il va peut-être lui falloir recommencer dans quelque temps. Que, de même, tous les acides aminés indispensables à la croissance soient apportés en quantité surabondante par la ration à l'exception de l'un d'eux, et la croissance s'arrêtera pendant qu'ils seront brûlés sous forme d'urée.

L'expérience a vérifié depuis très longtemps cette nécessité de l'association des aliments azotés.

Magendie, nourrissant un chien exclusivement avec du pain et un âne avec du riz cuit, assistait à la mort de ces animaux. « Un lapin, un cochon d'Inde, disait-il, nourris avec une seule substance, telle que froment, avoine, orge, choux, carottes... meurent avec toutes les apparences de l'inanition, ordinairement dès la première quinzaine et parfois même beaucoup plus tôt. » Quelquefois l'association de deux aliments suffit; un lapin nourri à l'orge meurt, un autre nourri aux pommes de terre meurt aussi; une troisième recevant à la fois orge

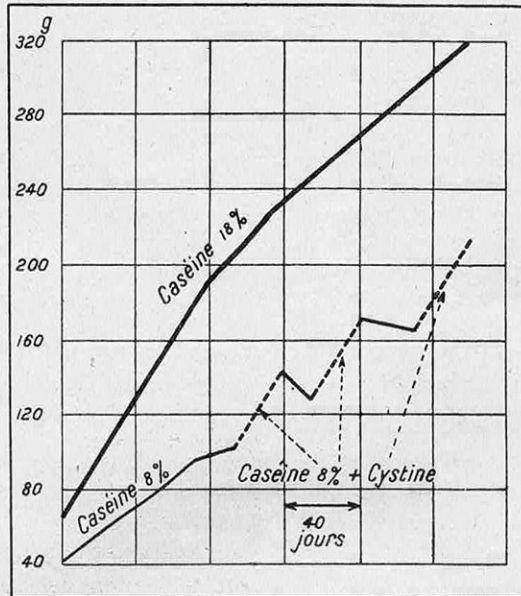


FIG. 2. — EFFET DE L'ADDITION DE CYSTINE A UNE RATION A FAIBLE TENEUR DE CASÉINE

Les deux courbes de croissance du rat reproduites ci-dessus se rapportent à des rats dont la ration contient tous les éléments voulus (lipides, glucides, vitamines, sels minéraux...) et ne comporte, comme protides, que de la caséine. La caséine contient bien tous les acides aminés indispensables à la croissance et à l'entretien (voir tableau V), mais est très pauvre en cystine. Tant que la ration est surabondante en caséine, le développement de l'animal est normal. Si on réduit progressivement la teneur en caséine, il arrive un moment où la croissance est impossible; seule une addition de cystine peut faire disparaître les effets de la carence.

et pommes de terre pousse fort bien.

Mais les expériences de Magendie ne séparaient pas l'effet de la carence possible en vitamines, que l'on ne connaissait pas alors, et de la carence en acides aminés. Les expériences des divers auteurs que nous relatons dans les figures 1 et 2, faites sur des animaux dont la ration comportait toutes les vitamines nécessaires, montrent sans discussion possible le rôle de l'alimentation azotée.

La vérification a été faite sur l'homme et, spécialement, de bien des façons sur l'enfant.

On peut assurer la croissance de l'enfant avec des céréales, mais Mac Collum a vérifié qu'il faut dans ce cas une quantité de protides très supérieure à celle qui suffit au même résultat lorsque le lait est à la base de l'alimentation. Cela tient à la faible teneur des protides de céréales en acides aminés. Si l'on mélange à dose convenable céréales et lait, on obtient un résultat presque comparable à celui du lait.

La graine entière de soja (1) est riche en protéines où se rencontrent tous les acides aminés indispensables à l'entretien et à la croissance. Elle est, en certaines régions de l'Extrême-Orient, la base de l'alimentation azotée de l'adulte et de l'enfant. Mais certains des acides aminés indispensables à la croissance, et en particulier la lysine, y entrent à très faible teneur. Le docteur Ribadeau-Dumas a montré qu'on obtenait une croissance parfaite avec beaucoup moins de protides au total, en ajoutant au soja un peu de lait.

La loi d'association des protides en vue de l'économie maximum est à la base de l'alimentation militaire en Allemagne, qui étonne tant de prisonniers français nourris avec une soupe épaisse où figurent une foule de produits dont la qualité principale est la variété. Cette « ratatouille » ne flatte assurément pas le palais et bien des prisonniers français la changeraient volontiers contre le régime des pommes de terre frites à perpétuité. Ils auraient tort. Les pommes de terre frites ne sont pas plus capables d'assurer à elles seules l'entretien de l'homme que celui du lapin de Magendie; une soupe de betteraves, de rutabagas et d'orge y parvient parfaitement.

Il ne faut pas se dissimuler que les habitudes culinaires de la plupart des Français seront un obstacle sérieux à

l'utilisation rationnelle de nos ressources azotées. Le Français n'aime pas beaucoup la « soupe »; il lui faut un « potage ». Il consentira aussi difficilement à mélanger dans la même assiette les pommes de terre, les lentilles et les haricots rouges qu'à absorber ensemble de la bière, du champagne et du whisky; il exigera qu'on lui serve un soir un potage Parmentier, le lendemain un potage à la Conti, le surlendemain un potage Condé. C'est un luxe permis lorsqu'on peut compléter journalièrement cette nourriture par une copieuse tranche de viande, des œufs, une tasse de lait, du fromage matin et soir. Mais si les millions de paysans qui vendaient à la ville viande, œufs et laitages pour pouvoir élever leurs enfants au régime de la soupe biquotidienne avaient eu les connaissances culinaires voulues pour la remplacer par le régime du potage Parmentier, du potage à la Conti ou du potage Condé, le peuple français aurait depuis longtemps disparu.

Rien n'oblige, au surplus, à mélanger dans une même assiette des aliments en nombre aussi varié, ou dont les goûts ne vont pas ensemble; c'est une des tâches les plus urgentes de nos biochimistes et de nos cuisiniers que de nous préparer une série de recettes de guerre conciliant les exigences de leur science et de leur art. L'adhésion des biochimistes ne sera pas difficile à obtenir. Pour convaincre les cuisiniers et surtout leurs clients, rappelons-leur, d'après Burdach, la triste histoire de Stark, qui vivait à une époque où l'on n'avait pas encore pleine confiance dans l'expérimentation sur le rat et le cobaye.

Stark eut un jour l'idée louable de déterminer quel était le régime le plus favorable à la santé de l'homme et entreprit de l'essayer sur lui-même. Il se mit pendant 45 jours au régime du pain et de l'eau. Constatant qu'il avait maigri et s'était affaibli, il passa pendant un mois au régime du pain et du sucre. Son état s'aggravant, il se fixa pendant trois semaines au régime de l'eau et de l'huile d'olive. Il multiplia ainsi les essais, s'affaiblissant de plus en plus, sans avoir la chance de rencontrer le régime de l'orge et des pommes de terre qui sauva le lapin de Magendie. Au huitième mois, il succomba, laissant à la science biologique du vingtième siècle le soin d'expliquer son décès.

André FOURNIER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 276, juin 1940.

LES DÉBARQUEMENTS DE VIVE FORCE ET LA LUTTE AÉRONAVALE

par le Général F. CULMANN

La lutte entreprise par l'Allemagne sur mer et dans les airs ne semble apparaître dans l'ensemble des opérations que comme destinée à user l'adversaire. Seul, un assaut victorieux contre l'Angleterre est capable de mettre fin au conflit. Mais un tel assaut exige un matériel énorme, une préparation minutieuse, des attaques multiples simultanées, et ne peut être tenté utilement que si le combat actuel tourne favorablement pour l'Allemagne, malgré l'aide matérielle accordée à sa rivale par l'Amérique. d'ailleurs lente à s'émouvoir et à organiser sa production. L'importance des moyens à rassembler et à mettre en œuvre pour remporter un succès décisif explique la forme saccadée prise par la guerre actuelle, avec de violentes offensives déclenchées brusquement, succédant à de longues accalmies utilisées de part et d'autre pour la fabrication du matériel et le groupement des forces et des réserves considérables qu'exige l'assaut.

PAR suite des destructions impressionnantes qu'ils causent dans les villes, les bombardements par avions ont le plus frappé l'opinion. Cependant, ils semblent moins dangereux pour l'Angleterre que le combat maritime. Assurément, l'addition de ces deux modes d'agression peut amener à la longue ce pays à solliciter la paix. Mais il ne faut pas oublier que la Grande-Bretagne, disposant pour interdire l'accès de son île d'un pouvoir considérable, d'ailleurs uniquement défensif, et décidée à poursuivre le duel aéro-naval avec l'aide de ses Dominions et le concours matériel des Etats-Unis, seule la victoire sur terre, consécutive à un débarquement, sera l'argument susceptible de la réduire. S'il finit par en être ainsi, les dures luttes actuelles auront du moins facilité et accéléré la décision. C'est assurément pénétré de cette conception que le Haut Commandement Allemand hâte la construction des cuirassés, des croiseurs, des navires porte-avions dont les plans ont été arrêtés dès le temps de paix, dont le lancement s'est continué de 1937 à nos jours (1) et augmente sans cesse la proportion de ses sous-marins qui peu-

vent être produits en série. Ainsi, pour le succès définitif, la hiérarchie dans l'efficacité est la lutte sur terre, puis sur mer et dans les airs.

L'aviation, ses méthodes de combat et ses projectiles, la marine allemande et son organisation sont bien connus des lecteurs de cette Revue (1). Nous n'examinerons donc que les buts visés par ces deux forces dans le cadre général de la guerre. Mais en premier lieu nous exposerons comment des armées peuvent être transportées et débarquées en Grande-Bretagne. Ainsi compris, cet article renverse la suite chronologique des événements, mais met mieux en relief l'importance primordiale de la lutte terrestre.

LES DEBARQUEMENTS DE VIVE FORCE

La mauvaise saison favorise-t-elle les débarquements ?

D'après les renseignements publiés par la presse, les Anglais estiment que la mauvaise saison n'exclut nullement l'invasion. Les brumes sévissant dans la res équivalents. Elle aura en service, au printemps de 1941, deux cuirassés également de 35 000 tonnes, suivis de quatre autres semblables, puis, plus tard, deux cuirassés de 40 000 tonnes.

(1) Voir entre autres : La guerre aérienne (*La Science et la Vie*, n° 269, novembre 1939); la marine de guerre allemande (n° 273, mars 1940); l'offensive aérienne peut-elle gagner la guerre? (n° 274, avril 1940); vers la guerre aérienne sans restrictions (n° 278, octobre 1940); la guerre aérienne stratosphérique et six mois de guerre aérienne dans le ciel de l'Angleterre (n° 281, janvier 1941).

(1) Le *Bismarck* et le *Tirpitz*, deux cuirassés identiques de 35 000 tonnes, en chantier depuis 1936, viennent d'être mis en service. Leurs caractéristiques sont les suivantes : longueur, 241 m 50; largeur, 36 m; tirant d'eau, 7,90 m; armement : 8 canons de 300 mm en deux tourelles quadruples, 12 pièces de 150 mm, des pièces antiaériennes de 77 mm et de 105 mm, des catapultes pour avions. La Grande-Bretagne ne possède pas encore de navi-

Manche et surtout dans la mer du Nord peuvent contribuer à la surprise en empêchant les reconnaissances qui, pendant les claires nuits d'été, signalent les transports dès leur départ, et en gênant l'appui des avions durant la mise à terre. En conséquence, les Britanniques bombardent les cantonnements, les ports, les cargos, les parcs de chars d'assaut, et naturellement aussi les terrains d'aviation, les entrepôts d'essence, etc., en un mot tout ce qui peut servir à l'ennemi au début des opérations.

Les canons en batterie sur la côte française, accrus récemment en nombre, mobiles, point spécialisés, dont la portée dépasse de beaucoup la largeur du Pas de Calais, sont susceptibles de protéger l'établissement d'une tête de pont dans la région de Douvres et, une fois amenés à la suite des troupes, de renforcer toutes attaques.

Les enseignements de l'histoire : tentatives de débarquement multiples

La mer étant l'un des éléments les plus importants du problème, les plus anciens enseignements de l'histoire sont encore valables au point de vue stratégique.

Des invasions danoises qui commencent dans les dernières années du III^e siècle, marquant la fin de la domination romaine dans les îles britanniques, les points suivants sont à retenir. Les Vikings de Suède, de Norvège, du Danemark, progressant d'île en île, possédaient la maîtrise de la mer et, par suite, avaient la liberté de choisir leur point d'attaque. Sitôt débarqués, grâce à une marée favorable, ils saisissaient les chevaux du pays et équipaient une infanterie montée; ils consolidaient leur position en construisant à la hâte un fortin. Par contre, les Saxons ne s'étaient pas constitué de flotte. Ils n'avaient jamais bâti une ville fortifiée. Ils ne possédaient que de rares et mauvaises routes rendant lente ou impossible toute concentration vis-à-vis de l'envahisseur.

La conquête normande mit fin au rêve d'une Anglo-Scandinavie.

Guillaume le Bâtard, sans aucun titre à la couronne d'Angleterre, alors électif et concédée par une assemblée, « le Witan », entreprit de déposséder Harold, le roi légitime. Il eut l'adresse de monter une véritable croisade à laquelle prirent part les barons aventureux venus

de Bretagne, d'Anjou, des Flandres, d'Aragon, etc.

Pendant cette mobilisation assez lente, il créa une flotte. Des forêts furent abattues pour construire les 750 vaisseaux destinés à transporter douze à quinze mille hommes, dont cinq à six mille cavaliers — chiffres énormes pour l'époque. Tout était prêt au début de septembre 1066, mais le départ dut être retardé de quinze jours, les vents étant contraires.

Durant ce temps, le roi de Norvège, appelé par un traître, le frère d'Harold, arrivait avec 300 galères sur la côte de Northumbrie. Cette zone de débarquement située sur une partie basse, à l'est de la chaîne Pennine, au sud des monts Cheviot, séparée de l'Ecosse par le Firth of Forth, marque encore aujourd'hui l'extrême nord d'un assaut enveloppant dirigé contre la Grande-Bretagne.

Harold, complètement surpris, car il attendait le duc Guillaume au large de l'île de Wight, courut au nord, remporta une victoire décisive sur les Norvégiens et anéantit leur armée.

Mais il apprit alors que les Normands avaient débarqué sans combat, le 28 septembre. Il retourna donc à marches forcées vers le sud, assez mal suivi par ses troupes. D'ailleurs, un « parti normand » s'était constitué dans l'île, formé de tous les Français introduits par le roi Edouard le Confesseur; de plus, la protection du Saint-Siège était acquise à Guillaume, et celui-ci avait intrigué patiemment « pour mettre dans leur tort tous les adversaires possibles ».

La seule bataille de la guerre fut livrée à Hastings. L'armée d'Harold fut complètement défaite et lui-même périt. La supériorité tactique de l'envahisseur fut la première cause de son succès. Suivant l'ancienne tradition, l'armée anglaise était formée par une infanterie montée se déplaçant à cheval et combattant à pied, alors que les Normands, plus mobiles, chargeaient à cheval soutenus par les archers suivant des procédés qui avaient déjà montré leur valeur sur le continent.

Non sans avoir fait mine d'hésiter, Guillaume se laissa couronner à Westminster, le jour de Noël 1066.

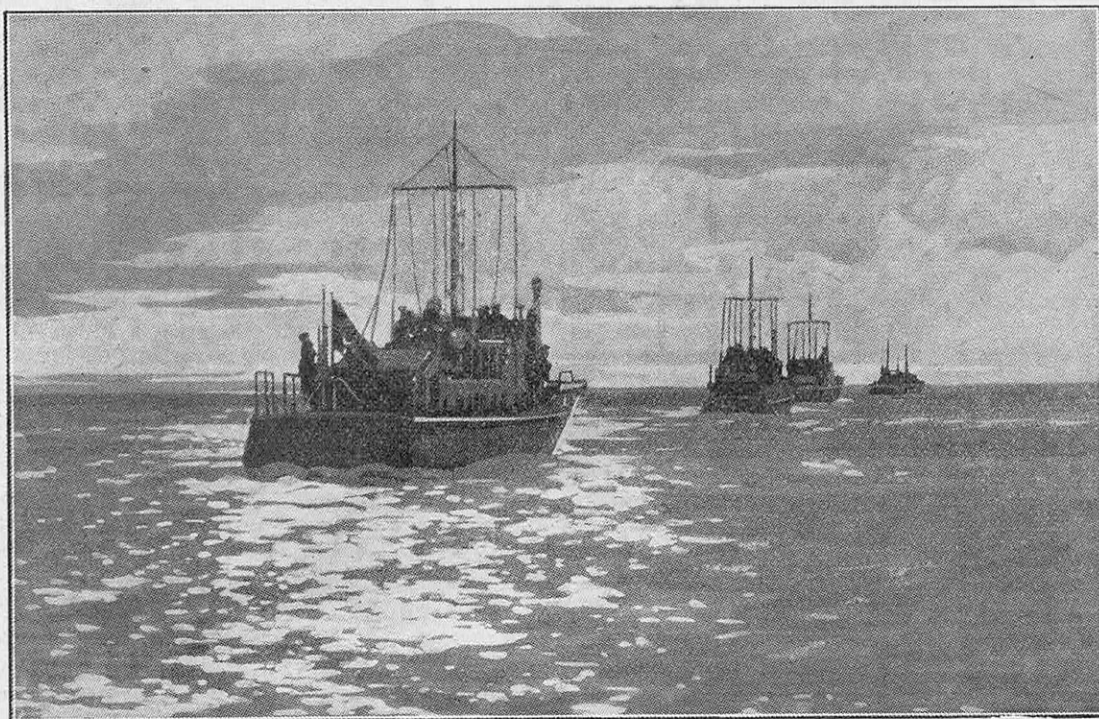
Retenons de ces événements : les longues et sourdes menées préparant et secondant l'effort militaire — l'attente de circonstances atmosphériques favorables — la supériorité de l'organisation des

Normands — et surtout la diversion du roi de Norvège qui, quoique échouant, facilita l'opération de Guillaume.

Aujourd'hui encore, l'existence de dissidents en Angleterre et leur lassitude favoriseraient l'invasion; les bombardements systématiques des communications (rompues entre les grandes villes, disent les communiqués allemands) gêneront la défense et, surtout, seraient indispensa-

ble pour assurer la surprise au moins au début, afin de démasquer l'opération le plus tard possible.

Dans le cas actuellement envisagé, il s'agit non plus d'assurer le passage d'un fleuve de quelques centaines de mètres, mais des mers d'une étendue de 550 à 600 km, entre Bergen ou Stavanger et le sud de l'Ecosse — d'autant entre le Danemark ou la puissante base de



T W 5372

FIG. 1. — DRAGUEURS DE MINES ALLEMANDS DANS LA MER DU NORD

bles les tentatives de débarquement multipliées grâce à la forme enveloppante des bases de départ depuis les ports norvégiens, par le littoral hollandais, belge et français jusqu'à l'île d'Ouessant.

Les missions de la flotte

Exposant le problème du franchissement du Rhin (1), nous avons montré récemment les conditions de la traversée et de la conquête, encore plus difficile, d'une tête de pont. Ce qui a été dit à ce sujet, s'applique également ici. En particulier, tout doit être organisé et préparé à l'avance dans les moindres détails, comme un mécanisme d'horlogerie dont un unique grippage peut compromettre le fonctionnement. De plus, des précautions minutieuses sont à pren-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 273, mars 1940.

Wilhelmshafen, dans la baie de Jade, et la côte est — encore de 200 à 125 km entre la Hollande ou la Belgique et la côte sud-est — et si la largeur est réduite à 50 km, ou même moins, entre Dunkerque, Calais, Boulogne et le comté de Kent, elle atteint 150 km entre Le Havre ou Cherbourg et Portsmouth ou Southampton, et dépasse ce chiffre entre les îles anglo-normandes, la Bretagne, Brest ou Lorient et Plymouth et le Lands-End. Ainsi, la traversée exigerait le plus souvent plus d'une nuit. Le concours de la marine s'imposerait.

La première chose sera d'assurer le commandement de l'ensemble imposant des trois forces : marine, armées de terre et de l'air, dont les organisations sont conçues suivant des vues particulières et

dont les procédés de combat leur sont propres.

Le commandement unique a de nombreux partisans. Nous ignorons les tendances des Allemands; peut-être inclineraient-ils à choisir un maréchal de l'air. Les Anglais préfèrent la collaboration d'un amiral et d'un général. Mais quelle que soit la solution adoptée, les chefs respectifs des armées navale et terrestre, avec l'aide intime d'un expert de l'armée, devront constamment agir dans un esprit de solidarité absolue.

La tâche de la marine est considérable.

Il ne suffit pas, en effet, de protéger la traversée des mers par les premiers échelons et de créer en territoire ennemi une zone de sécurité relative, il faut aussi couvrir les débarquements postérieurs, ravitailler les troupes, etc. En fait, ces diverses opérations se prolongent jusqu'à ce que le défenseur, définitivement vaincu, demande la paix, ce qui, même avec une grande supériorité organique, technique et morale de l'armée terrestre assaillante, peut durer quinze jours, un mois ou davantage. Le *temps* joue donc un rôle de premier plan, promettant à une flotte de haute mer adverse le loisir d'interventions décisives. Et là encore, le procédé des traversées multiples, chacune préparée et outillée soigneusement comme si elle devait réussir, présente de nombreux avantages, surtout si l'armée navale est inférieure par le nombre ou la puissance, en incitant le défenseur à disperser ses forces navales ou à les engager à faux, à déployer ses armées de terre en des points trop nombreux pour lui qui aura peine à procéder aux renforcements nécessaires.

Afin de couvrir les opérations successives, il faut que l'assaillant dispose de deux flottes :

— une de *sûreté*, tenant la haute mer et écartant par une bataille victorieuse les forces navales ennemies, empêchant ainsi l'agresseur d'être finalement prisonnier dans sa conquête;

— une de *protection immédiate*, facilitant, par les projectiles de ses canons, la mise à terre et la création d'une tête de pont. S'emparer de celle-ci et la conserver a toujours été considéré à travers les âges comme ouvrant une crise plus délicate et plus durable que la traversée elle-même.

Malheureusement, l'artillerie de bord est soumise à certaines servitudes qui

diminuent ses chances vis-à-vis des buts terrestres.

Les canons placés dans chaque navire à l'opposé de la zone de débarquement sont inutilisables.

Sur les bâtiments puissants, les pièces de calibre semblable ont un réseau de pointage centralisé et ne peuvent faire de tir indirect que contre un seul objectif à la fois. Seuls les petits bâtiments sont capables d'effectuer du tir direct sur objectif visible.

Les canons ayant une trajectoire très tendue sont peu propres à la lutte contre les buts défilés d'un emploi aujourd'hui général.

Les munitions sont en nombre restreint; leur renouvellement est long et difficile. Elles sont destinées, les unes à l'action navale, et ont par suite des parois épaisses et une faible charge intérieure d'explosif; les autres, en vérité, conviennent à l'action terrestre et sont analogues à celles de l'artillerie de campagne. De plus, une certaine partie des projectiles, le quart par exemple, doit être réservé en vue d'un combat naval toujours possible.

Mais, aujourd'hui, l'*aviation de bombardement* prend à son compte les tirs lointains et une partie au moins de ceux de contre-batterie, tandis que les *chars d'assaut* remplissent les missions d'appui direct en aidant l'infanterie. Par là, la tâche de la flotte de protection se trouve restreinte. En particulier, la puissance du concours offert par les forces aériennes est devenue telle que, sous réserve de leur supériorité marquée obtenue par l'usure préalable des équipages navigants et des matériels ennemis, cette flotte de protection peut être supprimée dans un cas extrême, et renforcer la flotte de sûreté toujours indispensable.

Choix des zones de débarquement

Ce choix dépend à la fois de conditions maritimes militaires et aériennes.

En ce qui concerne les premières, la zone de débarquement ne doit pas être trop rapprochée d'une base navale adverse, présenter un accès facile, être assez vaste pour éviter l'encombrement et limiter les pertes par le bombardement. Le dragage des mines de la défense ne doit pas exiger trop de moyens ni surtout trop de temps. Une reconnaissance hydrographique détaillée des approches est indispensable.

Au point de vue militaire, la plage choisie doit permettre une mise à terre rapide. Eviter les côtes concaves qui permettent à l'ennemi de concentrer ses feux; prendre de préférence celles qui sont rectilignes ou légèrement convexes. Afin de faciliter la progression des avant-gardes vers la position assignée pour former tête de pont, un terrain

ques, surtout si par là le bénéfice de la surprise promet d'être mieux assuré.

Choix de l'heure et du jour

Malgré les désavantages présentés par la nuit au dragage des mines et aux premiers débarquements, la fin de l'obscurité est choisie de préférence, aujourd'hui que les chars de combat appuient

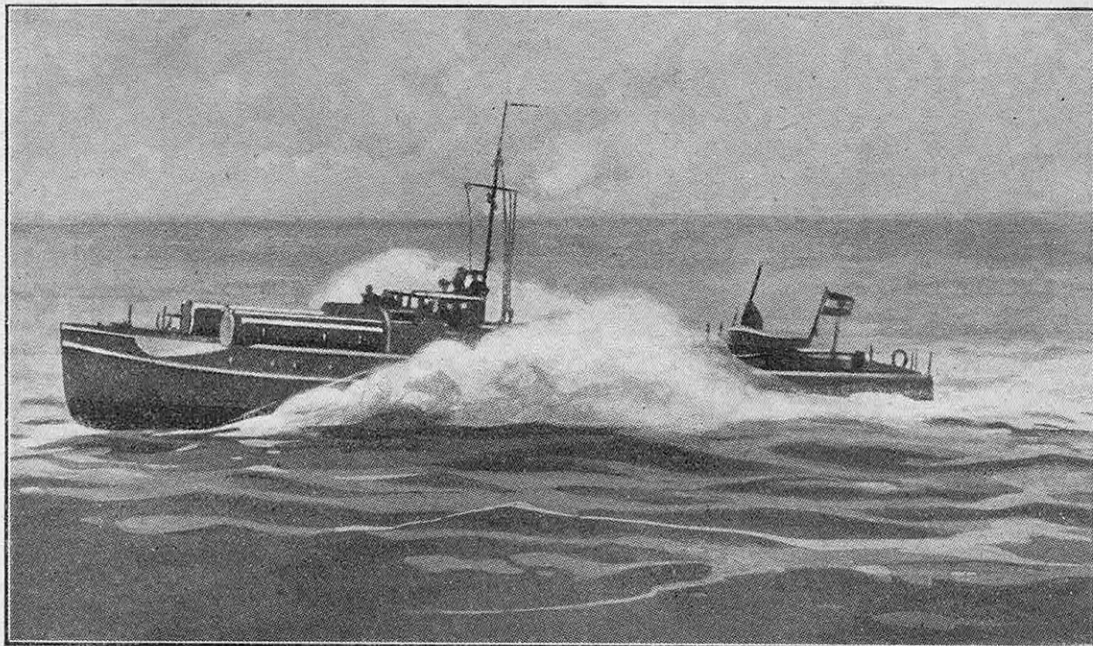


FIG. 2. — UNE VEDETTE LANCE-TORPILLES ALLEMANDE

T W 5373

découvert à faible pente facilite les tirs de la flotte. Un sol ferme, *des chemins perpendiculaires au littoral* sont désirables pour favoriser le mouvement des motocyclettes, des auto-mitrailleuses, etc., qui débarquent d'abord, ensuite des chars et de l'artillerie lourde. En somme, toutes les plages ne sont pas favorables; le défenseur peut les prévoir, ce qui tend à exclure la surprise, et lui indique où il devra mouiller ses mines et implanter sa fortification.

Les hydravions ont un besoin urgent d'un plan d'eau pour l'amérissage et l'envol; les avions d'un terrain de travail. Une base aérienne bien organisée à proximité de la zone de débarquement facilitera leur action.

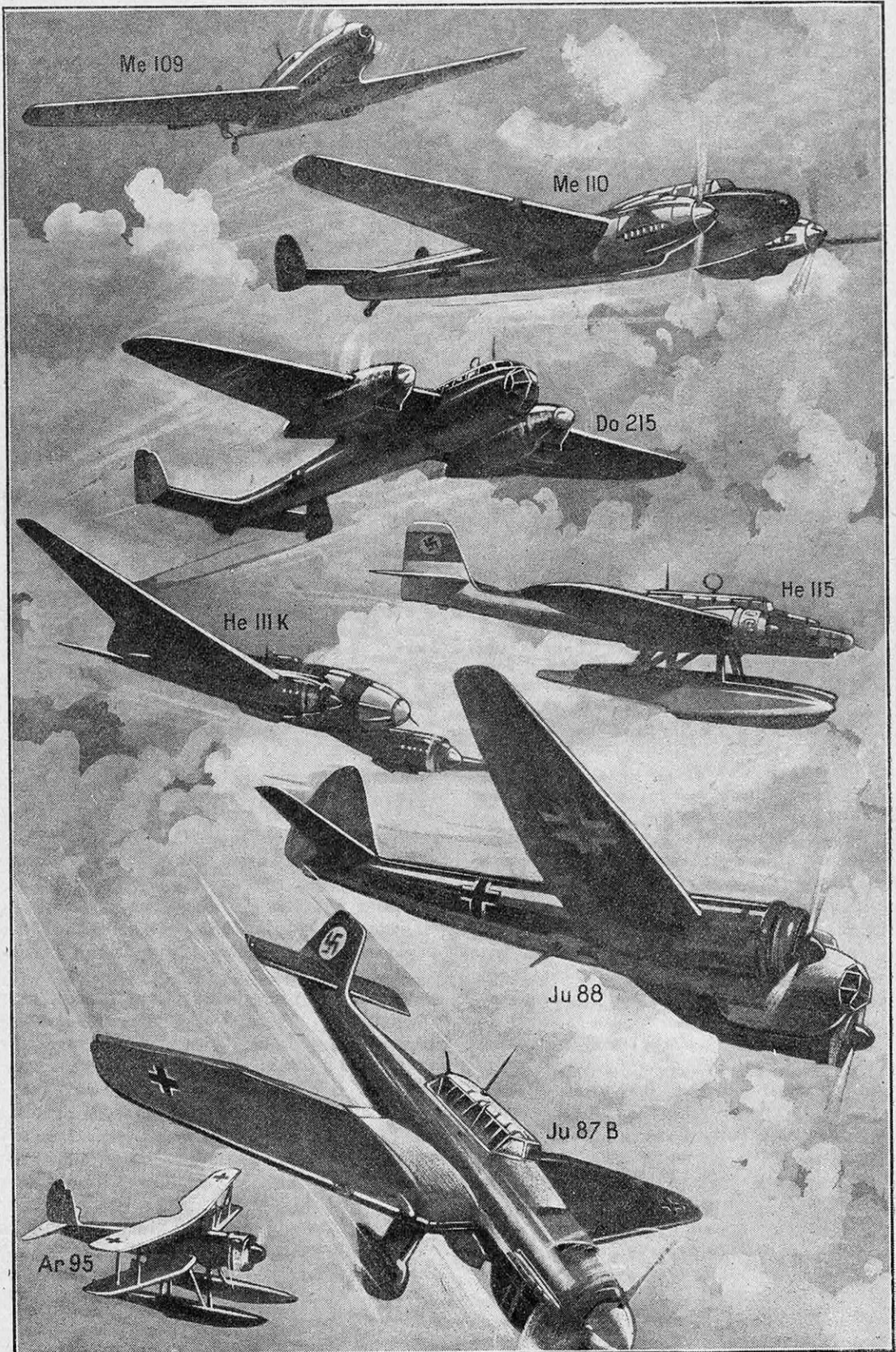
Les diverses conditions énumérées sont parfois inconciliables. Aussi quand l'amiral et le général auront pesé les avantages et les inconvénients des plages à priori propices, ils n'hésiteront pas à accepter certains manquements techni-

la progression de l'infanterie à travers les organisations défensives du littoral.

Le relèvement des mines est fait au clair de lune. Les avant-gardes, composées des groupes de reconnaissance divisionnaires, de chars et de quelques compagnies d'infanterie sont mises à terre un peu avant la pointe du jour, et vont s'emparer d'une position qui garantisse l'assaillant contre les armes automatiques du défenseur.

Lorsque l'obscurité est dissipée, les canons de la flotte de protection interviennent, les navires se masquant au besoin par des nuages de fumée. Les observatoires terrestres sont aveuglés autant que possible.

Le jour du débarquement est prescrit par le commandement. L'amiral choisit d'abord une période remplissant les conditions exigées d'éclaircissement par la lune et celles de marée. Le jour exact est fixé à l'intérieur de cette période, d'après les circonstances météorologiques.



Quand, en plusieurs régions de la côte, des débarquements sont prescrits, il sera difficile de faire pour chacun le choix le plus convenable, encore qu'un ou deux jours puissent s'écouler entre eux.

Le débarquement du premier échelon Les moyens maritimes nécessaires

Le secret des préparatifs et des traversées ayant été rigoureusement gardé, il faut déterminer les effectifs à débarquer sur chaque plage. Le but à viser par le premier échelon est d'abord, comme nous l'avons dit ci-dessus, de constituer une petite zone de sécurité vis-à-vis de l'infanterie — ensuite de l'élargir et de l'approfondir en une tête de pont à 10 km environ du rivage contre les canons de campagne adverses, l'aviation de bombardement et la flotte contrebattant l'artillerie à longue portée susceptible d'intervenir.

Pour remplir cette dernière tâche, trois divisions paraissent être un minimum. Deux iront occuper la tête de pont sur une quinzaine de kilomètres de front, la troisième renforçant les deux premières en cas de besoin, ou manœuvrant soit pour poursuivre plus loin, soit pour couvrir une aile.

Afin de transporter un pareil effectif, il s'impose d'opérer par vagues successives, et de préférence à l'aide de cargos d'assaut de fort tonnage, spécialement construits, porteurs de chaloupes et pouvant recevoir chacun 400 à 500 hommes et une vingtaine de voitures (chars, canons, camions, etc.). Quinze de ces cargos suffiraient au transport d'une vague d'avant-garde, comprenant pour chacune des deux premières divisions, outre des états-majors réduits, un bataillon par régiment, une batterie par groupe, un bataillon de chars, troupes dont la mise à terre simultanée est indispensable.

Les navettes des navires transporteurs

entre les ports d'invasion et les plages de débarquement étant exclues, trente autres cargos seront nécessaires peu après pour amener le reste des deux divisions, et vingt pour la troisième, soit, sur chaque plage, soixante à soixante-dix cargos, et une centaine en tenant compte d'une majoration de 25 à 50 pour cent afin de parer aux pertes.

A ces chiffres, s'ajoute la flotte de protection composée de cuirassés, de croiseurs, porte-avions, de torpilleurs et contre-torpilleurs, de dragueurs de mines, etc.

Le quartier général du corps expéditionnaire devra comprendre des navires portant de l'essence, des munitions, du mazout, des navires-ateliers, des navires-hôpitaux, etc.

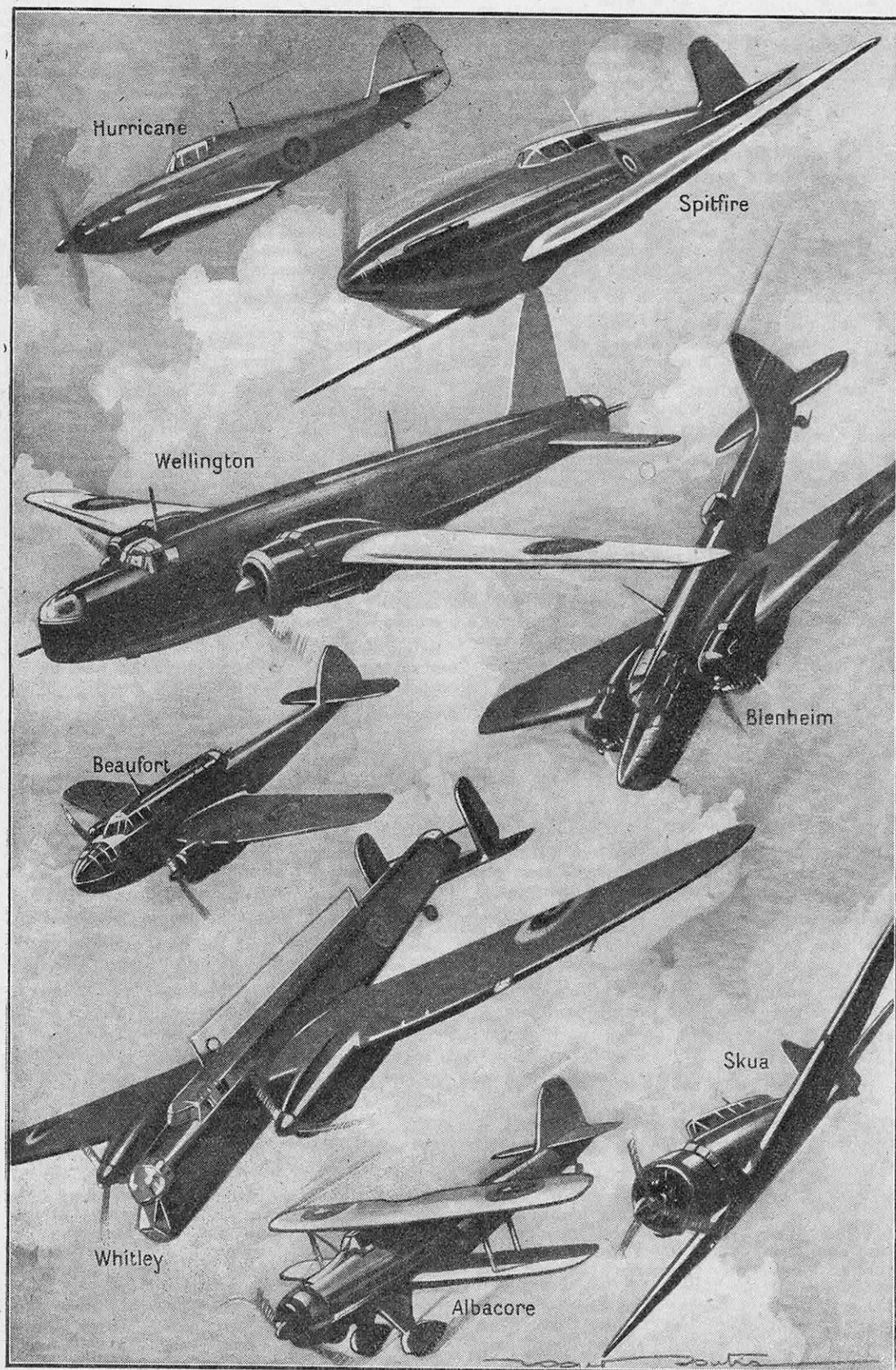
Pour pouvoir commander cet ensemble disparate, et assurer une action concordante d'après le but commun poursuivi, pour qu'à l'intérieur de chaque élément le fonctionnement soit harmonieux, il s'impose d'apporter un soin tout particulier à l'établissement des liaisons et transmissions, et de faire s'exercer les troupes qui en sont chargées préalablement à tout transport. Le téléphone, la radiotélégraphie, l'optique, seront utilisés suivant les circonstances et suivant leurs propriétés spéciales. Les transmissions radios seront exactement réglementées en raison des nombreux postes accumulés sur l'espace restreint de la zone de débarquement.

Conclusion

Tout ce qui précède pourrait faire l'objet de longs développements. Cependant, nous en avons assez dit pour montrer l'énormité des moyens à mettre en œuvre et les difficultés de leur emploi. La complexité des opérations est telle qu'elles ne peuvent réussir entre pays peuplés, et entre belligérants également dotés de

FIG. 3. — LES PRINCIPAUX TYPES D'APPAREILS ALLEMANDS QUI PRENNENT PART A LA LUTTE AÉRIENNE SUR LES ILES BRITANNIQUES ET QUI JOUERAIENT UN RÔLE IMPORTANT AU COURS D'UNE TENTATIVE DE DEBARQUEMENT

De haut en bas : le Messerschmitt 109, appareil de chasse dont certains sont actuellement équipés d'une grosse bombe pour le lancement en piqué; le Messerschmitt 110, « destroyer » de l'air bimoteur, destiné aux bombardements légers et, en liaison avec le précédent, à l'accompagnement des escadres de bombardiers lourds; le Heinkel 111 K et le Dornier 215, bimoteurs de bombardement et de combat, qui prendraient à leur compte, avec le Junkers 88, les missions de bombardement des défenses britanniques et l'attaque des voies de communication et des réserves; le Junkers 87 B, le « Stuka » auquel reviendrait l'action aéronavale en piqué contre les unités de la flotte adverse et, sur terre, le soutien des unités débarquées par l'attaque directe des points d'appui et des unités de chars britanniques, comme lors de l'offensive de mai-juin 1940; le Heinkel 115, hydravion mouilleur de mines, et l'Arado 95, hydravion torpilleur.



Hurricane

Spitfire

Wellington

Blenheim

Beaufort

Skua

Whitley

Albacore

tous les engins modernes que si l'un d'eux est préalablement usé matériellement et diminué moralement. Ce sont là les buts actuellement visés par les combats dans les airs et sur les mers.

LES LUTTES D'USURE DANS LES AIRS ET SUR MER

L'extension des combats

Il est hors de doute, comme on l'a écrit ici même (1), que *l'objectif poursuivi par les Allemands est de resserrer de plus en plus étroitement le blocus de la Grande-Bretagne, alors que celle-ci cherche à priver sa rivale de toutes ses ressources de combustibles liquides*. Examinons à la lumière de ces conceptions la lutte entreprise par l'une et par les autres.

I. — Au début, la Royal Air Force ne reçut que des objectifs assez peu variés. Elle incendia les principaux parcs de réservoirs de pétrole et de ses succédanés avant que leurs stocks ne fussent répartis entre de nombreux dépôts peu atteignables et même parfois impossibles à découvrir. En outre, elle visa les raffineries, puis les usines d'essence synthétique qui pourvoient l'aviation.

Les pays peu à peu occupés par l'Allemagne subirent le même sort. Rotterdam n'était pas plus tôt pris que ses réservoirs, jugés insuffisamment détruits par l'armée néerlandaise, étaient attaqués par les bombarriers anglais. Il en fut pareillement des stocks et des raffineries françaises à l'embouchure de la Gironde.

A ces premiers objectifs, la R. A. F. joignit bientôt les ports susceptibles d'abriter des troupes de débarquement, des bateaux de transport, des sous-marins.

L'histoire dira peut-être un jour que les résultats obtenus ne furent pas étrangers à la hâte des Allemands de s'emparer de Rotterdam, au retard de leur guerre aérienne totale, aux ententes éco-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 278, octobre 1940.

nomiques renouvelées et resserrées avec la Russie et la Roumanie, aux arrangements conclus récemment avec la Yougoslavie pour effectuer des prospections en Croatie.

II. — En riposte à l'aviation anglaise, l'Allemagne commença le 10 août la guerre aérienne totale et en même temps une lutte sans merci sur mer. Elle attaqua les convois de ravitaillement anglais par ses sous-marins, ses avions agissant en piqué, et au besoin combattit la marine.

Alors qu'en 1917-1918 la navigation se fit en sécurité à partir du moment où elle eut lieu par convois, il n'en fut plus de même dans la guerre actuelle et même les pertes subies par la marine marchande britannique tendent à croître fortement. Leur moyenne hebdomadaire, qui se montait à 44 000 tonnes en juillet, atteignit 80 000 tonnes en août, 100 000 en septembre et oscillèrent pendant la mauvaise saison autour de 85 000 tonnes (de source anglaise).

La guerre d'Espagne avait prouvé l'efficacité du bombardement des ports. En attaquant ceux de Valence et de Barcelone, l'aviation nationaliste avait réalisé le blocus des gouvernementaux. Aussi la Luftwaffe visa-t-elle Londres et les bords de la Tamise où s'accumulent les plus grands entrepôts du monde, Liverpool, le second port de la Grande-Bretagne, et les bords de la Mersey, etc.

L'homme n'a en somme que deux besoins essentiels : *vivre et se nourrir* (1).

Pour échapper à la destruction, il s'ingénie ; il se réfugie dans des abris, consent à la vie souterraine et s'y accoutume, se passe longtemps de vêtements neufs. Et il faut bien reconnaître que les morts et les blessés causés par les bombardements aériens sont peu nombreux par

(1) Le colonel Lanrezac, professeur à l'École supérieure de Guerre au commencement de ce siècle, disait : « L'homme n'a qu'une peau et il y tient. Tel est le théorème fondamental de la tactique. »

FIG. 4. — QUELQUES TYPES D'APPAREILS BRITANNIQUES AUXQUELS EST CONFIEE LA DÉFENSE DE L'ILE CONTRE UNE TENTATIVE DE DEBARQUEMENT

De haut en bas : les chasseurs Hurricane et Spitfire, à grande vitesse ascensionnelle et armés chacun de huit mitrailleuses, qui s'opposeraient directement au-dessus du territoire britannique à l'action des escadres aériennes adverses ; les bombarriers Bristol Blenheim, Armstrong Whitworth « Whitley » et Vickers Armstrong « Wellington », qui, grâce à leur rayon d'action étendu, pourraient prendre à parti les forces d'invasion dans leur zone de rassemblement, dans les ports d'embarquement et au cours de la traversée ; le Blackburn Skua, biplace de bombardement en piqué, pour l'attaque des forces navales et des convois ; le Bristol Beaufort, bimoteur à usages multiples, utilisable pour le bombardement, la reconnaissance, le lancement des torpilles, la chasse et l'attaque au sol ; le Fairey Albacore, avion torpilleur équipant normalement les porte-avions de la flotte.

rapport à la population totale ou à ceux d'une seule journée de grande bataille terrestre. De plus, la lutte aérienne fatigue vite les matériels et surtout les équipages, et à ces deux points de vue on ignore lequel des deux adversaires subit l'usure la plus irréparable. Peut-être l'Allemagne qui a très puissamment organisé, depuis des années, le recrutement de son personnel navigant a-t-elle l'avantage. Nous reviendrons plus loin sur cette question.

Par contre, l'Angleterre, qui ne produit sur son sol que de quoi s'alimenter pendant le week-end, est gravement atteinte par les dégâts infligés à ses convois (1). Dès le 4 novembre dernier, après trois mois seulement de lutte intense, M. Churchill déclarait à la Chambre des Communes : « *Le problème de la guerre sous-marine étant plus sérieux que celui des raids aériens, je regrette que la Grande-Bretagne ne puisse se servir des bases de l'Irlande.* »

III. — Avec le raid sur Coventry, l'aviation allemande inaugure une série d'opérations de grande envergure contre les usines de la province anglaise : Birmingham, Manchester, Bristol, Southampton, etc., dont la production est appelée à racheter les pertes subies par l'industrie de Londres. Ainsi est à peu près annulé le remède que constituait la décentralisation.

La Grande-Bretagne répond par un renforcement local de la défense contre avions et riposte en intensifiant le bombardement de la Ruhr, de Dusseldorf, qui en est le débouché sur le Rhin, de Cologne, de Mannheim, etc., et on assiste ainsi à l'attaque systématique des deux plus puissantes industries de l'Europe.

Cependant, dans cette nouvelle lutte, l'Angleterre, gênée par la distance des objectifs, paraît avoir le dessous; déjà, avant le raid sur Coventry, le rendement de ses usines aurait diminué de 25 pour cent.

Importance de la sécurité des communications entre la Grande-Bretagne et l'Amérique

Les appels réitérés aux Etats-Unis pour en obtenir 50 destroyers, puis quelques mois plus tard 50 autres, fussent-ils

(1) L'Angleterre peut se nourrir elle-même deux jours sur sept. L'Allemagne, au contraire, quatre jours sur cinq, avant même ses traités avec les Etats balkaniques.

quelque peu vieillis, la recherche de nombreux navires de commerce dans toute l'Amérique, les achats massifs d'avions, le recrutement de pilotes au Canada, prouvent la gravité des pertes subies sur mer et dans les airs par l'Angleterre et son désir de ne pas céder malgré tout. Elle demande aussi des crédits. On peut dire sans exagération que toute la défense de l'Empire britannique, en 1941, est subordonnée au maintien de communications aussi libres que possible avec le Nouveau-Monde. De là la récente controverse avec l'Irlande dont les ports constituent des observatoires hors de pair pour la lutte contre les sous-marins allemands.

Le traité de 1921 stipulait qu'en cas de guerre l'Irlande accorderait toutes facilités aux forces impériales dans ses ports, où des garnisons anglaises furent maintenues. Mais le 31 décembre 1938, le président Valera obtenait que les propriétés et le matériel de l'Amirauté britannique fussent transférés à l'Etat libre, tout en proclamant que celui-ci ne permettrait jamais que son territoire pût servir de base d'attaque contre le Royaume-Uni. Se basant sur ce nouveau pacte, il déclarait, en septembre 1939, la neutralité absolue de son pays. Même, l'armée républicaine ressuscitée, profitant des circonstances, réclame aujourd'hui l'indépendance totale de l'Eire unifiée.

Depuis, M. de Valera a refusé à M. Churchill la cession à bail ou l'utilisation temporaire des ports irlandais. Toutefois, la discussion continue entre les deux hommes d'état. Le Cabinet de Londres compte pour obtenir finalement satisfaction sur l'appui des Irlandais d'Amérique dont le nombre est triple de ceux des habitants de l'île et dont l'influence est d'autant plus grande que depuis un siècle ils ont financé tous les mouvements insurrectionnels. A noter que l'Irlande demande actuellement à acheter des denrées alimentaires aux Etats-Unis.

L'avenir montrera si le calcul de M. Churchill est juste. Quoi qu'il en soit, dans ce domaine comme en tous les autres le salut ne peut venir pour l'Angleterre que des Etats-Unis.

Les causes de la puissance de l'aviation allemande

Le Reich, qui prévoyait le rôle éminent à jouer par son aviation, avait

très puissamment organisé ses usines et ses bureaux d'études. Déjà, en temps de paix, il était capable de produire 1 000 avions par mois et ce chiffre n'a pu qu'augmenter depuis (1). Il y a donc tout lieu d'admettre que, *pour le matériel*, les vides, quelle qu'en soit l'origine, peuvent être rapidement comblés.

Mais les équipages s'usent plus vite encore et leur remplacement est à priori plus malaisé.

A cet égard, on observe d'abord que, bien avant 1939, toutes les organisations existantes furent groupées en une seule, le *Nazional-Sozialistische Flieger-Korps* (N.S.F.K) qui répartissait ses 62 000 hommes en 16 groupes comprenant 60 régiments (2). Le recrutement de ce corps était assuré par les 76 000 jeunes gens de 15 à 18 ans de la *Hitler-Jugend*, puisant dans les 63 000 de 10 à 15 ans du *Deutscher Jungvolk*.

L'instruction technique et l'entraînement, commencés de très bonne heure, étaient assurés par de nombreuses écoles préparatoires où les élèves passaient quatre années et s'engageaient à accomplir un service prolongé dans l'armée de l'air. Deux heures par semaine, en dehors des heures de service, étaient consacrées dans ces *Vorschulen* au vol à la voile.

Cette organisation, réalisée de longue date, se prêtait au moment de la guerre à toutes les extensions désirables.

De son côté, l'Angleterre a largement développé son industrie d'aviation, aidée par le Canada, l'Australie et les Etats-Unis qui lui fournissent une grande quantité d'avions et de moteurs,

(1) Rien que dans les trois groupes d'usines Junkers fabriquant les moteurs, 25 000 travailleurs étaient employés. Chez Heinkel, par exemple, on comptait 600 ingénieurs et dessinateurs. Depuis le début des hostilités, une main-d'œuvre complémentaire a été recrutée dans les pays occupés.

(2) D'après le général Niessel.

mais probablement n'a-t-elle pas encore rattrapé sa rivale. De plus, malgré l'immense effort du Canada pour la préparation du personnel navigant, elle ne dispose pas de moyens d'instruction comparables à ceux de la N.S.F.K.

Allure générale de la guerre actuelle et de celle de demain

Déjà, en 1915, 1916, 1917, une seule bataille importante était livrée sur le front occidental; dans l'intervalle, les matériels, les munitions étaient fabriqués et les troupes instruites pour l'année suivante. Ainsi la guerre prenait une allure saccadée.

En 1939-1940, les besoins en pétrole, énormes dans une armée aussi fortement motorisée que l'armée allemande, accentuent ce caractère et, malgré les stocks accumulés dès le temps de paix, malgré les traités de livraison conclus, des accalmies prolongées peuvent être constatées dans les opérations. Il n'est même pas interdit de penser que l'Allemagne profite de son influence pour limiter intentionnellement les conflits.

D'après des estimations modérées, il lui faudrait 20 à 25 millions de tonnes d'essence par an pour conduire une guerre continue. Mais la Roumanie en extrait au total 5 à 7 millions de tonnes et exporte aussi en Italie; la Russie peut-elle lui fournir les 10 millions de tonnes espérées?...

Cette allure saccadée paraît bien être, pour de nombreux motifs, l'une des caractéristiques essentielles de la physiologie de la guerre moderne, trop coûteuse pour être complètement préparée en temps de paix et, en outre, d'un développement imprévisible dans une large mesure.

Général F. CULMANN,
du Cadre de réserve.

Un spécialiste de la propulsion par réaction, l'Américain E. M. Myers, a exposé récemment à l'École d'aéronautique Daniel Guggenheim, de l'Université de New York, le plus récent modèle de moteur à réaction susceptible d'être installé à bord d'un avion militaire et destiné à être utilisé comme moteur auxiliaire lors des décollages avec une lourde charge de bombes et de donner, en vol, de brusques accélérations. Il utilise un mélange de sulfure de carbone et d'oxyde nitreux comme combustible. Ce moteur pèserait seulement une centaine de kilogrammes, développerait en pointe près de 4 000 ch et coûterait seulement un millier de dollars, fabriqué en grande série.

L'UNITÉ ET LA DIVERSITÉ DE L'OEUVRE DE D'ARSONVAL, BIOLOGISTE, PHYSICIEN ET INGÉNIEUR

par Louis HOULLEVIGUE

Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille

L'ŒUVRE scientifique de d'Arsonval, poursuivie durant un demi-siècle, apparaît d'abord si variée qu'on pourrait se demander si d'Arsonval fut un physicien, un biologiste ou un ingénieur; ses titres de Président de l'Académie des Sciences, de la Société de Biologie, de l'Association des Electriciens, de membre d'honneur de la Société des Ingénieurs civils, semblent marquer un éclectisme, une universalité dans les connaissances, qui sont exceptionnels en un temps où on ne peut exceller qu'en se spécialisant. En réalité, d'Arsonval fut d'abord un biologiste, et c'est ce qui fait l'unité de sa vie scientifique; élève et préparateur de Claude Bernard, remplaçant, puis successeur de Brown-Séquard au Collège de France, il doit être considéré comme le fondateur de la Physique biologique; mais, à l'occasion de ses recherches, il fut souvent amené à modifier ou à créer les appareils et les méthodes, et c'est alors qu'il fit preuve d'une ingéniosité et d'une maîtrise inégalables; ainsi, la physique et l'art de l'ingénieur lui-même recueillirent les marques de son génie créateur: d'Arsonval, physicien d'occasion, fut un physicien de grande marque; c'est ce que nous allons montrer tout d'abord.

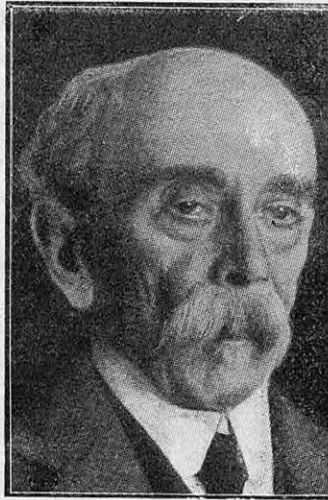
D'Arsonval physicien

Parmi les nombreux appareils créés de toutes pièces pour les besoins de ses recherches, il en est deux qui suffiraient à lui assurer la reconnaissance de tous les physiciens: le galvanomètre à cadre

mobile et la bouteille thermos. Aux environs de 1880, lorsque le jeune biologiste inaugurerait ses recherches sur les propriétés électriques des muscles striés, il fut tout de suite arrêté par l'imperfection des appareils alors employés pour mesurer les courants; ces galvanomètres étaient du type Nobili, c'est-à-dire formés par une aiguille aimantée mobile sous l'action d'un cadre fixe parcouru par le courant à mesurer; leur sensibilité était alors rachetée par la lenteur de leurs indications, lenteur causée par les oscillations interminables de l'aiguille.

D'Arsonval eut alors l'idée de renverser les données du problème, en rendant le cadre mobile et en fixant l'aimant qui agit sur lui; son premier modèle, établi en 1881, s'imposa de suite dans tous les laboratoires, grâce à une propriété remarquable: il était *apériodique*, parce que les courants induits dans le cadre par son mouvement produisaient des réactions d'amortissement, qui supprimaient les oscillations; ainsi, le cadre atteint rapidement sa position d'équilibre et cet

avantage est tel que le galvanomètre à cadre mobile, dépassant les emplois scientifiques du laboratoire, s'applique aux meilleurs types d'appareils industriels, ampèremètres, voltmètres, wattmètres, etc., etc.; ainsi, d'Arsonval devenait un des grands ouvriers de l'électrotechnique; cette qualité lui est reconnue aussi bien en Amérique qu'en France et en Angleterre, ce qui prouve bien que les mérites d'inventeur de no-



T W 5211

FIG. I. — ARSÈNE D'ARSONVAL
(1851-1941), BIOLOGISTE ET PHYSICIEN FRANÇAIS

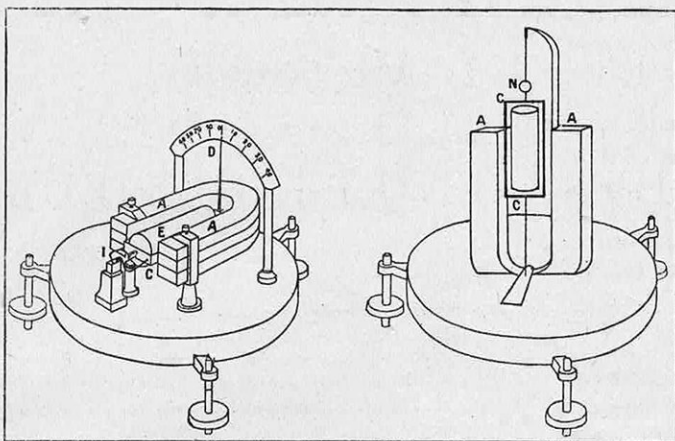


FIG. 2. — DEUX RÉALISATIONS ORIGINALES DU GALVANOMÈTRE A CIRCUIT MOBILE DEPREZ-D'ARSONVAL

L'instrument primitif, à gauche, se composait d'un aimant permanent A, d'un tube de fer doux et d'un cadre C mobile autour de deux couteaux dont les arêtes coïncident avec son axe. Ce cadre reçoit le courant électrique à mesurer par deux fils I et J qui trempent dans des godets à mercure. Le cadre entraîne une aiguille D qui indique sur une graduation l'intensité du courant. A droite, le galvanomètre est disposé verticalement, les couteaux et les godets à mercure étant supprimés. Les fils de suspension du cadre servent à l'arrivée du courant et leur tension développe un couple résistant qui permet la mesure de ce courant. Un miroir argenté N porté par le cadre permet de faire la lecture des déviations optiquement avec une grande précision.

tre compatriote ne sauraient être discutés.

En revanche, on a voulu parfois lui faire partager avec le physicien anglais Dewar le mérite d'avoir réalisé le vase isolant à double paroi; la vérité historique mérite donc d'être rétablie: D'Arsonval, étudiant l'action du froid sur les tissus, avait besoin d'air liquide, qu'il préparait dans son laboratoire; pour en ralentir l'évaporation, il pensa que rien n'était plus isolant que le vide, et cette idée fut aussitôt réalisée par le récipient qu'en 1888 il présentait en ces termes à la Société de Biologie: « Cette bouteille se compose de deux vases en verre entrant l'un dans l'autre et soudés de façon à former un vase unique; la cavité intérieure constitue le réservoir proprement dit; dans l'espace annulaire, on a fait le vide sec ». Il est impossible d'être plus explicite. Ce n'est que cinq ans plus tard, en 1893, que Dewar imagina d'argenter le récipient, ce qui lui permit de barrer la

route au rayonnement calorifique, comme d'Arsonval avait intercepté la propagation de chaleur par conductibilité.

Ces deux inventions, brevetées, eussent valu une fortune; mais le grand savant avait de plus nobles soucis. Et combien d'autres appareils sont sortis de ses mains habiles et de son infatigable activité créatrice! Leur exposition remplirait une vaste salle et constituerait le plus vivant hommage qu'on puisse rendre actuellement à la mémoire de d'Arsonval.

Citons, entre autres: des électrodes impolarisables au chlorure d'argent fondu, dont l'emploi est devenu classique dans les laboratoires de physiologie; des aiguilles, des sondes et un comparateur thermo-électrique destiné, en association avec son galvanomètre, à la mesure instantanée de la température des tissus; des piles, plusieurs modèles de microphones et un ingénieux téléphone, un alterneur sans fer pouvant donner jusqu'à 10 000 périodes par seconde, enfin des thermostats et des calorimètres permettant la mesure des quantités de chaleur mises en jeu dans les phénomènes biologiques (fig. 4 et 5).

Et, parmi les expériences que réalisa son génie, ne doit-on pas faire une place au *muscle téléphonique* et au *muscle artificiel* par lesquels il expliquait en physicien les propriétés électriques des contractions musculaires? Dans la seconde, un tube en caoutchouc était divisé en

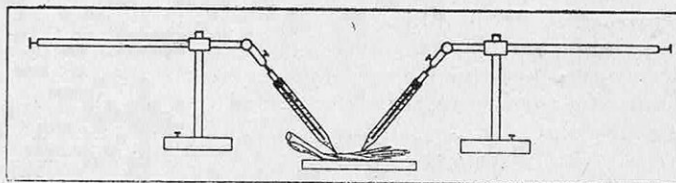


FIG. 3. — LES ÉLECTRODES IMPOLARISABLES POUR L'ÉTUDE DE L'ÉLECTRICITÉ ANIMALE

Elles se composent d'un tube de verre étiré en pointe, rempli d'une solution physiologique de chlorure de sodium dans laquelle trempe un fil d'argent recouvert de chlorure d'argent fondu. Ces électrodes peuvent recevoir les formes les plus variées. En leur donnant celle d'une aiguille, on peut les enfoncer sans inconvénient dans les muscles ou les tissus de l'homme vivant.

sections formées alternativement de mercure et de tampons poreux imbibés d'eau acidulée (fig. 7); en étirant le tube, on modifiait les surfaces de contact, et il en résultait une production de courant, par suite des phénomènes électro-capillaires découverts par Lippmann. Inversement, dans le muscle téléphonique, un muscle de grenouille, relié aux courants ondulés provenant d'un téléphone devant lequel on parlait, exécutait des mouvements rythmiques qui, transmis par l'air, reproduisaient nettement la voix ou le chant (fig. 6).

Je terminerai cette trop brève énumération en citant un fait typique, qui montre à quel point le laboratoire de d'Arsonval était en avance sur la science contemporaine : lorsque le général Ferrié installa, sur la tour Eiffel, le premier poste émetteur de T.S.F., il n'eut rien de mieux à faire que de copier exactement le dispositif pour la production de courants de haute fréquence, tel qu'il était installé au laboratoire du Collège de France; évidemment, ces techniques ont été, depuis lors, largement dépassées, mais elles justifient l'honneur fait à d'Arsonval par les radioélectriciens, en l'ap-

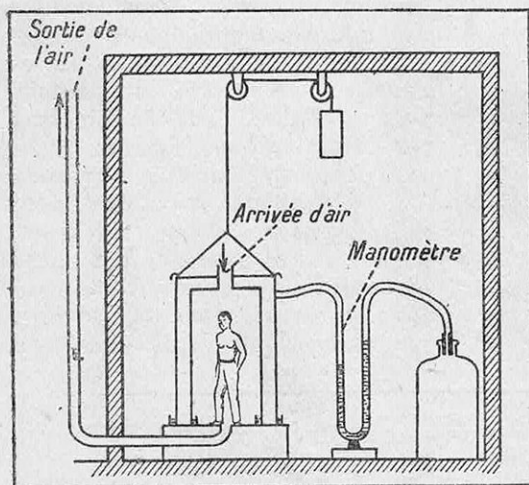


FIG. 4. — L'APPAREIL DE D'ARSONVAL POUR LA CALORIMÉTRIE HUMAINE

Le sujet est placé sous une cloche formée par deux cylindres concentriques isolant une cavité annulaire hermétiquement close et pleine d'air et reposant sur une rainure circulaire pleine de liquide. La ventilation s'effectue par le tube situé en haut du calorimètre et l'air est évacué par la cheminée où brûle un bec de gaz à débit constant. Le rayonnement calorifique du sujet chauffe l'air de l'enceinte annulaire, ce qui se traduit par une élévation de la colonne d'eau du manomètre.

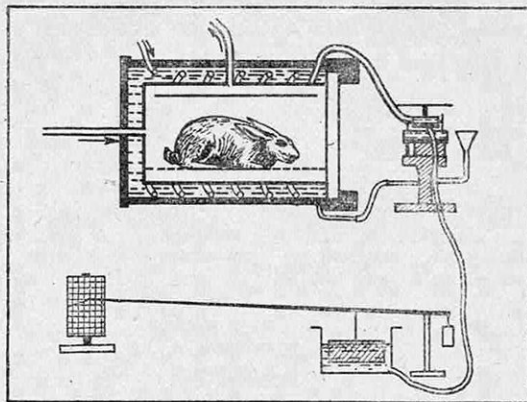


FIG. 5. — LE CALORIMÈTRE ENREGISTREUR POUR LA MESURE DE LA CHALEUR DÉGAGÉE PAR LES ORGANISMES VIVANTS

L'animal en expérience est entouré d'un matelas d'eau à température constante traversé par un serpentin. L'une des extrémités de ce serpentin (à gauche) est reliée à un récipient contenant de l'eau à zéro degré; l'autre conduit au régulateur d'écoulement visible à droite. Tant que le calorimètre est à la température de l'enceinte, aucun écoulement n'a lieu; si on introduit un animal dans le calorimètre, l'écoulement d'eau à zéro commence. Pour évaluer le nombre de calories dégagées par l'organisme, il suffit de mesurer et d'enregistrer le volume d'eau qui traverse le serpentin.

pelant à la présidence de leur association.

D'Arsonval biologiste Les hautes fréquences

Dans une série remarquable de travaux, qui l'occupa plus de vingt ans, le savant biologiste avait mis en œuvre les appareils et les méthodes qu'il avait créés pour étudier et pour expliquer, par des causes purement physiques, les phénomènes électriques dont l'organisme vivant est le siège, et spécialement la contraction musculaire; ses travaux sur la thermogénèse et sur la fièvre ont servi de base à toutes les recherches ultérieures. Mais il devait atteindre au sommet de sa gloire en étudiant le phénomène inverse, c'est-à-dire l'action des courants électriques d'origine extérieure sur l'organisme vivant.

Entre 1885 et 1890, les expériences de Hertz sur la propagation des ondes électromagnétiques dans les milieux isolants avaient soulevé dans tout le monde savant une émotion profonde et justifiée; les anticipations théoriques et géniales de Maxwell avaient reçu, du coup, une confirmation éclatante. D'après les idées

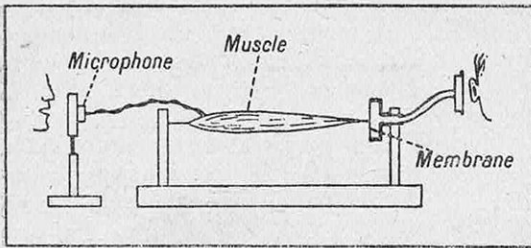


FIG. 6. — LE MUSCLE TÉLÉPHONIQUE

Un muscle de grenouille muni de son nerf est excité par les courants téléphoniques issus d'un microphone. Le tendon du muscle est attaché au centre d'une membrane qui reproduit la parole avec netteté, démontrant que ce nerf et le muscle peuvent suivre les excitations à fréquence élevée de la parole.

qui avaient cours à cette époque, les ondes électriques de haute fréquence se propageaient librement à l'intérieur des isolants, mais elles effleuraient seulement la surface des bons conducteurs; quant aux conducteurs médiocres, comme sont d'ordinaire les tissus vivants, on ne savait pas trop ce qui s'y produisait; certains pensaient que le courant s'y localisait, comme dans les conducteurs parfaits, à la surface (c'était ce qu'on nommait *skin effect*, effet de peau) et ainsi s'expliquait l'insensibilité des êtres vivants à des courants de haute fréquence. D'Arsonval était d'un avis différent et il lui fut donné de justifier son opinion par une expérience irréfutable: ayant fait passer le courant à travers un bac rempli d'eau salée à 5 %, c'est-à-dire de même conductibilité que le tissu musculaire, il put constater que le dégagement de chaleur se produisait aussi bien à l'intérieur de la solution, ce qui prouve bien que l'énergie électrique y pénètre pour finalement se dégrader en calories.

D'ailleurs, d'Arsonval était bien préparé à étudier l'action de ces courants à haute fréquence dans les tissus vivants; depuis plusieurs années, avec son alternateur à fréquence variable, il avait abordé un problème préliminaire et abouti à la conclusion suivante: à mesure qu'on accroît la fréquence du courant alternatif appliqué au muscle, la réaction va d'abord en croissant jusqu'à un maximum correspondant à 4 000 ou 5 000 excitations par seconde; mais pour des fréquences plus élevées, l'excitabilité neuro-musculaire va en décroissant. Il était donc tout naturel de penser que cette diminution se poursuit à mesure qu'on élève le nombre des oscillations, et

qu'elle finit par aboutir à l'insensibilité complète. Précisément, les techniques créées par les physiiciens permettaient de réaliser ces courants à haute fréquence, sous forme de décharges oscillantes et amorties. D'Arsonval n'eut donc rien de plus pressé que de répéter la fameuse expérience de Galvani, en soumettant un muscle de grenouille aux décharges oscillantes produites par l'excitateur de Hertz; il constata qu'aucune contraction ne se produisait. Ce fait important, annoncé dans une lettre à Brown-Séquard du 3 janvier 1890, fut pour d'Arsonval un trait de lumière; il comprit que, de même que l'œil est insensible aux vibrations ultra-violettes, dont la fréquence dépasse une certaine limite, le système neuro-musculaire ne réagit plus aux ondes électriques trop brèves.

Sans provoquer de contraction musculaire, ces ondes doivent pourtant exercer une action sur les milieux qu'elles pénètrent, comme l'a prouvé l'expérience sur l'eau salée. Mais, pour étudier cette action, le dispositif de Hertz devait être modifié; d'Arsonval remplaça les deux boules de l'excitateur hertzien par deux condensateurs dont les armatures internes, reliées aux extrémités du secondaire de la bobine d'induction, prenaient des charges de signes contraire, jusqu'au moment où, la tension ayant dépassé la limite explosive, une étincelle oscillante jaillissait à l'é-

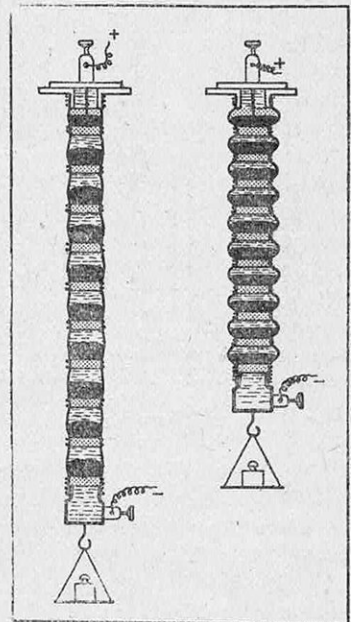


FIG. 7. — LA FIBRE MUSCULAIRE ARTIFICIELLE

Dans un tube de caoutchouc, des disques poreux en roseau séparent des compartiments contenant chacun une couche de mercure surmontée d'eau acidulée. Si on allonge brusquement le tube (à gauche) on constate entre ses deux extré-

mités la production d'un courant électrique. Au contraire, si on fait passer un courant en sens inverse, le tube se raccourcit (à droite).

clateur. Ces oscillations se reproduisaient dans les armatures extérieures, réunies par un solénoïde à gros fil qui était alors parcouru par le courant à haute fréquence.

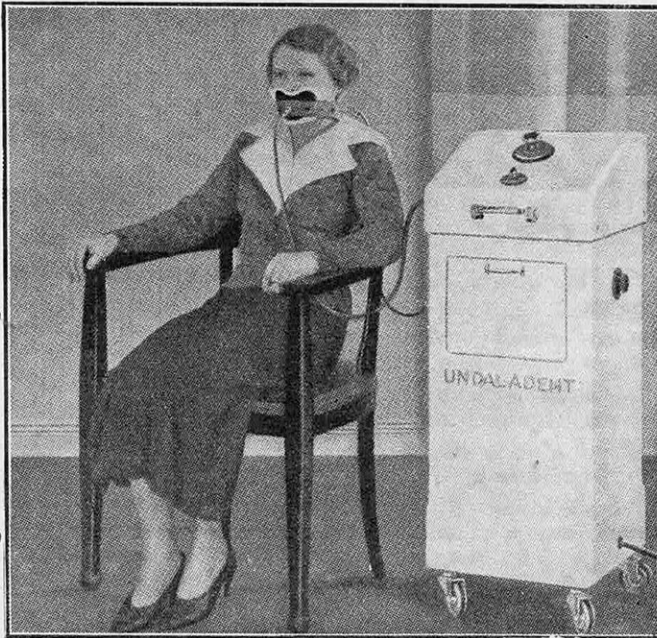
Tel fut le « montage d'Arsonval », avec lequel furent réalisées des expériences sensationnelles; elles établirent que l'être vivant soumis à l'influence du solénoïde était lui-même parcouru par des courants induits d'un voltage suffisant pour allumer plusieurs lampes électriques. Annonçant ces résultats, en 1891, à l'Académie des sciences, le physicien Cornu s'exprimait ainsi: « M. d'Arsonval nous a rendus témoins, M. Marey et moi, des résultats considérés dans sa note. Nous avons été particulièrement frappés de l'expérience dans laquelle six lampes de 125 volts et 0,8 ampère ont été portées à l'incandescence dans le circuit formé par nos bras, circuit

formant dérivation sur les extrémités du solénoïde. Nous n'avons pas éprouvé la moindre impression par le passage du flux électrique auquel nous étions soumis. »

Ces résultats, annoncés à la Société de Biologie les 24 février et 25 avril 1891, furent confirmés ultérieurement, dans leurs parties essentielles, par Nikola Tesla, physicien serbe travaillant aux

laboratoires Edison de West-Orange (U.S.A.); ils soulevèrent un étonnement profond et ne furent pas acceptés sans réserve, même dans les milieux scientifiques élevés.

L'étude des propriétés physiologiques des courants de haute fréquence se développa dès lors, d'abord sur le plan purement scientifique, avec la collaboration de jeunes savants groupés autour du maître, Bergonié, Bordier, Georges Claude. Mais les faits acquis justifient bientôt des applications thérapeutiques qui devaient porter à son sommet la gloire de d'Arsonval. Le savant biologiste avait, d'ailleurs, nettement indiqué la portée du nouvel agent qu'il apportait à la technique médicale: « Je suis persuadé, écrivait-il, que la thérapeutique de l'avenir emploiera comme moyens curatifs les mo-



T W 5365

FIG. 8. — UN EXEMPLE D'APPLICATION THÉRAPEUTIQUE DES ONDES COURTES

L'action des oscillations électriques contre les inflammations des tissus est une des découvertes les plus importantes de d'Arsonval. Elle est extrêmement complexe et encore mal élucidée. On a pu rapporter une de ses causes à l'application de chaleur dans les tissus, provoquant une sorte de fièvre artificielle. Dans le procédé par diathermie, on soumet le malade à des courants alternatifs d'environ 500 000 périodes par seconde. Ces courants traversent le corps suivant ses parties les plus conductrices (veines, artères), évitent les os et traversent difficilement l'épiderme. Ils sont donc parfois difficiles à diriger vers le tissu malade. Au contraire, des ondes courtes entretenues ou amorties de 4 à 15 m de longueur d'onde se propagent à la manière d'un faisceau lumineux à travers le corps du patient et peuvent agir sur les organes profonds et à travers les os. Pour les appliquer, on place la partie malade entre deux électrodes larges formées d'un grillage isolé de la peau. Un faisceau d'ondes passe entre les deux électrodes. La figure ci-dessus montre une application des ondes courtes en chirurgie dentaire, où elles viennent à bout d'infections rebelles aux antiseptiques.

ificateurs physiques (chaleur, lumière, électricité et autres agents encore inconnus). Le moyen barbare qui, sous prétexte de nous guérir, nous empoisonne avec les drogues les plus vénéneuses de la chimie, devra céder la place à des agents physiques dont l'emploi a au moins l'avantage de n'introduire aucun corps étranger dans l'organisme. »

L'ensemble de toutes les techniques qui utilisent les courants à haute fréquence a reçu, par un hommage justifié, le nom générique de *d'Arsonvalisation*. La plus connue, la *diathermie*, a pour effet de provoquer une élévation artificielle de température du corps entier, ou d'une de ses parties, soumis à l'action du solénoïde ou placé entre les armatures d'un condensateur ; il est inutile d'ajouter que les procédés mis en œuvre, au début, pour l'obtention du champ alternatif, ont été grandement améliorés par l'emploi de la lampe à trois électrodes, qui permet de produire des oscillations entretenues, parfaitement régulières et réglables à volonté. On a pu constater, dans ces conditions plus précises, que la diathermie ne permet pas seulement d'élever la température du malade ; ses effets thermiques s'accompagnent de phénomènes d'insensibilité, ou analgésie, d'un accroissement des combustions organiques, d'une action sur le système vaso-moteur utilisable pour le traitement de l'artério-sclérose et des maladies de la nutrition. On peut même

pousser l'élévation de température jusqu'au point de provoquer une fièvre artificielle, qui s'avère efficace contre un certain nombre de maladies.

La chirurgie elle-même n'a pas été sans bénéficier des nouvelles méthodes : on peut, en effet, provoquer une élévation de température suffisante pour provoquer la coagulation en un point déterminé des tissus, qui sont ainsi soustraits à la vie d'ensemble comme s'ils avaient été enlevés avec un bistouri, et plus sûrement que par l'emploi du thermo ou du galvanocautère.

L'étude de ces applications des hautes fréquences n'en est encore qu'à son début, car il est certain, dès à présent, que ces courants présentent des propriétés très différentes suivant leur longueur d'onde. Mais tous ces progrès, passés ou futurs, ont trouvé leur source dans l'intuition géniale de l'homme qui vient d'entrer dans le grand repos : ce sont des monuments, plus durables que le marbre et le bronze, élevés à sa mémoire.

L. HOULLEVIGUE.

Les informations qui nous viennent d'Amérique laissent présager une révolution prochaine dans le domaine du film sonore où trois procédés d'enregistrement nouveaux viennent d'apparaître : le « Stereophonic Sound », le « Fantasound » et le « Vitasound ». Pour le film « 100 Men and a Girl », enregistré avec la collaboration du chef d'orchestre Léopold Stokowski, neuf microphones avaient été disposés devant l'orchestre et la musique fut enregistrée sur neuf pistes sonores distinctes. Ces neuf enregistrements furent ensuite « mélangés » pour donner la piste sonore unique du film classique. Le procédé « Fantasound » utilisé pour le nouveau film de Walt Disney « Fantasia » en est dérivé : les neuf enregistrements de Stokowski servirent à enregistrer trois pistes sonores et une piste pilote sur une bande séparée de la bande des images. Le « Stereophonic Sound » emploie également les trois pistes sonores et la piste pilote sur une bande séparée, mais l'enregistrement est effectué à l'aide de trois microphones disposés sur la gauche, au centre et sur la droite de la scène, et, à l'audition, chaque piste actionne un haut-parleur placé dans une position correspondante derrière l'écran, ce qui donne lieu à des effets stéréophoniques particuliers quant à l'origine du son venant frapper les oreilles des spectateurs. Enfin, dans le « Vitasound », on ne rencontre qu'une seule piste sonore comme dans la méthode classique ; mais une piste supplémentaire est imprimée au delà des perforations du film afin d'obtenir une augmentation du volume sonore sans surcharge du haut-parleur classique, en actionnant à certains moments deux haut-parleurs supplémentaires derrière l'écran.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

Le Krypton et les lampes à incandescence

On sait que le nom du savant français Georges Claude est attaché notamment à ses remarquables travaux sur l'air liquide qui ont abouti à sa préparation industrielle et à la séparation de gaz rares de l'air (1), en particulier du néon, dont on connaît les applications dans le domaine de l'éclairage (tubes lumineux, enseignes lumineuses, etc.).

En même temps que le néon, il avait extrait de l'air l'hélium, gaz léger qui peut être utilisé pour le gonflement des dirigeables, en remplacement de l'hydrogène sur lequel il présente l'avantage de ne pas être inflammable. Malheureusement, la teneur en hélium de l'air est trop faible, et seuls les États-Unis, grâce à leurs sources de gaz naturels qui contiennent environ 2 000 fois plus d'hélium que l'air, ont pu envisager cette application.

D'autre part, on connaît l'emploi de l'argon, autre gaz rare de l'air, pour le remplissage des lampes électriques dites demi-watt. L'argon, conduisant mieux la chaleur que le vide qui règne dans les lampes monowatt, a permis d'augmenter la température du

(1) La composition de l'air est la suivante : 78 % d'azote; 21 % d'oxygène; 1 % d'argon; 18 pour 1 000 000 de néon; 5 pour 1 000 000 d'hélium; 1 p. 1 000 000 de krypton; 1 pour 12 000 000 de xénon.

filament incandescent et, par suite, d'accroître le rendement lumineux.

Et déjà Georges Claude envisageait, pour ce remplissage des lampes, l'emploi de deux autres gaz rares de l'air, le krypton et le xénon, beaucoup plus denses que l'argon et meilleurs conducteurs de la chaleur. Mais l'air ne con-

comme produit principal et non comme sous-produit.

Le procédé imaginé et réalisé par M. Gomonet consiste essentiellement à refroidir l'air, à le traiter à la température de l'air liquide, mais sans le liquéfier et à le laver avec de faibles quantités d'air liquide obtenu par le pro-

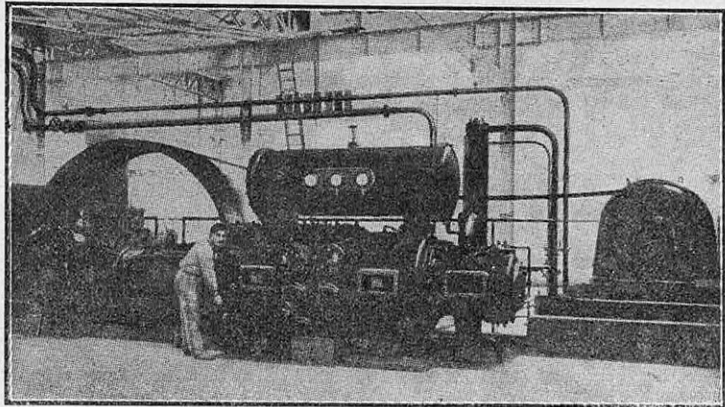


FIG. 1. — COMPRESSEUR CLAUDE CAPABLE DE TRAITER 33 000 M³ D'AIR A L'HEURE (SOCIÉTÉ DE L'AIR LIQUIDE)

tient respectivement que 1/1 000 000 et 1/12 000 000 en volume de ces deux gaz. Aussi, malgré les procédés d'obtention du krypton comme sous-produit de la fabrication de l'oxygène à partir de l'air liquide, mis au point par MM. Lepape et Georges Claude, la quantité de ce gaz s'est avérée trop faible pour satisfaire aux besoins de l'industrie. Elle a permis cependant de poursuivre les essais des lampes au krypton et de confirmer leurs qualités de rendement lumineux.

Pour aboutir à une solution vraiment industrielle, il fallait donc traiter l'air pour obtenir le krypton

classique de Georges Claude. Peu volatils, le krypton et le xénon sont retenus et le liquide ainsi enrichi est traité par évaporation et rectification pour en extraire les deux gaz rares. L'air à traiter est d'abord comprimé à une faible pression, juste suffisante pour obtenir, par échange de chaleur et par détente avec travail extérieur, le refroidissement nécessaire.

Deux installations très importantes ont été réalisées avant la guerre : l'une en Hongrie, pouvant traiter 25 000 m³ d'air à l'heure, l'autre en France (33 000 m³/h). Ces appa-

reils peuvent fournir 200m³ des gaz rares par an.

De nombreux perfectionnements ont été apportés pour éviter les accidents pouvant survenir par suite de la présence d'impuretés dans l'air, notamment d'hydrocarbures (par exemple d'acétylène provenant d'une usine voisine) et d'ozone (produit par le frottement des courroies de l'usine). Un mélange extrêmement détonant pourrait ainsi se former, et c'est ce qui est arrivé en 1908, à Ougrée, près de Liège.

Quoi qu'il en soit, le procédé de M. Gomonet présente un rendement très satisfaisant : plus de 80 % du krypton et du zénon contenus dans l'air sont extraits avec une dépense de 40 kWh par litre de gaz rares, le coût de l'installation n'augmentant le prix du litre que de quelques centimes. Le public avait fait aux nouvelles lampes le meilleur accueil. Seul le manque de gaz avait empêché leur fabrication continue. Aussi de nouveaux appareils encore plus puissants étaient-ils

en projet et Georges Claude a-t-il toute confiance dans cette nouvelle exploitation de l'atmosphère.

Lampe stérilisante pour l'atmosphère d'une pièce

L'EFFICACITÉ des rayons ultraviolets contre les bactéries est facile à démontrer par une simple expérience de laboratoire. Des microorganismes étant placés sur une plaque de quartz sous un microscope, il suffit de projeter sur eux le faisceau d'une petite lampe à rayons ultraviolets pendant une fraction de seconde pour assister à leur mort instantanée. Les plus réfractaires ne peuvent survivre au bout de trois irradiations.

Aussi a-t-on songé à mettre en œuvre cette propriété bactéricide de l'ultraviolet pour aseptiser l'air d'une salle. La photographie ci-dessous montre une batterie de 40 lampes de ce type installée dans

une conduite de conditionnement d'air d'une salle de spectacle. Des essais ont montré qu'en pratique l'air est débarrassé de tous ses microbes.

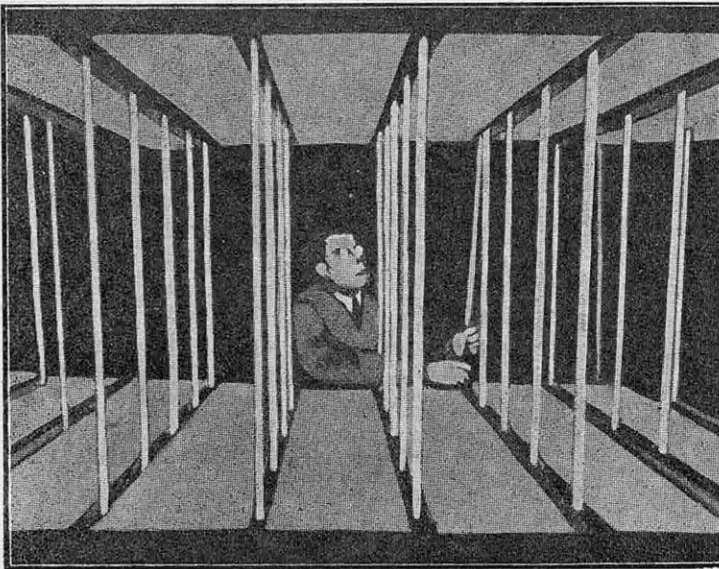
La place de telles lampes paraît donc indiquée dans toute salle d'opération chirurgicale, d'hôpital, dans tout amphithéâtre d'étudiants, etc.

Supports métalliques pour émulsions photo- graphiques

Aux Etats-Unis et en Italie, en particulier, annonce « Il Corriere Fotografico », on envisage la possibilité de faire appel à un métal en vue de remplacer le papier, le verre, le celluloid, l'acétate de cellulose, etc., jusqu'ici utilisés comme supports des émulsions sensibles photographiques ou cinématographiques. On sait, en effet, que si le celluloid possède de remarquables qualités de souplesse, de résistance et de bon marché, il offre, par contre, le grave inconvénient d'une grande inflammabilité. L'acétate de cellulose remédie à ce défaut, mais il devient rapidement cassant s'il n'est pas conservé dans une atmosphère humide.

Le nouveau support, un alliage d'aluminium, est, bien entendu, employé sous forme d'une bande extrêmement mince afin qu'il puisse s'enrouler aisément sur une bobine sans risque de cassure.

L'opacité d'un tel support ne présenterait, d'après les inventeurs, aucun inconvénient : la projection par réflexion aurait même un rendement lumineux supérieur à celui de la projection par transparence, par suite des faibles pertes de lumière. Enfin, une oxydation suffirait à rendre poreuse la



T W 5034

FIG. 2. — BATTERIE DE 40 LAMPES A ULTRAVIOLET PLACÉES DANS LA GALERIE D'ARRIVÉE D'AIR CONDITIONNÉ D'UNE SALLE DE SPECTACLE, EN VUE DE LA DESTRUCTION DES BACTÉRIES QU'IL PEUT CONTENIR

surface du métal qui pourrait ainsi retenir les sels d'argent sans le secours de gélatine. Seule, la sensibilité serait un peu réduite, mais, par contre, le développement et le fixage seraient très rapides et le grain de l'image serait très fin. Un tel support serait très robuste et résisterait aussi bien aux agents atmosphériques qu'à la chaleur.

D'autre part, Iron Age annonce que la Taylor-

Slona Corporation, de New-York, a réussi à mettre au point un support métallique d'une transparence remarquable (alliage contenant 92 % d'aluminium). Les bandes obtenues, qui peuvent atteindre 900 mm de largeur, présentent une épaisseur variant de 7,5 à 10 centièmes de millimètre. On peut également réaliser ce support en plaques de 2,40 m sur 3 m. Sensibilisé de la même façon que les films

d'acétate ou de nitrate de cellulose, ce support inaltérable, incombustible, ne pesant pas plus que les films ordinaires, se prête à un développement et à un fixage rapides, car l'émulsion ne pénètre aucunement dans le métal. Le lavage s'effectue en quelques secondes et le séchage en cinq minutes, car il peut s'exécuter à la température de 200°.

V. RUBOR.

N.D.L.R. — Nous tenons à informer nos lecteurs que dans l'article : « Les fleurs, les fruits et leurs ennemis-nés : les insectes », paru dans notre numéroté spécial de Noël, une partie de l'illustration (les figures 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9 et 11) a été extraite du bel ouvrage : « Nos cultures, leurs parasites, leurs traitements », édité par le Département agricole de la S.A. Progil, dont le siège est à Lyon, 10, quai de Serin, et auquel on pourra se reporter utilement pour se documenter sur les parasites des cultures florales et fruitières et les traitements utiles pour les combattre.

Nous tenons à signaler également que les photographies des pages 299 à 302 insérées dans l'article sur la Sélection des plantes paru dans ce même numéro de décembre 1940 nous ont été communiquées par M. Marc Simonet, directeur du Centre des Recherches Agronomiques de Provence (Villa Thuret), au Cap d'Antibes (A.-M.).

(282)

BULLETIN D'ABONNEMENT

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

un an, au prix de
6 mois,

Déclare m'abonner pour
(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 affran-	1 an.....	55 fr.
chis.....	6 mois.....	28 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	65 fr.

ÉTRANGER

Pour les pays ci-après : *Australie, Bolivie, Chine, Danemark, Etats-Unis, Grande-Bretagne et Colonies, Iles Philippines, Irlande, Islande, Japon, Norvège, Nouvelle-Zélande, Palestine, Rhodesie:*

Envois simplement affran-	1 an.....	100 fr.
chis.....	6 mois.....	52 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	120 fr.
	6 mois.....	65 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affran-	1 an.....	90 fr.
chis.....	6 mois.....	46 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	110 fr.
	6 mois.....	56 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 1 franc en timbres-poste.

" LA SCIENCE ET LA VIE "

Rédaction et Administration : actuellement : 22, rue Lafayette, Toulouse (H^e-G^{re})

Chèques Postaux : Toulouse 184.05

É C O L E
PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE
DE T. S. F.
ET DE TÉLÉVISION

51, Boul^d Magenta --- **PARIS X^e**

----- ZONE LIBRE : -----

CHATEAU DE VILLAC (Dordogne)
(Propriété de l'École)

ENSEIGNEMENT
TECHNIQUE et PRATIQUE sur place et par correspondance

Préparation à toutes les carrières

INDUSTRIE
P. T. T.
MARINE
AVIATION
ARMÉE
COLONIES

Tous nos élèves diplômés sont très recherchés et bien payés.

**NOTRE ÉCOLE EST LA SEULE OU
L'ON FAIT DE LA PRATIQUE**

Demandez le programme et les conditions qui vous seront
envoyés gratuitement et par retour du courrier.





Cours sur place ou par correspondance

INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN,
SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR
en Mécanique générale, Con-
structions aéronautiques, Électri-
cité, Radiotechnique, Chimie in-
dustrielle, Bâtiment, Travaux Pu-
blics.

PONTS & CHAUSSÉES

ADJOINT TECHNIQUE ET
INGÉNIEUR ADJOINT

COMMERCE - DROIT

SECRETAIRES, COMPTABLE ET
DIRECTEUR, CAPACITÉ ET
LICENCE.

SECTION DES SCIENCES

Étude et développement par
correspondance des Sciences
mathématiques et appliquées
depuis les cours d'initiation
jusqu'aux cours les plus éle-
vés.

Arithmétique, Géométrie, Algè-
bre, Trigonométrie, Mécanique,
Cosmographie, Géométrie des-
criptive, Mathématiques généra-
les, Calcul différentiel, Calcul
intégral, Géométrie analytique,
Physique, Chimie, Électricité, Ré-
sistance des matériaux Baccal-
auréats.

MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions pré-
vues pour la Marine Marchande
ainsi que son futur développement
et les nouveaux statuts qui sont
prévus en font une carrière des
plus intéressantes pour les jeunes
gens.

On peut être admis à partir de
13 ans dans les cours préparatoi-
res, à 16 ans dans le cours d'As-
pirant. Les examens officiels d'E-
leve-Officier ont lieu à 17 ans.

**Examens officiels préparés à
l'École :** Entrée dans les Ecoles de
Navigation, Brevet d'Elève-Offi-
cier (Pont, Machines, T.S.F.), Bre-
vets de Lieutenants, d'Officiers
Mécaniciens et d'Officiers-Roaders
Cours spécial d'Aspirant.

T. S. F.

Carrière d'avenir à condition
de posséder l'un au moins des
trois brevets officiels délivrés
par le Ministère des P.T.T. :

Certificat spécial, Certificat d'Opé-
rateur de 2^e classe, Certificat
d'Opérateur de 1^{re} Classe.

De nombreuses situations ad-
ministratives.

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aériens.
Concours d'Agents techniques et
d'Ingénieurs Adjointes.

PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance
à toute époque

Rentrée sur place au 1^{er} janvier