

Juillet 1941

5 francs

# la Science et la Vie



Voir page 15

## JEUNES GENS

pensez dès maintenant à votre avenir; n'oubliez pas que la France de demain ne laissera plus de place au favoritisme; c'est uniquement vous, grâce à votre travail, grâce à vos connaissances, qui ferez votre situation: il vous faut donc mûrement réfléchir avant de choisir tel ou tel métier.

## LA RADIO

vous ouvre de nombreux débouchés, que ce soit dans les Industries civiles (P. T. T., Marine, Police, Aviation, Colonies, etc.) ou dans l'Armée (Armée de terre, Aviation, Marine, etc.), vous êtes toujours assurés de gagner largement votre vie et d'avoir un métier propre et agréable.

## NOTRE ÉCOLE

bénéficiant d'une expérience de quinze années, puisque fondée en 1927, a mis au point une série de cours *par correspondance* qui répondent à chaque cas particulier suivant le degré d'instruction de l'élève et la spécialisation vers laquelle il souhaite se diriger.

## NOS PROFESSEURS

techniciens en renom, ingénieurs spécialisés en Radioélectricité et Télévision, forment un « cadre » auprès duquel nos élèves trouvent un enseignement de premier ordre et des conseils éclairés. De plus, le diplôme conféré en fin d'études à tous les jeunes gens qui ont suivi nos cours avec succès, leur assure des situations très intéressantes.

## CONSULTEZ-NOUS

et nous nous ferons un plaisir de vous faire parvenir, gracieusement et sans engagement de votre part, notre programme complet:

# ÉCOLE PROFESSIONNELLE DE T. S. F.

ET DE

# TÉLÉVISION

Château de Villac

(Dordogne)

**Pour les études de vos enfants, pour vos propres études**  
n'hésitez pas à recourir à l'enseignement par correspondance de

## L'ÉCOLE UNIVERSELLE

qui a comblé une grave lacune. Grâce à l'ÉCOLE UNIVERSELLE, en effet, tous ceux qui étaient jusqu'ici empêchés de s'instruire, parce qu'ils résident loin d'un centre ou parce que leur état de santé les retient à la maison, peuvent désormais travailler chez eux. Il en est de même de tous ceux qui sont astreints à de fréquents déplacements ou qui ont un retard à rattraper ou qui se trouvent dans l'impossibilité de poursuivre leurs études à un rythme normal et aussi de ceux qui sont dans la nécessité de gagner leur vie. L'enseignement individuel de l'ÉCOLE UNIVERSELLE permet à chacun de faire CHEZ SOI, sans dérangement, dans le MINIMUM DE TEMPS, AUX MOINDRES FRAIS quel que soit le degré d'instruction de l'élève, en toute discrétion s'il le désire, toutes les études qu'il juge utiles, quel que soit le but qu'il veuille atteindre.

L'enseignement de l'ÉCOLE UNIVERSELLE est merveilleusement efficace puisqu'il a permis à ses élèves de remporter des

**DIZAINES DE MILLIERS DE SUCCÈS AU BACCALAURÉAT**

et des dizaines de milliers de succès aux BREVETS, LICENCES, concours des GRANDES ÉCOLES, des GRANDES ADMINISTRATIONS, etc.

Pour être renseigné avec précision sur les études que vous pouvez faire, la carrière que vous pouvez aborder, découpez le bulletin ci-dessous, marquez d'une croix la brochure que vous désirez recevoir gratuitement, écrivez au bas votre nom et votre adresse, et expédiez ce bulletin, aujourd'hui même, à L'ÉCOLE UNIVERSELLE, 12, place Jules-Ferry, à LYON.

**BROCHURE N° 653.** — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

**BROCHURE N° 654.** — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de mathématiques spéciales incluse, Examens de passage, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

**BROCHURE N° 655.** — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Professorats pratiques), Examens professionnels, P. C. B. Herbologiste, Inspection primaire, etc.

**BROCHURE N° 656.** — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, Colonies, etc.

**BROCHURE N° 657.** — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : France et Colonies.

**BROCHURE N° 658.** — CARRIÈRES DE L'INDUSTRIE, des MINES et des TRAVAUX PUBLICS : Ingénieur (diplôme d'Etat), Sous-Ingénieur, Dessinateur, Conducteur, Chef de chantier, Contremaître, etc.

**BROCHURE N° 659.** — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE métropolitaine et coloniale et du Génie rural, etc.

**BROCHURE N° 660.** — CARRIÈRES DU COMMERCE : (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-Dactylo, Représentant, Services de publicité, Expert comptable, Comptable, Teneur de livres, de l'INDUSTRIE HOTELIÈRE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

**BROCHURE N° 661.** — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESIN, ÉCRITURE, etc.

**BROCHURE N° 662.** — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Russe, Portugais, Arabe, Annamite, Esperanto), TOURISME (Interprète), etc.

**BROCHURE N° 663.** — AIR, RADIO, MARINE : Ponts, Machines, Commissariat, T. S. F. etc.

**BROCHURE N° 664.** — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction, Administration, Direction, etc.)

**BROCHURE N° 665.** — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

**BROCHURE N° 666.** — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

**BROCHURE N° 667.** — MÉTIERS DE LA COUTURE, de la COUPE, de la MODE, de la LINGERIE, de la BRODERIE : Petite main, Seconde main, Première main, Vendeuse, Retoucheuse, Coupeur, Coupeuse, Modéliste, Professorats, etc.

**BROCHURE N° 668.** — CARRIÈRES FÉMININES dans toutes les branches d'activité.

**BROCHURE N° 669.** — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

**BROCHURE N° 670.** — TOUTES LES CARRIÈRES COLONIALES.

A expédier gratuitement à M .....

Rue ..... N° .....

A ..... Département .....

Si vous souhaitez des renseignements ou des conseils spéciaux à votre cas, ils vous seront fournis très complets, à titre gracieux et sans engagement de votre part. Il vous suffira de nous les demander sur une feuille quelconque que vous joindrez au bulletin ci-dessus.

**ÉCOLE UNIVERSELLE**

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

# la Science et la Vie

Tome LX — N° 287

## SOMMAIRE

Juillet 1941

- ★ La fin du « Hood » et du « Bismarck » et la protection du navire de ligne, par Camille Rougeron . . . . . 1
- ★ Le « Blitzkrieg » dans les Balkans, par Marcel Chevilly . . . . . 14
- ★ La bataille de Crète, par Pierre Belleruche . . . . . 23
- ★ Destroyer d'attaque, destroyer d'escorte . . . . . 28
- ★ Malgré le rationnement, sachons trouver les principes minéraux indispensables à notre santé, par André Fournier . . . . . 30
- ★ La chasse nocturne type 1941 va-t-elle enrayer les bombardements de nuit ? Vers le destroyer nocturne, par Pierre Dublanc . . . . . 41
- ★ La turbine à gaz, moteur thermique de demain, par M. Gautier . . . . . 48
- ★ Les A Côté de la Science, par V. Rubor . . . . . 57



Dans les plaines de Pologne, dans la campagne française, dans les sables de Cyrénaïque et dans les montagnes de Grèce, le char et l'avion, agissant en étroite coopération, ont triomphé jusqu'ici de toutes les défenses, actives et passives. Parmi ces dernières, la plus difficilement franchissable semblait devoir être un bras de mer. L'épisode de la conquête de la Crète a démontré une fois de plus le rôle prépondérant de l'arme aérienne, capable par ses bombardements au sol d'éliminer la chasse adverse, par ses parachutistes et son infanterie de l'air transportée par avion et planeurs de neutraliser ou d'occuper les aérodromes, par ses attaques incessantes contre la flotte de conquérir localement la maîtrise de la mer, et ainsi d'ouvrir le passage aux armées terrestres qui, avec leurs engins blindés, donneront le coup de grâce à un adversaire déjà désorganisé. (Voir les articles sur la campagne de Grèce et la conquête de la Crète pages 14 et 23 de ce numéro.)

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

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », juillet 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

# LA FIN DU « HOOD » ET DU « BISMARCK », ET LA PROTECTION DU NAVIRE DE LIGNE

par Camille ROUGERON

*Le combat du Hood et du Bismarck dans l'Atlantique, qui vit la fin des deux adversaires, celle du Hood coulé par le Bismarck, et celle du Bismarck coulé par l'escadre lancée à sa poursuite, est le premier exemple pendant la présente guerre d'un combat entre navires de ligne conduit jusqu'au bout. Il est particulièrement riche en enseignements sur la protection du navire de ligne en face de ses adversaires de surface ou aériens, enseignements dont certains reproduisent et confirment ceux des rencontres précédentes, mais dont d'autres sont nouveaux, et obligent les techniciens de la construction navale à reviser leur conception de la protection du navire de ligne.*

## Un raid de quatre jours dans l'Atlantique

DANS la nuit du 22 au 23 mai, le *Bismarck*, accompagné d'un croiseur « lourd », le *Prinz Eugen*, quittait le fjord de Bergen. Au petit jour, l'aviation de surveillance britannique qui venait régulièrement contrôler leur présence, signala leur disparition. Deux croiseurs, le *Norfolk* et le *Suffolk*, furent aussitôt lancés à leur recherche. Ils prirent le contact dans la matinée du 23, et parvinrent à le maintenir malgré de sérieuses difficultés, tempêtes de neige, pluie, brouillard. En même temps, deux des trois navires de ligne de la Home Fleet qui peuvent être opposés au *Bismarck*, le *Hood* et le *Prince of Wales* (le troisième est le *King George V* et les autres sont beaucoup moins rapides) étaient chargés d'intercepter le raid allemand.

La rencontre eut lieu, à l'aube du 24, entre l'Islande et le Groenland. Le *Hood* atteint par une salve dans ses soutes à munitions fut coulé. Le *Prince of Wales* fut légèrement avarié. Il en fut de même du *Bismarck*, où l'on observa à un moment donné un incendie à bord et quelques dommages à l'avant. Mais ces avaries n'étaient pas de nature à gêner beaucoup ni l'un ni l'autre des deux navires. Le *Bismarck* continua sa route, toujours suivi par le *Norfolk* et le *Suffolk*, et fut

rejoint dans l'après-midi par le *Prince of Wales*, qui ne tenta pas de reprendre le combat, et attendit l'arrivée de bâtiments plus puissamment armés.

Dans la nuit du 24 au 25, un avion britannique signala avoir atteint le *Bismarck* d'une torpille. L'Amirauté britannique avait d'ailleurs lancé à sa poursuite plusieurs autres navires de ligne dont au moins le *King George V* à partir des eaux métropolitaines, le *Renown* à partir de Gibraltar, et le *Rodney* et le *Ramillies* qui escortaient des convois dans l'Atlantique. L'encercllement des deux navires allemands qui faisaient route vers le sud, dans l'intention probable de rejoindre Brest, se resserrait.

Dans la nuit du 25 au 26, les deux navires réussirent à rompre le contact. Mais il fut repris dans la matinée du 26 pour le *Bismarck*, par les avions de l'*Ark Royal* parti de Gibraltar avec le *Renown*. La trace du *Prinz Eugen* fut définitivement perdue, à 550 milles à l'ouest de Land's End.

Le 26, le *Bismarck* eut à subir les attaques simultanées des contre-torpilleurs de surface et des avions torpilleurs britanniques. Une torpille des contre-torpilleurs l'atteignit à l'avant, l'obligea à s'arrêter. Mais il put repartir. Vers 21 heures, à 400 milles à l'ouest de Brest, il reçut à nouveau deux torpilles aériennes dans le gouvernail et les hélices. Désarmé et ne pouvant plus manœuvrer,

bien que son artillerie fût restée intacte, le *Bismarck* devait être désormais considéré comme perdu.

Le 27, au petit jour, le *Bismarck* devait à la fois supporter les attaques des contre-torpilleurs, des croiseurs et des navires de ligne britanniques. Il résista presque toute la matinée et fut envoyé au fond, à 11 heures, par les torpilles du croiseur *Dorsetshire*.

### Les navires en présence

Des trois navires qui jouèrent un rôle capital dans la rencontre, le *Hood* est le plus ancien et le plus célèbre. C'était « le plus grand navire de guerre du monde », qui figurait pour 42 100 tonnes Washington dans les listes officielles où les autres bâtiments de ligne n'apparaissaient que pour 35 000 tonnes.

Mis en chantier en 1916, c'était, à l'origine, le dernier et le plus puissant représentant de cette série de croiseurs de bataille construits au début de la guerre de 1914, après le combat des Falkland où avait triomphé la formule. Il succédait au *Renown* et au *Repulse*, de 32 nœuds, munis de trois tourelles doubles de 381 mm et d'une cuirasse de ceinture de 229 mm (9 pouces) inférieure d'un bon tiers à celle des cuirassés contemporains. Le *Hood*, tête de série d'une escadre de quatre navires du même type mis en chantier pour répondre à la construction simultanée de quatre croiseurs de bataille allemands, devait avoir même vitesse, même protection et un armement de même calibre, mais avec quatre tourelles au lieu de trois.

Le *Hood* était à peine en chantier que la bataille du Jutland venait bouleverser les enseignements que l'on avait tirés de celle des Falkland. La fin rapide de la *Queen Mary*, dont la protection était exactement celle que l'on prévoyait pour le *Hood*, condamnait ce type de bâtiment. La marine allemande ne persista pas dans la construction de ses quatre croiseurs de bataille. La marine britannique renonça à trois de ceux qu'elle avait entrepris et ne continua que le *Hood*, mais en en transformant complètement les plans. Cinq mille tonnes de plus étaient consacrées à la protection, et le *Hood* détenait ainsi, avec plus de 45 000 tonnes à pleine charge (combustible compris), le record du tonnage qu'il conserva pendant près de 25 ans.

Le *Hood* n'était donc pas un « croiseur

de bataille » pur, comme le sont encore le *Renown* et le *Repulse*, mais, selon la formule ancienne qui le définit le plus exactement, « un croiseur de bataille ayant la protection d'un cuirassé ».

Mais, quelle que soit la valeur de la formule, et l'intérêt des tonnages élevés pour obtenir le bâtiment de guerre de puissance maximum, le *Hood* avait vieilli et était loin de représenter ce qu'on peut attendre aujourd'hui d'un navire de 42 000 tonnes.

Le point faible de la technique du *Hood*, qui se retrouvait d'ailleurs sur tous les navires de ligne britanniques construits ou transformés à la même époque, était la protection sous-marine. On sait que la marine allemande était la seule en 1914 à posséder une flotte de ligne, cuirassés ou croiseurs de bataille, à protection efficace contre les torpilles, les mines et les coups courts d'artillerie de gros calibre explosant au-dessous de la cuirasse de ceinture. Le principe de cette protection consistait en une cloison résistante, doublée d'une cloison d'étanchéité, dont l'ensemble formait un caisson longitudinal pare-torpilles de quatre à cinq mètres d'épaisseur en abord du navire. Cette solution, qu'on eut tout loisir d'étudier sur les navires allemands remis aux Alliés après l'armistice de 1918, était aussi légère qu'efficace; elle fut reproduite depuis par toutes les marines. Mais, en 1916, la marine britannique étudia une protection de principe différent, applicable aussi bien aux navires en service qu'aux navires nouveaux et qui réduisait au minimum les transformations dans leur aménagement. L'inconvénient du caisson de cinq mètres en abord, c'est son encombrement. On préféra sacrifier la légèreté, et organiser la protection sous forme d'un caisson de largeur deux fois plus faible, en augmentant légèrement l'épaisseur de la cloison résistante et surtout en remplissant l'intervalle entre bordé de carène et cloison résistante avec un empilage de tubes d'acier qui étaient censés absorber, par leur écrasement, l'effet de souffle de l'explosion. La solution avait l'avantage de réduire au minimum la largeur du caisson de protection; elle était donc à la rigueur défendable lorsqu'on l'appliquait à la transformation d'un navire en service où l'on rapportait ce caisson de protection sous forme de « bulge ». Dans le cas d'un navire à construire, elle n'avait

guère d'autre intérêt que d'apporter le bouleversement minimum aux idées et aux traditions du « naval architect » qui le dessinait, et qui n'avait pas l'habitude de voir consacrer, comme on n'hésite pas à le faire aujourd'hui, près de la moitié de la largeur d'un navire de ligne à deux caissons vides.

Sur le *Hood*, le résultat se traduit par l'embarquement de quelques milliers de tonnes de tubes d'utilité discutable. Si l'on observe que chaque tonne inutile d'un croiseur de bataille en coûte deux et demie pour faire flotter, propulser et protéger la première, on peut affirmer que la protection sous-marine du *Hood* absorbe, directement ou indirectement, une dizaine de milliers de tonnes, alors que la protection sous-marine des navires récents, beaucoup plus efficaces, n'en exige pas plus de deux ou trois mille, si l'on tient compte de la part que les cloisons prennent dans la résistance de la charpente. La marine britannique a rarement commis d'erreur technique de cette gravité.

Une deuxième cause d'infériorité de rendement du *Hood* comparé aux navires de ligne d'aujourd'hui, et qui ne peut pas, cette fois, être reprochée aux constructeurs britanniques, est le progrès des machines au cours des 25 dernières années. L'appareil propulsif de 1916 pesait plus de 30 kg au cheval; l'appareil propulsif de 1936 à 1941, bien qu'il n'ait pas changé de nature et soit toujours la chaudière à petits tubes et la turbine à engrenages, ne pèse guère plus de 10 kg au cheval. Son encombrement a été réduit presque dans le même rapport. Ce qu'on gagne à cette double réduction, ce n'est pas seulement 3 000 tonnes de poids d'appareil propulsif : c'est la possibilité de gaspiller une puissance aussi aisée à obtenir, et de faire même vitesse avec un navire moins long, donc absorbant moins de charpente et moins onéreux à protéger. Les navires de 35 000 tonnes récents, les *Richelieu*, les *Bismarck*, les *Littorio*, font 32 nœuds avec une longueur de 230 à 240 m, soit 20 à 30 m de moins qu'un *Hood*. Ils font cette vitesse

beaucoup moins économiquement, si l'on s'en rapporte au nombre de chevaux nécessaire par tonne de déplacement; il leur faut au moins 30 000 ch de plus pour propulser 7 000 tonnes de moins. Mais la machine est aujourd'hui si légère et si peu encombrante que cela n'a pas grande importance; on se rattrape largement sur

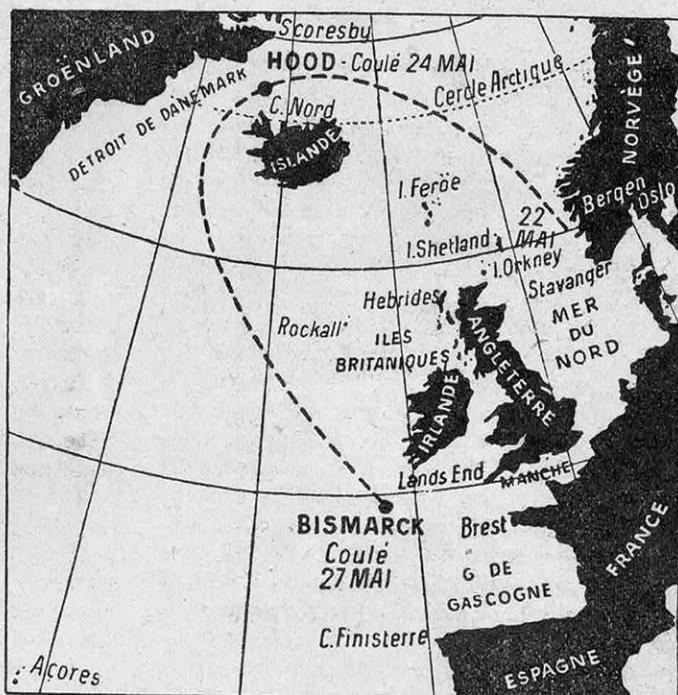


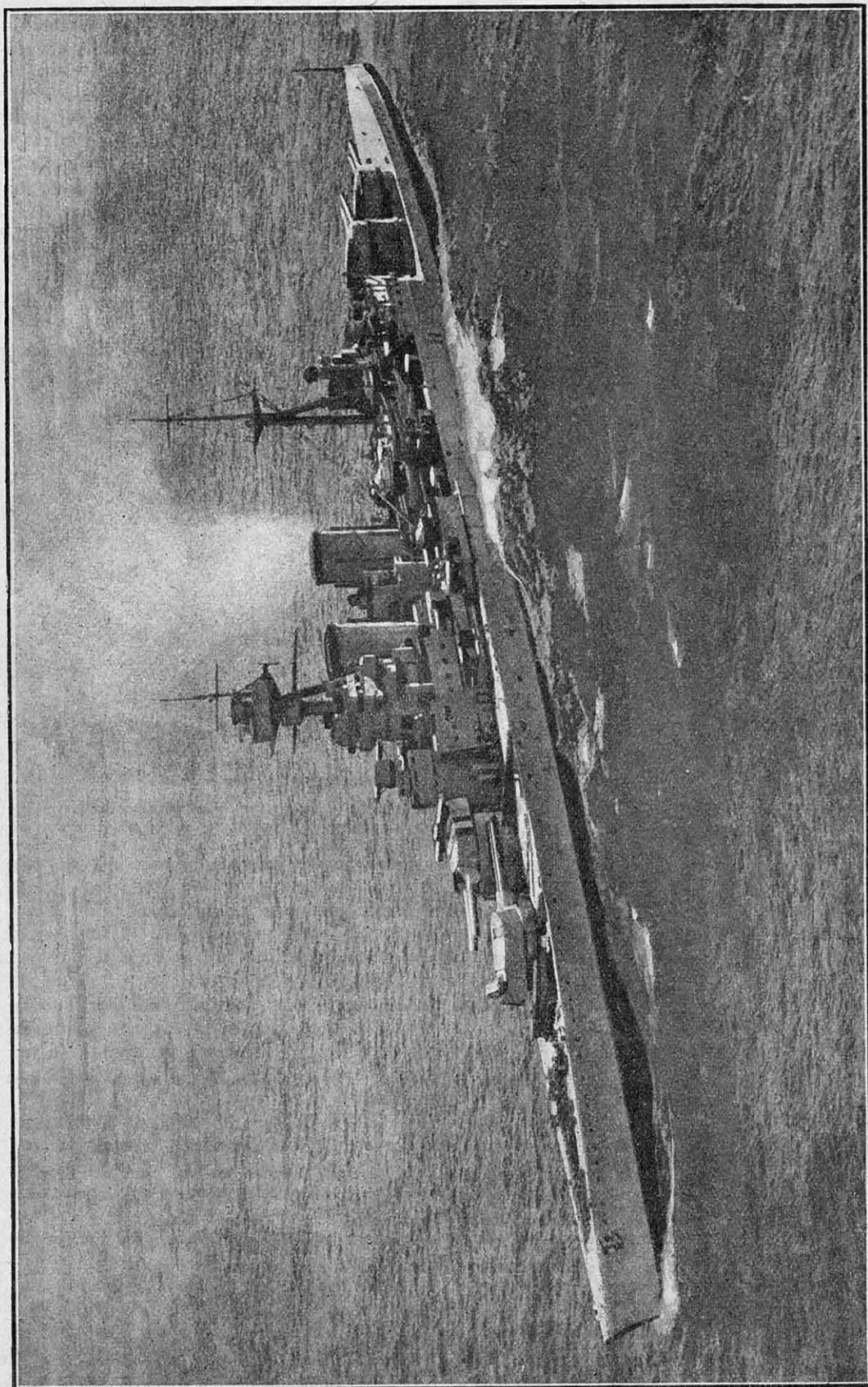
FIG. 1. — LA COURSE DU « BISMARCK » DE BERGEN EN NORVÈGE AU LARGE DE BREST PAR LE NORD DE L'ISLANDE

le poids de charpente, et sur le poids de cuirasse à égalité d'épaisseur.

Ainsi, la valeur militaire du *Hood* lorsqu'on le comparait aux 35 000 tonnes modernes ne devait pas s'apprécier au seul déplacement; entre le *Hood* et le *Bismarck*, il y avait même différence qu'entre deux poids lourds de 100 et de 120 kg dont l'âge et un mauvais régime valaient au dernier 35 kg de graisse superflue.

Les deux autres navires de ligne qui prirent part au début de l'engagement, le *Bismarck* et le *Prince of Wales*, étaient, au calibre près, de caractéristiques très voisines.

Le plus ancien, le *Bismarck*, était la tête de série des deux plus récents navires de ligne de la marine allemande. Il avait été mis en chantier en 1936, chez Blohm et Voss, à Hambourg; l'*Admiral von Tirpitz*, second de la série, le fut l'année suivante, à Wilhelmshafen. Ils



T W 9596

FIG 2. — VUE AÉRIENNE DU CUIRASSÉ BRITANNIQUE DE 42 000 TONNES « HOOD », COULÉ LE 24 MAI 1941

étaient lancés l'un et l'autre au début de 1939 et ont dû entrer en service à la fin de 1940.

Le *Bismarck* était très voisin des navires de ligne de même tonnage simultanément construits en France et en Italie. Même armement de huit pièces de 380 mm; même protection imposante, absorbant près de 15 000 tonnes sur 35 000; même vitesse voisine de 32 nœuds, mal-

1914, et pour tous les navires de ligne d'aujourd'hui, la vitesse (en nœuds) est sensiblement deux fois la racine carrée de la longueur (en mètres); le fait tient à un crochet très net dans la courbe des résistances en fonction de la vitesse au voisinage de cette valeur. Si l'on veut plus de précision encore, on peut admettre que le chiffre 2, qui était plus exactement 1,95 à 2 vers 1914, est devenu 2,05

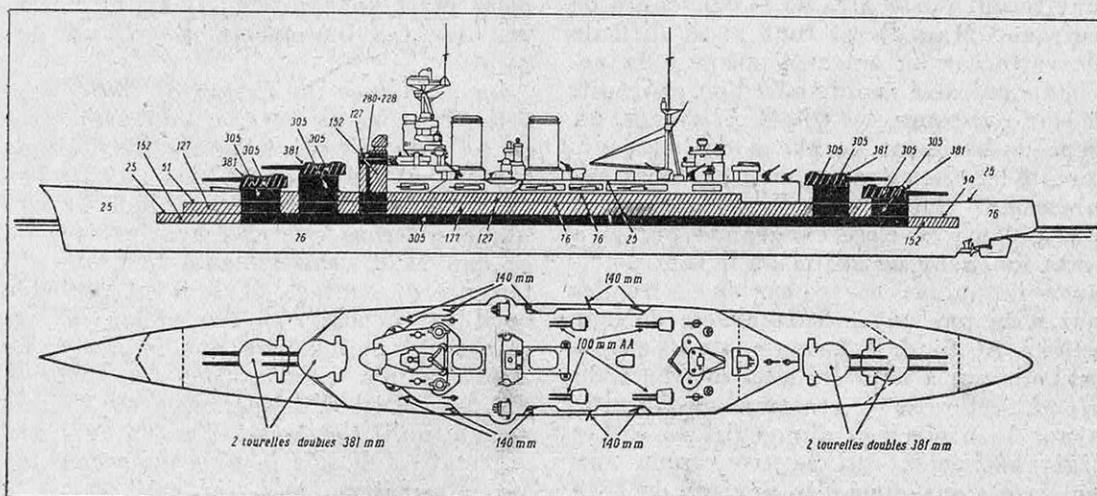


FIG. 3. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DE L'ARMEMENT ET DE LA PROTECTION DU « HOOD »

Les dimensions du Hood étaient les suivantes : longueur, 262,30 m; largeur, 33,60 m; tirant d'eau 8,70 m. L'armement principal comportait VIII 381 mm en quatre tourelles doubles; l'armement de défense XII 140 mm pour la défense contre torpilleurs, VIII 100 mm pour la défense contre avions éloignés, et une nombreuse artillerie de défense rapprochée. La protection comportait une cuirasse de ceinture de 305 mm reposant sur un platelage de 50 mm, deux ponts blindés d'épaisseur variable, mais atteignant 152 mm au total au-dessus des soutes à munitions, deux cloisons pare-torpilles de 37 et 19 mm. Les tourelles d'artillerie principale étaient protégées à la même épaisseur que la coque, 305 mm, portées à 381 mm pour les plaques d'embarase affaiblies et inclinées (dans le mauvais sens). La puissance de l'appareil propulsif était de 150 000 ch; il avait donné aux essais 32,07 nœuds à 42 200 t, 31,89 nœuds à 44 600 t. Les chiffres du dessin du haut indiquent en millimètres les épaisseurs de blindages des cuirasses et des ponts.

gré les divergences profondes dans les vitesses « officielles » publiées par les annuaires.

Sur ce point, l'indication donnée pour le *Bismarck* était particulièrement curieuse; on lui attribuait une vitesse de 27 nœuds qui ne cadrerait nullement avec la valeur donnée simultanément pour sa longueur, 241,50 m. La marine allemande a déjà construit des navires de ligne à 27 nœuds; il y en a même encore un en service, c'est le *Goeben* qui, sous le nom de *Yavouz*, a fait cette vitesse à ses essais après refonte en 1930. Mais le *Goeben* n'a que 186 m. La cuirasse de ceinture et les tôles de charpente sont assez lourdes pour qu'on ne donne pas à un navire de ligne 55 m de plus qu'il est nécessaire pour la vitesse qu'on veut obtenir. Pour le croiseur de bataille de

à 2,1 vers 1940; la légèreté des machines permet de gaspiller aujourd'hui un peu plus de puissance pour la même longueur.

Le *Prince of Wales* est le deuxième des cinq navires de ligne de la classe *King George V*, des programmes 1936-1937 et 1937-1938, mis en chantier en 1937 et 1938, et qui devaient entrer en service à la fin de 1940. Il est possible que l'activité aérienne au-dessus de la Grande-Bretagne ait modifié ces prévisions; les deux plus anciens du moins sont actuellement en service. La seule différence importante entre les *King George V* et les *Bismarck* porte sur le calibre des pièces; l'artillerie principale du navire britannique se compose de X-356 mm au lieu des VIII-380 mm du navire allemand.

Si l'on veut donner un nom au type

de navire où l'on peut classer le *Bismarck* et le *Prince of Wales*, il est difficile de choisir celui de croiseur de bataille; le croiseur de bataille, même dans la variété lente qui était celle des croiseurs allemands de 1914, avait sensiblement la vitesse du croiseur léger contemporain; on hésite également à donner un qualificatif initialement réservé à des bâtiments à faible protection, à un type de navire qui porte près de 15 000 tonnes de cuirasse. Mais il est tout aussi difficile de rattacher au cuirassé, même à la variété « cuirassé rapide » où l'on rangeait, à leur naissance, les *Queen Elizabeth*, un type de bâtiment de 240 m de longueur. quand les *Queen Elizabeth*, pour un déplacement guère moindre, n'atteignent pas 200 m; et c'est en grande partie à cette longueur de 240 m qu'il faut attribuer le poids des protections actuelles qui n'est pas une mesure exacte de leur valeur. Au fond, la formule la plus exacte est celle qui a déjà été citée à propos du *Hood*, celle du « croiseur de bataille ayant la protection d'un cuirassé ». Les trois bâtiments qui se trouvèrent aux prises étaient donc des navires de type aussi voisin qu'on puisse le concevoir; les seules différences, importantes, consistaient en une infériorité très nette de la protection du *Hood* sur celles du *Bismarck* et du *Prince of Wales*, et une infériorité non moins nette de l'artillerie du *Prince of Wales* sur les deux autres.

### LES ENSEIGNEMENTS DE LA BATAILLE

#### La résistance du bâtiment de ligne

La résistance du *Bismarck* au tir de concentration des 381 mm du *Hood* et des 356 mm du *Prince of Wales* prouve une fois de plus l'efficacité de la cuirasse des navires de ligne modernes devant le calibre de l'artillerie qu'ils portent. Elle étend au grand bâtiment la démonstration faite au Rio de la Plata par l'*Achilles*, l'*Ajax* et l'*Exeter*, que l'on croyait à peine protégés contre le calibre de 203 mm qu'ils portaient, et dont les coques, sinon l'artillerie, résistèrent pendant de longues heures aux projectiles de 280 mm de l'*Admiral Graf Spee*. Sous les coups du *Hood* et du *Prince of Wales*, le *Bismarck* fut touché; on aperçut un incendie à bord, des avaries à l'avant. Mais les dégâts ne durèrent pas réduire beaucoup sa puissance combative puisque

le *Prince of Wales* n'insista pas et préféra tenir à distance le contact de l'adversaire jusqu'à l'arrivée de renforts, et que le *Bismarck* put continuer sa route à plus de 27 nœuds de moyenne pendant près de trois jours. Le 27 mai, sous le feu des 356 mm du *King George V* et des 406 mm du *Rodney*, le *Bismarck* résista encore fort bien. Les communiqués britanniques reconnaissent que son armement était resté intact; il fallut l'achever par des lancements répétés de torpilles.

La résistance du *Prince of Wales* confirme les conclusions que l'on peut tirer de celle du *Bismarck*. Le navire de ligne britannique résista fort bien aux projectiles de 381 mm; le communiqué britannique n'accuse que des avaries légères, ce que rend vraisemblable la tenue ultérieure du contact. Mais il est probable qu'il eut à subir un feu moins intense et surtout moins long que le *Hood*. Le *Bismarck* n'a certainement pas dispersé son feu au début de la rencontre; il était normal qu'il s'attaquât d'abord au *Hood* qui était à la fois le plus dangereux de ses adversaires, par son calibre, et le moins résistant, par sa protection, et qu'il ne s'occupât du *Prince of Wales* qu'une fois le premier mis hors de cause.

Le même résultat, interprété différemment, est une fois de plus la condamnation des calibres insuffisants. Les pièces de 356 mm d'un *Prince of Wales* n'auraient pas été d'un grand poids dans la lutte, et ce bâtiment aura dû rompre le combat et attendre, pour intervenir à nouveau, que des bâtiments mieux armés viennent l'appuyer. Il y avait bien longtemps que, dans la marine britannique, un navire avait dû ainsi s'incliner devant la puissance d'un adversaire de même tonnage.

« Où sont ces misérables, tonnait Fisher, qui veulent encombrer les ponts de nos navires de leurs essais ridicules de petits canons-joujoux? » Les misérables sont revenus sur son fauteuil de l'Amirauté, et ont trouvé le moyen d'être les seuls au monde à sortir, en 1940, des navires de 35 000 tonnes armés de canons de 356 mm, quand toutes les autres marines leur opposaient au moins du 380 mm.

#### Le rôle de l'aviation de renseignement

L'aviation de surveillance et d'exploration a, cette fois encore, comme au Cap

Matapan, parfaitement rempli son rôle, ce qui n'avait pas été le cas pour toutes les opérations antérieures de la marine de surface allemande dans l'Atlantique, jusqu'à la sortie du *Scharnhorst* et du *Gneisenau* incluse.

Le départ du *Bismarck* de Bergen fut signalé le jour même par l'aviation de surveillance britannique, ce qui permit la prise de contact par les croiseurs *Norfolk* et *Suffolk*, le maintien de ce contact et l'interception du raid projeté par une escadre de composition calculée pour surclasser les navires allemands.

La reprise du contact par les avions de l'*Ark Royal*, après que le *Bismarck* était parvenu à dépisser ses poursuivants dans la nuit du 25 au 26 mai, confirme la capacité de l'aviation à remplir une mission aussi essentielle.

Au reste, il est à présumer que l'aviation embarquée du *Norfolk* et du *Suffolk*, comme l'aviation d'exploration à grand rayon d'action basée en Grande-Bretagne, en Islande et au Groenland n'a pas été étrangère au succès de la mission des deux croiseurs lorsque les tempêtes de neige, de pluie et le brouillard réduisaient la visibilité à un mille.

Le rayon d'action des avions et hydravions modernes, le nombre croissant de ceux que les marines ont à leur disposition réduisent de plus en plus les chances d'échapper à l'observation aérienne, même dans des régions où les bases possibles sont aussi espacées qu'en Atlantique Nord. La difficulté s'accroît, au voisinage du solstice d'été, dans les mers comme celles de l'Islande et du Groenland où se déroulèrent les premières opérations; pendant les très courtes heures de nuit, les navires n'ont pas le temps de dérouter l'observation aérienne sur un

trajet assez long, si même ils parviennent à lui échapper. Les raids navals de surface se limiteront de plus en plus aux opérations à courte distance, qui pourront s'exécuter en totalité de nuit, ou aux opérations qui pourront bénéficier d'un temps favorable, c'est-à-dire bouché, comme celui qui régnait lors de l'expédition de Norvège de 1940.

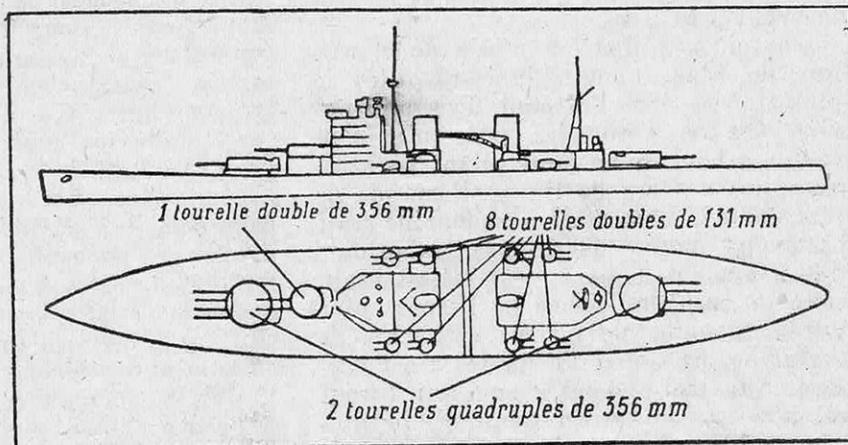


FIG. 4. — SCHÉMA SIMPLIFIÉ DE L'ARMEMENT DU « PRINCE OF WALES »

Le Prince of Wales, lancé le 3 mai 1939 chez Cammel Laird, est le deuxième des navires de 35 000 tonnes du programme des King George V de 1936-1937. Ses caractéristiques sont sensiblement, comme dimensions, vitesse et protection, celles de tous les 35 000 tonnes récents et du Bismarck en particulier. Seul, l'armement en diffère; les cinq King George V portent X 356 mm en deux tourelles quadruples et une tourelle double, qui, dit l'annuaire anglais « Jane's Fighting Ships », devaient être d'un nouveau modèle jouissant de la propriété d'avoir une puissance de perforation plus grande que le 381 mm. Cet espoir, qui a toujours servi de justification aux calibres modérés, n'a pas été davantage confirmé par l'expérience qu'il ne l'avait été jusqu'ici.

### La protection sous-marine et la réhabilitation de la torpille

L'exemple du Jutland en 1916 n'était guère encourageant pour l'avenir de la torpille au cours d'une rencontre navale; plusieurs centaines avaient été échangées avec des résultats bien maigres.

L'entrée en scène de l'avion torpilleur dans le combat aéronaval oblige à revenir sur ces conclusions.

Dans la poursuite du *Bismarck*, l'avion torpilleur a joué un rôle essentiel. C'est une torpille aérienne qui lui fit sa première blessure grave; ce furent ensuite deux autres torpilles aériennes le touchant à l'arrière qui le mirent dans l'impossibilité de manœuvrer, par avaries au gouvernail et aux lignes d'arbres. Les torpilleurs de surface parvinrent à l'atteindre d'une torpille à l'avant; ce fu-

rent enfin les torpilles du *Dorsetshire* qui le coulèrent.

Les pertes au cours de ces attaques furent, d'après les chiffres allemands, de cinq avions dans la soirée du 24 mai. Dans la nuit du 27 mai, un des contre-torpilleurs britanniques aurait été coulé, un autre incendié. Enfin, un contre-torpilleur ayant participé aux opérations fut coulé par l'aviation allemande en rentrant à sa base.

L'avion torpilleur se révèle donc, une fois de plus, l'engin lance-torpilles le plus efficace dans l'attaque du grand navire. On ne s'étonnera pas qu'il n'en vienne à bout qu'en multipliant les attaques; les navires de ligne allemands de 1914, dont la protection sous-marine était beaucoup moins développée qu'aujourd'hui, avaient montré qu'il fallait beaucoup de torpilles, même de l'espèce plus puissante qu'emploient les bâtiments de surface, pour couler un navire ainsi protégé. Sur treize d'entre eux qui furent atteints par mines ou torpilles, la plupart à plusieurs reprises, douze résistèrent. Pour désemparer et surtout pour couler un navire de ligne moderne, il faut des attaques répétées de plusieurs escadrilles d'avions torpilleurs lançant à une distance où ils ne courent qu'un risque acceptable; il faut bien, pour ne pas faire mieux, des centaines de projectiles dont chacun est plus lourd qu'une torpille d'avion.

La fin du *Bismarck* permet enfin de porter un jugement à base expérimentale sur la valeur de la protection sous-marine. Il n'y a actuellement aucune difficulté à organiser la protection sous-marine d'un navire de 35 000 tonnes pour résister à la plus puissante des torpilles en service; il sera plus aisé encore de le faire sur les navires de 45 000 à 60 000 tonnes qui vont suivre. La difficulté commence lorsque le navire doit résister à des atteintes multiples de torpilles qui n'ont pas alors besoin d'être des torpilles à grande puissance.

Tout d'abord, si la cloison résistante, à 7 ou 8 mètres du point d'impact, peut tenir grâce à son épaisseur de 40 à 50 mm, il n'en est pas de même des cloisons transversales qui tendent à limiter les dégâts dans le caisson et qui seront aisément détruites jusqu'à une quinzaine de mètres du point d'impact. En tenant compte de l'intervalle moyen entre cloisons résistantes, une torpille de grande

puissance provoque l'invasion du caisson sur une quarantaine de mètres de longueur. Mais une torpille de charge trois ou quatre fois moindre donnera encore le même résultat sur 25 à 30 mètres; c'est ce qui justifie l'emploi de torpilles à moyenne puissance, comme la torpille d'avion, et même de torpilles de puissance encore plus faible lorsqu'on renonce à enfoncer une cloison résistante trop épaisse pour obtenir un résultat équivalant par la multiplication des atteintes. Ainsi, même dans la partie centrale du navire protégé par caisson, la torpille d'avion peut avoir cet effet grave de provoquer l'invasion totale du caisson d'un bord, avec moins d'une demi-douzaine d'atteintes. Il faudra redresser le bâtiment par remplissage volontaire du caisson de l'autre bord. L'immersion de la cuirasse de ceinture présente d'ailleurs d'autres inconvénients; les atteintes ultérieures par des torpilles à faible immersion ont des chances d'étendre l'invasion de l'eau à des compartiments de la tranche cellulaire entre ponts blindés, et de placer le navire dans des conditions de flottaison et de stabilité précaires.

Mais la multiplication des atteintes par torpilles légères a des effets d'un autre ordre, plus graves encore. Le caisson de protection sous-marine couvre la plus grande partie du navire et en tout cas de la tourelle extrême-arrière à la tourelle extrême-avant. Mais il ne protège évidemment pas les extrémités, ne serait-ce que faute de largeur suffisante. Lorsqu'on n'envisage qu'un seul impact de torpille, on peut négliger l'effet des atteintes dans les régions non protégées, à l'avant parce qu'elles n'auront d'autre effet que de réduire la vitesse sans toucher d'organes essentiels, à l'arrière parce qu'on peut ranger dans la classe des « coups malheureux » ceux qui atteindraient le gouvernail ou les hélices. Mais, lorsque les torpilles sont lancées par dizaines, l'éventualité d'un impact dans cette dernière région n'est plus du tout improbable; le raisonnement suffisait à l'établir et l'expérience du *Bismarck* le confirme. Or, il n'est pas besoin de 300 kg de penthrite pour détacher un safran de gouvernail, briser un étambot ou déloger un arbre d'hélice au point de l'empêcher de tourner; la moindre torpille d'avion suffit, qui immobilisera le navire poursuivi, l'obligerà, s'il persiste à flot-

ter, à épuiser ses munitions dans des tirs sans espoir contre des adversaires lointains à l'abri de rideaux fumigènes, et finalement le livrera sans défense aux derniers coups d'un croiseur qui l'enverra par le fond.

La fin du *Bismarck* confirme donc les prévisions que l'on pouvait faire sur la résistance de la protection sous-marine du navire de ligne moderne. Elle peut encaisser les coups de massue, mais pas les coups d'épingle.

### La fin du « Hood » et la protection des soutes à munitions

Si l'on en croit les premières nouvelles annonçant la fin du *Hood*, un « coup malheureux » aurait atteint les soutes à munitions et expliquerait le désastre. L'explication n'est guère satisfaisante; il n'y a pas de coup malheureux dans un combat entre navires de ligne. Jamais la loi des grands nombres n'a autant d'occasion de jouer que lorsqu'on reçoit des centaines de projectiles dont plusieurs dizaines vous atteignent. Au reste, les soutes à munitions représentent sur un navire de ligne moderne la moitié de la longueur du bâtiment, les trois quarts même sur un *Nelson*; ce serait une drôle de protection que celle qui négligerait un organe d'un tel volume et d'une telle importance.

Y aurait-il donc, dans le cuirassement, des points faibles où puissent passer quelques rares projectiles? Lorsqu'un fort comme Douaumont reçoit 120 000 projectiles d'artillerie lourde ou très lourde, on ne s'étonne pas que quelques-uns tombent dans le même trou, et qu'un obus de 400 mm, perçant une voûte bétonnée et enflammant un dépôt de fusées oblige les défenseurs à évacuer le fort, comme ce fut le cas quand les troupes françaises le réoccupèrent le 24 octobre 1916; à Vaux, où l'on ne tira guère que deux fois moins de projectiles, aucune voûte ne fut crevée. Mais les consommations possibles au cours d'un combat naval éliminent cette éventualité.

Comme le *Hood* est le quatrième croiseur de bataille de la marine britanni-

que qui disparaît de la même façon, il faut bien rapporter l'événement à des causes générales. Des trois navires en présence, *Bismarck*, *Prince of Wales* et *Hood*, ce dernier était, de beaucoup, le moins bien protégé. La différence était notable pour la cuirasse de ceinture, et

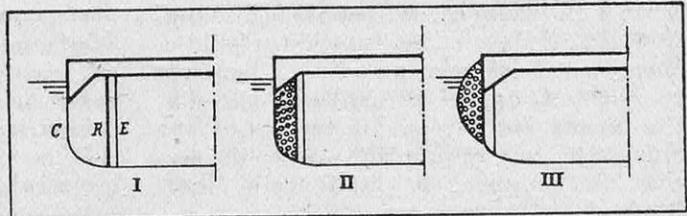


FIG. 5. — SCHÉMAS DE DIFFÉRENTES PROTECTIONS SOUS-MARINES

La protection I est celle que portaient les navires de ligne allemands de 1914; elle comporte une cloison résistante R et une cloison d'étanchéité E; on ne compte que sur l'épaisseur de la cloison R et sur sa distance au bordé de carène C pour résister à l'explosion de la torpille. La solution est légère, mais encombrante; elle réduit le volume des fonds utilisable pour les aménagements militaires. La protection II (à l'inclinaison près de la cuirasse de ceinture et quelques autres détails) est celle du *Hood*. On a ajouté entre bordé de carène et cloison résistante un empilage de tubes dont l'écrasement doit absorber le souffle de l'explosion; la solution est moins encombrante, mais très lourde. La protection III est celle qui fut employée sur les navires de ligne britanniques en service à la fin de la guerre 1914-1918; l'ancien bordé de carène est renforcé à l'épaisseur d'une cloison résistante; les tubes sont contenus dans un « bulge » extérieur; elle a les mêmes inconvénients que II, mais n'exige aucun réaménagement du navire. On emploie actuellement une protection genre I, mais avec une largeur de caisson beaucoup plus grande permise par l'augmentation de largeur des navires et la compacité accrue des appareils propulsifs.

très marquée pour les ponts qui étaient loin d'atteindre en 1916 les valeurs que l'on estime aujourd'hui indispensables pour résister aux grosses bombes d'avions. Les soutes à munitions du moins bien protégé des trois adversaires ont sauté; les deux autres ont résisté; l'explication paraît satisfaisante. Ainsi présentée, c'est exactement celle que donnait Jellicoe de la perte de ses croiseurs de bataille au Jutland, après avoir mis en regard, en quelques pages et tableaux de son livre, les épaisseurs de cuirasse des ceintures, des ponts et des tourelles des navires britanniques et allemands.

Mais les événements ne sont pas toujours simples, et l'explication de Jellicoe s'est révélée inexacte. Ce n'était pas l'insuffisance générale de protection qu'il fallait incriminer, mais un point faible de cette protection, la cuirasse fixe et mobile des tourelles d'artillerie principale, qui se trouvait précisément être plus résistante sur les croiseurs de ba-

taille britanniques que sur les croiseurs de bataille allemands, si l'on tenait compte du calibre des projectiles qui les attaquaient. Aussi, comme il était normal, l'avarie qui fut à l'origine de la perte des premiers se produisit-elle d'abord sur les seconds, au Dogger Bank, où elle eut des conséquences très graves et où l'on échappa de justesse à l'explosion des soutes, et se reproduisit-elle à nouveau sur les mêmes navires allemands au Jutland, où, les précautions convenables ayant été prises, ils ne risquaient plus cette fois qu'une mise hors de service momentanée de la tourelle intéressée.

Toutes les marines, et la marine britannique la première, s'empressèrent évidemment de prendre les dispositions bien simples qui paraient à ce genre d'accident, et la résistance au combat du Rio de la Plata des trois croiseurs britanniques qui y prirent part montre qu'un navire peut voir la plus grande partie de ses tourelles hors de service sans risquer l'explosion des soutes intéressées.

Il faut donc chercher une autre explication et, comme il est peu probable que l'officier et les deux marins, seuls survivants du *Hood*, puissent la donner, nous en sommes réduits aux hypothèses.

La plus simple est de revenir à l'explication de Jellicoe et d'incriminer l'insuffisance générale de protection du *Hood*. Elle n'est malheureusement guère vraisemblable, si l'on entre dans le détail.

La cuirasse de ceinture du *Hood*, avec ses 305 mm, est certainement moins épaisse que celle des navires de ligne modernes et en particulier que celle du *Bismarck*. Mais elle est inclinée, comme celles-ci — c'est précisément le *Hood* qui inaugura cette disposition — et cette inclinaison lui vaut à la distance de 21 000 m un gain d'efficacité d'au moins 15 %. Une épaisseur équivalant à près de 350 mm de cuirasse droite, doublée par le pont blindé inférieur doit résister aux projectiles de 380 mm à 21 000 m; l'expérience en a été faite au Jutland, des deux côtés, à des distances et avec des épaisseurs moindres.

Peut-on incriminer la résistance des ponts blindés? C'est une des explications que l'on avait d'abord données de la perte des croiseurs de bataille britanniques au Jutland : explosion dans les soutes d'un projectile perforant les ponts sous grand angle. L'explication ne tient guère

mieux; le 380 mm, surtout tiré à la vitesse initiale des pièces de marine allemandes, n'arrive pas sous grand angle à une distance aussi faible que 21 000 m.

Il faut donc chercher ailleurs.

L'un des points faibles de la protection du navire contre l'artillerie par caisson blindé cellulaire a été signalée dès avant la guerre de 1914 : c'est l'atteinte possible des coups courts passant, en trajectoire sous-marine, sous la cuirasse de ceinture, et éclatant dans des compartiments qu'on croit protégés.

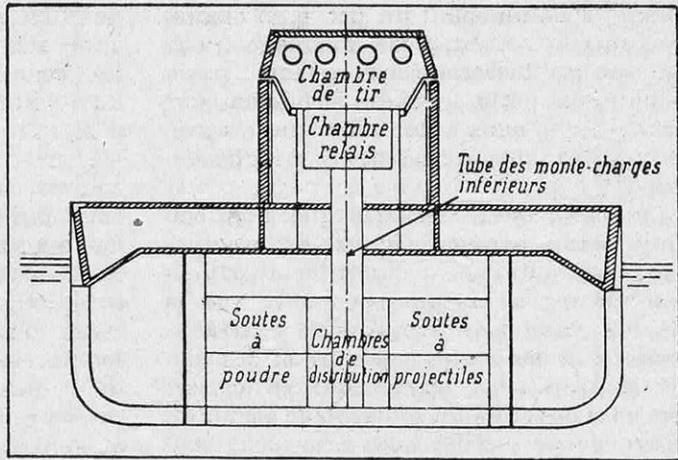
Cette éventualité avait été signalée par les services de l'artillerie de côte française à une époque où la défense des côtes était rattachée au département de la Guerre. Ses techniciens, tout heureux de trouver du nouveau en matière d'attaque du navire, entreprirent d'exécuter leur mission de défense contre les cuirassés avec des obus à parois minces et forte charge d'explosif; les « obus P » furent quelque temps réglementaires en France.

Les novateurs ont parfois la chance d'avoir seulement quelques années à attendre pour que les événements viennent confirmer leurs vues. C'est ce qui arriva à ceux-ci. Au combat des Falkland, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, dont le caisson blindé avait parfaitement résisté à un calibre pour lequel il n'avait pas été prévu, coulèrent sous l'effet des rentrées d'eau dues aux explosions de coups courts au voisinage du bordé de carène. Ce mode d'action nouveau du projectile ne passa pas inaperçu, et l'on s'efforça d'améliorer les projectiles de rupture de manière à mieux les adapter à ce nouveau rôle. L'inconvénient des fusées ordinaires, avec retard calculé dans l'hypothèse d'un trajet entièrement aérien, est d'exploser après un parcours très faible dans l'eau, qui est un frein très efficace. Les seuls projectiles dangereux étaient donc ceux qui tombaient assez près du navire, mais pas trop cependant, car la cuirasse les aurait arrêtés. Les inventeurs ne manquèrent pas de présenter des fusées beaucoup mieux adaptées à ce genre d'attaque, par exemple des fusées fonctionnant au choc sur tôle et non au choc sur l'eau, ou des fusées avec retard très différent dans un cas et dans l'autre.

En supposant résolu le problème de la fusée, on peut ainsi utiliser les coups courts tombant dans une bande assez large, de l'ordre de la largeur du navire, donc presque autant qu'il n'en tombe sur

FIG. 6. — COUPE SCHÉMATIQUE TRANSVERSALE D'UN NAVIRE DE LIGNE PAR L'AXE D'UNE TOURELLE QUADRUPLE

Les munitions sont logées sur deux étages à l'aplomb de la tourelle, un étage étant affecté à chaque groupe de pièces. Poudres et projectiles sont empilés séparément, les premières en caisses à gargousses étanches sur les étagères de la soute à poudre, les projectiles les uns sur les autres dans les chantiers de la soute à projectiles. Les gargousses, décaissées, et les projectiles sont transportés par glissières, ponts roulants, chariots-treuil, dans la chambre de distribution d'où ils sont déposés dans les bennes des monte-charges inférieurs desservant la chambre-relais. Là ils sont basculés dans



les bennes des monte-charges supérieurs qui les déversent sur la planchette de chargement. Cette disposition, commune à presque toutes les marines en 1914, a pour effet de multiplier les ruptures de charge en cours de transport, donc d'augmenter le débit à vitesse donnée de l'engin de transport. Les incendies ou explosions de soutes constatés sur les croiseurs de bataille allemands, puis britanniques, aux combats du Dogger Bank et du Jutland, ont été provoqués par des atteintes perforantes du cuirassement fixe ou mobile de la tourelle; l'explosion inflammait les gargousses voisines; l'incendie se propageait vers le bas par la chaîne des gargousses en cours de transport; l'incendie des soutes à poudre entraînait l'explosion des soutes à munitions si le noyage n'était pas fait aussitôt. On notera que la perforation du blindage fixe ou mobile d'une tourelle est une éventualité plus à craindre que la perforation de l'ensemble de la cuirasse de ceinture (qui a déjà à elle seule même épaisseur en général que les cuirasses de tourelles) et du pont blindé inférieur, qui fait ricocher le projectile ou ses éclats. A l'imitation de la marine allemande, toutes les autres ont adopté un système de sectionnement automatique, étanche aux flammes, au passage de l'un à l'autre des organes : soutes à poudre, chambre de distribution, monte-charge inférieur, monte-charge supérieur. Ce sont, par exemple, des sas dont une seule des ouvertures d'accès peut être manœuvrée à la fois, ou des volets obturant la porte de chargement d'une benne de monte-charge tant que la benne n'est pas à poste devant l'orifice correspondant, où elle forme alors elle-même obturateur étanche. L'ensemble de ces dispositions avait fort bien fonctionné au combat du Rio de la Plata, en décembre 1939, où l'un des croiseurs britanniques engagés eut presque toute son artillerie hors de service sans autre effet que la perte du personnel des compartiments directement atteints. Il est préférable de ne laisser aucun orifice d'évacuation à la disposition du personnel (autre que celui de la chambre de tir qui peut s'échapper sur le pont); c'est en essayant de fuir par une porte, étanche, de communication avec la tourelle voisine, que le personnel de la chambre de distribution de la tourelle atteinte au Dogger Bank communiqua le feu à celle-là, avec, comme seul résultat, plusieurs centaines de mort, c'est-à-dire tout l'armement des deux tourelles sans aucune exception.

les ponts et la ceinture non immergée. L'examen, bien simple, des facteurs jouant un rôle dans la question (voir fig. 7) montre l'effet fâcheux du tirant d'eau et l'effet heureux de la largeur du caisson de protection. Sur ces deux points, la situation du *Hood* était beaucoup plus grave que celle du *Bismarck*. On ne doit donc pas exclure l'éventualité d'un coup direct passant sous la cuirasse de ceinture et explosant dans les soutes à munitions.

D'autres hypothèses peuvent être faites qui mettent en cause les munitions de l'artillerie de défense et spécialement celles de l'artillerie de défense contre avions qui prennent une place croissante à bord des navires.

Les munitions d'artillerie principale, depuis qu'on utilise la poudre B ou les

poudres sans dissolvant, et les explosifs brisants pour le chargement du projectile, ne sont pas si dangereuses qu'on pourrait le croire au premier abord. On retient aisément les explosions des soutes à munitions d'un *Hood* ou d'une *Queen Mary*, les catastrophes de l'*Iéna* et de la *Liberté* où le même résultat se produit sans combat, l'explosion d'un atelier de chargement à la mélinite au cours de la guerre de 1914, contraire à toutes les règles qui voulaient qu'on puisse fondre la mélinite à feu nu sans avoir à craindre autre chose que, de temps à autre, l'incendie d'un récipient. Mais on néglige tous les cas où de tels incidents ne tournent pas au désastre. Combien de fois, avant que sautât la *Liberté*, l'artillerie coloniale n'avait-elle pas signalé l'inflammation spontanée d'un caisson de

75 mm, sous un soleil un peu trop chaud, sans qu'il en résultât de dommages pour les servants! Dans toute grande pyrotechnie, le petit incendie hebdomadaire est de règle, sans autre effet que de provoquer l'enquête administrative réglementaire.

Les mesures de sécurité que l'on emploie dans presque toutes les marines pour les munitions d'artillerie principale (il n'y avait guère en 1914 que la marine autrichienne qui s'en écartât) : séparation des soutes à poudre et des soutes à projectiles, gargousses en caisses étanches ouvertes au moment de l'emploi, fusées de projectiles avec armement centrifuge évitant tout incident par choc intempestif, le tout complété par un noyage rapide des soutes menacées, avaient fait leurs preuves. L'incendie des poudres, qu'il fût accidentel ou provoqué par le feu ennemi, n'entraînait pas nécessairement l'explosion des projectiles voisins (1); on eut le temps, au Dogger Bank, de noyer les soutes à projectiles du croiseur de bataille allemand

(1) Les poudres B ou les poudres à la nitroglycérine n'explosent pas; elles brûlent à une vitesse fonction de la pression des gaz autour d'elles, assez vite dans l'âme d'un canon (temps de l'ordre de 1/20 de seconde dans un gros canon de marine), assez lentement à l'air libre au point que les artilleurs de 1914-1918 réchauffaient leur café avec un brin de poudre, et, dans une soute où les cloisons cèdent sous quelques kg/cm<sup>2</sup>, à une vitesse modérée qui ne rappelle en rien une explosion.

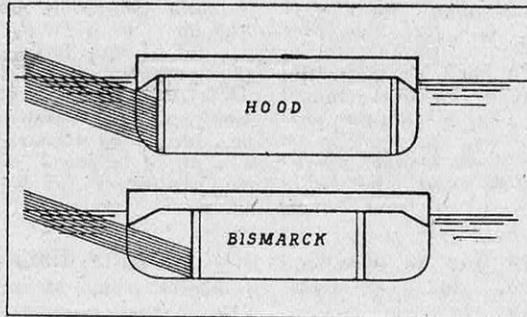


FIG. 7. — VULNÉRABILITÉ RELATIVE DU « HOOD » ET DU « BISMARCK » AUX COUPS COURTS

Les deux figures reproduisent, à l'échelle, la coupe schématique de deux navires aux dimensions du Hood et du Bismarck et montrent l'importance respective de la gerbe des coups courts, supposés venant du travers sous l'angle de chute de 20°. On voit l'effet défavorable du tirant d'eau (8,70 m sur le Hood contre 7,90 m sur le Bismarck; l'effet favorable de la largeur (36 m sur le Bismarck contre 33,60 m sur le Hood); l'effet favorable de la largeur du caisson de protection (on a supposé une cloison résistante à 7,50 m du carène sur le Bismarck, à 2,50 m seulement sur le Hood). En réalité, la différence est en moyenne beaucoup plus accusée que ne l'indique la figure; il faudrait tenir compte de la courbure des trajectoires sous-marines, nullement négligeable sur une cinquantaine de mètres, car la vitesse du projectile y tombe à une valeur très faible; de la forme des sections transversales dans la région des soutes qui s'écarte beaucoup du rectangle et élimine une partie des coups dangereux; enfin et surtout, de « l'inclinaison » au sens tir à la mer, c'est-à-dire de l'angle que fait l'axe du bâtiment-but avec la droite tireur-but. Tous ces facteurs jouent dans le même sens pour réduire jusqu'à l'annuler la largeur de la gerbe des coups courts dangereux. On peut admettre que les soutes à munitions du Bismarck vers 21 000 m et sous « l'inclinaison » 45° (cette inclinaison ne dépend que de la manœuvre du bâtiment) étaient complètement à l'abri des coups courts, tandis que celles de son adversaire étaient exposées à un grand nombre d'entre eux. On notera la largeur énorme du Bismarck pour son tirant d'eau. C'est le premier navire de ligne où le rapport largeur/tirant d'eau dépasse 4, ce qui est très défavorable à la résistance hydrodynamique et certainement voulu pour des raisons de protection.

dont les poudres prirent feu; on aurait eu le temps de le faire sur la *Liberté* si les commandes de noyage avaient été à l'air libre. D'autre part, l'explosion d'un projectile de rupture au milieu d'autres projectiles de rupture chargés en explosif peu sensible ne provoque pas leur explosion; les parois épaisses sont une excellente protection; il faut tout l'art du spécialiste pour détruire un tel projectile.

Les munitions encartouchées, où le projectile est au contact de la poudre sont déjà beaucoup plus dangereuses. La pression des gaz de la poudre s'oppose à l'entrée de l'eau dans la soute; le chauffage et l'explosion du projectile porté à haute température, risquent d'être une conséquence de l'incendie. Les munitions d'artillerie de défense contre torpilleurs de calibre voisin de 152 mm ne prêtaient pas à cette critique; elles n'étaient généralement pas encartouchées. Les munitions d'artillerie de défense contre avions d'un *Hood* et de la plupart des navires sont au contraire encartouchées, pour des raisons de rapidité du tir. Il en est de même, bien évidemment, des munitions pour les canons automatiques de petit calibre qui ont envahi les ponts de leurs affûts quadruples ou octuples et qui, à 180 coups/minute, font des consommations effrayantes de munitions qu'on ne sait où loger.

Où le danger de-

vient tout à fait grave, c'est lorsqu'on n'hésite pas à introduire à bord, pour faciliter la conduite du tir, des projectiles à traceur de culot, dont certains mêmes sont munis d'une autodestruction en fin de tracé, par communication entre le logement de la composition traçante et l'amorçage, pour éviter les dégâts que ferait le projectile en retombant sur les navires ou les bâtiments de l'arsenal de la ville voisine. Dans ce cas, le feu à la poudre, c'est l'explosion assurée après quelques secondes.

Le *Hood* aura peut-être été, comme le *Bismarck*, une victime indirecte de l'avion.

### L'avenir de la protection du navire de ligne

Deux enseignements principaux sont à tirer de la fin du *Hood* et du *Bismarck*.

Le premier date de plusieurs siècles : c'est le risque grave que fait courir, sous les protections les mieux étudiées, le logement de quelques centaines de tonnes de poudres et d'explosifs. Les premiers artilleurs savaient bien que leurs matériels étaient plus dangereux pour ceux qui les servaient que pour ceux auxquels on en destinait les coups. La marine était spécialement réfractaire à l'embarquement à bord des navires d'engins aussi peu sûrs qu'un projectile explosif. Ce n'est pas sans quelques raisons que les amiraux de Napoléon se refusaient, malgré ses objurgations, à abandonner leurs boulets pleins ; ils avaient présentes à l'esprit les catastrophes qui avaient frappé, sans que l'ennemi y fût pour rien, ceux qui avaient voulu transposer à bord une arme qui faisait ses preuves à terre depuis deux cents ans ; ils ne croyaient pas que l'expérience d'un officier d'artillerie, chassant avec une batterie de côte les navires anglais de la rade de Toulon, fût suffisamment démonstrative.

Les catastrophes pyrotechniques ne frappent pas seulement la marine ; les militaires qui méprisent un peu trop les règles d'emmagasinage et de manipulation des artifices et des explosifs y sont aussi exposés. Quatre mois avant qu'un projectile de 400 mm bien placé chassât de Douaumont sa garnison allemande, un dépôt de grenades logées dans les casemates du fort fit explosion par suite d'une cause restée inconnue ; les éclats mirent le feu à des lance-flammes ; le pétrole se répandit en brûlant ; les flammes

firent exploser un dépôt abandonné de 155 mm. Les troupes allemandes de relève qui emplissaient les couloirs, les blessés du secteur rassemblés dans l'infirmerie, les deux états-majors de régiment et les deux états-majors de bataillon qui y avaient placé leurs P.C., tout fut brûlé ou asphyxié. Il y avait trop de cadavres pour que les sauveteurs pussent songer à les sortir du fort sous le feu ; on en emplit une casemate qu'on mura hermétiquement. Les troupes françaises qui eurent, quatre mois plus tard, la curiosité de la déboucher purent constater que le bataillon français incinéré vers la même époque dans le tunnel de Tavannes pour une cause à peu près semblable n'avait pas été le seul à disparaître ainsi, et que l'épaisseur de béton ou de terre qu'on a au-dessus de soi ne protège pas de tous les dangers.

La Marine n'aura jamais fini d'adapter sa protection et la disposition de ses soutes à la transformation des armes qu'elle embarque. Elle n'a même pas la ressource de la dispersion qui réduit tant bien que mal les risques à terre et dans les airs.

Le deuxième enseignement se rapporte à l'adaptation de la protection dite sous-marine à la bombe et à la torpille d'avion. Le navire le mieux cuirassé a, lui aussi, vers l'étambot, son talon d'Achille. On ne le protégera pas sans de profondes transformations dans la structure du navire de guerre. Mais ce n'est pas la peine de le recouvrir de 15 000 tonnes de blindages si on y tolère un tel point faible.

S'il subsiste un navire de ligne, la protection en sera un caractère plus constant encore que la vitesse ou l'artillerie. Il n'est pas besoin de 35 000 tonnes et encore moins de 60 000 pour faire 32 nœuds ou porter un canon de 406 mm ; mais ces déplacements sont tout juste suffisants pour parer à quelques-uns des dangers qui menacent le navire. Les enseignements des expériences successives, souvent contradictoires, transformeront perpétuellement cette protection. Il faudra indéfiniment revenir sur des questions que l'on croyait résolues. Des armes nouvelles, ou même simplement employées différemment, poseront toujours des problèmes nouveaux, qu'il est bien difficile de résoudre correctement sur des engins qu'on a la prétention de faire servir pendant vingt-cinq ans. Camille ROUGERON.

# LE « BLITZKRIEG » DANS LES BALKANS

par Marcel CHEVILLY

*La « guerre-éclair », dont les campagnes de Yougoslavie et de Grèce viennent de nous donner un nouvel exemple, n'est pas une nouveauté de l'art militaire. Certaines campagnes de Frédéric II et de Napoléon I<sup>er</sup>, le plan Schlieffen d'invasion de la France, sont déjà de la « guerre-éclair ». Un Allemand, Clausewitz, en a fait, au début du siècle dernier, la théorie que l'on peut résumer ainsi : se fixer un objectif considérable, tel que la destruction d'une armée ennemie, et employer pour l'atteindre rapidement le plus gros de ses forces; rechercher la surprise; exploiter au maximum le succès initial. La combinaison du char, de l'avion et du parachute a donné aux armées modernes une grande puissance de choc et, ce qu'elles ne possédaient pas en 1914, le moyen d'exploiter le succès d'une façon foudroyante. Cette combinaison, qui avait fait ses preuves en Pologne, en Norvège, en France, en Cyrénaïque, n'a pas réussi moins brillamment dans un des terrains les plus difficilement pénétrables qui soient : la chaîne des Balkans. En moins d'un mois, deux nations résolues à se défendre ont dû déposer les armes, et le corps expéditionnaire anglais a été contraint de se rembarquer. Un succès aussi brillant montre qu'aucun terrain n'est infranchissable pour des engins auxquels le moteur à explosion donne une puissance surabondante, et qu'il n'y a par conséquent pas de terrain privilégié pour la défensive. Elle révèle également l'impossibilité pour les petits peuples au faible potentiel industriel de mener une guerre défensive contre une grande nation. La victoire qui « aime les gros bataillons » appartiendra à celui qui possédera le plus de chars et d'avions, et c'est pourquoi l'écrivain militaire anglais Ward Price réclame, un peu tard, la construction de 50 000 chars pour l'armée britannique.*

**E**N hiver, de dures opérations entre les armées italiennes et grecques en Albanie avaient fait naître quelque doute sur les possibilités des armes nouvelles en montagne. Le char et l'avion allaient-ils se voir détrôner, dans les Balkans, par le ski et le mulet? Les armées piétinaient; la sobriété et l'endurance des troupes de montagne des deux adversaires paraissaient des éléments plus décisifs que la puissance de leur armement. Brusquement, les divisions blindées et les escadrons d'assaut allemands ont enfoncé les lignes de défense avec leur puissance habituelle, les divisions motorisées ont suivi dans la boue et les destructions, et la valeur de l'armement moderne au service d'une tactique appropriée s'est une fois de plus affirmée irrésistible.

## La campagne d'avril 1941

Le 6 avril, à l'aube, les troupes allemandes et italiennes, massées en Istrie, en Styrie, en Hongrie, en Roumanie et en Bulgarie, sur un front de près de 2 000 kilomètres, des Alpes Juliennes à la

Maritza, franchissaient les frontières de la Yougoslavie et de la Grèce.

L'offensive se dessinait en de nombreux secteurs. Les troupes italiennes pénétraient en Carniole. Une colonne débouchait de Styrie en direction de Maribor; une autre, venant de la frontière hongroise, en direction de Zagreb. Au nord-est, une troisième colonne allemande venant de Roumanie marchait sur Belgrade. Mais l'opération principale était, de beaucoup, celle que l'armée allemande concentrée le long de la frontière bulgare exécutait vers la vallée de la Morava et du Vardar, avec le triple objectif d'établir la liaison avec l'armée italienne d'Albanie, de couper l'armée grecque de l'armée yougoslave et de tourner la ligne grecque de défense de Salonique. Dès le 9 avril, les Allemands étaient maîtres de Nich, de Skoplje; ils forçaient la ligne Metaxas et entraient à Salonique; ils établissaient la liaison avec les forces italiennes au nord du lac Ochrida. L'armée yougoslave du sud était anéantie.

Au nord, les opérations se dévelop-

paient. Maribor était occupé le 9, Zagreb le 10, Belgrade le 13. L'armée yougoslave du nord, rejetée vers la côte dalmate, était contrainte de déposer les armes.

En Grèce, la défense de la Thrace occidentale était de toute façon impossible. Mais les lignes de défense successives de développement décroissant étaient nombreuses et semblaient aisées à tenir. La valeur de celles qui défendaient Salonique était fonction de la neutralité ou de la résistance yougoslave ; il n'y avait pas à s'étonner de sa chute rapide. La géographie imposait la deuxième ligne de défense, destinée à protéger la Thessalie et l'Épire, entre l'Olympe et le Pinde ; les Thermopyles en formaient une troisième qui pouvait couvrir Athènes ; enfin, le Péloponèse, transformé en île par la percée du canal de Corinthe, était le dernier réduit de la défense. Toutes ces lignes furent forcées ou tournées successivement, les Thermopyles par Eubée, le canal de Corinthe par des parachutistes, et à la fin d'avril les restes des armées grecques et britanniques avaient dû fuir du Péloponèse vers la Crète.

Le 4 mai, devant le Reichstag, le chancelier Hitler faisait le bilan : 9 000 Anglais, 344 000 Yougoslaves, 218 000 Grecs étaient faits prisonniers. Sur les 31 divisions préparées, il n'avait été besoin d'engager que 11 divisions d'infanterie, 6 divisions blindées, 3 divisions motorisées et 2 divisions et demie de S.S. Les pertes allemandes s'élevaient, pour l'armée de terre, à 1 117 tués, 3 752 blessés, 385 disparus ; pour l'armée de l'air, à 52 tués, 140 disparus.

### Le « Blitzkrieg »

Ainsi, le « Blitzkrieg » prouve une fois de plus sa puissance. Il semble même que ses succès vont s'amplifiant.

Le « Blitzkrieg » de 1939 n'est pas une nouveauté dans la doctrine militaire allemande. Les grandes attaques du printemps 1918 étaient déjà du « Blitzkrieg » ; l'attaque de Liège en août 1914 en était pareillement. Il remonte, dans la doctrine, aux dernières années du dix-neuvième siècle et à « l'attaque brusquée » de von Sauer. Sa forme actuelle est simplement son adaptation à l'armement moderne, chars et avions, comme la forme qu'il prit jusqu'en 1918 était son adaptation à l'artillerie lourde à tir rapide.

On ne retient souvent dans les opérations allemandes que l'enfoncement d'un front sous un déluge de feu et l'on n'est pas loin d'y voir le triomphe de la force brutale sur l'esprit. On connaîtra certainement un jour le détail des offensives devant lesquelles des armées de plusieurs millions d'hommes s'écroulèrent en quelques semaines ou en quelques jours, en Pologne, sur le front occidental et enfin dans les Balkans, mais tous les précédents permettent d'affirmer qu'elles sont le fruit d'une préparation méthodique, ne laissant rien au hasard, et que seule l'exécution fut conduite à une cadence inhabituelle pour l'adversaire. Mais la lenteur dans l'exécution n'a jamais été le signe d'une supériorité intellectuelle.

« L'attaque brusquée », étudiée pour l'enlèvement rapide d'une position fortifiée, n'avait aucun point commun avec « l'attaque de vive force » dans laquelle on prétendait parvenir au même résultat sans aucune des opérations préliminaires d'un siège en règle. L'attaque brusquée les conservait toutes, ou plus exactement n'éliminait que celles que la rapidité de l'exécution rendait superflues. Mais elle y procédait, successivement ou simultanément, à une cadence beaucoup plus rapide, que permettait l'augmentation de la portée et de la vitesse de tir de l'artillerie.

La mise en œuvre de cette méthode au cours de la guerre de 1914-1918 est essentiellement l'œuvre de Ludendorff. Elle réussit toutes les fois, sauf la dernière, à l'attaque de Champagne du 15 juillet 1918. Elle est caractérisée par la surprise, la brièveté de la préparation, sa violence, la recherche de la rupture et son exploitation ultérieure par la manœuvre.

Ludendorff employa la méthode pour la première fois en Galicie, le 19 juillet 1917. Elle apparut sous sa forme définitive à Riga, le 1<sup>er</sup> septembre ; elle fut répétée à Caporetto le 24 octobre, puis, sans aucun changement, lors de toutes les offensives allemandes de 1918.

Le premier des caractères de ces opérations de 1917-1918 comme de celles de 1939-1941, est la *surprise*. Les procédés d'attaque des premières années de la guerre de 1914 excluaient absolument toute idée de surprise. Les délais de mise en place d'une artillerie peu mobile et d'un tonnage énorme de munitions, la croyance à l'insuffisance de la neutralisa-



FIG. 1. — LA PÉNINSULE BALKANIQUE

tion et à la nécessité de la destruction, la lenteur d'exécution tenant au réglage individuel des tirs, toutes ces conditions réunies s'opposaient à la surprise. Une opération « à objectif limité » comme celle de la Malmaison, le 23 octobre 1917, demandait encore une préparation d'artillerie de six jours et six nuits. Comment aurait-on bénéficié de la surprise dans ces conditions? Seule une transformation complète des méthodes d'attaque pouvait la donner.

Le 1<sup>er</sup> septembre 1917, l'armée allemande exécuta sur la Duna, avec Riga pour objectif, une action offensive dans laquelle les divisions d'attaque furent maintenues dans une région éloignée de plus de 100 km et transportées secrètement la veille seulement de l'offensive. L'approche eut lieu de nuit en évitant tout bruit; on entoura les roues de matelassures; on enveloppa de chiffons les sabots des chevaux. L'ouverture du feu se fit sans aucun réglage préalable, après



T W 9588

FIG. 2. — CHAR ALLEMAND TRAVERSANT UN TORRENT DANS LA RÉGION DE LARISSA

une simple préparation du tir : préparation topographique qui donne instantanément l'angle de tir et la direction pour tout objectif dont la distance et le gisement sont relevés sur la carte ; préparation balistique pour compenser l'effet de l'usure des bouches à feu, des variations d'un lot de poudre à un autre, des différences de poids des projectiles ; préparation aérologique qui élimine les perturbations dues aux circonstances atmosphériques du moment, température et pression de l'air, force et direction du vent, pluie ou brouillard.

Aujourd'hui, l'emploi généralisé du char, de l'avion et de la motorisation pour les éléments non mécanisés, permet de porter la surprise au maximum ; c'est en quelques heures que l'artillerie et les chars se portent sur le front d'attaque ; l'aviation d'assaut n'a besoin que de quelques minutes.

Si la surprise est, chronologiquement, le premier des caractères du « Blitzkrieg », les caractères essentiels, liés l'un à l'autre, en sont la *brièveté* et la *vio-  
lence* de la préparation par le feu.

A Riga, la préparation d'artillerie dura 5 heures ; le 21 mars 1918, en Picardie, 5 heures ; le 27 mai 1918, sur l'Aisne, 2 heures 40 minutes ; le 15 juillet, en

Champagne, 4 heures. Lorsque l'armée française fit ses attaques suivant la même formule, la préparation fut encore plus courte ; elle ne dura qu'une heure et demie le 18 juillet à la VI<sup>e</sup> armée, 45 minutes à la I<sup>re</sup> armée le 8 août ; la X<sup>e</sup> armée, le 18 juillet, attaqua sans aucune préparation. On est loin des six jours de la Malmaison, des neuf jours de l'attaque d'avril 1917 au Chemin des Dames.

Il est naturel qu'il soit nécessaire de regagner en intensité ce

que l'on perd en durée. Mais le bénéfice que l'on trouve à abrégé la préparation pour en augmenter la violence est de nature différente. La défense est beaucoup plus sensible au débit instantané qu'au débit total. Si l'on peut soutenir, à la rigueur, que dans un tir de destruction sur une organisation ou un matériel intransportables, l'effet total est l'intégrale des effets élémentaires, il en va tout différemment de l'effet sur l'homme. Matériellement, il se préserve du tir lent, réglé, en assistant à cent mètres de là au tir de destruction ; il a tôt fait de saisir la cadence du tir d'interdiction et de passer entre deux salves. Moralement, le temps qu'il lui faut pour se remettre de son état d'abrutissement et se servir de ses armes au moment où le feu s'allonge et l'assaillant paraît est beaucoup plus élevé pour le tir bref et intense que pour le tir de grande durée à faible cadence.

Il y a là un facteur qui semble avoir échappé à la plupart de ceux qui manifestaient quelque scepticisme quant à la capacité de destruction du char et de l'avion. Assurément, ni l'un ni l'autre de ces engins ne sont capables de déverser au cours de leur progression les dizaines de milliers de tonnes de projectiles qui étaient l'accompagnement obligé de la

plupart des offensives de 1917 et de 1918. Mais, le tonnage modéré qu'ils transportent, ils peuvent l'appliquer, l'avion surtout, à une cadence qui en multiplie l'effet. On s'est donné beaucoup de mal pour expliquer comment les fils de ceux qui supportèrent, à Verdun et dans les Flandres, des bombardements dix fois plus meurtriers que ceux de mai-juin 1940, ont pu céder si facilement devant des

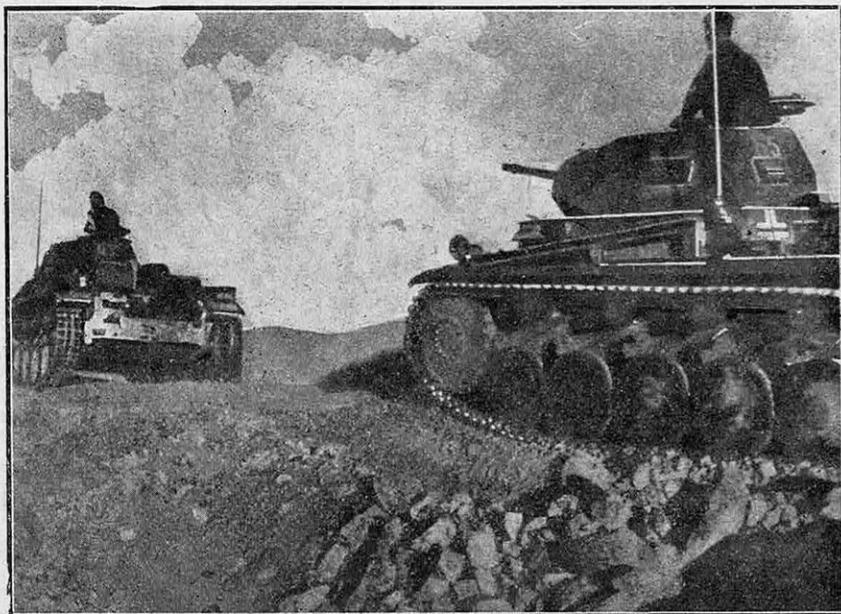


FIG. 3. — UNE COLONNE DE CHARS ALLEMANDS AU COURS DE LA CAMPAGNE DES BALKANS

T W 9589

chars ou des avions qu'on trouve peu dangereux si l'on s'en rapporte au total des pertes. C'est que les armes modernes du « Blitzkrieg », si elles demandent une première mise coûteuse, sont ensuite extrêmement économiques en munitions; elles donnent l'effet cherché au plus juste prix pour le vainqueur comme pour le vaincu.

La recherche de la rupture et son exploitation ultérieure par la manœuvre sont une dernière caractéristique des offensives allemandes de 1917-1918 qui se retrouvent dans les opérations de 1939-1941.

A vrai dire, comme les offensives allemandes, les offensives alliées des premières années de la guerre de 1914 recherchaient la rupture. Mais elles ne l'obtenaient pas. La rupture n'était pas indispensable à la victoire finale; Foch a montré comment on pouvait s'en passer. Au contraire, toutes les offensives de Ludendorff ont percé le front, à l'exception de la dernière, celle du 15 juillet 1918.

L'exploitation par la manœuvre résidait dans l'épanouissement progressif d'une attaque sur front étroit par enveloppement des bords de la brèche. Elle réussit parfaitement à Riga, où le front initial était de 4 500 m seulement, et où le procédé permit d'atteindre une largeur de 100 km, sur une profondeur moyenne de 50 km. Elle eut moins de succès sur le front occidental, où elle n'aboutit guère qu'à former des « poches » dont les

Alliés, prévenus, surent à peu près tenir les flancs.

En 1939-1941, la rupture est obtenue aussi régulièrement; la double action du char et de l'avion permettent une exploitation par la manœuvre d'une profondeur et d'une puissance que l'on concevait difficilement autrefois.

Le « Blitzkrieg » de 1939, comme celui de 1914, est la synthèse, essentiellement allemande, de tout un ensemble de progrès dans les armes et leur emploi. Il est curieux que les plus nombreux et les plus importants d'entre eux ne soient pas d'origine allemande.

A l'époque où il fut employé, fin 1917, les Alliés disposaient d'un ensemble de matériels modernes à tir rapide en nombre suffisant pour l'adopter; ce n'était pas le cas deux ans plus tôt. Mais il ne suffisait pas d'avoir des matériels modernes: il fallait encore savoir les employer. Or c'est, sans doute possible, à l'artillerie française que revient le mérite de la suppression des réglages préalables remplacés par une triple préparation topographique, balistique et aérologique, dont le rôle est absolument essentiel dans toute préparation abrégée. A la Malmaison, en octobre 1917, ces procédés permirent à l'artillerie lourde longue d'ajuster ainsi par le calcul 90 % de ses tirs, 30 % pour l'artillerie lourde courte. Ludendorff, dans un ordre du 20 juillet 1917, prescrivant l'envoi des officiers supé-

rieurs d'artillerie à un cours de perfectionnement de Maubeuge, le reconnaît : « ... Il semble que les Français, que nos troupes ont bien des fois déclarés supérieurs à nous dans l'art du tir, fassent des efforts dans le même sens et cherchent à perfectionner la précision de leurs tirs... »

Le barrage roulant, constamment employé par Ludendorff en 1917 et 1918 et repris par les Alliés en 1918, n'est pas davantage d'origine allemande. C'est une création de l'armée britannique, qui l'employa pour la première fois en 1916, à la bataille de la Somme.

Les mêmes observations peuvent être faites à l'occasion des éléments mis en œuvre par l'armée allemande au cours de la guerre actuelle. Ni l'emploi des chars, ni celui de l'aviation d'assaut, ni celui des parachutistes ne sont des créations allemandes.

Les origines des chars au cours de la guerre de 1914 sont trop connues pour qu'il soit nécessaire de les rappeler. Ce qui l'est peut-être moins, ce sont les origines, spécifiquement britanniques, de la doctrine d'emploi actuelle du char. C'est l'armée britannique qui a été la première, après 1918, à se servir de chars rapides, la première à adopter le transport à six roues à travers champs, la première à créer, en 1927, une division entièrement mécanisée, « le seul moyen de revenir à la mobilité sur le champ de bataille et de faire renaître l'art militaire », déclarait alors le Chef de l'Etat-major impérial.

Les origines de l'aviation d'assaut sont plus confuses que celles du char. Les Français en ont fait un usage assez étendu en 1918 ; les Anglais affirment que leurs attaques aériennes jouèrent un rôle important dans l'arrêt de l'avance allemande sur Amiens ; les Allemands l'ont employée également. Mais le développement doctrinal et organique de l'aviation d'assaut est incontestablement une œuvre italienne d'après 1918. Elle aboutit à la création d'escadres d'assaut spécialisées utilisées pour la première fois au cours de la campagne d'Ethiopie.

Les origines du parachutisme conçu comme moyen de transport d'unités constituées sont indiscutablement russes. Les premiers films cinématographiques et les premières présentations de parachutistes en U.R.S.S. datent d'une époque où l'Allemagne n'avait pas encore

d'aviation. Elles furent accueillies d'ailleurs un peu partout avec le plus grand scepticisme.

Mais le Commandement allemand a eu l'immense mérite, en 1939 comme en 1917, de coordonner ces procédés fragmentaires. Le « Blitzkrieg », ce ne sont pas les chars, l'aviation d'assaut, les parachutistes ; c'est, avant tout, l'idée du « Blitzkrieg ». A quoi sert-il d'avoir mis au point les procédés les plus savants de préparation de tir sans réglage, si c'est pour la seule satisfaction de s'affranchir de l'avion ? Le « Blitzkrieg » n'est pas plus lié à un procédé qu'à l'autre ; on l'a bien vu en 1940, où, dans la faible mesure où l'artillerie allemande fut utilisée, son efficacité tint à l'emploi continu de l'observation aérienne sous protection de la chasse, alors que l'artillerie française, liée à ses procédés de 1918, en était réduite à des tirs, sans grand effet, de harcèlement ou d'interdiction d'après la carte.

En 1918, les chars et la supériorité aérienne étaient du côté des Alliés ; Ludendorff a remporté ses succès sans eux. Soyons persuadés que, s'il n'avait pas eu de parachutistes pour franchir la Meuse ou le canal de Corinthe, le commandement allemand y serait parvenu sans leur concours. « Avec de l'artillerie, disait déjà Napoléon, on établit ses têtes de pont en trois heures de bombardement, et l'on franchit toutes les rivières. »

### La guerre en montagne

Jusqu'en avril, les opérations en Grèce et en Albanie semblaient donner raison à ceux qui, suivant l'opinion la plus généralement admise, se refusaient à considérer un théâtre d'opérations aussi montagneux que la péninsule des Balkans comme propice à des opérations à conclusion rapide. L'idée que la montagne se prête à la défensive beaucoup mieux qu'à l'offensive, que les frontières françaises des Alpes ou des Pyrénées sont beaucoup plus aisées à tenir que la frontière du Nord-Est, voie ouverte à l'invasion, est une des plus profondément enracinées qui soient.

« Dans la guerre de montagnes, disait Napoléon, qui semble avoir conservé un mauvais souvenir de son franchissement du Saint-Bernard, il faut se faire attaquer et ne jamais attaquer, voilà tout le talent. Une chaîne de montagnes n'a sou-

vent que deux ou trois passages, et, si l'on a eu la prévoyance de construire des forts pour intercepter ces passages, quelques hommes suffisent pour arrêter une armée. »

Si l'avis de Napoléon prévaut encore en France, la doctrine allemande ne l'a jamais admis. Clausewitz se prononçait formellement pour l'opinion opposée.

Rien n'est plus faux que de conclure

d'une difficulté extrême. L'offensive progresse trop vite eu égard à la vitesse de transport des unités de la défense pour qu'il soit possible, comme les Alliés le firent avec succès à toutes les offensives de 1918, mais y échouèrent en 1940, de border la poche où s'enfonce l'assaillant.

### Les armes modernes en montagne

De l'insuccès de l'offensive italienne en



FIG. 4. — L'OCCUPATION DES ILES GRECQUES DE LA MER ÉGÉE PAR LES TROUPES ALLEMANDES

T W 9585

*L'occupation des îles de la mer Egée par les troupes allemandes s'est faite le plus souvent sans résistance des armées grecque ou britannique. Elle a eu, dans le cas de l'île d'Eubée, une importance considérable pour les opérations sur le continent : c'est par l'île d'Eubée qu'ont été tournées les défenses des Thermopyles, les troupes allemandes ayant débarqué une première fois au nord d'Eubée, puis ayant repassé d'Eubée au voisinage d'Athènes après une progression de 150 km environ dans l'île. Toutes ces opérations ont été conduites de la même façon, par des convois de matériel flottant de toute sorte, cargos côtiers, bâtiments de pêche, chalands..., sans autre protection qu'une escorte aérienne. L'occupation des îles de la mer Egée confirme une fois de plus la transformation complète de la notion de « maîtrise de la mer » au voisinage des côtes. Le maître de la mer, c'est celui qui peut opposer à l'autre la combinaison du bateau de pêche et de l'avion de chasse.*

de la difficulté de circulation en terrain montagneux à sa difficulté de franchissement sous le feu. Les couverts et abris naturels que procurent les aspérités du sol sont utiles au défenseur ; ils sont bien plus utiles encore à l'assaillant. Le défenseur, avec une pelle, trouve toujours le moyen de s'abriter ; ce qui, en terrain plat, manque à l'assaillant, c'est précisément cette succession d'abris tout préparés.

Le terrain montagneux se prête plus que tout autre à la manœuvre. Nulle part elle n'est plus efficace ni plus féconde en résultats.

Le terrain montagneux se prête au moins autant à la surprise. Dans les secteurs étroitement compartimentés, aux voies de communications rares et précaires, le renforcement des éléments en ligne dans le secteur actif au moyen d'unités prélevées dans les autres est

Grèce, on avait conclu beaucoup trop vite à la confirmation de l'impossibilité d'employer utilement les armes modernes en montagne, à la supériorité du mulet sur le char, à la défense aisée contre l'avion, aux difficultés d'atterrissage des parachutistes. Le règlement français, qui ne se signalait cependant pas par l'importance du rôle qu'il attribuait au char, à l'avion d'assaut et au débarquement aérien en terrain plat, avait cru devoir énumérer soigneusement les difficultés supplémentaires que l'emploi de ces procédés de combat rencontrait en montagne.

Les possibilités des chars, enseigne l'instruction sur les opérations en montagne du 6 juin 1938, sont généralement réduites. En dehors des grandes vallées, des larges bassins, des plateaux étendus, ils ne peuvent être engagés que par petites unités pour des actions courtes à

objectifs rapprochés. La nature du sol ralentit leur progression, leur impose des cheminements déterminés, en nombre limité. Elle procure aux armes antichars adverses des emplacements dissimulés et abrités des feux d'artillerie ; l'appui des chars par l'artillerie est donc moins efficace.

C'était d'abord méconnaître l'intérêt considérable, pour le char, engin essentiellement propre à la manœuvre, de tout ce qui accroît les possibilités de manœuvre. C'était ensuite surestimer beaucoup la valeur d'arrêt des armes antichars (1), et négliger la puissance de l'aviation d'assaut très supérieure à celle de l'artillerie pour la destruction de ces armes.

Dans les Balkans comme sur le front occidental, les chars allemands ont le plus souvent évité le combat, tournant les positions défendues, allant au loin couper de leur ravitaillement les troupes en ligne, procédant à la dislocation de l'adversaire sans pertes graves pour eux-mêmes. Dans les rares cas où ils durent franchir de force une position défendue par des armes antichars, l'aviation d'assaut leur en a donné aisément le moyen.

### L'aviation d'assaut

A en croire le même règlement, l'aviation était également désavantagée dans l'emploi en montagne. Les accidents de terrain devaient gêner l'avion comme le fantassin. On objectait aux missions d'assaut les difficultés de reprise de l'altitude après lancement à faible hauteur, l'efficacité du tir des armes de défense situées sur le flanc des vallées.

Il semble que là encore, les spécialistes de l'aviation en montagne se soient exagéré les difficultés, tout comme les spécialistes de l'aviation saharienne, qui ne croyaient guère aux possibilités d'emploi de l'avion sur le théâtre d'opérations désertiques.

L'avion militaire moderne n'a rien de commun avec les appareils à faible vitesse ascensionnelle d'autrefois. On ne reverra plus l'époque où une escadrille, engagée dans une vallée encaissée où elle ne pouvait faire demi-tour, allait s'écraser successivement sur les flancs parce que le sol de la vallée montait plus vite qu'elle ; l'avion d'aujourd'hui grimpe à la verticale sur des centaines et bientôt sur

des milliers de mètres. La menace d'une D.C.A. rapprochée, étagée en altitude sur les flancs d'une vallée, étendait à l'aviation un danger qui n'est sérieux que pour l'infanterie. S'engager dans une vallée sans tenir les pentes ni les crêtes voisines est une opération des plus risquées pour des troupes à terre. L'avion qui fait le même parcours à 400 km/h n'a pas grand'chose à craindre ; pour lui, le seul feu dangereux est celui des armes en direction de sa route et la double haie de mitrailleuses, à 500 m de part et d'autre, ne le gêne guère.

L'expérience de la guerre des Balkans a confirmé que les difficultés de la montagne n'avaient pas la gravité qu'on leur attribuait. Jamais, de beaucoup, l'aviation allemande n'a eu à conduire une opération de cette importance avec des pertes aussi faibles.

Il n'est pas jusqu'au *débarquement aérien* dont l'instruction sur les opérations en montagne ne signalât aussi les difficultés. L'atterrissage des parachutistes devait être rendu délicat par les accidents du sol ; l'exiguïté et le petit nombre des terrains devaient restreindre les débarquements par atterrissage d'avions.

Aucune de ces objections n'a cependant empêché l'emploi des parachutistes pour l'occupation des forts grecs ; le planeur remorqué que les troupes allemandes utilisèrent à la prise de certains forts belges s'applique aussi bien en montagne que sur les rives de la Meuse. L'enlèvement des forts de Viscibay, de Kikijya, de Perithod, par des parachutistes armés de mitrailleuses et de lance-flammes, le franchissement du canal de Corinthe, et l'opération menée par Eubée pour tourner les défenses des Thermopyles ont au moins aussi bien réussi que les opérations similaires de Norvège ou du front occidental.

Ainsi les difficultés propres à la montagne ont été fort bien surmontées. Ce qui a donné à l'effondrement serbe et grec un caractère particulier de rapidité, c'est l'effet puissant des opérations de dislocation ainsi menées contre des armées disposant d'un réseau de communications de développement et de rendement aussi faibles. Il peut être imprudent pour des « Panzerdivisionen » de s'avancer trop profondément en terrain plat en laissant derrière elles des unités capables de manœuvrer et de leur couper la route de retour. Les chars peuvent être beaucoup

(1) Voir « Peut-on arrêter les chars ? » dans *La Science et la Vie*, n° 285, mai 1941.

plus audacieux en montagne. Il suffit de tenir quelques points bien choisis de vallées voisines pour y enfermer complètement des divisions entières, qui deviennent prisonnières du terrain. La retraite, lorsqu'elle reste possible, se transforme aisément en déroute; tout le matériel doit être abandonné.

### Le char et l'avion, armes universelles

Une fois de plus, le char et l'avion auront prouvé leur aptitude à surmonter les difficultés de terrain des théâtres d'opérations les plus divers.

Les doutes que l'on pouvait avoir sur leur utilisation dans les étendues désertiques avaient été complètement balayés par le succès de l'offensive du général Wavell qui lui avait donné la Cyrénaïque en moins de deux mois, et par le succès plus significatif encore de la contre-offensive du général Rommell, qui la lui avait rendue en huit jours. Ni les chaînes de dunes, ni le vent de sable du désert libyque n'ont pu arrêter le char et l'avion.

Les opérations précédentes en secteurs montagneux n'avaient pas paru suffisamment démonstratives. La conquête de l'Abyssinie par les chars italiens et les « picchiatelli » ne faisait pas la preuve de leur puissance vis-à-vis d'un adversaire dépourvu de l'armement moderne. On attribuait le franchissement des Carpathes par les « Panzerdivisionen » et les « Stukas » au retard de la mobilisation adverse et à la prédominance, dans l'armée polonaise, de la cavalerie sur les canons antichars et les mitrailleuses de D.C.A. Le succès des opérations allemandes en Norvège, où la difficulté se compliquait cependant de l'enneigement des montagnes, était expliqué par l'insuffisance des services de renseignements des alliés, la lenteur de leur riposte... Jusqu'aux premiers jours de l'offensive allemande dans les Balkans, on crut pouvoir employer encore des arguments de cet ordre : l'armée yougoslave n'était pas prête; le commandement avait commis l'imprudence de ne pas la masser au sud; l'Etat yougoslave, mosaïque de peuples, ne retrouvait pas chez ses défenseurs la ténacité du paysan serbe de 1914-1915. Le succès de l'offensive contre la Grèce ne laisse debout aucune de ces explications; l'armée grecque attendait l'événement depuis plusieurs semaines et avait eu le temps de préparer des positions succes-

sives dont certaines paraissaient bien fortes; elle était aguerrie par six mois d'une campagne pendant laquelle elle avait montré sa valeur; le courage qu'elle mettait à défendre son sol était indiscutable. Rien n'y fit; elle dut céder.

Le succès de la campagne des Balkans prouve une fois de plus la valeur des méthodes générales bien conçues et la facilité de leur adaptation aux cas particuliers. « Ludendorff, disait Foch, a monté admirablement, supérieurement ses attaques. Le mécanisme de ses opérations est parfait; on ne saurait vraiment rien trouver de mieux. Cette méthode une fois découverte, il l'employa uniformément sans y changer quoi que ce soit. »

Il ne suffit pas d'avoir gardé des chèvres pendant vingt ans dans les montagnes de sa patrie, et de s'être sobrement nourri de laitages et de raisins secs pour savoir la défendre. Le Poméranien dans son char, après quinze jours de manœuvres en Bulgarie, en sait davantage sur la question que les descendants de Périclès et d'Alexandre, tout comme il vient à bout des meilleures troupes du désert après quelques semaines d'entraînement en chambre à 40° sur les dunes de la Baltique. Et le saucisson de soja se révèle une nourriture d'emploi aussi universel que les olives, le pain de dattes ou la galette d'orge.

Ce fut peut-être l'un des plus grands mérites de Foch de s'être purement et simplement approprié la tactique de Ludendorff, en y ajoutant des chars lorsqu'il en avait, et de l'avoir fait servir à une manœuvre stratégique de conception supérieure. Combien d'autres, dans sa situation, auraient dépensé toute leur ingéniosité à la recherche de circonstances particulières qui auraient pu expliquer chacun des succès allemands, et qui ne se retrouveraient certainement pas réunies à la prochaine opération! Le commandement allemand de 1939 a parfaitement apprécié la lenteur d'adaptation de ses adversaires successifs aux méthodes qu'il leur enseignait. « Vous craignez, disait le maréchal de Saxe, que l'ennemi ne fasse la même chose? Ce ne sera certainement pas la campagne d'après, ni la suivante. Il se laissera étriller pendant dix ans et peut-être pendant cent, avant que de s'en aviser, tant l'on revient difficilement des usages chez toutes les nations, soit amour-propre, soit stupidité. »

Marcel CHEVILLY

# LA BATAILLE DE CRÈTE

par Pierre BELLEROCHÉ

**A** LA question, l'île de Crète résistera-t-elle? on pouvait répondre dès le début de mai 1941 : « *Question d'aérodromes* ». Les aérodromes crétois, d'ailleurs peu nombreux et peut-être trop hâtivement équipés, Malemi, Rethymo et Heraklion, ont dû supporter les 18 et 19 mai, un intense bombardement. Ils ont été neutralisés dès le 21 mai par les « chasseurs parachutistes » allemands. L'attaque de l'aérodrome de Malemi, en particulier le 20 mai 1941, fut la réédition de l'attaque du grand aérodrome hollandais de Waalhaven (près de Rotterdam) le 10 mai 1940.

## De Waalhaven (10 mai 1940) à Malemi (20 mai 1941)

Les « chasseurs parachutistes » allemands (Fallschirm-Jäger) sont spécialement entraînés à l'attaque et à l'occupation par surprise des « positions-clefs » et, parmi celles-ci, des aérodromes. En l'espèce, la baie de la Sude, mouillage des forces navales britanniques, et son aérodrome, Malemi, constituaient la position-clef de la défense crétoise, de même que l'aéroport de Waalhaven, à Rotterdam, à l'estuaire de la Meuse et du Rhin, constituait la position-clef de la défense hollandaise et de son ravitaillement par mer. L'attaque de Waalhaven le 10 mai 1940 mérite d'être rapportée, car elle illustre la tactique récemment employée en Crète.

La préparation topographique des chasseurs parachutistes est particulièrement poussée. En vue de l'attaque de Waalhaven, un véritable diorama représentant l'aéroport et ses abords avait été

préalablement réalisé, avec les emplacements détaillés des défenses, des obstacles et des voies d'accès. Lorsque les chasseurs parachutistes du bataillon du 1<sup>er</sup> régiment de « Fallschirm-Jäger », commandé par le lieutenant Schulz, se lancèrent, à l'aube du 10 mai, à 100 mètres d'altitude, au-dessus du terrain de Waalhaven, ils reconnurent le paysage, au cours même de leur descente, comme un paysage familier. Une fois à terre, ils purent se rendre tout droit aux postes de garde et aux mitrailleuses de défense qu'ils maîtrisèrent rapidement. Tandis que les trimoteurs Junkers 52 lâchaient leurs parachutistes sur le terrain, les Stukas pilonnaient les voies d'accès de l'aérodrome, de manière à paralyser les arrivées de renforts. Aussitôt que le bataillon du lieutenant Schulz eut pris possession de l'aérodrome et dégagé le terrain de ses obstacles, survenaient d'autres vagues

de Ju 52, qui se posèrent aussitôt sur le terrain, presque à la queue leu leu, débarquant 800 fantassins de l'air (Luftlandtruppen) sous le commandement du lieutenant-colonel Kolitz, équi-

pés de canons de 37 mm antichars et de canons de 20 mm de D.C.A. L'aérodrome de Waalhaven fut bientôt transformé en camp retranché à tel point que lorsque la R.A.F. contre-attaqua l'aérodrome, les huit premiers Bristol « Blenheim » furent abattus tous les huit par les canons de D.C.A. La garnison de Waalhaven, ravitaillée par la voie des airs en vivres et en munitions, réussit pendant quatre jours à tenir tête aux contre-attaques jusqu'à l'arrivée des forces blindées allemandes.

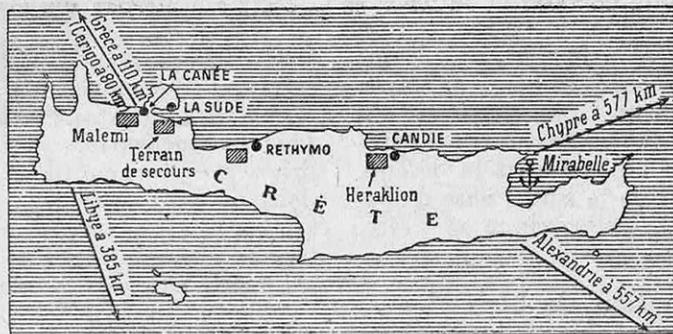


FIG. 1. — CARTE DES AÉRODROMES DE CRÈTE

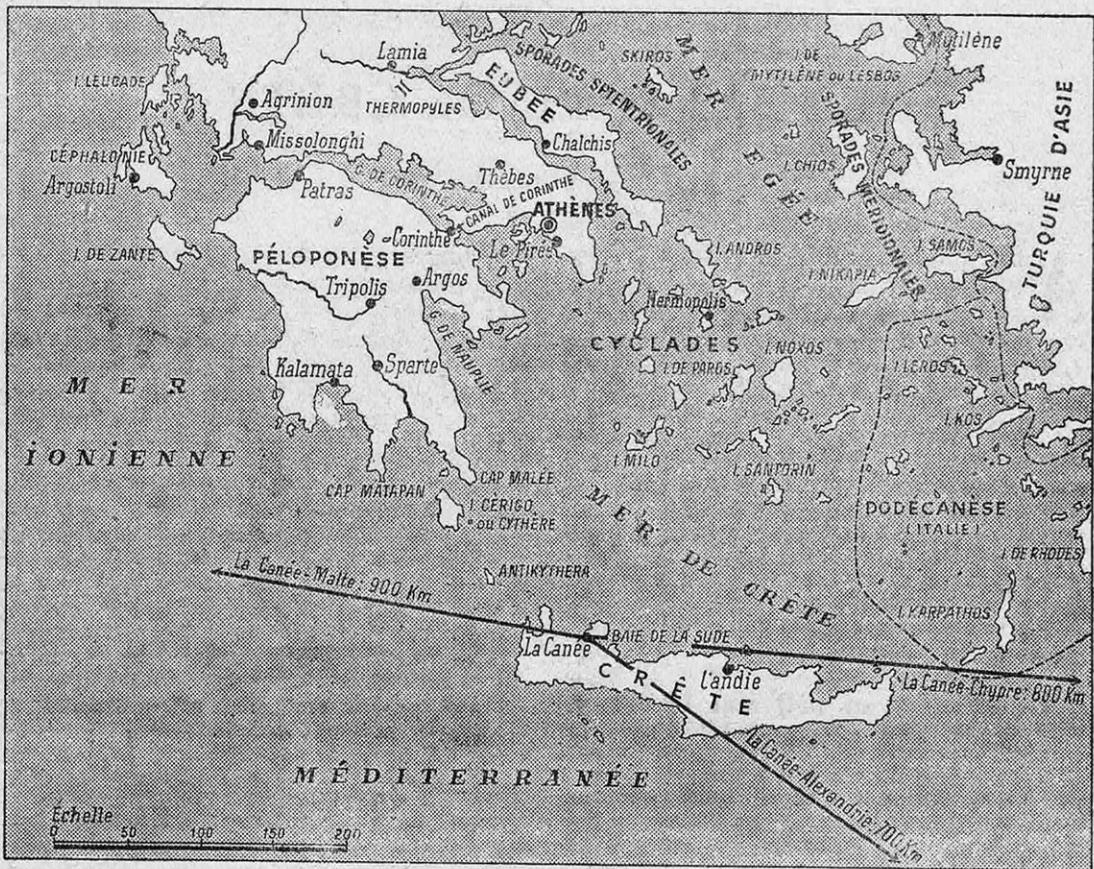


FIG. 2. — CARTE MONTRANT LA SITUATION DE LA CRÈTE PAR RAPPORT AUX BASES ANGLAISES

C'est à une réédition de la tactique inaugurée le 10 mai 1940 à Waalhaven que l'on a assisté en Crète, à partir du 20 mai 1941, notamment contre l'aérodrome de Malemi qui assurait la défense de la position-clef de la Sude, base d'opérations de la flotte britannique en Crète.

### La neutralisation de Malemi, Rethymo et Heraklion

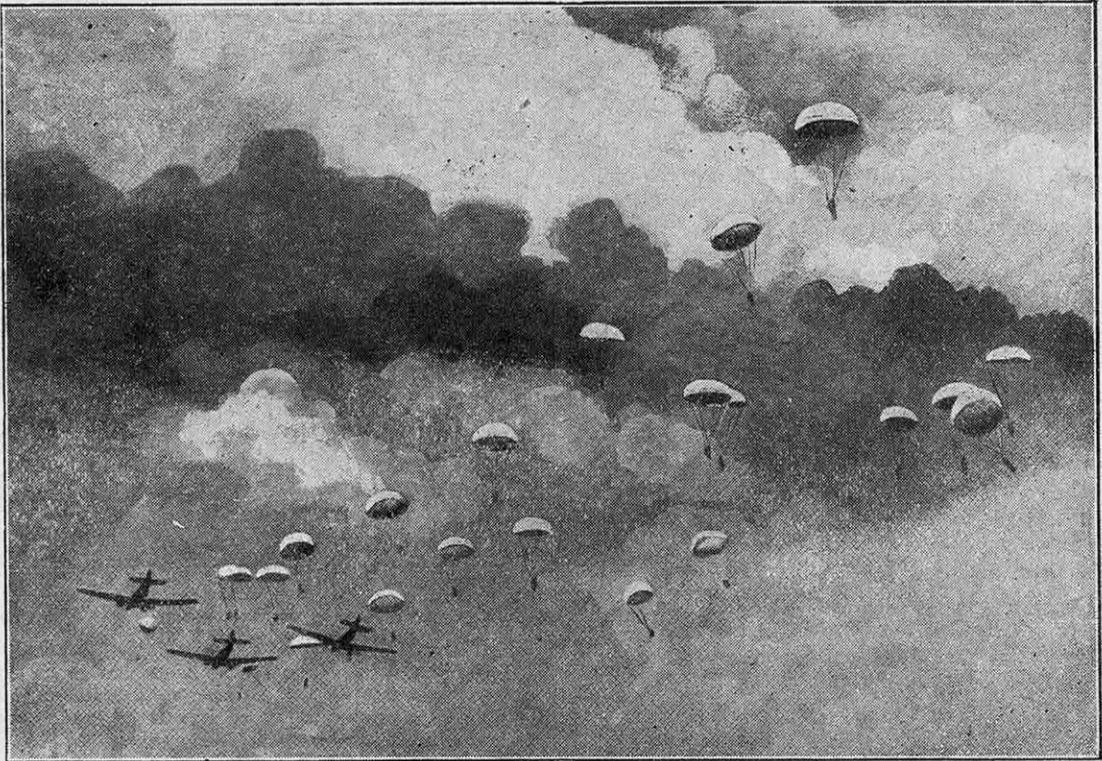
L'attaque des chasseurs parachutistes allemands se porta sur ces trois aérodromes.

L'opération avait-elle été moins minutieusement préparée que celle de Waalhaven? ou bien les défenses britanniques étaient-elles mieux préparées? Cette fois l'occupation des trois aérodromes ne fut pas obtenue d'emblée. Notamment l'attaque de surprise contre Malemi, le 20 mai, échoua en partie. Dès lors, les assaillants eurent recours à une tactique un peu différente, l'occupation des voies d'accès aux aérodromes et des points vitaux de l'île par des séries répétées de lâchers de

chasseurs parachutistes, de troupes débarquées au moyen de planeurs ou de trimoteurs de transport Ju 52. Noyautage fragmentaire, mais mené à une cadence de plus en plus accélérée et tendant à paralyser les trois aérodromes crétois et à neutraliser la base navale de la Sude.

L'occupation proprement dite des aérodromes fut effectuée le 22 mai pour Malemi, le 27 pour Rethymo et le 29 mai pour Heraklion (en même temps que le port voisin de Candie). Mais, dès le début de l'attaque, ils avaient été rendus *intenable*s. Le 21 mai, la Royal Air Force avait dû retirer de Crète ses forces aériennes de chasse (1). Dès lors, la maîtrise de l'air intégrale était acquise à la Luftwaffe : la partie était perdue en Crète pour les Britanniques; ce n'était plus qu'une question de jours.

(1) La veille de l'attaque des parachutistes, le 19 mai 1941, les deux aérodromes de Rethymo et d'Heraklion avaient été bombardés par la Luftwaffe et 7 avions britanniques détruits au sol.



T W 9592

FIG. 3. — UNE COMPAGNIE DE PARACHUTISTES ALLEMANDS EFFECTUANT UNE DESCENTE LORS DE MANŒUVRES RÉCENTES

**Atterrissages en campagne d'avions de transports et de planeurs**

Devant la difficulté d'occuper d'emblée, par surprise, tous les aérodromes crétois — à la manière de Waalhaven — ce qui permet l'atterrissage direct des avions de transport de troupes sur ces aérodromes occupés, les Allemands semblent avoir inauguré une autre tactique : — l'atterrissage d'avions de transports sacrifiés ;

— le débarquement au moyen de planeurs remorqués transportant des troupes.

Dans la campagne de Crète, on signale en effet que, dès la soirée du premier jour, le 20 mai, à partir de 16 heures, (alors que les premiers chasseurs parachutistes avaient été lâchés à l'aube du même jour sur Malemi), des vagues d'avions de transport Junkers 52 et de planeurs amenés à la remorque vinrent se poser sur tous terrains de fortune de

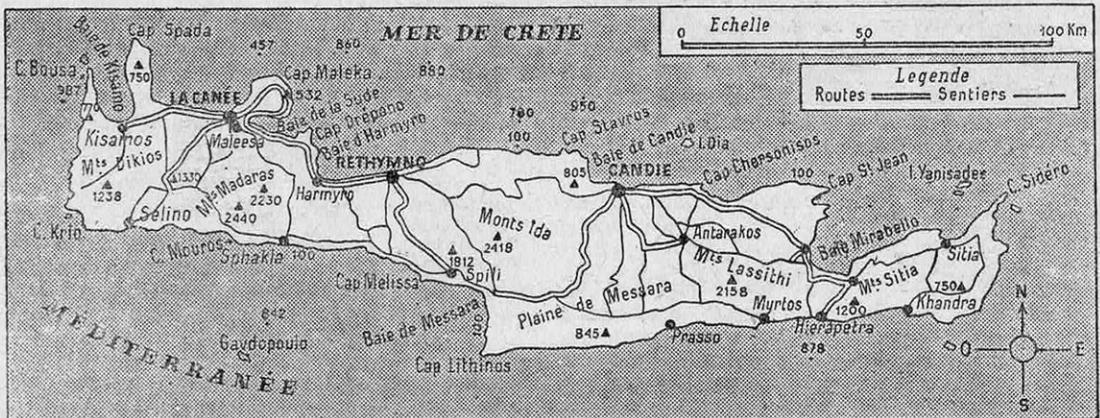


FIG. 4. — CARTE DE LA CRÈTE AVEC LES PRINCIPALES ROUTES ET LES POINTS CULMINANTS

l'île situés au voisinage des points importants de la côte nord de l'île.

D'après Londres, les Junkers Ju 52 se posèrent sur les terrains de fortune, dans les champs ou sur les plages, et beaucoup s'écrasèrent ou s'avarièrent à l'atterrissage. L'avion était sacrifié. Il ne pouvait repartir, mais les troupes débarquaient et c'était là l'essentiel. Londres ajoute que, le 21 mai, une quinzaine de ces Junkers 52 furent abattus par la D.C.A. britannique ou grecque, mais d'autres suivaient, par dizaines.

En même temps, apparurent, pour la première fois dans l'histoire de la guerre, des planeurs remorqués chargés de troupes.

L'avantage des planeurs

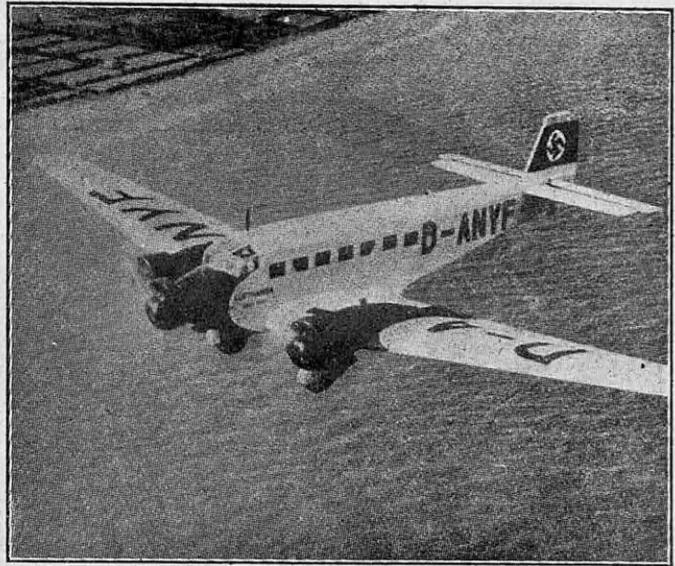


FIG. 6. — LE JUNKERS 52, AVION DE TRANSPORT DE L'ARMÉE ALLEMANDE T W 9591

*Ce trimoteur, très répandu sur les lignes aériennes commerciales, était capable d'emporter 28 passagers. Son poids en ordre de vol est de 10 tonnes environ et sa vitesse maximum de 290 km/h.*

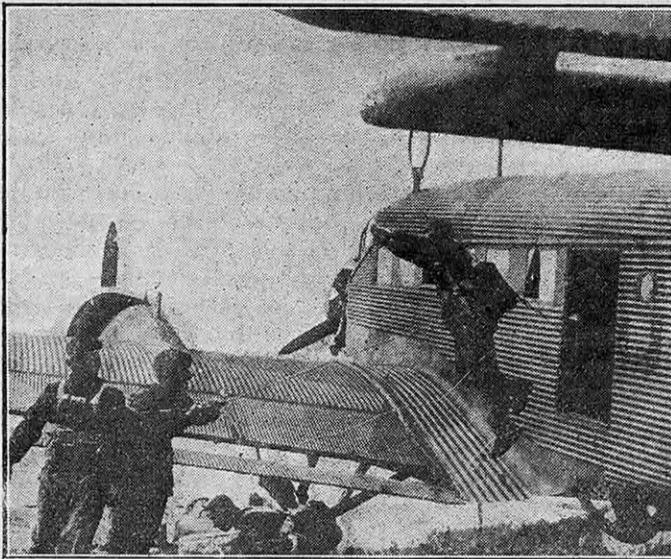


FIG. 5. — CHASSEURS PARACHUTISTES ALLEMANDS A L'ENTRAÎNEMENT T W 9590

*Le corps des « Fallschirm-Jäger » a été créé par le lieutenant général Wecke, alors chef de la police du parti national-socialiste. Leur existence ne fut rendue publique qu'en 1935 par l'exhibition du régiment « General Goering ». Des écoles de chasseurs parachutistes furent créées à Stendal près de Berlin, à Brunswick et à Wittstock dans le Brandebourg. En 1939, le chef des parachutistes allemands était le général Student. L'instruction des parachutistes se fait avec minutie au sol, et non à la tour; les premiers lancers ont toujours lieu d'un avion. Le déclenchement du parachute est automatique, de manière que le parachutiste ne soit pas préoccupé par cette manœuvre et puisse concentrer toute son attention sur les opérations militaires qui lui sont confiées.*

est qu'ils sont capables de se poser à très faible vitesse : 30 à 40 km/h. Ils pouvaient donc atterrir dans n'importe quel champ.

Les communiqués britanniques ont indiqué que des trains de deux ou trois de ces planeurs étaient remorqués par des Messerschmitt 110. Cette disposition permettait aux Me 110, après avoir largué la remorque de leurs planeurs, de se transformer en avions de combat, pour protéger l'atterrissage de ces engins. Un train de planeurs est manifestement lent (vitesse de l'ordre de 100 à 150 km/h), et par suite vulnérable à la chasse adverse. C'est ce qui explique que l'intervention des planeurs n'a été signalée qu'après celle des chasseurs parachutistes, c'est-à-dire dès la neutralisation des aérodromes qui servaient de base à la chasse britannique.

Dès le 25 mai, la baie de la Sude, base des forces navales britanniques que pilonnaient les Stukas depuis le 18 mai,

fut neutralisée à son tour par les Luftlandtruppen. Une tête de pont était établie le 25 et le 26 mai, dans la partie occidentale de l'île (Malemi, la Canée, la Sude). Dès lors, le débarquement par mer pouvait être envisagé. Mais il fut retardé de plusieurs jours par l'action de la flotte britannique.

Maîtres du ciel crétois depuis le 22 mai, les Allemands ne l'étaient pas encore de la mer. Et du 21 au 26 mai eut lieu la lutte aéronavale « avions contre navires » la plus acharnée que la guerre ait connue.

### Maîtrise de l'air contre maîtrise de la mer

Cette expérience avait été faite en Norvège en avril 1941. Elle s'était traduite par la défaite de la « mer » et avait coûté, en un mois, la perte de deux croiseurs et de cinq torpilleurs ou contre-torpilleurs anglais et alliés, sans compter les destroyers coulés au canon à Narvik, et un porte-avions.

Cette fois, cela coûta trois croiseurs coulés : *York*, coulé en baie de la Sude, *Gloucester* et *Fiji* et quatre contre-torpilleurs, *Kashmir*, *Kelly*, *Juno* et *Greyhound*, ceci en trois jours du 21 au 24 mai 1941. En outre, deux cuirassés britanniques et trois croiseurs furent avariés. La flotte britannique réussit néanmoins, pendant ces trois jours, à empêcher tout débarquement par mer de troupes allemandes ou italiennes en Crète. L'aérodrome de Malemi fut bombardé par mer le 23 mai, lendemain du jour de son occupation. Plusieurs transports de troupes furent coulés ou mis à mal, un torpilleur italien et quelques vedettes rapides mis hors de combat, mais la maîtrise de la mer crétoise était acquise par les avions de l'Axe.

Par suite de la carence de leur avia-

tion de chasse chassée de ses aérodromes, retirée en Egypte et par suite trop éloignée pour intervenir, les navires britanniques avaient dû se frayer seuls un chemin sous les bombes allemandes, en comptant uniquement sur leurs canons antiaériens et leurs pom-pom pour se défendre contre les vagues incessantes d'avions de tous modèles qui emplissaient littéralement le ciel.

Cette lutte « avions contre navires » a atteint son point culminant le 22 mai 1941 dans la zone comprise entre la Canée et Cérigo; ce jour-là, plusieurs centaines de Junkers 87 et 88 et de Messerschmitt 110 attaquèrent presque sans interruption entre 5 h 30 et 20 h 15. L'escadre britannique, sans aviation, dut se retirer, vaincue par l'aviation adverse.

### Une île conquise par l'aviation

Pour la première fois dans l'histoire militaire, une île défendue par une flotte a été conquise par l'aviation.

La technique du débarquement aérien s'y est développée d'une manière inédite par l'action combinée des parachutistes, des avions de transport et des planeurs remorqués. Une fois les aérodromes occupés, l'aviation de défense était chassée du ciel, et la marine, sans aviation de chasse, malgré trois jours de résistance, était chassée de la mer.

Sans aviation de chasse, une marine est condamnée à l'impuissance. Et c'est pourquoi le sort de l'île de Crète fut scellé le jour où ses aérodromes furent neutralisés, puis occupés, par les chasseurs parachutistes allemands, qui furent les pionniers de l'attaque.

Conclusion : pour garder une « île », il ne suffit pas de disposer d'aérodromes, il faut savoir les défendre.

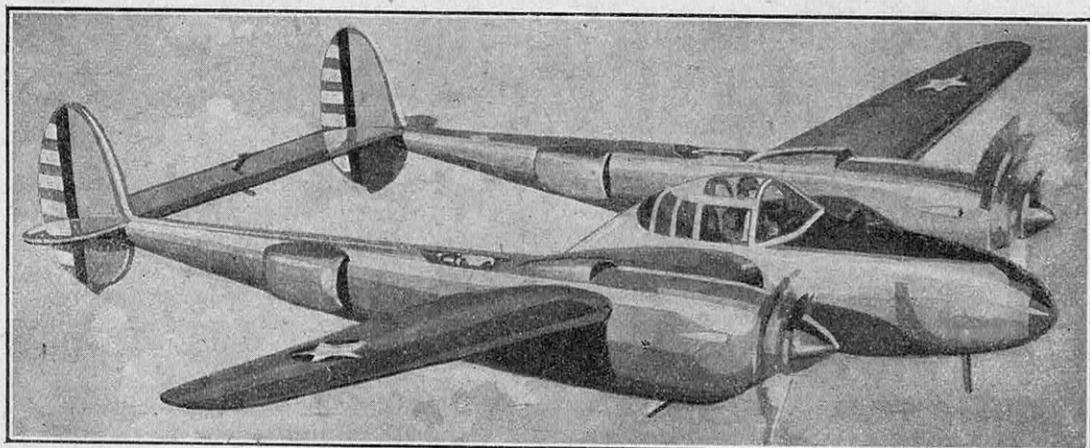
P. BELLEROCHÉ.

## A nos lecteurs

Rappelez-vous que les abonnés reçoivent, sans augmentation de prix, tous les **numéros spéciaux** de l'année avec la table des matières semestrielle.

Vous réaliserez une économie en vous abonnant dès maintenant.

# DESTROYER D'ATTAQUE



T W 9577

## Le Lockheed P. 38, dit « Lightning » (monoplace) (1941)

**Dimensions.** — Envergure, 15,90 m; longueur, 11,50 m; surface portante, 30,4 m<sup>2</sup>; poids à vide, 5 065 kg; poids en charge, 6 125 kg; poids maximum, 6 500 kg.

**Construction.** — Aile médiane monolongeron, à revêtement travaillant, avec réservoirs d'essence dans la partie médiane. — Bifuselage. — Ailerons d'aile à articulations ingétables. — Volets Lockheed-Fowler, en quatre tronçons. — Radiateurs internes, entièrement logés dans chacun des fuseaux derrière les moteurs. — Train d'atterrissage tricycle entièrement escamotable, avec roue avant orientable.

**Moteurs.** — Deux moteurs Allison K 1710 C-15 de 1 090 ch (total 2 180 ch). — Hélices « Hamilton » à pas variable « hydromatic ».

**Combustible.** — Plein d'essence normal, 870 litres; maximum, 1 550 litres.

**Armement.** — 2 mitrailleuses Colt de 7,6 mm de 1 000 cartouches; 2 mitrailleuses lourdes Colt de 12,7 mm de 400 cartouches; 1 canon Madsen de 23 mm de 50 obus. — Toutes ces armes dans le nez du fuseau central; pas de mitrailleur arrière (habitacle monoplace de 1,80 m de hauteur et 0,95 m de largeur).

**Performances.** — Vitesse maximum : 650 km/h; autonomie : 1 h 8 à 560 km/h et 3 h 3 à 560 km/h (avec plein d'essence maximum).

**I**L est intéressant de comparer les caractéristiques de deux destroyers bimoteurs qui ne tarderont pas à s'affronter au cours de l'été prochain :

— le Messerschmitt 110 allemand, type 1940 (C. 5);

— le Lockheed « Lightning » américain qui doit entrer en service en 1941 dans l'armée de l'air britannique.

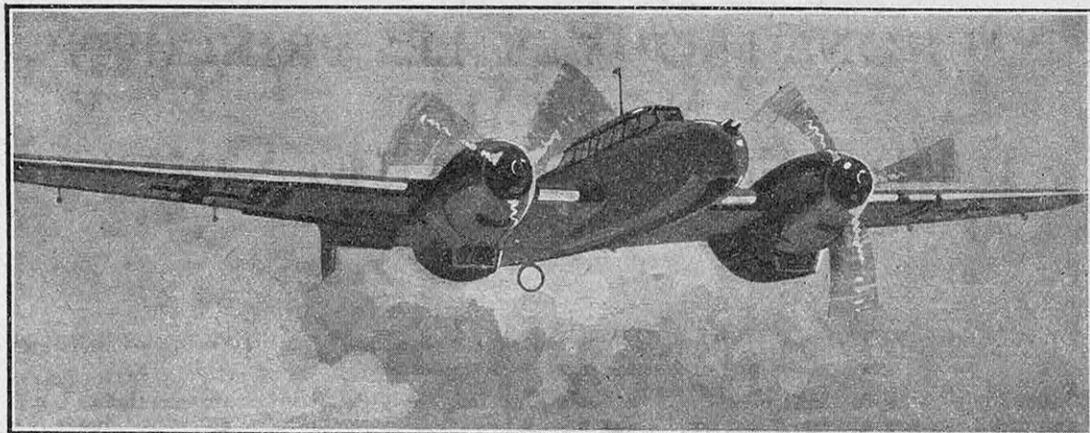
On voit dans les légendes ci-dessus que leur armement d'attaque est comparable, mais non identique : 4 mitrailleuses et 2 canons pour le Me 110, 4 mitrailleuses (dont 2 lourdes) et 1 canon pour le « Lightning ».

L'envergure est un peu plus courte

pour le « Lightning » (15,9 m contre 16,35 m) et la surface portante un peu moindre (30 m<sup>2</sup> contre 37 m<sup>2</sup>), la charge alaire étant de 200 kg/m<sup>2</sup> pour l'avion américain et de 180 kg/m<sup>2</sup> pour l'avion allemand. Cependant, la vitesse d'atterrissage du « Lightning » reste modérée grâce à l'emploi de dispositifs hypersustentateurs Lockheed-Fowler, très efficaces.

Bien que la construction du Messerschmitt soit sensiblement plus légère (4 500 kg contre 5 065 kg), son poids total en charge est plus élevé (6 650 kg contre 6 500 kg). Sa charge utile est donc nettement supérieure (2 150 kg contre

# DESTROYER D'ESCORTE



T W 9576

## Le Messerschmitt 110 type C. 5 (biplace ou triplace) (1940)

**Dimensions.** — Envergure, 16,55 m (ramenée à 16,35 m sur le type C. 5); longueur, 12,15 m; surface portante, 38 m<sup>2</sup> (ramenée à 37,5 m<sup>2</sup>); poids à vide, 4 500 kg; poids en charge, 6 650 kg.

**Construction.** — Aile basse monolongeron à grand allongement; revêtement travaillant de surface lisse (rivetage noyé). — Réservoirs d'essence répartis de part et d'autre des fuseaux moteurs. — Ailerons à fente. — Radiateurs encastrés dans l'aile, de part et d'autre des fuseaux moteurs (mélange réfrigérant 50 % d'eau et 50 % de glycol). — Radiateurs d'huile sous les moteurs. — Refroidissement des générateurs 24 volts assuré par les moyeux des hélices. (Les trous des moyeux d'hélice ne sont pas, comme on pourrait le croire, utilisés pour des canons).

**Moteurs.** — Deux Daimler-Benz DB. 601-A. de 1 150 ch (total 2 300 ch). — Hélices à pas variable V.D.L.

**Combustible.** — Plein d'essence normal, 1 280 litres; maximum, 1 820 litres.

**Armement.** — 4 mitrailleuses M.G. de 7,9 mm et 2 canons Rhein-Metal de 20 mm dans le nez du fuselage; 1 mitrailleuse arrière montée sur affût Arado et pouvant tirer dans un cône de 60° de demi-angle d'ouverture.

**Performances.** — Vitesse maximum, 585 km/h; autonomie, 2 h 6 à 485 km/h; 7 h à 340 km/h avec plein d'essence maximum.

1 435 kg). Les conséquences de cet allègement de la construction sont, pour le Me 110 :

— un équipement triplace, alors que le « Lightning » est monoplace;

— la possibilité de tirer de ce « destroyer » une version bombardier léger rapide ou bombardier chasseur; le « Jaguar », emportant 2 bombes de 250 kg;

— une autonomie un peu plus élevée, surtout aux faibles vitesses de croisière; cette autonomie peut atteindre (sans bombes) 6 à 7 heures, à 340 km/h, ce qui est intéressant pour l'escorte des bombardiers. Dans les vitesses élevées, l'avan-

tage d'autonomie du Me 110 s'atténue sensiblement.

La supériorité de vitesse est le gros avantage du « Lightning » : 650 km/h contre 585, soit 65 km/h de plus à la vitesse maximum; 560 km/h contre 485, soit 75 km/h de plus à la vitesse de croisière.

Le « Lightning », monoplace, rapide, avec une puissance assez faible, est un *destroyer d'attaque*.

Le Me 110, biplace ou triplace, doté d'une grande autonomie de croisière, est un *destroyer d'escorte*.

Nota. — Il existe deux variantes du Messerschmitt 110 : le type « destroyer pur » (avec armement complet en canons et mitrailleuses) et le type « chasseur-bombardier » (sans les deux canons et avec nez vitré) pouvant prendre deux bombes de 250 kg. Cette dernière variante est dénommée « Jaguar ».

# MALGRÉ LE RATIONNEMENT SACHONS TROUVER LES PRINCIPES MINÉRAUX INDISPENSABLES A NOTRE SANTÉ

par André FOURNIER

*La nourriture de chaque jour ne doit pas seulement apporter à notre organisme un certain nombre de calories (1), mais aussi, en quantité et en qualité, les éléments indispensables pour compenser l'usure de nos organes, édifier ou reconstituer nos tissus. Elle doit, en particulier, nous procurer de l'azote sous forme d'acides aminés (2), ainsi que les vitamines nécessaires à leur assimilation (3). En outre, de nombreux éléments minéraux jouent un rôle complexe et capital dans la formation de nos organes et dans toutes les actions physiologiques. Pour la plupart d'entre eux, des doses infimes suffisent et, quel que soit notre régime, ils ne risquent pas de nous faire défaut. Il n'en est pas de même pour le phosphore et surtout pour le calcium qui donne à notre squelette sa rigidité et que l'organisme humain réclame en grandes quantités à certains stades de son développement (enfance, grossesse, allaitement...). Les troubles de déminéralisation, déjà fréquents dans les périodes d'abondance au point qu'ils semblaient être un des maux inséparables de notre civilisation, sont encore plus à craindre en période de restrictions où le déséquilibre du régime alimentaire qui les engendre risque de s'aggraver.*

## Les aliments minéraux

L'ORGANISME de l'homme contient de nombreuses substances minérales. Certaines y entrent en proportion élevée ou notable, tels le chlore, le soufre, le phosphore, le potassium, le sodium, le calcium, le magnésium, le fer; d'autres ne s'y trouvent qu'à dose infime, tels le brome, le fluor, l'iode, l'arsenic, le cuivre, le manganèse, le nickel, le cobalt, le zinc. Tous ces éléments, et d'autres encore, sont indispensables à la croissance comme à l'entretien. Ils s'éliminent journellement; il faut donc les absorber au même titre que les protides, les lipides et les glucides (4), et ils doivent être considérés comme de véritables aliments.

(1) Voir « Comment ne pas maigrir en mangeant peu », dans *La Science et la Vie*, n° 278, octobre 1940.

(2) Voir « Une solution au problème de la viande : l'alimentation végétale rationnelle », dans *La Science et la Vie*, n° 282, février 1941.

(3) Voir « Comment trouver, malgré les restrictions, notre ration de vitamines », dans *La Science et la Vie*, n° 280, décembre 1940.

(4) Que l'on désignait autrefois sous les noms

Leur rôle dans l'organisme est, pour la plupart, extrêmement complexe. Les substances minérales jouent un rôle plastique dans l'édification ou la réparation des tissus; elles conditionnent le maintien de l'équilibre acido-basique du sang et de la concentration moléculaire des humeurs et des cellules et, par suite, de la pression osmotique qui règle les échanges à travers les parois cellulaires; elles jouent un rôle de catalyseurs dans les oxydations et les réductions, dans les actions diastasiques. Elles interviennent en somme dans toutes les actions physiologiques.

C'est ainsi que le chlorure de sodium règle la tension osmotique des humeurs. Vient-il à manquer, non seulement l'appétit tombe, mais il survient de graves lésions osseuses. Le soufre agit à la fois comme antiseptique, comme éliminateur, par ses fonctions diurétique et oxydante, comme facteur de croissance par l'intermédiaire d'amino-acides sulfurés (cystéine et glutathion), dans le développement de matières azotées, matières grasses, hydrocarbures (sucres et féculents).

ment et l'entretien des ongles et des poils par l'intermédiaire d'un autre amino-acide sulfuré, la cystine... Le manganèse, qui entre dans l'organisme à dose très faible, paraît être l'élément actif des oxydases et, par son action excito-sécrétoire sur l'hypophyse, agit sur la lactation.

Même pour les substances minérales entrant à dose infime dans la composition de l'organisme, la preuve expérimentale de leur nécessité a été faite.

Ce qui enlève toutefois beaucoup d'intérêt pratique à cette étude, c'est que, dans les conditions habituelles, les aliments renferment des quantités suffisantes de toutes les substances minérales indispensables à la vie, à l'exception du chlorure de sodium d'une part, du phosphore et du calcium de l'autre.

La facilité des transports ôte toute acuité au problème du sel; nous ne sommes plus à l'époque où l'on « offrait le pain et le sel ». Le seul problème d'actualité est le choix convenable des aliments qui apporteront à l'organisme le phosphore et le calcium.

### La répartition et le rôle du phosphore et du calcium

Le phosphore se rencontre sous forme minérale, phosphates de calcium, de magnésium, de potassium, de sodium, dans le sang; sous les mêmes formes, et en plus sous la forme du phosphate ammoniaco-magnésien, dans l'urine. Sous sa forme organique, il se rencontre dans presque tous les tissus, phosphore protidique (paranucléine...), phosphore lipidique. glycéro-phospho-aminolipides ou lécithines), phosphore glucidique. Le calcium se trouve surtout dans les os, dans les noyaux cellulaires et dans la substance grise du cerveau.

Leur rôle est très complexe et explique la variété des symptômes des maladies qui tiennent à leur déficience.

Les phosphates (avec les carbonates) règlent l'équilibre acido-basique du sang.

Sous l'influence de la phosphatase sanguine, les esters phospho-calciques solubles apportés à l'os par le sang se dédoublent en divers produits, dont le phosphate tricalcique insoluble qui, en

ALIMENTS		PHOSPHORE	CALCIUM	RAPPORT CALCIUM/ PHOSPHORE
Viandes	Bœuf.....	2,20	0,1	0,04
	Mouton.....	0,92	0,07	0,07
	Volaille.....	1,37	0,07	0,05
	Foie de bœuf.....	5,50	0,08	0,01
	Foie de porc.....	4,50	0,06	0,01
	Cerveau de bœuf.....	3,60	0,06	0,02
	Sang.....	0,27	0,08	0,30
	Moyenne des viandes.....	2,15	0,11	0,05
Poissons	Morue fraîche.....	1,90	0,1	0,05
	Raie.....	2,40	0,2	0,08
	Truite.....	2,67	0,3	0,11
	Hareng.....	2,80	0,7	0,25
	Saumon.....	2,20	0,7	0,32
	Sole.....	2,60	1,2	0,46
	Anguille.....	1,70	1	0,59
	Sardines à l'huile.....	6,83	4,09	0,60
Caviar.....	1,76	1,37	0,78	
Œufs	Œuf.....	2,00	0,55	0,27
	Jaune d'œuf.....	5,24	1,40	0,27
	Blanc d'œuf.....	0,12	0,14	1,16
Laitages	Lait de brebis.....	1,35	2,30	1,70
	Lait de vache.....	0,90	1,25	1,39
	Lait de chèvre.....	0,95	1,50	1,58
	Lait de femme.....	0,19	0,30	1,58
	Gruyère (fromage à pâte dure).....	6,00	9,00	1,50
	Camembert (fromage à pâte molle).....	1,75	1,10	0,63

TABLEAU I. — TENEUR EN PHOSPHORE ET EN CALCIUM DES PRINCIPAUX ALIMENTS ANIMAUX

La teneur est donnée en grammes par kilogramme. Les viandes ont une teneur très élevée en phosphore, très faible en calcium; d'où la faiblesse extrême du rapport calcium/phosphore qui en fait les aliments les plus déséquilibrés qui soient quant à l'assimilation de ces deux éléments. Les poissons ont une teneur à peu près constante en phosphore et une teneur très variable en calcium suivant l'espèce; d'où une grande irrégularité du rapport calcium/phosphore qui varie entre 0,05 pour la morue fraîche et 0,59 pour l'anche

guille. Les chiffres donnés pour les sardines à l'huile s'expliquent par la concentration due à la cuisson. On notera les grandes différences dans la teneur en phosphore et en calcium des divers laits (le lait de femme contient sept fois moins de phosphore et six fois moins de calcium que le lait de brebis) et néanmoins la constance approchée du rapport calcium/phosphore qui s'écarte peu de 1,6 (extrêmes chez les animaux domestiques : 1,39 pour la vache, 1,82 pour la jument). Noter également la grande différence entre les fromages à pâte dure et les fromages à pâte molle.

TABLEAU II. — TENEUR EN PHOSPHORE ET EN CALCIUM DES PRINCIPAUX ALIMENTS VÉGÉTAUX

Les céréales et leurs dérivés sont des aliments très riches en phosphore et très déséquilibrés, ce qui explique le rachitisme des enfants dans l'alimentation desquels ces produits entrent en quantité trop grande. Le rapport calcium/phosphore varie beaucoup suivant l'espèce; il est très mauvais pour le millet, moins mauvais pour l'avoine. Il s'améliore dans le pain par suite de l'élimination d'une grande partie du phosphore (près des 2/3 dans le pain blanc); le chiffre donné pour le pain complet s'entend d'une farine à 94 % d'extraction dégerbée. Le chiffre des pâtes s'expliquait (en temps de paix) par l'emploi d'une farine très blanche. Les légumes frais sont des aliments pauvres en phosphore et, en général, très riches en calcium.

	ALIMENTS	PHOSPHORE	CALCIUM	RAPPORT CALCIUM/PHOSPHORE
Céréales et dérivés	Millet.....	3,27	0,14	0,04
	Mais.....	2,80	0,25	0,09
	Riz (poli).....	0,80	0,08	0,10
	Blé.....	3,00	0,45	0,15
	Avoine.....	3,60	0,90	0,25
	Pain blanc.....	0,93	0,27	0,29
	Pain complet.....	1,80	0,60	0,33
	Pâtes alimentaires.....	1,44	0,22	0,15
Légumes frais	Pommes de terre.....	0,60	0,15	0,25
	Petits pois.....	1,20	0,30	0,25
	Laitue.....	0,40	0,30	0,75
	Betterave.....	0,40	0,32	0,80
	Carotte.....	0,30	0,50	1,66
	Pissenlit.....	0,60	1,05	1,75
	Chou.....	0,32	0,60	1,88
	Chou-fleur.....	0,60	1,20	2,00
	Bette (carde).....	0,40	1,50	3,75
Cresson.....	0,50	2,00	4,00	
Légumes secs	Pois cassés.....	3,00	0,33	0,11
	Lentille.....	3,00	0,50	0,17
	Haricot.....	4,00	1,40	0,35
	Soja.....	5,80	2,86	0,49
Fruits frais	Banane.....	0,30	0,07	0,23
	Pêche.....	0,20	0,06	0,30
	Pomme.....	0,10	0,04	0,40
	Raisin.....	0,19	0,10	0,53
	Abricot.....	0,23	0,15	0,65
	Cerise.....	0,20	0,20	1,00
	Poire.....	0,09	0,09	1,00
	Datte.....	0,60	0,65	1,08
	Fraise.....	0,25	0,30	1,20
	Orange.....	0,22	0,43	1,96
	Ananas.....	0,05	0,15	3,00
Figue sèche.....	0,91	2,80	3,06	
Pastèque.....	0,03	0,11	3,66	
Fruits à amandes	Noix.....	5,00	0,75	0,15
	Amande.....	4,50	2,40	0,54
	Noisette.....	3,00	2,00	0,66

La pomme de terre fait exception; elle ne peut corriger les défauts de l'alimentation à la viande ou aux céréales. Le rapport calcium/phosphore est très variable suivant les légumes considérés; il atteint une valeur très élevée pour le chou, le chou-fleur, le cresson qui sont le type des aliments « reminéralisateurs ». Les légumes secs prêtent aux mêmes observations que les céréales, à l'exception du soja, dont on notera une fois de plus les qualités particulières. Les fruits frais sont beaucoup plus pauvres encore en phosphore que les légumes verts; des fruits comme la poire, l'ananas, la pastèque contiennent 40 à 100 fois moins de phosphore que les céréales. Mais leur teneur en calcium est très variable et, pour certains, très faible. Aussi leur valeur correctrice d'une alimentation déséquilibrée dépend-elle beaucoup du fruit envisagé. On a ajouté à la liste des fruits frais la figue sèche, dont le rapport du calcium au phosphore est très élevé et dont la teneur en chacun de ces deux éléments a été accrue par la dessiccation. Les fruits à amandes, sans atteindre la valeur correctrice de certains fruits frais, sont nettement moins déséquilibrés que les légumes secs et les céréales. Les teneurs indiquées par le tableau sont en grammes par kilogramme.

se précipitant, détermine l'ossification. D'où les effets les plus connus de la carence en phosphore et en calcium : décalcification, rachitisme, carie dentaire.

Le phosphore intervient dans la contraction musculaire par au moins deux de ses composés : acide créatine-phosphorique ou phosphagène, acide adényl-phosphorique.

Le calcium est indispensable à la coagulation du sang et du lait; il est indispensable à la production des battements cardiaques (avec, comme antago-

niste, le potassium); il modère l'excitabilité nerveuse. C'est son rôle dans la coagulation du sang qui explique la difficulté de guérison des blessures les plus insignifiantes (piqûres de moustiques, écorchures...) dans certains cas de déminéralisation.

### Le problème quantitatif

Bien que ce ne soit pas ainsi que se pose le plus souvent le problème du phosphore et du calcium dans l'alimentation, il est évident que la première condition

à remplir est de fournir ces éléments en quantité voulue pour l'entretien, et éventuellement la croissance, la gestation, la production du lait.

Le besoin de substances minérales pour l'entretien est encore assez mal connu, ce qui tient vraisemblablement, comme dans le cas des protides, à l'adaptation de l'individu à la restriction. Évalué en calcium, il est estimé, par les uns à 0,40 g, par les autres, à 1,5 g par jour.

Les autres besoins sont de détermination plus aisément mesurable : le fœtus humain en fixe 0,5 g par jour dans les derniers temps de la grossesse; le nourrisson en emprunte au lait 0,3 g par jour vers le troisième mois. Au maximum de sa croissance l'enfant en fixe plus de 1 g par jour. On s'explique ainsi la fréquence des accidents de décalcification (carie dentaire, par exemple) au cours de la grossesse, de l'allaitement, de l'enfance.

L'erreur commise en évaluant les besoins de phosphore d'après les éliminations moyennes serait encore plus grossière que pour le calcium; nous verrons en effet que, dans le régime alimentaire des peuples civilisés, l'ingestion de phosphore est presque toujours surabondante. Constater que l'homme nourri de viande, de pommes de terre, de légumes secs, d'œufs et de laitage élimine par jour 2 g de phosphore ne donne aucune indication sur ses besoins réels; il faut bien qu'il élimine ces 2 g pour la seule raison qu'il les absorbe. S'il se nourrissait de riz (poli), de dattes, de raisin, il ne pourrait éliminer que les 0,5 g à 0,6 g qu'il absorberait. Aussi est-il beaucoup plus exact d'admettre que le rapport convenable entre calcium et phosphore est de l'ordre de 1,5, et que les chiffres du phosphore dans les divers cas d'entretien, croissance... sont ceux du calcium réduits d'un tiers.

Si l'on se reporte aux tableaux I et II donnant la teneur des principaux aliments en phosphore et en calcium, on voit que le risque de carence quantitative est fréquent, aussi bien dans l'alimentation des classes aisées que dans celle des classes pauvres.

Le risque de carence en phosphore est pratiquement inexistant. Tous les aliments, ceux des classes pauvres comme ceux des classes riches, ont généralement une teneur en phosphore très supérieure à leur teneur en chaux. Or les besoins en

chaux sont plus élevés que les besoins en phosphore. C'est donc la carence en calcium qui apparaîtra la première. D'autre part, les aliments de consommation la plus fréquente sont effectivement très riches en phosphore; c'est le cas des céréales, des légumes secs, de la viande et du poisson, des laitages; on ne risque donc pas pratiquement de carence phosphorée. Elle ne peut donc venir que d'une alimentation exclusive à base de fruits, et encore de certains fruits, pommes, poires, ananas (voir tableau II). Le « fructarien » trouve d'ailleurs le correctif dans son régime même; les fruits secs gras (noix, amande, noisette...) sont très riches en phosphore.

La carence en calcium de la ration des classes pauvres tient à la part excessive des céréales et (avant la guerre tout au moins) de la pomme de terre, qui est l'un des rares légumes à ne pouvoir corriger les céréales à ce point de vue. C'est ainsi qu'en France une ration composée de 750 g de pain blanc, 500 g de pommes de terre plus quelques autres éléments à teneur minérale nulle (corps gras, sucre...) apporte aisément 3 000 calories (le pain et les pommes de terre y figurent déjà pour 2 400 calories); c'est donc une ration suffisante, du point de vue énergétique, pour la plupart des travailleurs; c'est même une ration de suralimentation pour ceux qui se livrent à un travail manuel faible ou nul, pour les enfants... Or, elle ne contient que 0,28 g de calcium, ce qui est déjà certainement insuffisant pour la moyenne des adultes. Pour la femme qui allaite, pour l'enfant en cours de croissance, l'insuffisance devient énorme; la décalcification ou le rachitisme sont obligatoires. Que dire alors des pays où la population pauvre est au régime presque exclusif du riz, du maïs, de l'orge, du millet, et où la teneur en calcium de la ration de strict entretien du point de vue énergétique peut tomber au quart ou au dixième de ce qui est nécessaire?

Dans les classes aisées, l'écueil est l'excès de viande. La viande est absolument incapable de corriger l'insuffisance en calcium des céréales et de la pomme de terre. Sa teneur moyenne en cet élément est encore inférieure à celle de ces derniers aliments, qu'on la rapporte à l'unité de poids ou à l'unité d'énergie. Aussi le régime dont la base est le pain blanc, les pommes de terre, la viande, accompagnée

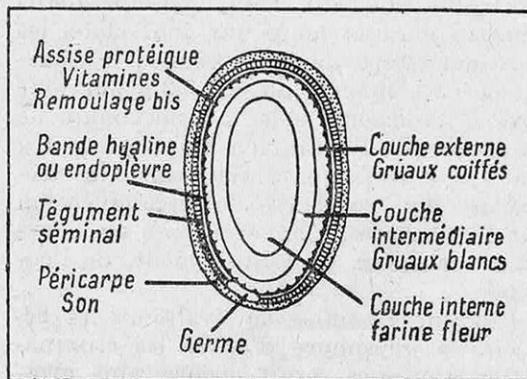
de corps gras (serait-ce du beurre) et de sucre, qui était le régime favori de notre classe aisée, est-il aussi mal adapté que celui des classes pauvres aux besoins de l'organisme. Chez l'enfant, ou chez la femme en cas de besoins supplémentaires, la décalcification sévit avec la même intensité que dans les classes pauvres.

Ce qui sauve, de temps à autre, les unes et les autres, ce sont les aliments que l'on considère comme accessoires, la salade, le doigt de lait dans le « café-

vre en calcium, dont il ne contient que 0,45 g au kilogramme. Or, on s'ingénie par tous les moyens à réduire encore cette teneur; on enlève un son qui contient 1,2 g de calcium au kilogramme pour conserver une farine extra-blanche qui n'en contient que 0,20 g. La fabrication d'un pain voisin du pain complet est donc un gros progrès sur le pain extra-blanc. C'est le recours au pain noir qui, dans des pays comme l'U.R.S.S., sauve une grande partie de la population

FIG. 1. — LA STRUCTURE DU GRAIN DE BLÉ

Le grain de blé est formé de couches très différenciées dont les procédés de meunerie modernes permettent d'extraire les produits de composition la plus variée en substances énergétiques et en éléments minéraux. La plupart des protéides, éléments minéraux et vitamines occupent les couches périphériques, ce qui explique l'intérêt général des farines à fort taux d'extraction. La farine blanche (à 60 % d'extraction), les pâtes alimentaires en farine blanche (en réalité grisâtre) de blé dur, le pain blanc ont une teneur en éléments minéraux de l'ordre de la moitié de celle du grain entier. Le gluten, localisé dans l'assise protéique très adhérente aux téguments de la graine est le produit de luxe extrait du blé; il est beaucoup plus riche en calcium que le blé et « a fortiori » les farines blanches, et beaucoup plus pauvre en phosphore; le rapport calcium/phosphore s'y élève à 0,39; d'autre part, les deux albumines qu'il renferme, gluténine et gliadine, sont riches en acides aminés indispensables (tryptophane, lysine, histidine, cystine...); enfin son rôle est essentiel dans la panification. Le son, auquel le gluten reste fréquemment adhérent, participe de ses qualités, mais a l'inconvénient d'y ajouter l'indigestibilité de la cellulose qu'il renferme. Le germe est utilisé dans certains produits spéciaux après avoir été débarrassé de sa matière grasse qui rancit rapidement; il est encore plus riche que le gluten en calcium (1 g au kg au lieu de 0,78 g), mais sa richesse exceptionnelle en phosphore (10 g au kg au lieu de 2 g pour le gluten) en fait un produit très déséquilibré.



crème » (le lait, même écrémé, a heureusement une teneur en calcium supérieure à la crème), et surtout le fromage. Mais combien suppriment le lait parce qu'ils ont peur d'engraisser, la salade ou le fromage parce qu'ils ont entendu blâmer l'usage des crudités ou des produits fermentés ?

A l'heure actuelle, la question se pose de façon beaucoup plus aiguë encore : on n'a plus la ressource de la suralimentation qui permettait, en doublant la quantité d'aliments ingérés, de doubler le poids de calcium que l'on absorbait avec eux. Le lait est réservé à certaines catégories de consommateurs; la ration de fromage est insignifiante.

Heureusement, cette situation particulièrement grave s'est vue corrigée plus ou moins volontairement.

La première mesure correctrice est l'élévation de la teneur du pain en aliments minéraux par relèvement du taux d'extraction. Le blé est déjà un aliment pau-

réduit à une nourriture à base presque exclusive de céréales. On a aujourd'hui la liberté d'apprécier la valeur de certaines mesures d'avant-guerre qui, pour faire observer une récolte excédentaire, imposaient un taux d'extraction des farines anormalement bas; c'était un simple transfert de calcium du squelette de la femme française à celui de la vache française; l'agriculteur et le dentiste y trouvaient également leur avantage.

Un deuxième événement, où il n'y a pas lieu de penser qu'il y ait eu préméditation, est le tonnage anormalement bas de notre récolte de pommes de terre, qui nous oblige à nous rejeter sur des légumes beaucoup moins appréciés, mais très supérieurs à la pomme de terre du point de vue que nous examinons. La pomme de terre (voir tableau II) est un des rares légumes qui ne peuvent corriger l'insuffisance en calcium d'une alimentation dont la base principale est le pain et la viande. Or, ce sont précisé-

ment les légumes peu appréciés, réservés à la nourriture du bétail, qui contiennent beaucoup de calcium. Là où la pomme de terre n'en renferme que 0,15 g au kilogramme, la carotte en contient 0,50 g, le navet 0,62 g, le rutabaga 0,65 g, le chou-rave 1,46 g, dix fois plus que la pomme de terre, si l'on raisonne à poids égal, bien plus encore si l'on raisonne à valeur nutritive égale. Mais il est une classe de légumes souvent encore plus méprisée, qui est une source de calcium plus intéressante encore : ce sont certains légumes à feuilles vertes. Les salades usuelles (laitue, chicorée...), les épinards ont une teneur en calcium très intéressante si on la compare à leur valeur nutritive, mais elle ne dépasse pas 0,65 g au kilogramme; elle est d'ailleurs souvent très inférieure. Pour d'autres, au contraire, la teneur en calcium atteint des chiffres très supérieurs : 1,12 g au kilogramme pour le pourpier, 1,50 g au kilogramme pour la bette cardé (1), 2 g au kilogramme pour le cresson.

Privé de son plat favori, le Français est aujourd'hui obligé de faire appel aux aliments qu'il dédaignait et qui sont précisément ceux que l'étude scientifique du problème désigne comme les correcteurs par excellence de l'alimentation à base de céréales et de viande. Le prisonnier français nourri avec une soupe épaisse composée de ces légumes méprisés souvent accompagnés de leurs feuilles, s'étonne que dans un pays comme l'Allemagne, où la production de pommes de terre dépasse deux kilogrammes par homme et par jour, on ne puisse pas réserver les rutabagas et les betteraves au bétail et les pommes de terre à l'homme. La répartition est préméditée, mais pas en vue de la souffrance du prisonnier. La vache peut accepter la pomme de terre, parce qu'elle dispose de cet aliment de luxe qu'est l'herbe; l'homme, dont le tube digestif n'assimile pas l'herbe, est contraint de manger la betterave et ses feuilles. Ainsi, avec le mélange systématique de légumes divers qu'exige la bonne utilisation des aliments azotés d'origine végétale, la soupe de légumes convenablement choisis est l'aliment complet le plus économique, celui qui permet de nourrir

sans carences d'aucune sorte 40 hommes à l'hectare.

Ces deux correctifs de l'insuffisance de la ration en calcium, le pain noir et les légumes dédaignés, paraîtront certainement sévères à ceux qui peuvent échapper aux restrictions ou qui, la crise alimentaire terminée, se gaveront à nouveau de pain blanc, de pommes de terre frites, de viandes et de sucreries. N'y aurait-il pas, pour eux, des correctifs plus agréables?

Le premier, et l'un des plus puissants, est l'utilisation des laitages qui a, en outre, l'avantage énorme d'apporter simultanément les acides aminés indispensables à l'organisme. C'est la justification théorique du plus raisonnable des régimes naturistes, le régime végétarien (1), où les aliments d'origine végétale sont complétés par certains autres tirés du règne animal (œufs, laitages, miel), en excluant seulement toute nourriture qui a vécu de la vie animale (viande de boucherie, gibier, poissons, mollusques...). Si, du point de vue apport en acides aminés, la distinction ainsi faite n'a pas grande importance, il en est tout autrement du point de vue apport en calcium. Un kilogramme de pâté de foie ou de viande grasse a même valeur énergétique qu'un kilogramme de gruyère. Mais celui-là ne contient que la quantité infime de 5 centigrammes de calcium; celui-ci la quantité énorme de 9 grammes, presque deux cents fois plus. On saisit aisément la puissance d'un tel moyen de correction d'un régime déficient.

Les chiffres de l'exemple précédent sont des chiffres extrêmes parce que le pâté de foie ou la viande grasse ont une teneur en calcium à peu près moitié de celle de la moyenne des viandes, et que le gruyère, fromage à pâte ferme, est l'un des produits tirés du lait les plus riches qui soient en calcium. Mais la différence reste encore énorme entre les aliments moyens des deux catégories. A valeur énergétique égale, le lait de vache est trente-cinq fois plus riche en calcium que la moyenne des viandes, dix-huit fois plus riche que la pomme de terre. Si l'on veut tirer le maximum de l'apport de calcium par les laitages, quelques distinctions d'ailleurs sont à faire : supé-

(1) Ce légume, dont on a coutume de manger les côtes en rejetant la feuille, est très voisin de la betterave (*beta vulgaris* L.); la feuille, parfaitement comestible, a une saveur voisine de l'épinard.

(1) Voir « Une solution au problème de la viande, l'alimentation végétale rationnelle », dans *La Science et la Vie*, n° 282, février 1941.

rité de certains laits, et des fromages correspondants (le lait de brebis contient près de deux fois plus de calcium que le lait de vache), supériorité considérable des fromages à pâte ferme sur les fromages à pâte molle, supériorité du fromage (à pâte dure) sur le lait entier (à valeur énergétique égale).

Pour ceux qui ne « supportent » pas le lait ou le fromage, et surtout pour ceux qui en manquent, la seule ressource sera l'utilisation raisonnée des légumes.

### Le problème culinaire

Il sera d'abord indispensable de conserver le calcium qu'ils apportent au lieu de le rejeter avec les eaux de cuisson. Le tableau III donne, d'après M<sup>me</sup> Lucie Randoin (1), les taux de perte moyens dans la cuisson à l'eau des légumes, qui varient de 0 à 30 % pour le calcium. Si on vise simplement à conserver le maximum d'éléments minéraux, on a le choix entre la cuisson avec très peu d'eau, la cuisson à la vapeur, la cuisson sans eau, l'absorption des eaux de cuisson et, plus simplement encore, la consommation des légumes crus.

La cuisson avec très peu d'eau, en récipient clos, n'a guère que l'inconvénient du changement de teinte de certains légumes non immergés (haricots verts, artichauts...).

La cuisson à la vapeur est un perfectionnement de ce procédé dont il faut d'ailleurs se méfier si l'on ne veut pas aboutir au résultat exactement inverse de celui que l'on cherche. L'effet obtenu dépend à la fois de la conception de l'ustensile de cuisson et de la conduite du feu. Avec certains appareils, à grand feu et longue durée de cuisson, on réalise un

ALIMENTS	Substances énergétiques		Substances minérales	
	Protides	Glucides	Phosphore	Calcium
Pommes de terre.....	4 %	7 %	10 %	20 %
— non épluchées.....		Pertes à peu près nulles.		
Racines (carottes, navets...)	20 —	30 —	20 —	20 —
Choux.....	25 —	75 —	30 —	25 —
Choux-Fleurs.....	25 —	40 —	?	?
Haricots verts.....	30 —	70 —	60 —	20 —
Petit pois.....	14 —	17 —	20 —	12 —
Labiées (poireaux, oignons)	20 —	50 —	40 —	30 —
Polygonées (épinards, oseille).....	15 —	60 —	20 —	0 —
Salades.....	25 —	60 —	30 —	20 —

TABLEAU III. — PERTES A LA CUISSON DES LÉGUMES

*Le taux des pertes de substances énergétiques et de substances minérales dépend évidemment en premier lieu du volume d'eau dans lequel on fait bouillir l'aliment; il dépend en outre du temps de cuisson; enfin la nature de l'aliment est au moins aussi importante. Le tableau ci-dessus donne une valeur moyenne de ces pertes dans les conditions habituelles des préparations culinaires, mais les chiffres donnés peuvent s'écarter considérablement des chiffres réels dans les conditions particulières de la préparation. On notera l'effet protecteur de la pelure de pomme de terre, la diversité des taux de perte, suivant qu'il s'agit du phosphore ou du calcium, la résistance particulière à la dilution du calcium des épinards, malgré l'emploi général d'un poids de cuisson très supérieur au poids de légumes à cuire. Accessoirement, on notera la perte énorme en substances énergétiques, notamment pour le chou, les haricots verts.*

lessivage méthodique du légume en substances énergétiques et minérales. L'eau de condensation, retombant sur le légume, lui enlève ces éléments qu'elle entraîne dans la réserve d'eau du récipient.

La cuisson sans eau est à recommander toutes les fois qu'elle est possible. Il n'est pas du tout nécessaire, pour faire des pommes de terre sautées ou des carottes à la Vichy, de cuire le légume à l'eau pour le passer ensuite dans un corps gras. La cuisson directe, après addition du corps gras, est plus rapide et donne un plat plus savoureux qui conserve évidemment la totalité des substances énergétiques et minérales. Mais dans cette méthode comme dans les précédentes (cuisson à la vapeur, cuisson avec très peu d'eau), il faut se méfier de la destruction des vitamines, encore plus sensibles en général à l'oxydation qu'à la chaleur.

A cet égard, l'absorption des eaux de cuisson, c'est-à-dire la consommation du légume sous forme de potage ou de soupe, reste le meilleur procédé.

Il en est un autre encore plus simple et plus parfait, car il ne risque même pas les pertes de vitamines par la chaleur. C'est la consommation du légume cru, mise en honneur par cette variété de naturalistes que sont les « crudistes » et qui s'étend de plus en plus. Le procédé ne s'appliquait guère il y a cin-

(1) « Vues actuelles sur le problème de l'alimentation » (Hermann et C<sup>ie</sup>).

quante ans qu'à la salade et aux radis, tout au moins en cuisine française classique, c'est-à-dire à la mode de Paris. Car le Provençal ne se gênait guère pour consommer crus ses oignons, ses tomates, ses artichauts ou ses fèves. Aujourd'hui, la mode des hors-d'œuvre crus s'étend aux légumes les plus variés, chou, céleri-rave et céleri en branches. Et nous ne désespérons pas de voir s'implanter bientôt dans nos grandes villes les méthodes culinaires de ces indigènes algériens qui, en période de sous-production d'orge et de surproduction de primeurs, font leur déjeuner d'une botte de carottes, assis sur une pierre, sans se douter qu'ils ont trouvé ainsi le reminéralisant parfait dont ils ont bien besoin.

En sens inverse, toujours en vue de conserver le maximum de substances minérales, il est d'autres pratiques culinaires à proscrire. Telles sont le blanchiment et la cuisson à plusieurs eaux.

Le blanchiment, c'est-à-dire une courte ébullition dans une première eau avant cuisson, a pour but d'éliminer l'acreté de certains légumes ou d'en faciliter la digestion (choux, choux-fleurs...). Il accroît évidemment la perte de substances minérales, comme de substances énergétiques. La cuisson à plusieurs eaux, qui relève de certaines pratiques naturalistes (1), a un effet beaucoup plus puissant encore; appliquée sans discernement, elle parviendrait à épuiser presque complètement certains légumes en éléments énergétiques et minéraux, comme en vitamines. Sans vouloir discuter son bien-fondé, notons qu'elle est à éviter lorsqu'on se propose seulement, comme nous le faisons ici, de réduire au minimum la quantité de légumes à ingérer pour corriger l'insuffisance de la ration en calcium.

### L'importance du rapport calcium/phosphore

La notion d'équilibre alimentaire est une des plus importantes de celles qui ont été introduites au cours des vingt dernières années dans la science de l'alimentation. Pour éviter les troubles de minéralisation, il ne suffit pas de fournir du phosphore et du calcium séparément en excès. Ce n'est ni la quantité

absolue de phosphore ingéré, ni la quantité absolue de calcium ingéré qui importent, c'est un équilibre convenable entre le phosphore et le calcium de la ration alimentaire, sous réserve de l'effet de la vitamine D qui est examiné ci-après.

Cette notion d'équilibre, introduite précisément à propos du phosphore et du calcium, a été depuis étendue à presque tous les constituants de la ration. On peut se passer presque complètement de vitamines B, à condition de supprimer simultanément les glucides en fournissant l'énergie sous forme de lipides ou de protides.

Mais c'est surtout dans le cas du phosphore et du calcium qu'elle prend de l'importance pratique en raison du déséquilibre général et accentué, dans le sens de l'insuffisance en calcium, de la plupart des rations alimentaires (1).

C'est elle qui explique qu'on obtienne d'excellents résultats dans l'alimentation du nourrisson avec des laits aussi différents que le lait de femme, de vache, de chèvre... La teneur du lait de femme en phosphore et en calcium est très basse (voir tableau I); le lait de femme con-

(1) La nécessité de cet équilibre a été parfaitement mise en évidence depuis 1921 par l'étude du rachitisme expérimental. L'animal de choix est le rat blanc en voie de croissance laissé à l'obscurité. Il est alimenté avec un régime « rachitigène » où le rapport du calcium au phosphore est très éloigné de la normale, soit dans le sens de l'excès de phosphore, soit dans le sens de l'excès de calcium. L'élément essentiel pour obtenir l'excès de phosphore dans le plus employé des régimes, celui dit « régime 85 de Pappenheimer », est tout simplement la farine de blé du commerce; c'est donc un régime très voisin des régimes avec excès de pain. On obtient alors sur l'animal un rachitisme expérimental dont les signes cliniques, biologiques, radiologiques et histologiques sont très voisins de ceux du rachitisme humain. Dès le sixième jour, on observe sur le rat une consistance cotonneuse de l'appendice caudal, témoignant de la mollesse du squelette; au dixième apparaissent les arthropathies qui acquièrent toute leur intensité vers le vingt-cinquième et s'accompagnent de signes analogues à ceux du rachitisme humain, aplatissement du sternum, nouures, déformation des os longs, tendance aux fractures spontanées; les signes généraux sont l'anémie, l'aspect misérable, le poil terne et hérissé; la croissance s'effectue normalement. Les modifications d'ordre biologique les plus importantes sont l'hypophosphatémie, le taux du phosphore dans le sang baissant de 50 %, sans changement du taux du calcium, puis, à la longue, une diminution du taux de phosphore et de calcium des tissus. L'examen radiologique montre l'arrêt général de l'ossification et des taches de décalcification. L'examen histologique montre des lésions dominantes sur le cartilage d'ossification. Le rachitisme expérimental guérit spontanément par le retour au régime équilibré.

(1) Le docteur Carton la recommande par exemple « dans les années sèches ou de grande activité des taches solaires » à tous les « surminéralisés » et même aux bien portants, précisément pour réduire la teneur des aliments en principes minéraux.

tient quatre fois moins de calcium que le lait de vache, presque huit fois moins que le lait de brebis. Mais le rapport calcium/phosphore reste à peu près le même pour tous les laits, 1,58 pour le lait de femme, 1,39 pour le lait de vache, 1,70 pour le lait de brebis. L'expérience sur le nourrisson vérifie que malgré ces teneurs extrêmement différentes et grâce à la constance approchée, voisine de l'optimum du rapport calcium/phosphore, la carence minérale dans l'alimentation lactée n'est pas à craindre.

Cette même notion explique de même la fréquence du rachitisme chez le nourrisson alimenté au sein lorsque l'insuffisance de la lactation oblige à des additions alimentaires mal composées. Si le lait de vache contient, en gros, quatre fois plus d'éléments minéraux que le lait de femme, l'addition d'une même quantité de farine de blé à une même quantité de lait produira un déséquilibre quatre fois plus grand dans le cas du lait de femme que dans le cas du lait de vache.

Comment faire pour corriger le déséquilibre entre phosphore et calcium? Comme le déséquilibre est presque toujours dans le sens de l'insuffisance en calcium, on l'atténuera par l'addition à la ration d'aliments riches en calcium; on est ramené à l'ensemble des correctifs exposés dans le paragraphe précédent, où il s'agissait uniquement de relever la quantité absolue du calcium contenu dans la ration. Mais il n'en faut pas moins observer que la différence a des conséquences pratiques. L'addition d'un aliment très déséquilibré à une ration déjà déséquilibrée et ne contenant que juste la quantité de calcium nécessaire a pour effet d'empêcher l'assimilation de ce calcium, bien qu'elle relève la quantité totale absorbée.

### Le rôle de la vitamine D

La vitamine D est une vitamine liposoluble (1) qui se rencontre beaucoup plus rarement que les autres. C'est ainsi qu'elle est absente dans les légumes et

(1) Soluble dans les graisses.

les fruits (sauf dans le beurre de cacao et les produits tels que le chocolat qui en contiennent), dans les céréales dégermées, dans la plupart des viandes (à l'exception de morceaux comme le foie, le ris de veau...). Les aliments qui peuvent nous la fournir se limitent au lait d'été (vaches maintenues au pâturage) et aux laitages, au jaune d'œuf, à quelques poissons (sardine, saumon, thon). Aussi

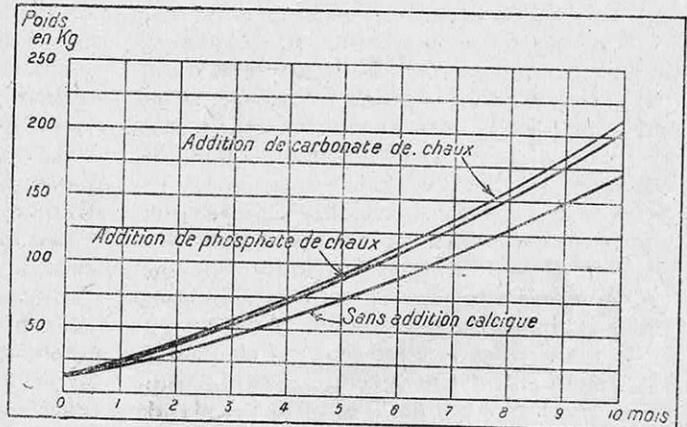


FIG. 2. — SUPPLÉANCE DU PHOSPHATE TRICALCIQUE PAR LA CRAIE DANS L'ÉLEVAGE DES ANIMAUX

La plupart des animaux d'élevage trouvent dans l'herbe (ou indirectement dans le lait) un aliment parfait pour la croissance des jeunes. Il n'y a guère de difficultés que pour le porc qui assimile mal l'herbe, et auquel on n'en donne pas le plus souvent; la composition de sa ration alimentaire doit donc être spécialement surveillée pour éviter les accidents de déminéralisation au cours de sa croissance (nécessité de lait ou de petit-lait, inconvénient des farines ou sons très déséquilibrés...). Les courbes ci-dessus, relatives à la prise de poids de porcs auxquels le complément de matières minérales a été donné sous forme de phosphate tricalcique ou de carbonate de chaux, montrent l'excellent effet d'un correctif aussi bon marché que la craie.

est-elle fréquemment déficiente dans la plupart des régimes (1).

Le rôle de la vitamine D est d'opposer son action de fixation du calcium à l'effet de déséquilibre calcium-phosphore.

L'administration de vitamine D chez l'homme convient dans toutes les affections liées à la carence phospho-calcique

(1) C'est un corps que l'on a pu isoler et dont on a pu faire la synthèse et qui est identique à l'ergostérol convenablement irradié. Ses sources sont soit végétales, soit animales. Dans certains végétaux, elle provient de la transformation des phytostérols, sous l'influence des rayons solaires; c'est en particulier la source de la vitamine D contenue dans certains poissons qui l'empruntent, directement ou par l'intermédiaire de poissons plus petits, au plancton soumis à l'irradiation solaire. Les animaux, s'ils ne l'empruntent aux végétaux, peuvent également la fabriquer dans leur organisme par l'irradiation des stérols de la peau.

(rachitisme, ostéomalacie, carie dentaire, fractures lentes à se consolider...).

Les deux sources principales de vitamine D sont les huiles de poisson et spécialement l'huile de foie de morue et les stérols irradiés.

Bien avant qu'on connût le mécanisme de l'action de la vitamine D, Trousseau avait insisté sur la valeur de l'huile de foie de morue sur le traitement du rachitisme. On notera que l'huile de foie de morue intervient ici par la vitamine D et non pas par la vitamine A qu'elle renferme également. Bien d'autres poissons partagent avec la morue cette propriété; c'est pourquoi un décret de 1940 interdit de rejeter ou de livrer à la consommation les foies de poisson. Les foies de flétan ou de thon sont même beaucoup plus riches en vitamines que les foies de morue. Le seul inconvénient de l'huile de foie de morue est l'irrégularité de sa teneur en principes actifs qui peut aisément varier dans le rapport de 1 à 10. Aussi est-il recommandé de n'employer que des huiles ayant fait l'objet d'un titrage par contrôle biologique, et, pour ceux qui n'aiment pas le goût de ce produit, d'un enrichissement en vitamine D.

Une autre source, dont l'emploi se généralise et qui est notamment appliquée dans les « bonbons vitaminés » de provenance américaine actuellement distribués aux enfants, comprend les *stérols irradiés*. Traités par les alcalis, les graisses se décomposent en glycérol et en acides gras qui s'unissent à l'alcali pour constituer un « savon ». Cette saponification porte sur la plus grande partie, mais non sur la totalité des lipides. Celle qui lui échappe, ou fraction insaponifiable, représente 1 à 5 % de son poids. L'expérience montre que c'est dans cette fraction que réside la substance, soit active, soit activable par irradiation.

Cet insaponifiable comprend lui-même des stérols variés, seuls susceptibles d'activation, et un résidu complexe inactivable. On trouve même que certains stérols très purs sont inactivables, et que seule l'est une « impureté », qui, dans le cas du cholestérol par exemple, ne représente pas le millième de son poids. On conçoit ainsi qu'au lieu d'employer de l'huile de foie de morue à la dose quotidienne d'une à deux cuillerées à bouche, on puisse absorber seulement des doses infimes de vitamine D synthétique.

Les stérols irradiés les plus employés sont le cholestérol qui, exposé aux rayons ultraviolets, devient cent fois plus actif que l'huile de foie de morue, et l'ergostérol, retiré d'abord de l'ergot de seigle, puis de la levure de bière, qui est le plus activable des stérols connus.

Ainsi, nous avons la chance de disposer actuellement d'une source parfaitement économique d'un produit capable de pallier le déséquilibre général des rations en phosphore et en calcium. Faut-il hésiter à s'en servir? C'est ce que l'on a soutenu quelquefois. Mais nous voyons aujourd'hui la France, suivant avec quelques années de retard l'exemple de l'Allemagne, procéder à des distributions systématiques de produits vitaminés à tous les enfants, quels que soient leur régime et leur état de santé.

C'est précisément dans le cas de la vitamine D que l'administration inconsidérée de doses mal connues risquait de produire les accidents les plus graves. Expérimentalement, on l'avait constaté.

En pratique, sur l'homme et l'enfant, il semble bien qu'avec des produits soigneusement préparés, il y ait une marge considérable entre les doses thérapeutiques et les doses toxiques. Les seuls accidents à retenir se rapportent à des tuberculeux traités par de fortes doses de vitamine D, méthode reconnue dangereuse et abandonnée aujourd'hui.

### L'irradiation humaine.

Dès l'instant où l'on admet la correction du rapport calcium/phosphore par l'ingestion de produits irradiés, il n'y a pas de raison de s'en tenir au cholestérol ou à l'ergostérol irradié. Pourquoi ne pas irradier le lait? On l'a fait; on a même irradié le foin de la vache, la vache elle-même, et, plus simplement encore, l'homme. Ce dernier procédé était d'ailleurs employé au traitement du rachitisme bien avant qu'on eût découvert le mécanisme de la production et de l'action de la vitamine D.

Comment agit cette irradiation? On a démontré expérimentalement que la peau laisse passer les rayons ultraviolets, et que la vitamine D apparaît dans les stérols de la peau soumis à ces rayons, d'où elle passe dans le courant sanguin. On pourrait aussi bien (on l'a fait) irradier et ingérer des morceaux de peaux de veau. Ainsi l'irradiation, dans le traitement du rachitisme et de toute affection

liée à la déminéralisation, n'agit pas directement sur la lésion elle-même, mais indirectement. On redressera des jambes « en cerceau » aussi bien en exposant la jambe elle-même au soleil qu'en y exposant le dos ou les bras.

Les deux modes pratiques d'irradiation humaine sont l'héliothérapie et l'emploi des rayons ultraviolets.

### Alimentation naturelle ou correctifs artificiels?

Que faut-il retenir de cet exposé du problème de l'alimentation minérale, bien sommaire, car il néglige les contre-indications médicales de certains correctifs (la tuberculose pulmonaire ne s'accommode pas de l'héliothérapie marine), le rôle essentiel de l'équilibre acido-basique (la calcification n'est possible que lorsque le  $pH$  du sang varie entre 7,25 et 7,35, d'où un autre critère du choix entre aliments), certains troubles de métabolisme du phosphore et du calcium (phosphaturie, mauvais fonctionnement de la parathyroïde)? D'abord la déficience générale en calcium de la plupart des régimes, et la nécessité d'un choix convenable d'aliments correcteurs; puis l'effet néfaste du déséquilibre calcium-phosphore même en cas de surabondance simultanée du calcium et du phosphore, et la nécessité d'y parer, soit par des aliments correcteurs riches en calcium, soit par l'absorption de vitamine D, soit par une actinothérapie naturelle ou artificielle; enfin, l'importance beaucoup plus grande de la question chez l'enfant que chez l'adulte.

Il est en somme peu de problèmes alimentaires dont on possède des solutions aussi variées et aussi satisfaisantes. Chacun choisira celle qui convient le mieux à ses goûts ou à ses ressources.

Ceux qui préfèrent les solutions naturelles se rejettent vers l'un des nombreux régimes qui satisfont à ces exigences, le régime lacto-végétarien s'ils le peuvent, le régime à base de crudités s'ils n'ont pas de laitages. Ils ne manqueront pas de raisons à faire valoir pour mettre en doute les solutions scientifiques que l'homme prétend avoir aujourd'hui découvertes. Le bouleversement des coutumes alimentaires ancestrales, péniblement adaptées aux ressources et au milieu, a été le plus souvent l'origine des pires erreurs. La civilisation, pour eux, c'est le scorbut, le bérubéri, la pel-

lagre... Pour ne pas sortir de la question des aliments minéraux, c'est le rachitisme et la carie dentaire introduite chez l'Islandais avec les farines de céréales par des gens bien intentionnés qui s'étonnaient de voir des hommes réduits à manger de la mousse pour équilibrer une nourriture trop carnée; c'est la tuberculose des tribus nègres nourries de millet et de soleil, dont les pagnes répugnaient aux marchands de cotonnades.

Ceux qui sont persuadés de l'inévitable supériorité des solutions scientifiques ne douteront point qu'ils ne détiennent, aujourd'hui, sur ce point, la vérité. Ils connaissent la cause des erreurs de leurs prédécesseurs, qui s'en tenaient à des vues théoriques sans vérifications expérimentales, et qui persistaient à vouloir nourrir l'homme avec des aliments parfaitement stérilisés malgré leurs échecs dans l'essai d'une telle nourriture sur l'animal de laboratoire. Les régimes scientifiques d'aujourd'hui conviennent parfaitement au rat. Leurs partisans n'ont pas grande confiance dans les préceptes de ces naturistes qui vous enseignent bien que « la salade est le meilleur des reminéralisants », mais ne distinguent pas entre la chicorée et le cresson, dont la richesse en calcium est dans le rapport de 1 à 11; qui vous recommandent les feuilles vertes, mais ignorent que l'endive contient trois fois plus de calcium que la chicorée; qui vous défendent les fruits acides, mais qui ont le tort de s'en rapporter à des sensations trompeuses et de classer dans cette rubrique le citron et la tomate, dont les biochimistes modernes font des alcalinisants puissants.

On a dit de la science qu'un peu éloigne de Dieu et beaucoup y ramène. Peut-être mettra-t-on d'accord les naturistes et les « nutritionnistes » diplômés que forme l'Amérique en affirmant de même que, si nous voulons nous écarter sans danger des coutumes traditionnelles, beaucoup de science nous est nécessaire. Rien n'est plus dangereux que la demi-science de l'intellectuel qui croit s'enrichir en phosphore en mangeant du foie ou de la cervelle, et qui ne se doute point qu'il lui faudrait, au contraire, absorber de la craie ou des feuilles de betterave.

André FOURNIER.

# LA CHASSE NOCTURNE TYPE 1941 VA-T-ELLE ENRAYER LES BOMBARDEMENTS DE NUIT ? VERS LE DESTROYER NOCTURNE

par Pierre DUBLANC

*La grande offensive de la Luftwaffe en 1940 est caractérisée par deux dates : 15 septembre, la bataille aérienne diurne de Londres; 15 novembre, l'inauguration du bombardement nocturne massif type « Coventry » (1). Au cours de l'hiver, les « Coventryisations » continuèrent impitoyablement, se perfectionnant même en avril 1941 en actions répétées du type « Plymouth », la succession de vagues d'avions rendant le repérage à l'écoute quasi impossible, et par suite la D.C.A. inefficace (2), comme la chasse de nuit illusoire. Toutefois, à partir de mars 1941, les communiqués des deux adversaires commencent à mentionner des avions abattus par les escadrilles de chasse de nuit, aussi bien dans le ciel anglais qu'au-dessus du territoire allemand. Dotée de moyens nouveaux, d'appareils spécialisés, la chasse de nuit est en pleine renaissance : elle s'est affranchie de la servitude du projecteur, elle agit particulièrement par nuit lunaire, sur un champ étendu, prolongeant sa poursuite, par delà la Manche, du ciel anglais aux territoires occupés, et du ciel de l'Allemagne du Nord au littoral anglais. Avec le raccourcissement des nuits, la chasse en secteur obscur pourra profiter des longues heures crépusculaires et rejoindre la chasse de jour. A l'ère des terribles « Coventryisations » va succéder une lutte aérienne à la fois diurne et nocturne où le « destroyer » à tourelle multiple jouera probablement un rôle prépondérant.*

**A** LA suite des vives batailles aériennes de l'été 1940 contre l'Angleterre, le bombardier nocturne est devenu, pour l'Angleterre, le danger capital. Après un mois et demi d'essais variés, la Luftwaffe allemande a adopté, à partir de la nuit du 14 au 15 novembre 1940, cette tactique du bombardement massif sur un même objectif, tactique qui a reçu le nom de « Coventryisation ». Dès lors et jusqu'à la fin de l'année 1940, cette tactique fut appliquée à Birmingham (20 et 23 novembre), Southampton (24 novembre et 1<sup>er</sup> décembre), Bristol (25 et 27 novembre, 3 et 7 décembre), Plymouth (28 novembre), Liverpool (29 novembre), Sheffield (13 décembre), Manchester (23 décembre) et Londres (9, 28 et 30 décembre 1940).

(1) Voir « Six mois de bataille dans le ciel anglais », dans *La Science et la Vie*, n° 281, janvier 1941.

(2) Voir « Quel rôle joue l'artillerie de D.C.A. dans la guerre aérienne? », dans *La Science et la Vie*, n° 286, juin 1941.

## Extension de la « Coventryisation » aux ports de l'Ouest et du Nord-Ouest

Au début de 1941, la « Coventryisation » n'est ralentie que par les circonstances atmosphériques défavorables de l'hiver. Elle s'oriente de plus en plus vers les ports des Iles Britanniques, sous la forme d'une guerre « au tonnage ».

Citons entre autres les attaques nocturnes suivantes : Londres le 29 janvier, le 1<sup>er</sup> février, le 26 février et les 8, 9, 15, 19 et 21 mars; Liverpool le 9 janvier; Cardiff le 3 janvier et le 26 février; Plymouth le 9 janvier; Southampton le 19 janvier; Portsmouth le 10 mars 1941.

A partir du 10 mars 1941, les attaques aériennes s'étendent aux ports britanniques de la côte ouest.

Le 11 mars, Liverpool et Birmingham sont « Coventryisés »; le 12 et le 13, c'est Liverpool. Le 13 et le 14, c'est Hull et, pour la première fois, Glasgow. Le

16 mars, Bristol. Le 21 et le 23 mars, Plymouth.

En avril, le rythme des raids sur les ports est et ouest s'accélère : Bristol, Glasgow, Liverpool et Harwich le 17 avril, Birmingham et Newcastle le 10 avril, Coventry et Birmingham le 11, Belfast le 15 et le 20 avril.

Puis, à partir du 23 avril, Plymouth, port qui commande l'entrée de la Manche (western approaches), est l'objet d'attaques systématiques successives, nuit après nuit, par application d'une tactique nouvelle, dérivée de « Coventry ».

L'attaque sur Plymouth, commencée le 21 avril, a ceci de caractéristique qu'elle est répétée trois nuits de suite : les 21, 22 et 23 avril 1941.

Même tactique que celle inaugurée le 15 novembre 1940 à Coventry : les vagues d'avions commencent leurs attaques au crépuscule, à la manière habituelle. D'abord, une pluie de bombes incendiaires; puis, de multiples incendies étant déclarés, des rafales de bombes explosives, précédées, ainsi que le note le communiqué anglais du 22 avril, par « un nombre incroyable de fusées éclairantes ». Les avions se succèdent à des intervalles de 2 minutes, cadence beaucoup plus rapide qu'à Coventry ou à Birmingham, en novembre 1940 (cadence : 10 minutes). Une pause, puis des vagues analogues recommencent de la même manière. Dans l'intervalle, le feu s'était étendu et les lueurs de l'incendie étaient intenses. (Communiqué britannique.)

La même tactique d'attaque est répétée les deux nuits suivantes. Chaque soir, les incendies qui brûlaient encore montraient le chemin aux aviateurs allemands. (Communiqué allemand.)

Au début de mai, la même méthode est appliquée au port de Liverpool. Cette fois, cinq attaques en cinq nuits successives prennent pour objectif les rives de la Mersey (1, 2, 3, 4, et 5 mai 1941). Le port de Liverpool a beaucoup souffert.

### Renaissance de la chasse de nuit (mai 1941)

Mais Liverpool, au début de mai 1941, marque probablement l'apogée de l'offensive nocturne de la Luftwaffe sur les ports britanniques — offensive menée jusqu'alors sans pertes appréciables.

Au printemps 1941, la chasse de nuit était entrée en jeu, avec une efficacité que l'on n'aurait pu prévoir au cours de l'hiver 1940-1941. Du 1<sup>er</sup> au 11 mai 1941, si l'on en croit le communiqué de Londres, 91 avions allemands furent *abattus de nuit*, dont plus de la moitié par les *chasseurs nocturnes*. Dans la seule nuit du 10 au 11 mai 1941, au-dessus et autour de Londres, 33 avions furent abattus, dont 31 par les chasseurs nocturnes.

La même nuit, le communiqué de la Wehrmacht relatant un raid de la R.A.F. sur Berlin annonce 8 avions anglais abattus par la chasse de nuit allemande, chiffre relativement élevé — comparé aux 31 avions abattus dans le ciel anglais — étant donné que les effectifs

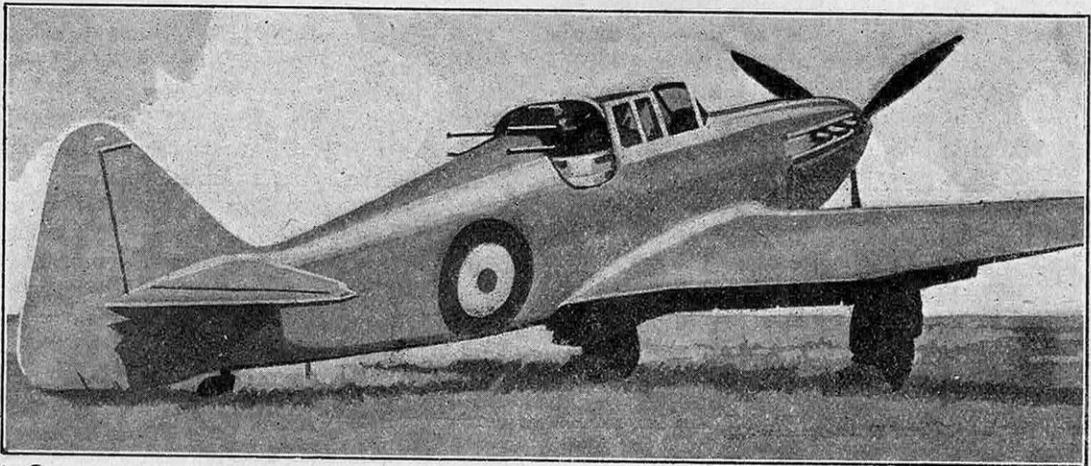


FIG. 1. — LE CHASSEUR BIPLACE ANGLAIS BOULTON-PAUL « DEFIANT »

T W 9594

Il est équipé d'un moteur Rolls-Royce « Merlin » de 1.035 ch. C'est un chasseur à tourelle quadruple, capable de tirer par le travers comme le « Beaufort », mais son équipement de bord est moins complet.

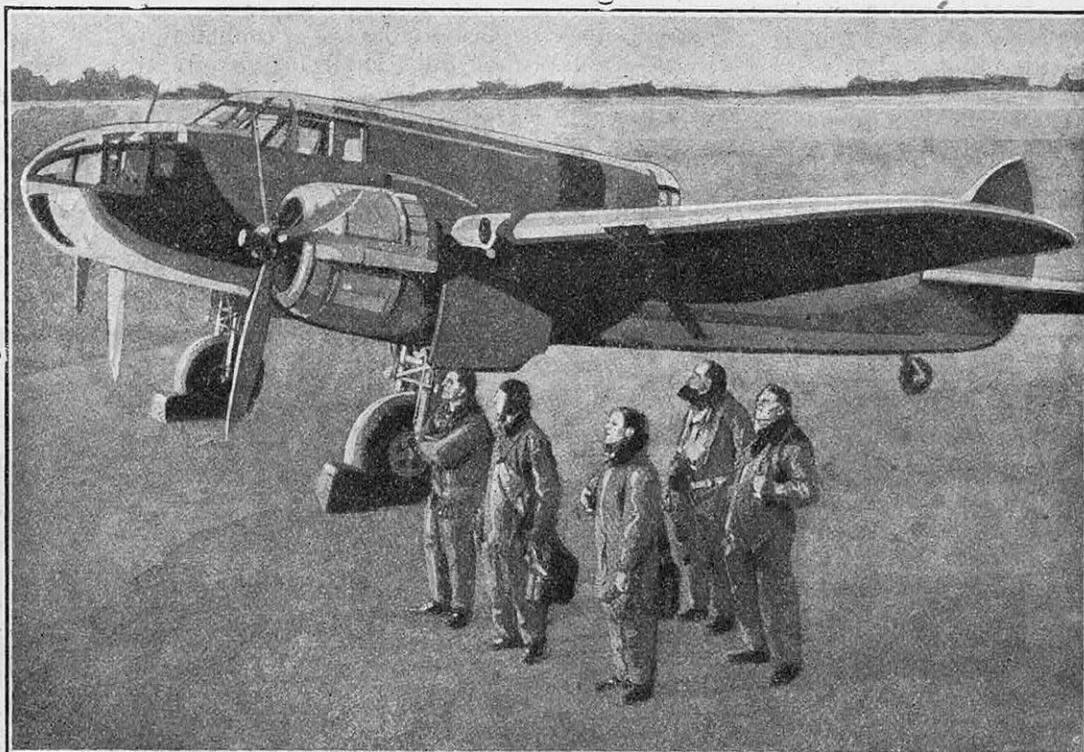


FIG. 2. — LE BIMOTEUR DE COMBAT ANGLAIS BRISTOL « BEAUFORT »

T W 9593

Equipé de deux moteurs Bristol « Taurus » de 1 065 ch, il était primitivement destiné à remplacer le Bristol « Blenheim ». Son armement est essentiellement constitué par une tourelle quadruple Boulton-Paul capable de tirer par le travers. L'expérience de l'hiver 1940-1941 a montré que ce bimoteur convenait particulièrement bien à la chasse de nuit. Dès lors, le « Beaufort » fut équipé, à l'avant, d'un détecteur de bord radioélectrique permettant au pilote de repérer son adversaire dans l'obscurité.

engagés par la R.A.F. sur Berlin sont considérablement plus faibles que ceux des bombardiers lancés par la Luftwaffe sur Londres.

La chasse de nuit renaît. Mais c'est surtout du point de vue de la défense nocturne des Iles Britanniques que cette renaissance est à considérer.

En septembre 1940, en effet, les communiqués de Londres n'indiquent, sur les 1 092 avions proclamés abattus au cours de ce mois marqué par les plus violents combats aériens de la guerre, que 29 avions détruits de nuit, dont 6 seulement par la chasse nocturne. Proportion infime.

Voici les chiffres des mois d'hiver 1940-1941, toujours d'après Londres, pour les avions abattus de nuit :

- Novembre, 14;
- Décembre, 10;
- Janvier, 18.

La défense aérienne britannique semble à peu près complètement paralysée contre les attaques massives à la « Co-

ventry ». Toutefois, sur les 18 de janvier 1941, 3 sont mentionnés abattus « par un nouveau procédé », et 4 par la chasse nocturne.

A noter que la proportion de janvier 1941, 4 sur 18, c'est-à-dire le rendement de la chasse nocturne par rapport au nombre total des avions abattus de nuit, est resté sensiblement le même qu'en septembre 1940 (6 sur 29), de l'ordre de 20 %, le total s'étant accru de 50 %.

Dès la première quinzaine de mars, l'accroissement passe à 100 %; 30 avions sont déclarés abattus de nuit en deux semaines, dont 13 par les chasseurs nocturnes. La part de la chasse de nuit monte à 40 %, et même plus, telle la nuit du 13 au 14 mars (attaque sur Glasgow et Liverpool), où 8 avions ont été abattus par les chasseurs sur les 11 proclamés cette nuit-là.

Même constatation en avril. Pour les deux nuits du 7 au 9 avril (Glasgow et Coventry), 10 avions sont abattus de

nuits, tous les 10 par les chasseurs nocturnes. Par contre, le 16 avril, au-dessus de Londres, 8 avions sont abattus, tous par la D.C.A., aucun par la chasse (1).

En mai, les résultats sont encore en progrès :

— 12 avions détruits par la chasse de nuit sur 12 abattus le 3 mai (Liverpool) ;

— 6 avions détruits par la chasse de nuit sur 7 abattus le 4 mai (Liverpool) ;

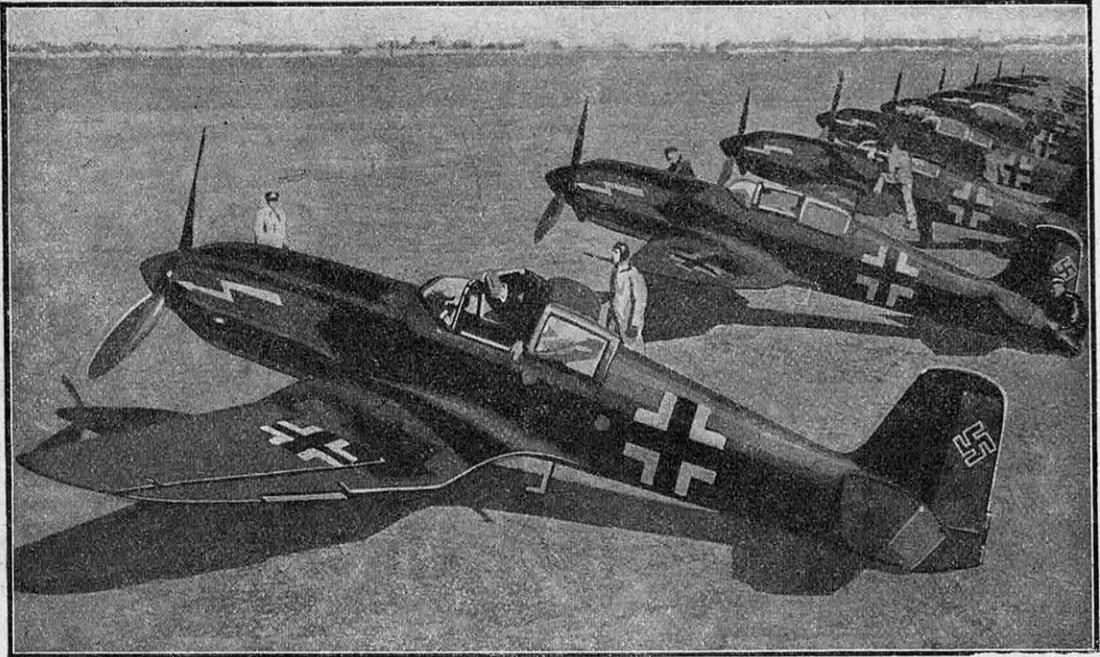
Les avions? Le communiqué de Londres du 9 avril 1941 a cité trois types :

— un monoplane de chasse aisément « atterrissable » de nuit (Hurricane) ;

— un chasseur à tourelle quadruple (le « Defiant » monomoteur) ;

— un bimoteur de chasse à tourelle quadruple (le « Beaufort »).

Les méthodes? Il semble que la chasse en secteur éclairé ne soit plus qu'épiso-



T W 9595

FIG. 3. — PEINT EN NOIR, SPÉCIALEMENT RÉSERVÉ A LA CHASSE DE NUIT, LE HEINKEL 113, DIT « NACHTJAGER », EST ARMÉ DE DEUX MITRAILLEUSES DE 7,6 MM DANS LE CAPOT ET DEUX CANONS DE 20 MM DANS LES AILES

— 7 avions détruits par la chasse de nuit sur 7 abattus le 5 mai (Glasgow-Belfast) ;

— 19 avions détruits par la chasse de nuit sur 20 abattus le 7 mai (Glasgow-Belfast) ;

— 11 avions détruits par la chasse de nuit sur 13 abattus le 8 mai (Glasgow-Belfast) ;

— 31 avions détruits par la chasse de nuit sur 33 abattus le 10 mai (sur Londres).

Le rendement de la chasse de nuit atteint donc, au début de mai 1941, 90 à 95 % des avions abattus. Il est évident que la chasse de nuit britannique dispose alors de nouveaux moyens et de nouveaux avions.

(1) D'après Londres, le total des avions abattus de nuit au-dessus de la Grande-Bretagne pour avril 1941 est de 86. Ce chiffre a été dépassé pour les dix premiers jours du mois de mai (91).

dique, et que les récents succès de la chasse de nuit soient dus à la chasse en secteur obscur contre les attaques en profondeur (objectifs Glasgow ou Liverpool) plutôt que les raids sur les ports à fleur de côte (Plymouth, Bristol, Hull). Les communiqués ont indiqué que certaines attaques nocturnes avaient eu lieu au retour des bombardiers « au-dessus des territoires occupés ». Ceci montre que le champ de la chasse de nuit s'est considérablement étendu. Au lieu de rester, comme en 1918 et comme on l'a cru jusqu'en 1940, rivé au-dessus du « point sensible » à défendre, les chasseurs nocturnes de 1941 se sont donné de l'espace.

#### La chasse en secteur obscur : rayon de giration et ovoïde de visibilité

Rappelons que le combat aérien diurne exige l'organisation d'un réseau de re-

pérage et de renseignements transmis aux aérodromes par téléphone et aux avions de chasse en vol par radiophonie, et qui permettent aux avions de combat de venir « au contact », c'est-à-dire à la vue. Le fonctionnement de cette stratégie — dite d'interception — est donc subordonné à la portée « visuelle » des avions, de jour. Le combat aérien nocturne était

parti — en 1918 — d'un tout autre principe : se tenir à l'affût au voisinage de projecteurs et attendre que ceux-ci éclairaient les avions ennemis. Cette tactique épisodique dite « chasse en secteur éclairé » est aujourd'hui révolue, du fait de l'insuffisance de portée lumineuse des projecteurs aux grandes altitudes. C'est pourquoi la chasse nocturne a dû s'orienter vers la chasse « en secteur obscur », qui n'est, au fond, qu'une extension des méthodes de la chasse de jour.

Les difficultés de la chasse en secteur obscur aux vitesses actuelles (500 km/h) ont été exposées dans *La Science et la Vie* (1). La principale difficulté est qu'aux vitesses actuelles, la manœuvre de contact ne peut être effectuée par nuit noire, le rayon de giration admissible dépassant la portée visuelle, et l'avion aperçu par chance étant immédiatement perdu de vue. Tant que « l'ovoïde de visibilité » (2) du chasseur n'excédera pas quelques centaines de mètres (100 ou 200 m) — ce qui est le cas par nuit noire — il faut admettre que la chasse en secteur obscur la mieux préparée ne peut être effective. Mais la situation change lorsque la nuit est claire, notamment par clair de lune ou aux heures voisines du crépuscule. Dans ce cas, l'ovoïde de visibilité, dont le rayon atteint un millier de mètres et

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 283, mars 1941.

(2) Rappelons que la portion de l'espace qui peut être survolée efficacement par un observateur nocturne aérien n'est pas normalement une sphère, mais un ovoïde généralement allongé vers le haut, l'observation étant plus aisée vers le ciel, plus clair que la terre, même de nuit.

DATES	NOMBRE D'AVIONS ADVERSES ABATTUS		ZONE DE COMBAT
	D'APRÈS BERLIN	D'APRÈS LONDRES	
11 août	89	58	Estuaire de la Tamise.
15 août	106/132	130/144	Douvres et Manche.
18 août 31 août (dates typiques)	124/147 116/133	132/140 62	Aérodromes du sud de l'Angleterre.
7 sept. 15 sept. 27 octobre	103/118 71 8	99/103 185 10	Estuaire de la Tamise et Londres.

TABLEAU I. — L'INTENSITÉ DES COMBATS AÉRIENS D'AUTOMNE 1940, D'APRÈS LE NOMBRE D'AVIONS ABATTUS REVENDIQUÉS PAR LES DEUX ADVERSAIRES

Les chiffres en italique indiquent le nombre total d'avions dont la destruction est revendiquée. Pour la colonne « d'après Berlin », l'écart entre les deux chiffres représente le nombre d'avions détruits au sol sur les aérodromes (15 à 20 % du total environ). Pour la colonne « d'après Londres », l'écart entre les deux chiffres représente le nombre d'avions abattus par la D.C.A. (3 à 10 % au plus). Noter le déclin des chiffres de mi-août à la fin octobre 1940.

même plus, dépasse le rayon de giration des avions de chasse modernes, et la prise de contact est alors possible.

C'est donc particulièrement au cours des nuits lunaires, de belle visibilité, que la chasse de nuit de 1941 a tenté ses expériences.

Mais la chasse de nuit moderne ne compte pas seulement, pour son efficacité, sur la visibilité des nuits lunaires (ou des heures crépusculaires des courtes nuits d'été). Des moyens techniques nouveaux ont été mis à sa disposition.

### Le repérage de bord radioélectrique

D'après certains renseignements de presse, les services techniques britanniques auraient mis au point un appareil de repérage de bord radioélectrique, naturellement tenu secret. Ce serait un émetteur à ondes ultra-courtes, monté sur un avion de chasse. L'onde émise fait écho sur la masse métallique d'un avion, s'il s'en trouve dans le voisinage, et s'inscrit sur un petit écran placé devant les yeux du pilote. Dès lors, le pilote devra manœuvrer pour conserver son « fil d'Ariane » et se guider sur l'intensité de l'onde réfléchie pour se rapprocher de l'adversaire jusqu'au moment où ce dernier apparaîtra à la vue. Pour sa manœuvre d'approche, le chasseur n'aurait donc plus besoin de « voir ».

Bien entendu, préalablement à l'intervention du poste de repérage de bord, le réseau de repérage radioélectrique installé au sol et la radiophonie sont mis en œuvre pour préciser la route des bom-

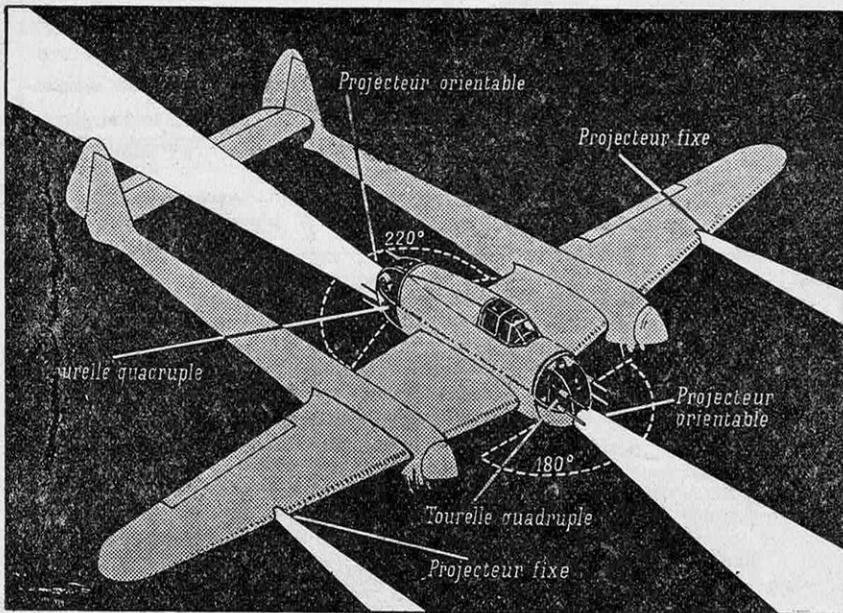


FIG. 4. — PROJET SCHÉMATIQUE D'UN AVION DE CHASSE NOCTURNE ARMÉ DE DEUX TOURELLES QUADRUPLES

Cet avion serait en fait « dessiné » autour de deux tourelles quadruples. Le champ de tir de la tourelle avant serait de  $180^{\circ}$ . Celui de la tourelle arrière pourrait être poussé au delà de  $180^{\circ}$  et atteindre par exemple  $220^{\circ}$  en empiétant sur l'arrière des deux groupes motopropulseurs. La possibilité de concentrer le feu des deux tourelles par le travers (ou plus exactement à cause des hélices, dans un secteur de  $20^{\circ}$  sur l'avant du travers) en ferait éventuellement un avion de combat diurne redoutable. La disposition préminente de la tourelle quadruple avant imposerait l'adoption du train d'atterrissage tricyle (comme pour le Lockheed « Lightning » bifuselage américain). Des projecteurs orientables seraient disposés sous chaque tourelle quadruple.

bardiers et par suite dégrossir la manœuvre d'approche du chasseur de nuit, avant qu'il utilise son propre appareil de repérage.

Enfin, un projecteur de bord serait utilisé éventuellement par le chasseur de nuit pour compléter son repérage, le projecteur pouvant être démasqué à coup sûr, pour le moment de l'attaque proprement dite. Ces différents appareils exigent des avions au moins biplaces sinon triplaces. Et c'est pourquoi la chasse de nuit britannique préfère de plus en plus les « Defiant » et surtout les « Beaufort ».

En résumé, la chasse de nuit 1941 tend à devenir une opération complexe, faisant intervenir successivement :

1° Le réseau de repérage au sol avec transmission des renseignements par radiophonie aux avions en vol ;

2° Un appareil radioélectrique de repérage de bord ;

3° Éventuellement, des avions-projecteurs.

On n'en est encore qu'aux débuts...

Du côté allemand, il semble que ce soit surtout la première opération qui ait été poussée. Du côté britannique, la seconde. Cela tient à la différence géographique entre les champs d'action des deux chasses de nuit : la chasse allemande doit surtout intervenir en profondeur dans la zone des routes qui, des Îles Britanniques, convergent vers Berlin, vers la Ruhr ou les ports de Brême et Hambourg, au total, dans un secteur obscur, large, très allongé, sur des avions peu nombreux. Un repérage précis par le sol est donc pour la chasse allemande le problème

dominant de sa défense aérienne.

La chasse de nuit anglaise, au contraire, doit concentrer son action sur une zone relativement resserrée survolée, au cours de la même nuit, par des masses d'avions opérant par vagues. Pour la chasse de nuit anglaise, le repérage de bord constitue le problème primordial. C'est ce qui explique que la R.A.F. tend de plus en plus à utiliser pour la chasse de nuit des bimoteurs triplaces (type « Beaufort »), tandis que la Luftwaffe paraît encore s'en tenir à des monoplaces (Heinkel 113) guidés avec précision par le sol.

### Les succès de la chasse de nuit allemande

Les communiqués du printemps 1941 font une place importante à l'action de la chasse de nuit du Reich. C'est le général Kammhuber qui commande les formations de chasse de nuit de la Luftwaffe. Celles-ci sont équipées en Heinkel 113, monoplaces dits « Nachtjäger ». Les exploits commencent au cours de l'hi-

ver 1940-1941. Le 14 mars 1941, au cours d'un raid de la R.A.F. sur Berlin, un bombardier est abattu, et huit au cours d'un raid sur Hambourg, abattus par la D.C.A. et la chasse de nuit. Le communiqué de la Wehrmacht nous annonce que l'un d'eux est le dixième avion abattu de nuit par le capitaine Streib.

Dans les deux nuits du 8 au 10 avril 1941, au cours d'un raid sur Berlin et les ports allemands, 23 avions anglais sont abattus de nuit et de jour, dont 7 par la chasse nocturne.

Dans les deux nuits du 6 au 8 mai 1941, 19 avions anglais sont abattus de nuit seulement, dont 12 par la chasse nocturne.

La progression d'avril à mai, 7 à 12, est frappante.

### Combats aériens au clair de lune

La pleine lune de mai 1941, qui fut particulièrement brillante avec un ciel clair, favorisa la chasse de nuit et donna lieu, dans certains cas, à de véritables combats aériens à la manière diurne. La défense des bombardiers fut même rendue possible par la clarté lunaire. C'est ainsi qu'au-dessus du territoire nord-ouest de l'Allemagne (raid sur Hambourg, Brême et Berlin, dans la nuit du 8 au 9 mai 1941), les Wellington de la R.A.F. furent sérieusement accrochés par les Heinkel de chasse nocturnes : 8 furent abattus, dit Berlin, sept avoue Londres, qui ajoute qu'en plusieurs cas, les bombardiers « contraignirent l'ennemi à rompre le combat », à tel point que deux avions de chasse nocturnes auraient été abattus !

Réciproquement, le communiqué allemand du 9 mai 1941 déclare avoir abattu deux avions britanniques au-dessus du territoire ou du littoral anglais... En viendrait-on, par nuit lunaire très claire, à l'escorte nocturne par de la chasse ?

### La chasse de nuit contre la « Coventryisation » ?

On voit que la chasse de nuit tend à devenir redoutable aussi bien pour l'un que pour l'autre adversaire. Pour l'un d'eux, c'est un problème vital que de trouver un antidote aux « Coventryisations » nocturnes, et l'on peut déjà noter qu'une attaque en ordre dispersé sur les aérodromes anglais a suivi, le 11 mai, la « Coventryisation » massive de Londres du 10 mai, où la Luftwaffe avait perdu

36 avions du fait de la chasse nocturne. D'ailleurs, avec les nuits crépusculaires de juin et de juillet, les « Coventryisations » deviendront probablement plus difficiles.

Pour l'autre adversaire, la chasse de nuit représente un barrage en profondeur qu'il deviendra de plus en plus nécessaire d'étendre au territoire tout entier, surtout lorsque les quadrimoteurs « Forteresses volantes » américaines entreront en scène.

### De la chasse de nuit à la contre-attaque des aérodromes

Les appareils de repérage de bord, pour les chasseurs nocturnes, peuvent également être montés sur des avions de bombardement léger, ce qui leur permet de pousser la poursuite des bombardiers sur leur route de retour jusqu'à leurs aérodromes, ou même de les y devancer, pour attaquer l'équipement d'éclairage nocturne qui s'allume pour l'atterrissage, et les avions eux-mêmes au moment où ils viennent de se poser.

La méthode semble avoir été inaugurée le 9 avril 1941, au retour d'un bombardement de Coventry. D'après le communiqué de Londres, les avions de la R.A.F., poursuivant des bombardiers dans la nuit du 8 au 9 avril 1941, arrosèrent de bombes, aux premières lueurs de l'aube, quelques aérodromes des territoires occupés qui s'étaient allumés pour le retour des bombardiers allemands, éteignirent à la mitrailleuse les lampes d'atterrissage et attaquèrent les avions qui venaient de se poser au retour de leur raid nocturne. On voit que la chasse de nuit moderne peut passer de la défense à la poursuite, et de la poursuite à la contre-attaque.

### Vers un « destroyer » nocturne

Des conditions géographiques différentes ont conduit les deux adversaires à adopter, pour la chasse de nuit, sinon des méthodes différentes, du moins des types d'avions bien distincts. L'un s'entient au monoplace de chasse maniable (Heinkel) armé d'un canon et de deux mitrailleuses lourdes fixes. L'autre a résolument choisi un avion de type nouveau, le chasseur à tourelle de mitrailleuse quadruple : monomoteur ou bimoteur (« Defiant » et « Beaufort »).

L'expérience de 1941 nous dira quelle sera la meilleure formule.

Pierre DUBLANC.

# LA TURBINE A GAZ, MOTEUR THERMIQUE DE DEMAIN

par M. GAUTIER

*La turbine à gaz est, parmi tous les moteurs thermiques, celui dont le principe de fonctionnement est le plus simple. Depuis quelque 150 ans, malgré les efforts persévérants des inventeurs, aucune réalisation d'ordre vraiment industriel n'avait pu être mise au point. Depuis peu, les progrès de la métallurgie, par la création d'alliages capables de résister aux températures élevées auxquelles sont soumis les aubes des turbines, et ceux acquis dans la technique des turbocompresseurs ont modifié profondément l'aspect du problème. La turbine à gaz est aujourd'hui industriellement réalisable et le champ de ses applications possibles apparaît d'ores et déjà extrêmement étendu et varié, tant pour la traction ferroviaire ou à bord des navires que pour l'équipement des centrales électriques.*

**L**E cycle le plus normal d'une invention humaine, c'est, après la découverte qui a présidé à sa naissance, une mise au point plus ou moins laborieuse, une amélioration progressive par des apports successifs conduisant à un développement plus ou moins rapide de ses applications, jusqu'à ce que, au bout d'un temps plus ou moins long, une invention nouvelle vienne reléguer la précédente dans le passé, au rang des curiosités historiques.

La machine à vapeur constitue un exemple remarquable d'une telle évolution continue. Grâce à des perfectionnements incessants, le champ de ses applications a pris, tout d'abord, une extension prodigieuse; puis, de nouveaux types de machines, tels que la turbine à vapeur, le moteur électrique et le moteur Diesel, engendrant la force motrice d'une façon plus simple et plus économique, sont nés et détrônent actuellement la machine à vapeur, à un tel point que, dans quelques années peut-être, celle-ci n'existera plus qu'à l'état de modèle à petite échelle dans les salles de nos musées scientifiques.

La turbine à gaz n'a pas subi le sort des autres inventions. Bien que le premier brevet délivré remonte à la fin du XVIII<sup>e</sup> siècle, son évolution est à peine ébauchée, et a présenté dès le début une importante solution de continuité. Aujourd'hui encore, elle n'a pas sensiblement dépassé le stade des études expérimentales.

## L'invention de la turbine à gaz

C'est en 1791, c'est-à-dire il y a près de 150 ans, qu'un Anglais, John Barber, prit son brevet de turbine à gaz. Le dessin qui l'accompagnait était, comme on pense, fort rudimentaire et ne permettait certainement pas de se rendre compte des possibilités industrielles d'une turbine ainsi conçue.

On ne possède pas de renseignements précis sur les idées essentielles qui ont présidé à cette invention. Mais, pour les imaginer, il n'est que d'examiner le degré d'avancement, à l'époque, de la partie des sciences qui traite de la thermodynamique. On avait déjà, depuis quelque temps, envisagé de substituer la force motrice à l'effort humain, et la machine à vapeur était encore l'unique engin susceptible de produire cette force motrice. Cependant, elle présentait deux graves inconvénients :

Tout d'abord, son emploi conduisait à une installation, somme toute, assez compliquée, exigeant, d'une part, la production de la vapeur dans une chaudière munie de sa pompe d'alimentation et, d'autre part, son échappement dans un condenseur muni de sa pompe de circulation et de ses pompes d'extraction d'air et d'eau condensée.

Ensuite, l'obtention de la rotation continue de l'arbre actionnant un mécanisme quelconque rendait nécessaire la transformation du mouvement alternatif du

piston en un mouvement circulaire par un dispositif bielle-manivelle ou par balancier, d'où une complication et un encombrement accrus de l'installation.

Si les études thermodynamiques avaient été, à l'époque, suffisamment poussées, on n'aurait pas manqué sans doute de faire un troisième grief à la machine à vapeur : sa consommation de charbon importante pour la puissance recueillie — due à sa complexité même —, c'est-à-dire un rendement thermique effectif assez bas. Mais les études de thermodynamique en étaient alors à leur début et la notion de rendement n'avait pas encore l'importance que l'on devait lui attribuer plus tard, lorsque les admirables études de Carnot, qui sont à la base de tous les progrès réalisés en matière de production de force motrice, furent divulguées et diffusées dans le monde.

Dans quelle mesure la turbine à gaz pouvait-elle remédier aux deux graves inconvénients reprochés à la machine à vapeur ? On s'en rendra compte aisément en se reportant à l'installation schématique de la figure 1.

Les organes essentiels sont : un compresseur d'air rotatif, entraîné par la turbine et alimentant en air sous pression la chambre de combustion. Dans cette chambre débite un brûleur, alimenté en combustible par une petite pompe spéciale. Les gaz de la combustion se détendent à travers l'ailetage de la turbine à gaz avant d'être évacués dans l'atmosphère. Les auxiliaires se réduisent à un petit moteur de démarrage, à une petite pompe à combustible et à une petite pompe de graissage non représentée. Un régulateur permet de régler le débit du combustible injecté, et par suite la puissance disponible sur l'arbre commun à la turbine et au compresseur. L'installation, dans son ensemble, est donc beaucoup plus simple, et le but proposé paraît donc complètement atteint.

Comment se fait-il que les études expérimentales n'aient pas été poussées à fond et suivies de réalisations véritablement industrielles ?

Au fur et à mesure que la notion de rendement prenait une place plus prépondérante dans les préoccupations des savants et des inventeurs, le cycle à vapeur paraissait pourtant de moins en moins intéressant, et certains allaient même jusqu'à prédire la disparition prochaine des machines à vapeur, prédiction

qui ne s'est cependant pas encore réalisée. Une des raisons en est que l'apparition de la turbine à vapeur infusa un regain de vie au cycle à vapeur : la turbine à vapeur produisait directement un mouvement circulaire, et son rendement thermique, bien qu'encore peu élevé, était sensiblement supérieur à celui de la machine à vapeur. Grâce au progrès rapide des études de thermodynamique et de mécanique des fluides, la turbine à vapeur bénéficia assez rapidement de multiples perfectionnements qui accrurent le rendement thermique de l'installation (hautes pressions, surchauffe de la vapeur, réchauffage de l'eau d'alimentation, soutirage de la vapeur, etc.).

Seul pouvait entrer en concurrence avec la turbine à vapeur, malgré son poids par cheval élevé, et bien qu'il ne réalisât pas directement un mouvement circulaire continu, le moteur Diesel dont le rendement est sensiblement supérieur. Il l'est d'autant plus que l'on peut utiliser la chaleur des gaz d'échappement du moteur, soit pour alimenter une turbine à gaz (suralimentation), soit pour produire de la vapeur dans une chaudière et alimenter les auxiliaires d'un navire, par exemple.

Toutes ces circonstances devaient aboutir à la mise en veilleuse des études relatives à la turbine à gaz, dont la réalisation pratique demeurait, d'autre part, comme nous le verrons, subordonnée à certains progrès d'ordre mécanique et métallurgique qui n'ont pu être acquis qu'au cours des plus récentes années.

Pour mieux comprendre les raisons qui ont conduit à modifier peu à peu la conception primitive de la turbine à gaz, il est utile, au préalable, d'exposer les diverses phases de l'évolution du fluide gazeux qui traverse la turbine.

### Comment fonctionne une turbine à gaz

Tout d'abord, remarquons que si le combustible brûlait dans le poids d'air strictement nécessaire à sa combustion complète, la température des gaz de la combustion atteindrait une valeur inadmissible. On est donc obligé, pour que les organes de la turbine n'aient rien à craindre de leur contact avec le fluide gazeux, d'admettre un excès d'air, lequel emprunte pour s'échauffer une partie de leur chaleur aux gaz de la combustion et abaisse ainsi leur température.

Cet air, après passage dans le compresseur, parvient à la chambre de combustion (1), d'où les gaz accèdent à la turbine. Le travail utile recueilli sur l'arbre sera en définitive la différence entre le travail développé dans la turbine et celui absorbé par le compresseur. Le rapport de ce travail utile à l'énergie libérée par la combustion du combustible représente le rendement thermique global de la turbine à gaz.

Le travail développé par la partie turbine est d'autant plus élevé que la pression et la température des gaz qui l'actionnent sont elles-mêmes plus élevées. Supposons, pour simplifier, que les gaz se détendent jusqu'à la pression atmosphérique à travers une seule tuyère, le rotor de la turbine se composant d'un

seul disque portant l'aubage mobile à sa périphérie. Après leur détente, les gaz sortent dans la direction générale de l'axe de la tuyère (la tuyère étant un organe imparfait, le fluide gazeux y subit des frottements et des chocs qui ont pour effet d'atténuer sa vitesse et corrélativement d'élever sa température, d'où une baisse de rendement). Pour que les gaz, à la sortie de la tuyère, agissent sur l'aubage mobile avec le maximum d'efficacité, il semblerait indiqué qu'ils viennent l'attaquer dans une direction sensiblement parallèle au plan de la face correspondante de la roue mobile. Mais on éprouverait ainsi beaucoup de difficultés constructives pour réaliser la section de passage nécessaire. Aussi est-on obligé d'admettre un angle d'entrée dans l'aubage mobile compris en pratique entre 16 et 19°. Il en résulte qu'une partie seulement de l'énergie cinétique des gaz peut se transformer en travail dans l'aubage mobile de la roue. Le calcul montre que

(1) Dans cette chambre, la combustion s'effectue à pression constante.

la fraction d'énergie ainsi transformée est maximum lorsque la vitesse périphérique du rotor, mesurée à mi-hauteur de l'aubage mobile, est sensiblement moitié de la vitesse des gaz à l'entrée du rotor. Cette fraction d'énergie peut alors atteindre et même dépasser 80 %. Dans ces conditions, lorsqu'on augmente la pression de combustion, on accroît corrélati-

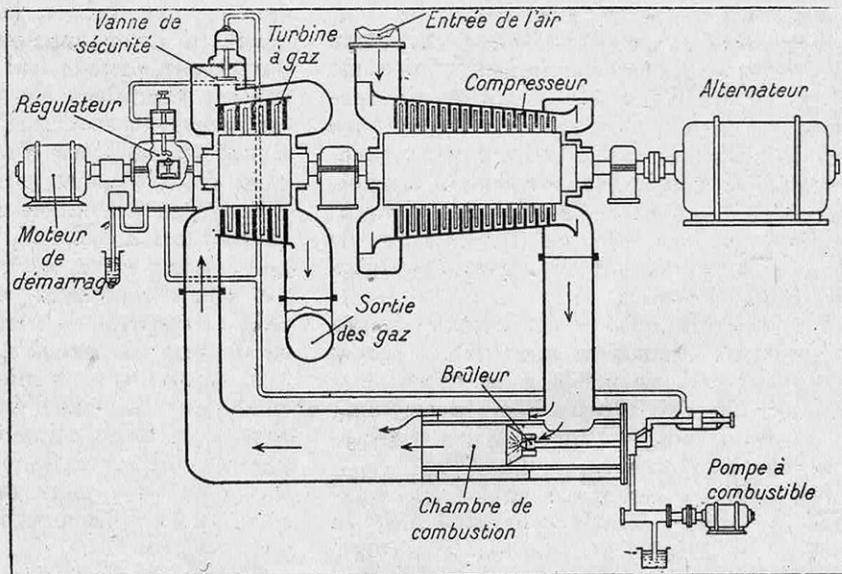


FIG. 1. — LA TURBINE A COMBUSTION SOUS SA FORME LA PLUS SIMPLE

vement la vitesse des gaz après détente (cette vitesse croît comme la racine carrée de la pression) et en même temps la vitesse périphérique du rotor qui risque d'atteindre des valeurs dangereuses pour la sécurité de l'aubage mobile. On est alors conduit à scinder la détente totale en plusieurs détentes partielles successives, à travers des rotors en série, chacun d'eux utilisant la même fraction de l'énergie totale contenue dans le fluide gazeux, et tournant moins vite que le rotor unique (1).

D'autre part, il est évident qu'augmenter la pression de l'air comprimé équivaut à demander plus de travail au compresseur, et qu'accroître la température des gaz conduit à augmenter celle des aubages. Or, c'est un fait qu'à partir

(1) Il peut arriver que la vitesse de rotation ainsi réduite soit encore trop élevée, comme c'est le cas pour la propulsion des navires en particulier; il faut alors adjoindre à la turbine un réducteur de vitesse mécanique ou hydraulique dont le rendement peut heureusement atteindre des valeurs assez élevées (0,95 à 0,97, par exemple, suivant la puissance transmise).

d'une certaine température, variable avec la nature du métal, celui-ci commence à « s'écouler » sous l'action des efforts auxquels il est soumis, et la sécurité se trouve alors compromise. Pour y remédier, trois moyens : ou bien, en conservant la même valeur pour la pression de combustion, diminuer la température de combustion en augmentant l'excès d'air, ce qui a pour effet d'augmenter le travail demandé au compresseur ; ou bien, en conservant la même valeur pour la température de combustion, augmenter la chute de température dans la tuyère en adoptant une valeur plus élevée pour la pression de combustion, ce qui a pour effet encore d'augmenter le travail demandé au compresseur ; ou bien encore, injecter dans l'aubage mobile, au moyen d'une tuyère spéciale, de l'air prélevé sur le refoulement du compresseur, ce qui revient à augmenter le poids d'air à comprimer. Dans les trois cas, le travail demandé au compresseur se trouve augmenté (1).

Si l'on cherche à réduire le travail du compresseur, soit en adoptant une pression de combustion plus faible, soit en diminuant l'excès d'air, on se trouve aux prises avec des difficultés du même ordre : dans les deux cas, pour une même valeur de la température de combustion, on se trouve entraîné à augmenter la température de l'aubage mobile.

On voit que le problème de la turbine à gaz est un problème particulièrement complexe, dont la solution ne peut résulter que d'un compromis entre des conditions pour la plupart contradictoires. Ce compromis est lié d'ailleurs aux progrès réalisables en matière de construction mécanique (compresseurs) et en matière de métallurgie (métaux résistants à l'écoulement aux températures élevées).

### Les réalisations successives de la turbine à gaz

La première turbine réellement mise en construction paraît avoir été une turbine à air chaud (fig. 2), inventée par Stolze, en 1872, et soumise à des essais de 1900 à 1904. Ils ne furent pas satisfaisants, peut-être par suite d'un tracé défectueux des tuyères et de l'aubage mobile, résultant de connaissances insuffi-

santes, à l'époque, en matière de mécanique des fluides.

La première turbine utilisant effectivement les gaz provenant de la combustion d'un combustible liquide — en l'espèce l'huile de paraffine — a été conçue par Armengaud et Lemale, puis construite et expérimentée par la Société des Turbomoteurs de Paris. Dans ses grandes lignes, elle répondait au schéma de la figure 1. Le compresseur d'air était un compresseur rotatif axial, à 25 roues, travaillant en série, du type Brown-Boveri, refoulant sous une pression de 4,220 kg/cm<sup>2</sup>. La turbine était du type de Laval à action, c'est-à-dire que la détente était complète à la sortie des tuyères et que les gaz n'agissaient sur l'aubage mobile que par leur vitesse. Afin de ne pas dépasser, à la sortie des tuyères, une température de 560°, il était prévu, à la fois, un excès d'air important et une injection d'eau dans la chambre de combustion. Les résultats de cette turbine ne furent pas satisfaisants ; on constata, en effet, que la turbine fournissait tout juste le travail nécessaire à la compression de l'air. Le rendement global était nul. La réduction de l'excès d'air qui eût amélioré la situation était impossible à l'époque parce que la métallurgie n'avait pas encore élaboré de métaux résistants suffisamment à l'écoulement aux températures élevées.

Vers 1905, l'Allemand Holtzwarth estima que la combustion sous pression constante, dont il a été question dans tout ce qui précède, ne pouvait aboutir à une solution pratique justement parce qu'elle conduisait à utiliser un important excès d'air, et par suite exigeait un important travail de compression. Il adopta la combustion à volume constant, celle que l'on obtient dans le moteur à explosion. Pour que l'explosion se produise au sein d'un mélange carburé, le combustible doit se trouver en présence de la quantité d'air strictement nécessaire pour assurer sa combustion complète, et seulement de cette quantité d'air. Le travail effectif de compression est donc réduit au minimum. Mais la température de combustion est très élevée, et la pression d'explosion atteint quatre fois la valeur précédemment obtenue. Néanmoins, la température en fin de détente des gaz n'est pas exagérée parce que la détente s'effectue précisément entre une pression très élevée et la pression atmo-

(1) On peut aussi envisager de refroidir le rotor par une circulation d'eau, mais c'est un moyen insuffisant qui entraîne d'ailleurs une perte de chaleur.

sphérique. D'ailleurs, au cas où cette température après détente serait tout de même encore un peu trop élevée, le mélange carburé qui franchit la tuyère au moment du balayage des gaz brûlés suffirait à réduire la température de l'aubage mobile à une valeur suffisante pour que l'écoulement du métal, convenablement choisi par ailleurs, ne soit pas à craindre.

dées mécaniquement, l'une pour l'admission du mélange carburé, l'autre pour l'évacuation des gaz à la tuyère. Un dispositif d'allumage électrique complétait l'équipement. En outre, pour rendre le fonctionnement du compresseur d'air indépendant de celui de la turbine. Holtzwarth avait adopté un turbocompresseur à vapeur alimenté par une chaudière chauffée par les gaz d'échappement de la

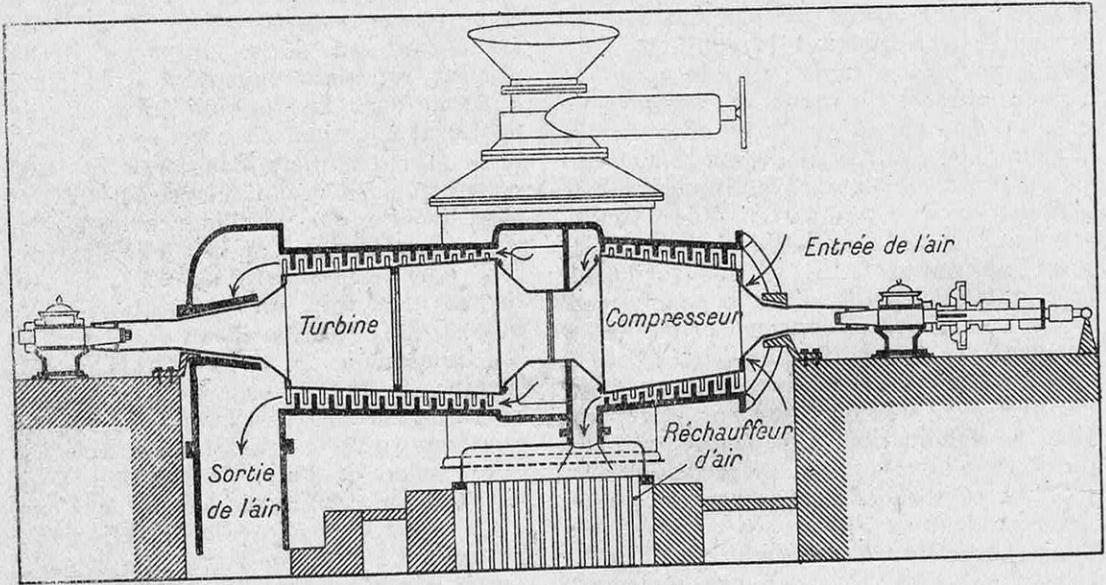


FIG. 2. — LA TURBINE A AIR CHAUD DE STOLZE

Elle comprenait un compresseur d'air multicellulaire à plusieurs étages de compression, refoulant l'air sous pression dans un réchauffeur alimenté par les gaz sortant d'un haut fourneau. L'air sous pression, ainsi réchauffé, puis détendu à travers des tuyères, alimentait l'aubage mobile d'une turbine à plusieurs étages de réaction, c'est-à-dire sur lesquels les gaz agissaient à la fois par leur pression et leur vitesse à la sortie des tuyères.

Malheureusement, la conception de Holtzwarth aboutit à une installation fort complexe. Etant donné qu'il s'écoule nécessairement un certain temps entre deux explosions dans la chambre de combustion (puisque la détente, le balayage et le remplissage ne constituent pas des opérations instantanées), Holtzwarth fut conduit à admettre huit à dix chambres d'explosions afin de fournir un plus grand nombre d'impulsions à l'aubage mobile dans le même temps. Chacune de ces chambres, d'une grande capacité pour éviter une pression d'explosion exagérée, devait être maintenue fermée pendant l'explosion, puis mise brusquement en communication avec la tuyère correspondante par une large ouverture, dès que la pression maximum était atteinte. A cet effet, elle était obturée par deux soupapes à grande section comman-

turine, et évacuant la vapeur à un condenseur muni de ses auxiliaires. D'où une grande complication.

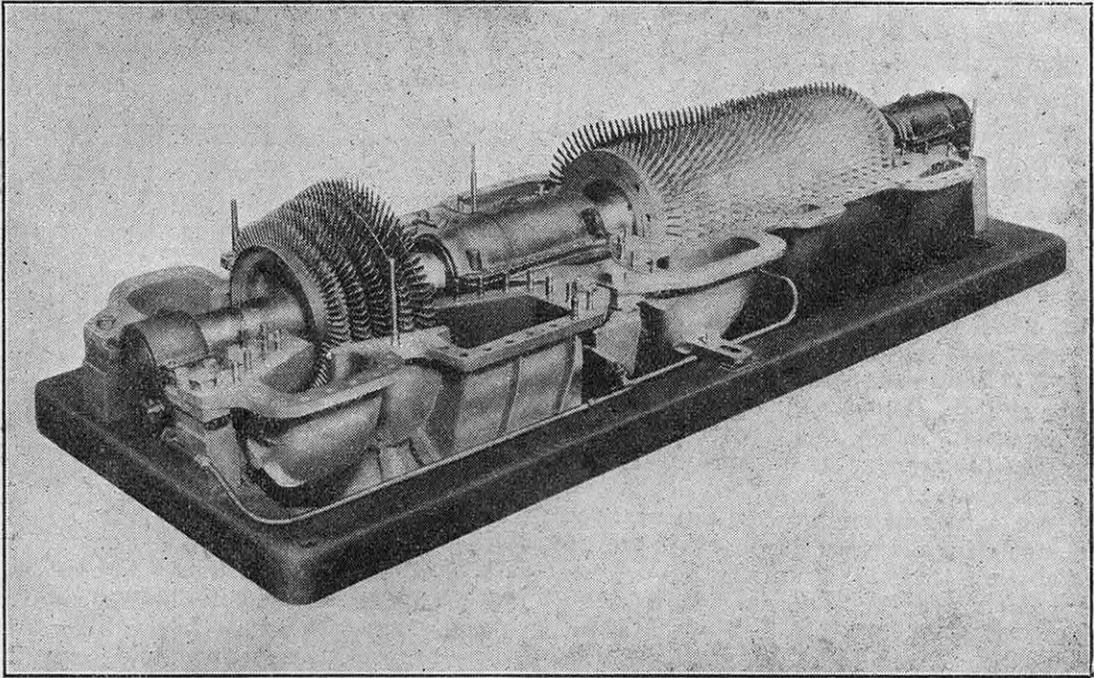
Une première turbine de ce type fut construite entre 1906 et 1908 par la maison Kœrting, au Hanovre. D'après les résultats expérimentaux, les plans furent modifiés et la maison Brown-Boveri construisit et soumit aux essais, entre 1909 et 1913, une seconde turbine d'une puissance nominale de 1 000 ch qui ne fournit qu'une puissance utile de 200 ch. D'autres turbines de ce type furent également construites, entre 1914 et 1927, par la maison Thyssen. Aucune ne fut mise en service continu.

L'installation était non seulement complexe, mais encombrante et d'un poids par cheval élevé : 75 kg pour une turbine de 5 000 kW par exemple, tournant à 5 000 t/mn ; il est vrai qu'on espérait pou-

voir le réduire à 44 kg pour une turbine plus puissante de 20 000 kW. Mais il eût encore été près de quatre fois plus grand que celui d'une installation à turbine à vapeur munie des derniers perfectionnements. Et malgré tous ces inconvénients, le rendement global était vraiment trop faible, puisqu'il ne dépassait pas 13 %.

l'étude de la turbine utilisant la combustion à pression constante, dès que le progrès en matière de compresseurs rotatifs et de métaux résistant à l'écoulement à haute température aurait permis de surmonter les difficultés rencontrées auparavant.

La maison Brown-Boveri semble avoir mené de front l'étude des deux solutions.



T W 5610

FIG. 3. — LA TURBINE A GAZ DE 4 000 KW DE LA CENTRALE SOUTERRAINE DE NEUCHÂTEL (SUISSE)

*Cette turbine tourne à 3 000 t/mn; la température dans la chambre de combustion ne dépasse pas 1 400° par suite de l'excès d'air admis et la température en amont de l'aubage mobile est de l'ordre de 550°. Dans ces conditions, le rendement thermique global à l'accouplement avec l'alternateur a atteint 18,04 % et aux bornes de l'alternateur 17,38 %. La consommation effective n'a pas dépassé 0,489 kg/kWh, soit 0,360 kg/ch.h, le combustible ayant un pouvoir calorifique de 10 000 cal/kg.*

Au fond, la principale raison de l'échec de la turbine Holtzwarth, c'est que la vitesse des gaz à la sortie de la tuyère décroît constamment pendant que la chambre d'explosion se vide, tandis qu'en raison de l'inertie la vitesse de la roue mobile demeure constante. Le rendement périphérique se trouve ainsi réduit au-dessous de sa valeur optimum, que nous avons signalée plus haut.

Ainsi, la turbine utilisant la combustion à volume constant n'était susceptible de devenir viable que si l'on parvenait, par un artifice, à maintenir la vitesse des gaz pendant la détente au voisinage de sa valeur optimum. En tout cas, il paraissait logique de reprendre

En 1938, elle entreprit la construction d'une nouvelle turbine Holtzwarth fonctionnant suivant un cycle à explosions dit « à deux chambres, deux temps ». Les résultats d'essais durent paraître satisfaisants, car une turbine de ce type, alimentée par des gaz de haut fourneau, fonctionne depuis 1933 aux Acieries Thyssen de Hamborn, et une seconde turbine du même type, d'une puissance nominale de 5 000 kW, est, paraît-il, en construction.

D'autre part, Brown-Boveri a construit pour la centrale souterraine de Neuchâtel, en Suisse, une turbine à gaz (fig. 3) utilisant la combustion à pression constante, d'une puissance nominale de

4 000 kW, 3 000 t/mn, qui répond très sensiblement au schéma de la figure 1, et dont les essais, contrôlés par le professeur Stodola au début de juillet 1939, paraissent avoir été satisfaisants. Le rendement thermique global, à l'accouplement avec l'alternateur, a atteint 18,04 %, résultat très intéressant.

### Les perfectionnements du proche avenir

Sauf peut-être dans des cas très particuliers où on dispose de gaz combustibles à récupérer, et où le rendement thermique global, l'encombrement et le poids ont une importance secondaire, il semble nettement établi à l'heure actuelle que seule la turbine utilisant la combustion à pression constante paraît devoir constituer la solution vraiment intéressante de la turbine à gaz. Nous avons vu que, pour obtenir un rendement thermique global élevé, il faut s'efforcer d'accroître la température de combustion, la pression de compression, ainsi que bien entendu le rendement interne de la turbine et du compresseur.

Tous ces facteurs n'ont d'ailleurs pas la même importance. Chacun sait que le rendement thermique d'un cycle quelconque croît avec le taux de compression; mais cette augmentation n'est avantageuse que quand elle est modérée. Les courbes de la figure 4 permettent, d'autre part, de se rendre compte du progrès qu'on peut escompter d'un accroissement du rendement global turbine-compresseur et de l'augmentation de la température de combustion.

Mais il est d'autres facteurs qui peuvent améliorer le rendement thermique global de la turbine :

Un nouveau progrès consistera à utiliser la chaleur des gaz d'échappement pour réchauffer l'air après sa compression et avant son admission à la chambre de combustion. A égalité d'excès d'air, pour réaliser une même température de combustion, il faudra alors brûler moins de combustible. Des calculs récents ont montré que l'on peut améliorer ainsi le rendement de la turbine de plus de 10 %.

Nous avons montré, d'autre part, que, pour éviter une vitesse de rotation trop élevée de la turbine, il était nécessaire de fractionner la détente en plusieurs chutes. Dans cette disposition, il est évident que l'aubage mobile de chaque roue

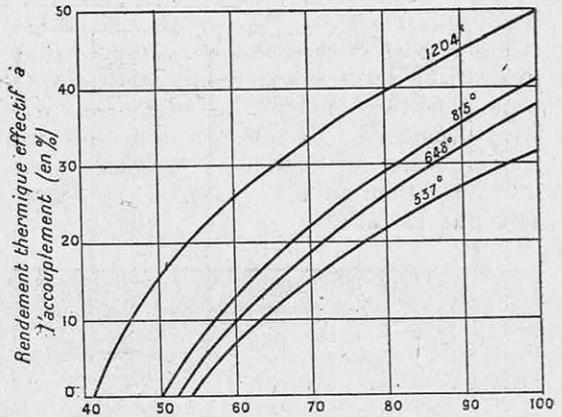


FIG. 4. — COMMENT VARIE LE RENDEMENT THERMIQUE EFFECTIF D'UNE TURBINE A GAZ

En abscisse ont été portées les valeurs du rendement global turbine-compresseur (produit du rendement du compresseur par le rendement de la turbine). On voit que lorsqu'on améliore ce rendement entre 70 et 75 %, par exemple, le rendement thermique effectif passe de 15 à 18 %, ce qui représente une amélioration de 20 % (courbe correspondant à 537°). On voit, d'autre part, en passant d'une courbe à l'autre, que pour un rendement global de 75 %, par exemple, le rendement thermique passe de 18 à 23 %, quand la température en fin de détente passe de 537° à 648°, ce qui correspond à une amélioration de 28 %.

finir par prendre en régime permanent une température sensiblement égale à celle des gaz à la sortie de la tuyère qui l'alimente, ce qui revient à dire que, puisque la température des gaz va en diminuant après chaque détente, toutes les roues, sauf la première, sont mal utilisées. Comme la combustion est réalisée avec excès d'air, on pourra, après détente dans la première tuyère, brûler de nouveau du combustible. L'adoption entre deux roues ou deux groupes de roues d'un réchauffage des gaz au moyen d'une injection dosée de combustible dans une chambre de combustion intermédiaire constituera un nouveau facteur de progrès. D'après certains calculs (1), en supposant qu'on puisse adopter une température de 650° en fin de détente avant la première roue, un réchauffage des gaz entre les aubages mobiles des roues successives permettrait d'atteindre un rendement de 24 % sans réchauffage de l'air avant la première combustion; avec un réchauffeur de grande surface, on parviendrait même à 33 %.

Il est certain, d'autre part, que le

(1) Mémoire présenté en février 1939 par le Dr Ad. Meyer devant l'Institution des Ingénieurs mécaniciens anglais.

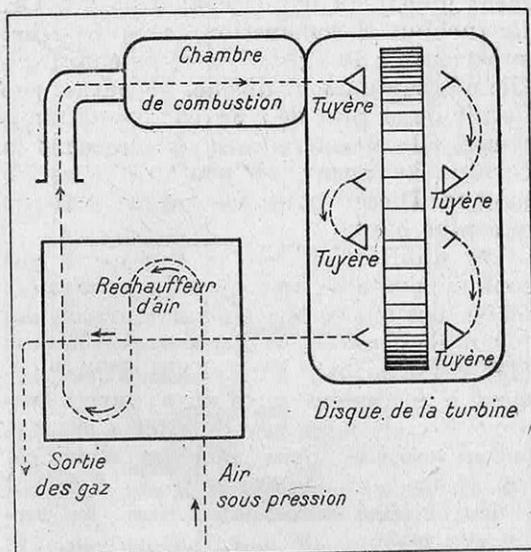


FIG. 5. — SCHÉMA D'UNE TURBINE A GAZ A DÉTENTE FRACTIONNÉE SUR UN SEUL DISQUE

fonctionnement de la chute totale de pression en chutes partielles, non sur plusieurs roues placées en série, mais sur une roue unique (1), constituera à lui seul un important progrès (fig. 5).

En effet, lorsque le fractionnement a lieu sur une seule roue, l'aubage mobile prend, en régime permanent, une température moyenne intermédiaire entre les températures des gaz après la première et la dernière chute de pression partielle, et beaucoup plus voisine de la dernière, puisque le volume des gaz croît rapidement quand leur pression diminue. Par conséquent, à sécurité égale, on peut augmenter notablement la température après détente, et par suite la température de combustion, d'où, comme nous l'avons vu, un rendement amélioré. L'étude spéciale de ce nouvel aspect de la turbine à gaz (2) a révélé l'importance de ce perfectionnement. Nous nous bornerons à indiquer ici un seul résultat numérique : avec un taux de compression de 30 kg/cm<sup>2</sup>, la température de combustion est de 1 170°, celle à l'entrée de l'aubage mobile de 950°, et à la sortie de 405° ; dans ces conditions, le rendement global atteint 29,5 % (3).

(1) Voir en particulier le brevet Vedekind n° 746.295.

(2) Communication à la session de juin 1939 de l'Association technique maritime et aéronautique.

(3) On objectera peut-être que, pour obtenir un taux de compression supérieur à 10 kg/cm<sup>2</sup>, il faut utiliser un compresseur à piston et que, s'agissant d'un appareil moteur rotatif, il n'est pas dési-

Ajoutons enfin que la séparation de la turbine et du compresseur d'air apportera une nouvelle amélioration certaine. Ces deux organes ont en effet des régimes de fonctionnement différents, et il est préférable, du point de vue rendement global, d'actionner le compresseur d'air par une petite turbine spéciale, ce qui permettra en outre d'obtenir une plus grande souplesse de fonctionnement.

En résumé, compte tenu de tous les perfectionnements ci-dessus, on peut d'ores et déjà, semble-t-il, envisager la construction de turbines à combustion sous pression constante dont le rendement global dépassera sensiblement 20 %, pour un taux de compression maximum de 10 kg/cm<sup>2</sup>, et 25 %, en s'approchant de 30 %, pour un taux de compression compris entre 20 et 30 kg/cm<sup>2</sup>.

### Les applications possibles de la turbine à gaz

On peut distinguer, dans les applications possibles de la turbine à combustion, trois catégories :

Dans la première, les questions de poids, d'encombrement et surtout de rendement ont une importance capitale (production normale de l'énergie électrique, traction sur rail et sur route, propulsion des navires et des avions).

Dans la seconde, les questions de rendement et de poids ont moins d'importance que les questions d'autonomie, d'encombrement, de sécurité et de rapidité de mise en service (centrales de pointes, centrales de secours à l'abri des bombardements aériens).

Dans la troisième rentrent les secteurs de récupération de l'énergie que possèdent les gaz provenant de réactions chimiques diverses (métallurgie et chimie). Le rendement passe alors au second plan, ainsi que l'encombrement et le poids.

Pour la production de l'énergie électrique, bien que les grandes centrales à vapeur soient aujourd'hui très perfectionnées (rendement 20 à 22 %), il est

possible de lui adjoindre un appareil auxiliaire alternatif. Il faut remarquer cependant que ce compresseur à piston, travaillant en série avec le compresseur rotatif, aspirera de l'air occupant un volume réduit au 1/10 de son volume normal environ. La cylindrée pourra être notablement réduite et le compresseur pourra être constitué, par exemple, par de petits cylindres disposés soit concentriquement dans un plan perpendiculaire à l'axe de la turbine, avec commande par plateau embiellé, soit concentriquement et parallèlement à l'axe de la turbine, avec commande par plateau oscillant.

possible que dans un avenir proche, lorsque la turbine à gaz aura reçu tous les perfectionnements que nous avons passés en revue, elle puisse les concurrencer sérieusement. Il lui sera plus difficile de concurrencer dans ce domaine le moteur Diesel, dont le rendement dépasse 35 % ; mais elle a sur lui l'avantage de la simplicité et de ne pas comprendre de masses alternatives.

Pour la *traction sur rails*, le rendement global thermique d'une locomotive à vapeur varie de 8 à 12 %, suivant son degré de perfectionnement. Il en résulte que, même en adoptant seulement un taux de compression compris entre 4 et 10 kg/cm<sup>2</sup>, sans réchauffage de l'air avant combustion, avec détente fractionnée sur plusieurs roues, la locomotive turbine à gaz-électrique ou turbine à gaz-mécanique, dont le rendement, pour une puissance utile de 2 000 kW et plus, doit dépasser 14 à 15 %, semble pouvoir concurrencer d'ores et déjà la locomotive à vapeur. Il lui sera plus difficile de supplanter la locomotive Diesel-électrique ou Diesel-mécanique, même en mettant en œuvre les tout derniers perfectionnements ; cependant, sa grande souplesse de fonctionnement et l'absence de masses alternatives lui confèrent des avantages intéressants.

Dans la *traction sur route*, les puissances unitaires mises en jeu apparaissent a priori trop faibles pour que la turbine à gaz puisse supplanter un jour le moteur à explosion ou Diesel. On ne saurait cependant rien affirmer.

Pour la *propulsion des navires de guerre* de surface, la préférence va encore actuellement à la turbine à vapeur à haute pression, alimentée par des chaudières à petits tubes, à foyer sous pression, dotée de tous les perfectionnements désirables (rendement entre 18 et 20 %) et dont l'installation ne pèse que 15 kg/ch sur les grosses unités, 10 kg/ch sur certains petits bâtiments particulièrement bien étudiés. Le poids d'une installation à moteur Diesel, même poussée, ne descend pas au dessous de 17 kg/ch. Dans la marine marchande, sauf pour les très gros paquebots, on accorde une importance particulière au rendement et à l'encombrement, d'où la vogue du moteur Diesel avec ou sans récupération de la chaleur des gaz d'échappement (rende-

ment global au moins égal à 35 %). Or, la turbine à combustion, avec pression supérieure à 10 kg/cm<sup>2</sup>, avec détente fractionnée sur un seul disque, ne paraît pas devoir peser plus de 9 kg/ch ; bientôt sans doute, elle concurrencera sérieusement la turbine à vapeur, et peut-être aussi le moteur Diesel pour les mêmes raisons que plus haut.

Les applications de la turbine à gaz sont déjà nombreuses pour la *suralimentation* des autres types de moteurs ou des foyers de chaudières. Dans ce cas, la turbine est alimentée par les gaz d'échappement d'un moteur ou d'un appareil évaporatoire. Il n'est que de citer : les turbocompresseurs pour moteurs d'avions, qui permettent d'élever le plafond de vol et leur vitesse en vol horizontal ; les turbocompresseurs de suralimentation des moteurs Diesel (augmentation de la puissance entre 30 et 50 %), par exemple, sur de nombreux pétroliers et certains moteurs de traction sur rails (ligne Congo-Océan) ; le turbocompresseur de la chaudière Velox à mise sous pression rapide et grande souplesse de fonctionnement ; enfin, plus récemment, les turbocompresseurs adaptés sur les chaudières à petits tubes « suralimentées », dont la compacité en regard de la puissance est tout à fait remarquable.

Nous n'insisterons pas sur les *centrales de « pointe »* qui exigent seulement des installations aussi peu coûteuses que possible et pour lesquelles la turbine à gaz paraît tout à fait désignée, puisqu'elle est robuste, peu coûteuse, n'a pas besoin de fondations importantes, et peut être installée à n'importe quel emplacement, étant donné qu'elle peut, à la rigueur, se passer d'une circulation d'eau.

Vient enfin la *récupération* de l'énergie des gaz sous pression qui prennent naissance au cours de certaines réactions chimiques (combustion du coke dans les haut fourneaux ou « cracking Houdry », par exemple). Dans ce cas, l'utilisation d'une turbine à gaz améliore considérablement le rendement de l'installation.

Telles sont les applications possibles, dans un avenir plus ou moins proche, de la turbine à gaz, à laquelle il n'est pas téméraire de prédire une vaste diffusion, d'ici quelques années, parmi toutes les machines thermiques.

M. GAUTIER.

# LES A COTÉ DE LA SCIENCE

## INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

par V. RUBOR

### Bombes aériennes britanniques

UN de nos lecteurs a bien voulu nous adresser, en complément à l'article du numéro 283 (mars 1940) sur la mine aérienne, une description détaillée des mi-

ble de 1 kg environ formant lest, accroché sous la planchette. Sur la planchette sont posés, tenus très légèrement autour du fil central, quatre éléments explosifs à enveloppe mince de 5 cm x 6 cm. Le fil, de 1 000 m, est en acier type corde à piano. Il porte, à l'extrémité infé-

arbustes de la première montagne de plus de 750 m qu'ils ont rencontrée.

La sécurité de l'engin au sol est très faible; elle semble réduite à l'étiquette portant en lettres rouges « Danger » accrochée à la planchette porte-explosifs. Des éléments de la charge, tombant au sol au moment où l'on se saisissait de la planchette, ont éclaté en blessant celui qui manipulait l'engin.

Le fonctionnement de l'engin paraît être le suivant : la mine est, ou bien amarrée au sol au voisinage du parachute, et forme alors barrage fixe, ou bien lâchée et le barrage est alors entraîné par le vent à l'altitude d'équilibre qui dépend du poids du lest. A la rencontre de l'avion, le fil doit en général casser à la liaison avec le ballonnet; la charge posée sur la planchette qui modère la vitesse de chute se rapproche de l'avion; elle explose en arrivant au contact.

L'avantage de ce système à parachute inférieur est sa simplicité. L'emploi est possible sans accidents graves (si on se dispense de toucher à l'appareil ou si on le manie avec précaution) sans aucune sécurité mécanique. Au contraire, l'emploi de la même charge explosive à l'extrémité inférieure du fil, avec ballonnet ou parachute à l'extrémité supérieure, exigerait un dispositif empêchant l'engin d'exploser en arrivant au sol (par exemple armement d'une fusée sous l'effet de la tension du fil rencontré par

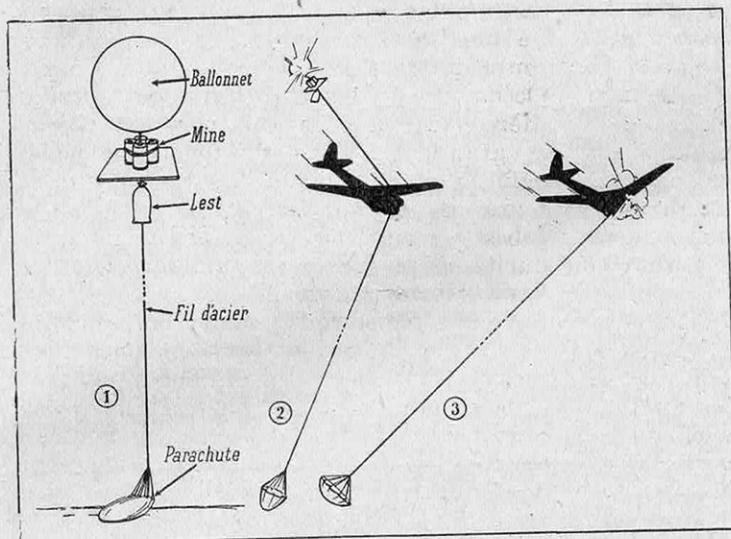


FIG. 1. — FONCTIONNEMENT DE LA MINE AÉRIENNE

1. Dispositif schématique de l'engin. — 2. Lorsque l'avion rencontre le câble, le ballon se détache du dispositif. — 3. Le parachute offrant de la résistance à l'avancement, la mine vient au contact de l'avion.

nes de barrage recueillies dans l'Ariège à la mi-décembre 1940.

L'engin comporte un ballonnet portant la charge explosive, lesté par un sac de sable et, au bout du fil, le parachute.

Le ballonnet, en « toile à ballon », a 1,50 m de diamètre environ. A 0,50 m sous le ballonnet se trouve une planchette de bois mince maintenue horizontalement par un sac de sa-

rieure, le parachute en soie de 1,20 m de diamètre.

Tous les engins retrouvés ont été rencontrés à une altitude de 750 à 800 m, ce qui plaçait les ballonnets vers 1 800 m. Venus d'Angleterre par un coup de vent de nord-ouest, ils ont été transportés à cette altitude d'équilibre du ballonnet et se sont trouvés accrochés par les parachutes dans la neige et les

l'avion, ou de la vitesse prise par la charge d'explosif, désarmement de la fusée en cas de la rupture du fil et d'arrivée au sol en chute libre). De plus, dans ce système, l'ensemble étant en équilibre dans l'air, la charge ne descend pas comme avec le dispositif à parachute supérieur.

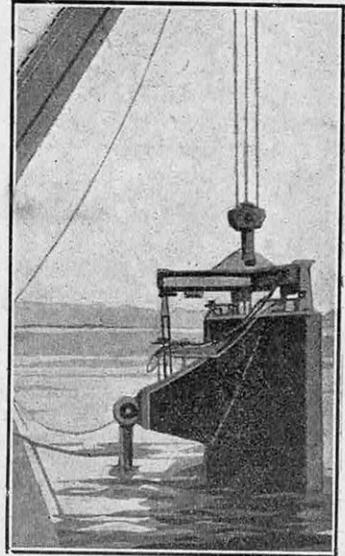
On notera également l'emploi à deux fins de l'engin en barrage fixe ou mobile. Il est malheureusement impossible de l'employer en barrage fixe à haute altitude. La pression du vent sur un ballon augmente en effet comme le carré de son diamètre, et sa force ascensionnelle, donc la section du fil qu'il peut porter, comme le cube de ce diamètre. Seuls, les gros ballons peuvent porter des fils capables de résister, sur grande hauteur, aux vents qu'ils sont exposés à subir. C'est pourquoi il faut de très gros ballons en tandem pour les barrages à grande hauteur, et l'on ne dépasse pratiquement pas 5 000 à 6 000 m.

## Un pont flottant de deux kilomètres

**P**OUR faciliter la sortie vers l'est de la ville de Seattle, capitale de l'Etat de Washington (sur la côte du Pacifique), on construit une route directe, traversant d'une part en tunnel une des collines sur lesquelles est bâtie la ville, d'autre part le lac de Washington sur un pont. La profondeur du lac (de 50 à plus de 65 m sur 1 000 m de long), la nature du fond (en majeure partie vaseux et argileux) auraient exigé, pour un pont classique, des fondations poussées à 125 m et plus au-dessous de l'eau. Le niveau du lac ne variant que de 1 m au maximum par an, on décida d'établir un pont flottant dont le coût est évalué à 4 millions de dol-

lars, contre 20 millions pour un pont à piles.

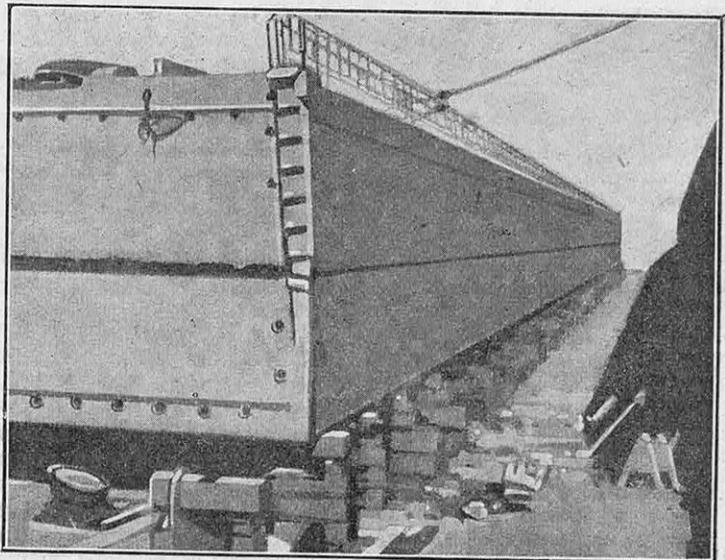
L'expérience faite sur des chalands en béton armé construits en 1918 et qui se sont révélés étanches à l'usage a fait adopter pour le pont des caissons en béton armé pour franchir les 2 000 m que mesure le lac au point où la route le traverse; 25 caissons doivent être amarrés bout à bout, deux caissons consécutifs étant assemblés par 54 boulons de 3 m de long et deux tenons. Les joints sont garnis de bandes de caoutchouc et du ciment coulé dans un sillon ménagé le long de la ligne des boulons fait de l'ensemble un monolithe, sauf pour une travée mobile réservée pour le passage des bateaux et pour les extrémités où le pont rejoint les travées fixes reliées au rivage. Vingt-cinq caissons seront utilisés dont dix standard de 112 m de long, 20 m de large, 4,35 m de profondeur, cloisonnés en douze compartiments étanches. Chacun comporte un regard par où il serait possible de pomper l'eau si une infiltration se produisait. D'ailleurs, deux compartiments pleins d'eau ne



T W 9066  
FIG. 3. — DESCENTE D'UNE DES ANCRÉS DE 65 TONNES

compromettraient pas la flottaison. Chaque caisson pèse 4 558 t et a un tirant d'eau de 2,10 m. La route sera à 2,25 m environ au-dessus du niveau du lac.

Des ancrages transversaux et longitudinaux sont naturellement prévus. Les ancres pour fond profond et de vase sont constituées par un assemblage de plaques d'acier et de béton pesant 65 t. Pour leur mise



T W 9067  
FIG. 2. — UN DES CAISSONS EN BÉTON ARMÉ DU PONT FLOTTANT DE SEATTLE

en place, un dispositif particulier est mis en œuvre. Il consiste à envoyer au fond, le long du bord inférieur de l'ancre, de l'air comprimé à 14 kg/cm<sup>2</sup> afin de désagréger le fond et de faciliter l'enfoncement de l'ancre. On a calculé que, pour un vent de 160 km/h, le déplacement du pont n'atteindrait que 20 cm (celui du pont de la Porte-d'Or à San Francisco atteint 3,60 m pour un vent de 112 km/h).

## Nouvel altimètre électroacoustique de précision

La détermination de la hauteur d'un avion au-dessus du sol pour de faibles altitudes, en mesurant le temps écoulé entre l'émission à bord de signaux sonores et leur réception après leur réflexion sur le sol, a donné lieu depuis longtemps à d'intéressantes réalisations. On sait que les dirigeables Zeppelin sont munis de tels appareils et que dans la marine on les utilise pour les sondages. Voici comment MM. Hughes et Fils ont résolu le problème en cherchant à la fois la légèreté et l'emploi d'une source de cou-

rant à basse tension (un accumulateur de 24 volts suffit pour fournir toute l'énergie nécessaire).

Les « tops » émis sont obtenus en court-circuitant une fois par seconde, sur la bobine inductrice d'un haut-parleur électrodynamique, le rotor d'un petit alternateur entraîné par un moteur lancé à 10 000 tours par minute. Le diaphragme métallique du haut-parleur est de faibles dimensions afin qu'il vibre au maximum pour les fréquences audibles élevées. Les « tops » lancés ainsi à une seconde d'intervalle ne durent qu'un centième de seconde. Le courant alternatif du générateur est, après une élévation de tension, redressé par une valve et sert à alimenter les anodes de l'amplificateur utilisé à la réception.

L'onde réfléchie par le sol revient à l'avion où elle est captée par le récepteur consistant en un microphone à bobine mobile sélective précédée d'une chambre destinée à écarter les bruits parasites, en particulier celui du moteur de l'avion. La faible tension du courant engendré par le microphone est amplifiée par deux étages à pentodes; le courant de sortie est redressé, puis envoyé dans un enregistreur ou

un indicateur à lecture directe. Le courant de chauffage des lampes est fourni par la batterie de 24 volts et la haute tension par le générateur cité plus haut.

L'enregistreur est du type classique où le courant traverse un papier humide imprégné d'un composé d'amidon et d'un iodure. Les produits oxydants libérés par électrolyse font apparaître l'iode qui, avec l'amidon, donne une tache bleue sur le papier blanc à chaque passage du courant.

L'indication directe est obtenue de la façon suivante : une série de lames métalliques est disposée suivant les rayons d'un cercle derrière lequel est situé un bras portant une bobine et tournant sous l'action du moteur à 24 volts. Au moment où le bras portant la bobine passe au zéro de l'échelle de l'indicateur, en même temps que le style de l'enregistreur est au zéro de son graphique, une impulsion est envoyée au moyen d'interrupteurs synchronisés.

Après un temps, toujours très bref et dépendant du temps mis par l'écho pour revenir à l'avion, donc de son altitude, la bobine du bras tournant reçoit du récepteur un courant qui provoque une vibration de la lame en face de laquelle elle se trouve au même instant. En même temps, le style de l'enregistreur marque un point à l'endroit où il se trouve à ce moment précis. Comme le style balaie constamment le graphique entre le zéro et la hauteur maximum pouvant être donnée par l'instrument, en synchronisme avec les signaux émis, on obtient une courbe tracée par points de la hauteur de l'avion au-dessus du sol.

D'autre part, on peut voir directement sur un écran translucide éclairé les vibrations de la lame

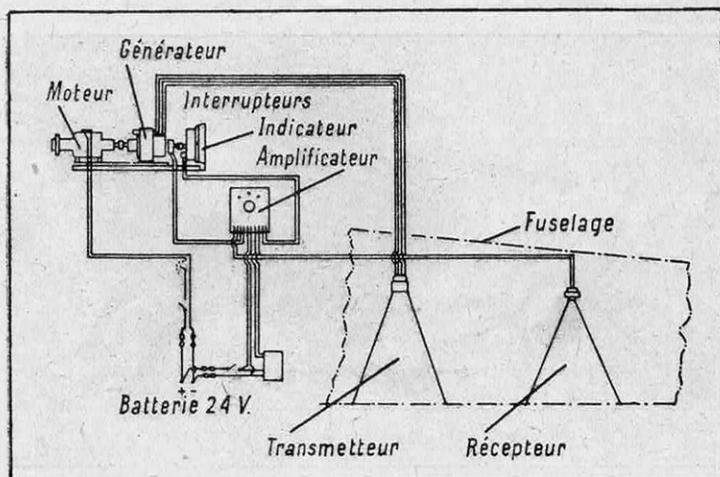


FIG. 4. — SCHÉMA D'INSTALLATION DE L'ALTIMÈTRE ÉLECTROACOUSTIQUE

intéressée (qui varient avec l'altitude de l'avion) et par suite connaître la hauteur désirée. Certes, les lames voisines de la principale vibrent également, mais avec une amplitude plus faible, de sorte qu'il ne peut y avoir de doute sur la lecture.

Le transmetteur et le récepteur sont montés à l'extrémité arrière du fuselage de l'avion, pour éviter les bruits parasites, et au fond de pavillons coniques dirigés vers le bas. On peut ainsi déceler aisément des hauteurs de 250 m au-dessus de l'eau et de 150 m au-dessus de la plaine. La continuité des indications peut montrer au pilote s'il se rapproche dangereusement du sol et éviter certains accidents en pays accidenté.

### Les courants de haute-fréquence et la trempe superficielle

CHACQUE fois qu'une pièce métallique doit simplement présenter une surface dure comme les tambours de frein d'automobile, les pignons, fraises, cames, tables de roulement des rails, etc., il est inutile de la tremper entièrement. Il est, par suite, possible d'économiser un nombre important de calories en se bornant à chauffer la surface de la pièce.

Une méthode nouvelle consiste, pour atteindre ce but, à mettre en œuvre certains propriétés des courants à haute fréquence. On sait, en effet, que lorsqu'un conducteur est parcouru par un tel courant, celui-ci ne se propage pas à travers toute la masse du métal, mais se concentre au voisinage de la surface; la densité du courant (nombre d'ampères par  $\text{mm}^2$  de section) diminue en allant de l'exté-

rieur vers l'intérieur. D'autre part, on sait aussi qu'au moyen de transformateurs statiques on peut engendrer dans le métal à tremper lui-même de grosses intensités de courant et, par suite, d'importantes quantités de chaleur.

Le professeur Wologdine a montré que les fréquences les plus convenables se situent entre 2000 et 200 000 hertz (périodes par seconde), mais qu'il n'est pas impossible de prévoir l'utilisation de courants industriels à 50 hertz ou les fréquences des ondes courtes de la radio. Les avantages du système sont les suivants : prix de revient abaissé, chauffage rapide et uniforme, réglage possible de la température, résultat indépendant de la nature de la surface, capacité considérable de production.

Sauf le cas des fils, que l'on peut aisément faire parcourir par le courant, il est difficile d'assurer un contact convenable entre la pièce à tremper et les bornes d'amenée de courant. Aussi vaut-il mieux opérer par induction. La figure 6 montre comment on peut procéder dans le cas d'un conducteur cylindrique ou en tube. La spire inductrice est constituée par un tube refroidi par une circulation d'eau. Ce-

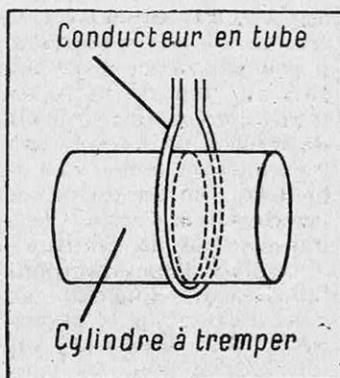


FIG. 6. — SCHÉMA DU PRINCIPE DU DISPOSITIF DE CHAUFFAGE SUPERFICIEL PAR COURANTS INDUITS DE HAUTE FRÉQUENCE

pendant, il est plus pratique, surtout si la pièce présente une forme plus compliquée, d'utiliser un dispositif à une seule spire démontable, possédant un canal de circulation d'eau pour son propre refroidissement et celui de la pièce à tremper.

La profondeur de la trempe, c'est-à-dire de la partie chauffée où circule le courant au voisinage de la surface, dépend de la fréquence et des caractéristiques électriques et magnétiques du métal. Pour une qualité d'acier, elle passe à  $850^{\circ}\text{C}$  de 9,14 cm pour une fréquence de 50 hertz, à 0,65 cm pour 10 000 hertz et à 0,065 cm pour 10 millions de hertz.

Enfin, pour les grandes

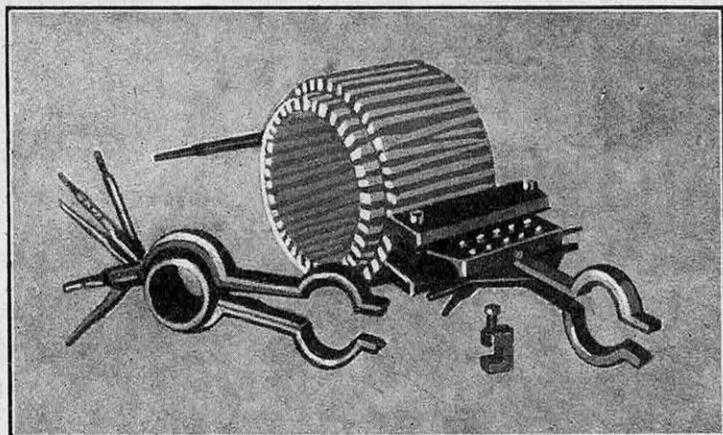


FIG. 5. — DISPOSITIF A SPIRE UNIQUE DÉMONTABLE UTILISÉ POUR LES PIÈCES A FORME IRRÉGULIÈRE

surfaces à tremper et en vue d'éviter une installation onéreuse qui ne se justifierait que par le traitement d'un nombre considérable de pièces (plusieurs centaines de mille par an), on peut traiter successivement les diverses parties de la pièce en déplaçant soit le dispositif d'induction, soit la pièce elle-même.

### *La récupération des matériaux constituant les piles sèches*

L'OBSCURCISSEMENT total des lumières, notamment en Angleterre, qui a obligé tous les citadins à se munir d'un éclairage particulier, a donné à la fabrication des piles pour lampes de poche, dès les premiers mois de la guerre, un immense développement. Aussi une nou-

velle industrie est-elle née en Grande-Bretagne depuis quelque temps : celle de la récupération des matériaux entrant dans la composition de ces appareils usagés.

La pile ordinairement utilisée est, on le sait, du type Leclanché : elle est constituée essentiellement par un cylindre de zinc laminé dans l'axe duquel est disposé un crayon de charbon de cornue enrobé de bioxyde de manganèse enfermé dans un petit sachet. L'ensemble est plongé dans un électrolyte à base de chlorure d'ammoniaque rendu gélatineux par de l'agar-agar.

Pour la récupération envisagée, on procède, avec l'aide de dispositifs mécaniques, de la façon suivante : après avoir brisé les enveloppes de zinc en plusieurs morceaux, on broie tout le contenu de la pile. Les fragments de zinc,

lavés à l'eau chaude, sont ensuite fondus. Quant à la masse broyée, elle est traitée à froid par une solution d'acide chlorhydrique. Ce dernier transforme les chlorures de zinc et d'ammonium solides en chlorures doubles liquides qui sont ensuite décantés et finalement concentrés par cristallisation.

Le chlorure double ainsi obtenu est utilisé comme décapant pour la soudure à l'étain et pour la galvanisation.

Pour séparer le charbon de cornue du bioxyde de manganèse, on opère par broyage et l'ensemble est traité par flottation, en mettant à profit la grande différence de densité des deux corps. Le bioxyde de manganèse complètement récupéré peut être employé à nouveau pour la fabrication de piles neuves.

V. RUBOR

# 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<sup>o</sup>, 4, Place Jérusalem - AVIGNON

**Vacances agréables et UTILES...**



APPRENEZ LE DESSIN EN 10 MOIS PAR LA NOUVELLE METHODE MARC SAUREL

**"LE DESSIN FACILE"**

UNE CORDE A VOTRE ARC

17. Rue Lauriston-Paris

MARC SAUREL, inventeur et promoteur en France de l'enseignement du dessin par correspondance, vient de mettre au point une méthode entièrement nouvelle, basée sur 26 années d'expérience et de succès.

Accessible à toutes les bourses, convenant aux adultes et aux enfants, elle fait de vous, en peu de temps, un excellent dessinateur et peut vous préparer un fructueux avenir dans les carrières lucratives et agréables du dessin. (Illustration, Publicité, Mode)

**PROFITEZ DE NOS CONDITIONS ACTUELLES VALABLES JUSQUE FIN JUILLET SEULEMENT**

Demandez-nous, dès aujourd'hui, notre Brochure de renseignements illustrée et GRATUITE

ECRIVEZ POUR LA ZONE LIBRE

"LE DESSIN FACILE" SERVICE S. V. 1  
LA MAISON DE COLETTE - BANDOL (Var)

**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 "**

(287)

**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, Rhodésie:*

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<sup>e</sup>-G<sup>e</sup>)  
Chèques Postaux : Toulouse 184.05

Des Années d'Expérience...

Des Centaines d'Équipements en circulation...

# GAZOGENES FRANCE "940"

(Brevetés en France et à l'Étranger)

HOMOLOGATION DÉFINITIVE 526

CLASSE B : CHARBON DE BOIS - CLASSE C ANTHRACITE



## GÉNÉRATEURS D'ACÉTYLÈNE FRANCE " 940 "

HOMOLOGUES



BREVETS, PROCÉDÉS ET SYSTÈMES

**RENE IANDELLI**

Constructeur Agréé par l'État N° 521



Bureau d'Études et Service Commercial :

18, Avenue de Valescure, 18

**SAINT RAPHAËL** (Var)

TÉLÉPHONE

4.51, 4.55



Agents dans toute la France et les Colonies



NICE, 21, boul. Frank-Pilatte

TÉLÉPHONE 61.14  
(Pendant la guerre)

PARIS, 152, Avenue Wagram

TÉL. WAGRAM 27.97

# Cours sur place ou par correspondance

*Par correspondance*

*Sur place et par correspondance*

## INDUSTRIE

DESSINATEUR, TECHNICIEN, SOUS-INGÉNIEUR, INGÉNIEUR en Mécanique générale, Constructions aéronautiques, Électricité, Radiotechnique, Chimie industrielle, Bâtiment, Travaux Publics.

## PONTS & CHAUSSÉES ET GENIE RURAL

ADJOINT TECHNIQUE ET INGÉNIEUR ADJOINT.

## COMMERCE - DROIT

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

## AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GENIE AGRICOL.

## SECTION SCIENCES

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

Arithmétique, Géométrie, Algèbre, Trigonométrie, Mécanique, Cosmographie, Géométrie descriptive, Mathématiques générales, Calcul différentiel, Calcul intégral, Géométrie analytique, Physique, Chimie, Electricité, Résistance des matériaux Baccalauréats.

## MARINE MARCHANDE

Les nouvelles constructions prévues 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 préparatoires, à 16 ans dans le cours d'Aspirant. Les examens officiels d'Élève Officier ont lieu à 17 ans.

**Examens officiels préparés à l'École :** Entrée dans les Ecoles de Navigation, Brevet d'Elève-Officier (Pont, Machines, T.S.F.), Brevets de Lieutenants, d'Officiers-Mécaniciens et d'Officiers Radios.

## MARINE ET ARMÉE

ÉCOLES DE MAISTRANCE

Ces écoles vont ouvrir. Prochain Concours prévu pour juillet prochain.

Les deux écoles (Pont et Machine) seront installées à Toulon. La préparation de ce concours est recommandée à tous les bons élèves de l'Enseignement Primaire Supérieur des Lycées. Les Ecoles de Sous-Officiers, Elèves-Officiers de l'Armée sont réouvertes.

## AVIATION CIVILE

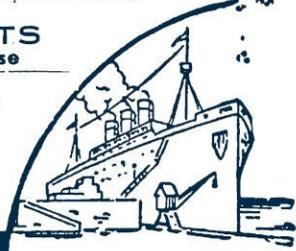
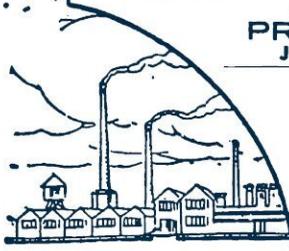
Brevets de Navigateurs aériens. Concours d'Agents techniques et d'Ingénieurs Adjoins Météorologistes, Opérateurs Radioélectriciens (concours 21 juillet).

### PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance à toute époque

Sur place, cours de vacances pour les sections navigation.



CEYBE, Publicité.

LE GÉRANT : L. LESTANG

*E. Toland*

IMP RÉGIONALE, TOULOUSE.