

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

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

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

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

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

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

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

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

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

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

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

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

Notice du Volume	
Auteur(s) volume	[s.n.]
Titre	La science et la vie
Volume	Tome 60. n. 289. Septembre 1941
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1941
Collation	1 vol. (IV p.-p.[123]-182) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 289
Sujet(s)	Sciences -- Vulgarisation Culture scientifique et technique Presse scientifique
Thématique(s)	Généralités scientifiques et vulgarisation
Typologie	Revue
Langue	Français
Date de mise en ligne	10/12/2019
Date de génération du PDF	05/12/2019
Permalien	http://cnum.cnam.fr/redir?SCVIE.289

Septembre 1941

6 francs

la Science et la Vie



Voir page 125

JEUNES GENS QUI FAITES DU LATIN

(de la sixième à la première)

VOTRE CARRIÈRE

ET VOTRE VIE

peuvent être à jamais influencées par votre décision et par celle de vos parents, quand vous aurez lu ces lignes **peut-être capitales pour votre destinée.**

Vous qui faites du latin et êtes, en cette langue généralement faibles, vous avez, TOUS, plus ou moins grand besoin de leçons. Mais ceux d'entre vous surtout qui risquent, à cause de leur ignorance extrême, de se voir obligés de redoubler leur classe ...

Or il vous reste un mois avant la rentrée.

En ce mois vous pouvez encore gagner un an,

en écrivant aujourd'hui même ⁽¹⁾ au Maître ès lettres et en philologie, diplômé supérieur de l'Université de Paris, VICTOR FAVART, villa "La Vigie", La Corniche, SÈTE (Hérault), qui, spécialisé, **n'enseigne que le latin.**

Il ne vend point en série de cours omnibus, mais il initie, guide et suit **personnellement** chaque correspondant, étonné des progrès soudain stupéfiants réalisés de jour en jour. C'est que, selon la force de chacun, révélée par un ingénieux procédé, un enseignement adéquat lui est **individuellement** donné.

Profitez donc du tarif provisoire
de propagande de ces

LEÇONS PARTICULIÈRES PAR CORRESPONDANCE :

Les douze leçons : **385** francs;

Les vingt-quatre : **700** francs.

(1) Le nombre des correspondants est limité, le Maître s'occupant lui-même de chacun d'eux (de la sixième à la première)

Les cours par correspondance de L'ECOLE UNIVERSELLE

permettent à ses élèves d'effectuer le maximum de progrès dans le minimum de temps. Ceux de ces cours qui préparent aux examens et aux concours publics conduisent chaque année au succès plusieurs milliers d'élèves.

Vous pouvez faire CHEZ VOUS, QUELLE QUE SOIT VOTRE RESIDENCE, sans déplacement, sans abandonner l'emploi qui vous fait vivre, en utilisant simplement vos heures de loisirs, avec le MINIMUM DE DEPENSES, quel que soit votre âge, en toute discrétion si vous le désirez, toutes les études que vous jugerez utiles pour compléter votre culture, pour obtenir un diplôme universitaire, pour vous faire une situation dans un ordre quelconque d'activité, pour améliorer la situation que vous pouvez déjà occuper ou pour changer totalement d'orientation.

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

BROCHURE N° 17.255. — ENSEIGNEMENT PRIMAIRE : Classes complètes depuis le cours élémentaire jusqu'au Brevet supérieur, Certificat d'études, Bourses, Brevets, Certificat d'aptitude pédagogique, etc.

BROCHURE N° 17.256. — ENSEIGNEMENT SECONDAIRE : Classes complètes depuis la onzième jusqu'à la classe de Mathématiques spéciale incluse, Examens de passage, Diplôme de fin d'études secondaires, Baccalauréats, etc.

BROCHURE N° 17.257. — ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR : Licences (Lettres, Sciences, Droit), Professorats (Lettres, Sciences, Langues vivantes, Professorats pratiques), Examens professionnels, P.C.B., Herboriste, etc.

BROCHURE N° 17.258. — GRANDES ÉCOLES SPÉCIALES : Agriculture, Industrie, Travaux publics, Mines, Commerce, Armée et Marine, Enseignement, Beaux-Arts, Assistance, Colonies.

BROCHURE N° 17.259. — TOUTES LES CARRIÈRES ADMINISTRATIVES : France et Colonies.

BROCHURE N° 17.260. — 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° 17.261. — CARRIÈRES DE L'AGRICULTURE et du Génie rural, etc.

BROCHURE N° 17.262. — CARRIÈRES DU COMMERCE (Administrateur commercial, Secrétaire, Correspondancier, Sténo-dactyle, Représentant, Services de publicité, Expert-comptable, Teneur de livres), de l'INDUSTRIE HOTELIERE, des ASSURANCES, de la BANQUE, de la BOURSE, etc.

BROCHURE N° 17.263. — ORTHOGRAPHE, RÉDACTION, VERSIFICATION, CALCUL, DESSIN, ÉCRITURE, etc.

BROCHURE N° 17.264. — LANGUES VIVANTES (Anglais, Allemand, Italien, Espagnol, Russe, Portugais, Arabe, Annamite), TOURISME (Interprète), etc.

BROCHURE N° 17.265. — AIR, RADIO, MARINE : Post, Machines, Commissariat, T.S.F., etc.

BROCHURE N° 17.266. — SECRÉTARIATS, BIBLIOTHÈQUES, JOURNALISME (Rédaction Administration, Direction), etc.

BROCHURE N° 17.267. — ÉTUDES MUSICALES : Solfège, Harmonie, Composition, Piano, Violon, Flûte, Clarinette, Instruments de jazz, Professorats, etc.

BROCHURE N° 17.268. — ARTS DU DESSIN : Dessin pratique, Anatomie artistique, Dessin de Mode, Illustration, Composition décorative, Aquarelle, Gravure, Peinture, Fusain, Pastel, Professorats, Métiers d'art, etc.

BROCHURE N° 17.269. — 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° 17.270. — CARRIÈRES FÉMININES : dans toutes les branches d'activité

BROCHURE N° 17.271. — ART DE LA COIFFURE ET DES SOINS DE BEAUTÉ : Coiffeuse, Manucure, Pédicure, Masseur, etc.

ECOLE UNIVERSELLE

12 place Jules-Ferry, LYON

59 boulevard Exelmans, PARIS

les lubrifiants sont précieux

INDUSTRIELS, TRANSPORTEURS ET TOUS USAGERS DE LUBRIFIANTS, RÉGÉNÉREZ ET PURIFIEZ VOUS-MÊMES VOS HUILES USEES ET COMBUSTIBLES : FUELOIL, GAZOIL, ETC... GRACE AU

RÉGÉNÉRATEUR INTÉGRAL AUSTIN

équipé d'un générateur à vapeur surchauffée et d'un récupérateur par le vide, seul appareil assurant filtration sur terre activée sans acide sulfurique. ÉPURATION, CLARIFICATION, DÉCOLORATION, DÉGAZOLAGE. RENDEMENT 80 A 90 % TRAITE 200 LITRES PAR 24 h. SURVEILLANCE FACILE

En vente à :
CARBOGAZ - CENTRE
60, rue de la Charité
LYON Tél. F. 28-41
Et tous commissionnaires en accessoires automobiles

"Sésame"
BREVETÉ S.G.D.G.

**LE PORTE-MINE
AUTOMATIQUE
DÉMONTABLE**

LA PLUME INOXYDABLE

ALWAR

GROS : Les Fils de Ch. VUILLARD
St-CLAUDE (Jura)

CEYBE, publicité.

**AVEC
LE SUPER-GRAISSEUR**



H-V

plus de séchage ni lavage des hauts de cylindres, augmentation de puissance, facilité de départ, graissage complet de votre moteur par pulvérisateur d'huile.

LE SUPER GRAISSEUR H-V
n'est pas un compte-gouttes, mais un véritable carburateur de graissage.

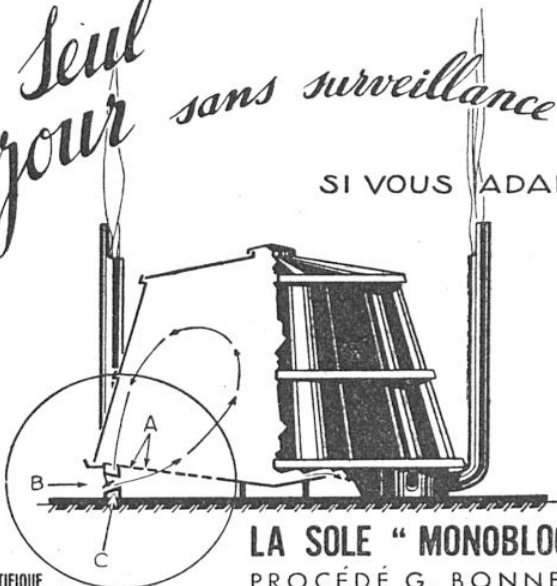
Adopté par les services militaires
du secrétariat d'Etat aux Colonies

AGENT GÉNÉRAL France et Colonies :
Ets FAUCHEUX et C^{ie}
23, rue St-Suffren - Marseille

*Il marchera Seul
nuit et jour sans surveillance*

SI VOUS ADAPTEZ

A. Répartition d'air équilibrée par orifices calibrés. Amélioration du rendement. Plus de cendres ni fumerons.
B. Régulation d'air automatique par tuyères à volets mobiles auto-compensateurs. Suppression de toute surveillance et des coups de feu.
C. Tirage inversé par collecteurs de fumées.

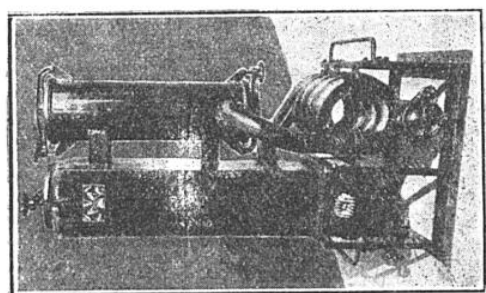


LA SOLE "MONOBLOC 634"
PROCÉDÉ G. BONNECHAUX

BREVETS CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
PRODUCTION DE LA SOCIÉTÉ NATIONALE DE CONSTRUCTIONS AÉRONAUTIQUES DU SUD-EST

CARBO-FRANCE
40, BOULEVARD CARNOT TOULOUSE. TÉLÉPHONE 218-40.

CEYBE, publicité.




PRÉSENTE

4 Modèles
permettant l'alimentation
de moteurs de 1 à 1000 cv

Riche (1475 cal/m³)
Par Et bien refroidi
avec du gaz

CEYBE, Publicité.

Septembre
LA CHASSE...

...Mais en toute saison la
CHASSE AUX IMAGES est ouverte !
APPRENEZ A DESSINER EN 10 MOIS PAR
LA NOUVELLE METHODE MARC SAUREL

par correspondance pour
adultes et pour enfants

**LE DESSIN
FACILE ..**

à la création duquel 26 ans
d'expérience ont présidé

- o PROCÉDES MODERNES INEDITS
- o 800 MODÈLES FOURNIS
- o 2 HEURES D'ÉTUDE PAR SEMAINE
- o PRIX ACCESSIBLES A TOUS
- o LEÇONS A L'ESSAI

Sans entraver vos autres études,
vous dessinerez, soit par plaisir,
soit pour préparer un avenir (Illustration, Publicité, Mode, etc...)

Brochure de renseignements illustrée GRATUITE
"LE DESSIN FACILE" Serv. S.V. 3
BANDOL (Var)





**ECOLE PROFESSIONNELLE
SUPERIEURE
de T. S. F. et de TELEVISION**
Château de Villac (Dordogne)

JEUNES GENS pensez 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 ou dans l'Armée, 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. 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.

Préparation à toutes les carrières

**INDUSTRIE
P. T. T.
MARINE
AVIATION
ARMÉE
COLONIES**

CST, publicité.

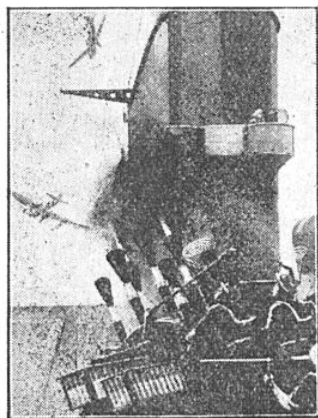
la Science et la Vie

Tome LX — N° 289

SOMMAIRE

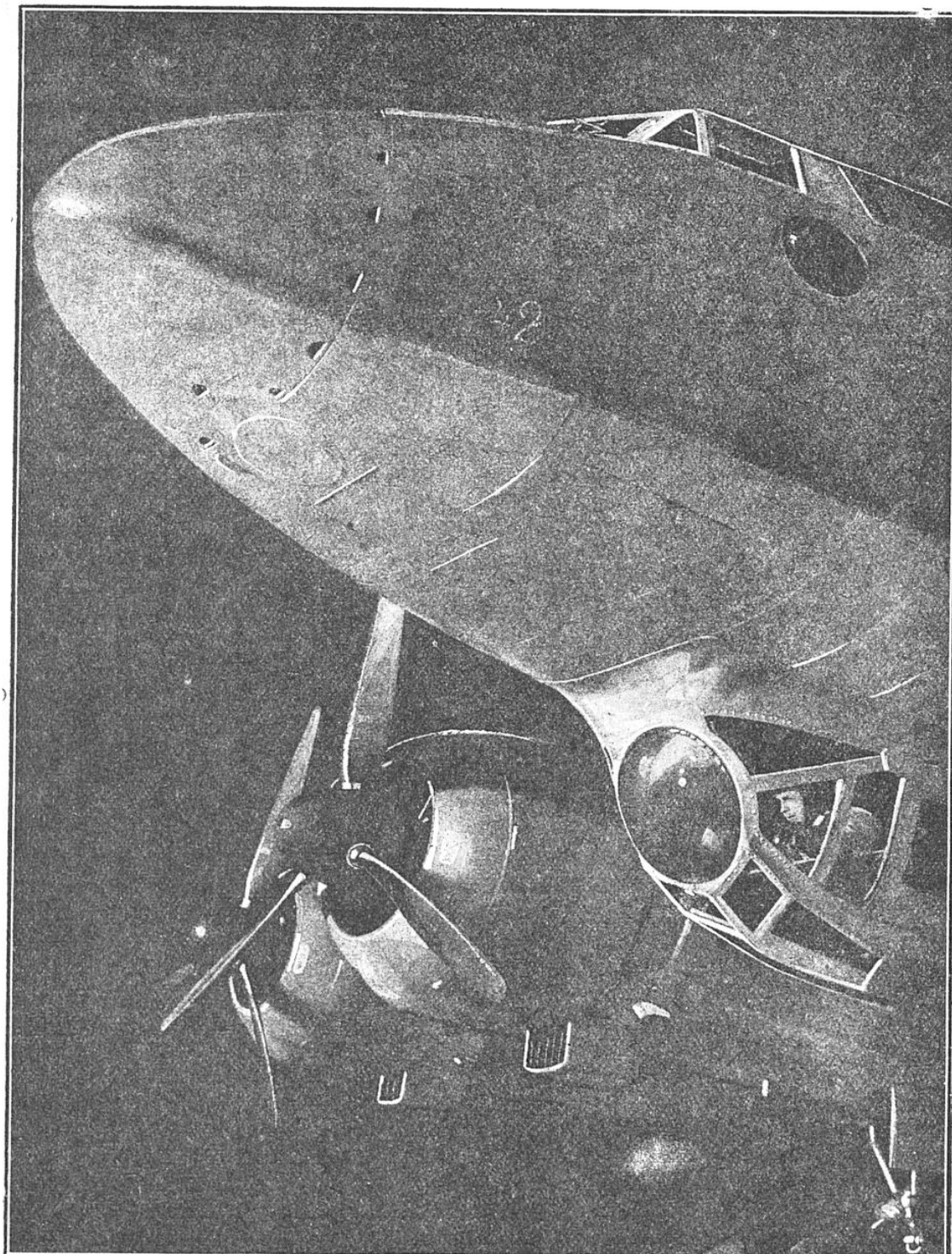
Septembre 1941

- ★ La défense du navire contre l'avion, par André Fournier . . . 125
- ★ La guerre moderne a engendré le camouflage, art de disparaître pour vivre, par André Daulnay 138
- ★ La guerre germano-russe (22 juin - 1^{er} août 1941), par XXX 147
- ★ Pour remédier à la pénurie des lubrifiants : la régénération des huiles de graissage, par Henry Doyen 155
- ★ Le bombardement aérien des chantiers de constructions navales, par Camille Rougeron 163
- ★ Les livres à méditer : Le combat aérien 174
- ★ Les alliages extra-durs et leurs applications industrielles, par V. Reniger 176
- ★ Le gaz des forêts et l'électrification des chantiers de la jeunesse, par J. Créange 180
- ★ Les limites de l'hémisphère occidental 182



L'attaque à la bombe du navire, objectif mobile et de dimensions relativement restreintes, est pour ainsi dire impossible à mener à bien par les méthodes classiques de bombardement en vol horizontal, qui sont d'ailleurs interdites à basse et à moyenne altitude par le tir de l'artillerie de D.C.A. éloignée. C'est pourquoi l'avion recourt presque exclusivement aujourd'hui aux attaques en piqué qui augmentent la précision et la sécurité du lancement, et contre lesquelles la seule arme efficace est la mitrailleuse ou le canon automatique à tir rapide de grande puissance de feu. La couverture du présent numéro représente un groupe de huit canons automatiques de 40 mm groupés sur un même affût pour constituer un des « pompom octuples » qui assurent maintenant la défense anti-aérienne rapprochée des bâtiments de combat de tous ordres. (Voir page 125 l'article sur la D.C.A. des navires.)

« La Science et la Vie », magazine mensuel des Sciences et de leurs applications à la vie moderne, rédigé et illustré pour être compris de tous. Rédaction, Administration, Publicité : actuellement, 22, rue Lafayette, Toulouse. Chèque postal : numéro 184.05 Toulouse. Téléphone 230-27.
Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays. Copyright by « La Science et la Vie », septembre mil neuf cent quarante et un. Registre du Commerce : Seine 116.654.
Abonnements : France et Colonies, un an : cinquante-cinq francs; six mois : vingt-huit francs.



T W 9074

L'AVANT DU NOUVEAU CORSAIRE OCÉANIQUE FOCKE WULF « KURIER »

Dérivé du quadrimoteur commercial transatlantique « Condor », le « Kurier » est un bombardier à grand rayon d'action et à vitesse élevée qui peut emporter une charge considérable de bombes. Il attaque les navires de commerce anglais à des distances énormes des côtes de l'Atlantique.

LA DÉFENSE DU NAVIRE CONTRE L'AVION

par André FOURNIER

Depuis 1918, le souci de la protection du navire contre l'avion a eu de graves répercussions sur la construction navale. Si la protection passive du navire contre les obus ennemis — protection qui absorbe sur les cuirassés 40 % de leur déplacement — oppose à la bombe d'avion des ponts blindés satisfaisants (180 à 200 mm sur les cuirassés), la protection active de ces navires est plus coûteuse à réaliser. Le problème a été résolu pour la défense éloignée en faisant tirer sous grand angle les pièces d'artillerie de défense contre torpilleurs. Ces pièces de fort calibre (120 à 150 mm) et de grande vitesse initiale (900 m/s) constituent une protection supérieure aux meilleurs matériels de D.C.A. terrestre, et interdisent à l'avion tout bombardement précis en vol horizontal. Mais l'avion sait varier ses méthodes d'attaque, et seules des armes automatiques, puissantes et à grand débit, peuvent espérer le détruire quand il attaque en piqué le navire. Ces armes, considérées il y a encore quelques années comme secondaires, sont en train de conquérir une place énorme sur les bâtiments de guerre ou de commerce. Comme elles ne protègent qu'une très faible zone autour d'elles, il faudra les multiplier, prévoir d'importantes soutes pour leurs munitions, des blindages pour les servants, et sacrifier certaines superstructures pour dégager leur champ de tir. L'aspect du navire s'en trouvera profondément modifié, ainsi que la répartition du poids disponible entre les divers éléments de sa puissance (blindage, artillerie, propulsion). Seuls les cuirassés de 60 000 tonnes que verront naître les prochaines années pourront sans doute, sans rien sacrifier de leurs moyens offensifs, résister à la menace de l'avion.

Le matériel de D.C.A. éloignée

A ses débuts, l'avion était si faible et l'artillerie de bord, forte de quatre siècles d'ancienneté, si puissante que la moindre adaptation d'une pièce de marine à grande vitesse initiale protégeait efficacement le navire contre les attaques aériennes. On le vit bien en 1914, lors de l'échec des bombardiers britanniques, malgré plusieurs centaines de tentatives, contre le croiseur allemand *Goeben*, échoué en rentrant à Constantinople.

La paix rétablie, le problème de la protection contre l'avion des navires à mettre en chantier se posa. C'était à peu près le seul problème nouveau que le constructeur naval eût à résoudre. Les stipulations des traités de paix, comme les clauses des accords internationaux qui suivirent, visaient en effet à éviter toute nouveauté en matière navale, et il suffit de comparer la situation actuelle des armements terrestres, navals et aériens pour constater qu'elles y réussirent fort

bien. Le *Hood* britannique a joué, sur mer, un rôle que le 155 G.P.F. et le Bréguet 14, ses contemporains, ont depuis longtemps cessé de jouer sur terre et dans les airs. Aussi ne s'étonnera-t-on point de constater que la question de la défense anti-aérienne des navires de combat ait été traitée avec le plus grand soin par les intéressés, ce qui n'excluait d'ailleurs pas quelque diversité jusqu'à ce que la tradition se fût établie.

Le record de la puissance défensive appartient sans aucun doute à la marine allemande, sur ses croiseurs de 6 000 t type *Königsberg* (1). L'aviation lui était interdite; le pont blindé se trouvait limité à une épaisseur faible par la fixation d'un déplacement presque deux fois moindre que celui alloué par l'accord de Washington aux croiseurs des marines alliées. La seule protection possible était l'artillerie; on y recourut abondamment. L'angle de pointage en hauteur des neuf pièces de 150 mm de l'artillerie princi-

(1) Il s'agit du *Königsberg*, du *Karlsruhe* et du *Köln*, entrés en service en 1927 et 1928.

pale, qui bénéficiaient de la protection d'un blindage épais, fut porté à 60° pour permettre le tir contre avions. Une artillerie spéciale, comprenant six pièces de 88 mm pouvant tirer presque jusqu'au zénith et comblant en particulier le cône mort des 150 mm, la complétait. Si l'on observe qu'il s'agit là d'une artillerie à très grande vitesse initiale, environ 900 m/s, et si l'on met en regard les performances et les méthodes d'attaque des bombardiers de l'époque, on doit conclure que jamais l'avion ne se trouva en présence d'un adversaire d'une telle puissance défensive; l'essai de lancement en vol horizontal à 3 000 m, par un hydravion à 180 km/h de vitesse au sol et 4 000 m de plafond à pleine charge, était une simple tentative de suicide.

A la longue, les divergences de conception s'atténuèrent, sans qu'on parvint toutefois, après vingt ans d'essais et d'examen comparatifs, à cette belle unité de vues qu'on peut observer dans l'armement principal, la protection ou la vitesse des plus récents navires de ligne.

Pour le cuirassé, la solution devait venir de la marine française, qui fut la première à introduire sur les *Dunkerque* le principe de l'unité d'armement de défense contre torpilleurs et contre avions. Simultanément, l'artillerie de défense contre avions bénéficiait de la protection jusqu'alors réservée à l'artillerie de défense contre torpilleurs. Le seul reproche qu'on pouvait faire à cette réalisation était la faiblesse du calibre de 130 mm, compromis entre celui de 138 mm que la marine française employait jusqu'alors contre torpilleurs et ceux de 100 à 127 mm qu'on jugeait suffisants contre avions. Sur les navires de ligne suivants, la marine française comme presque toutes les autres ont appliqué le même principe au calibre de 152 mm que l'on s'accordait à préférer pour la défense contre torpilleurs. Cependant, sur les *North Carolina* de 35 000 t qui entrent en service en 1941, la marine américaine ne tente même pas le compromis. Elle abandonne le 152 mm pour le 127 mm qui est son calibre de défense contre avions. Serait-ce un signe qu'on commence à juger que la menace de l'avion est plus grave que celle du torpilleur?

Sur les croiseurs, l'accord fut plus tardif. La marine française, qui avait commencé par une artillerie antiaé-

rienne de puissance faible avec les quatre canons de 75 mm des *Duguay-Trouin* de 8 000 t, releva progressivement le calibre et le nombre des pièces jusqu'à atteindre les douze canons de 100 mm de l'*Algérie*. La marine italienne choisit dès le début un armement de puissance considérable, avec les douze canons de 100 mm des *Trento*, portés à seize sur les *Zara*. La marine américaine préféra un calibre plus élevé, le 127 mm, installé en nombre assez faible, quatre seulement sur ses croiseurs de 10 000 t *Salt Lake City*; mais l'insuffisance de vitesse initiale qu'on peut attendre d'un tube de 25 calibres (1) seulement corrige fâcheusement la valeur élevée de ce calibre. La marine britannique admet le 102 mm, installé au nombre de huit sur les croiseurs *Kent*; à l'imitation de la marine allemande, elle releva l'angle de pointage en hauteur de l'artillerie principale de manière qu'elle pût tirer contre avions.

La discordance est encore plus accentuée sur les torpilleurs et contre-torpilleurs. On compta pendant longtemps sur la mobilité de ce type de bâtiment pour échapper à la bombe lancée en vol horizontal, ce en quoi on n'avait d'ailleurs pas tort. Un progrès considérable devait être l'œuvre de la marine américaine qui, sur le *Farragut*, mis en chantier en 1932, disposa les cinq pièces de 127 mm pour le tir contre avions et contre objectifs flottants. Il semble qu'en dehors de la marine allemande, les autres n'aient pas suivi rapidement cette initiative.

Ainsi, toutes les marines disposaient à la déclaration de guerre d'une artillerie de défense éloignée de puissance considérable, qui contrastait avec la faiblesse des calibres et des vitesses initiales des matériels en service à terre. Rarement deux problèmes identiques avaient été l'objet de solutions aussi différentes : à la veille de la répudiation par l'Allemagne des clauses militaires du Traité de Versailles et avant les enseignements de la guerre d'Espagne en matière de D.C.A., la marine française commandait, pour la défense des côtes, un matériel terrestre de 90 mm Schneider antiaérien à grande vitesse initiale, offert en vain aux services de la guerre (2); en août 1939, le seul matériel de défense éloignée qui entraînait

(1) C'est-à-dire dont la longueur du tube est égale à 25 fois son calibre.

(2) C'est ce matériel servi par le personnel de la marine qui fut expédié à Paris lors de l'alerte

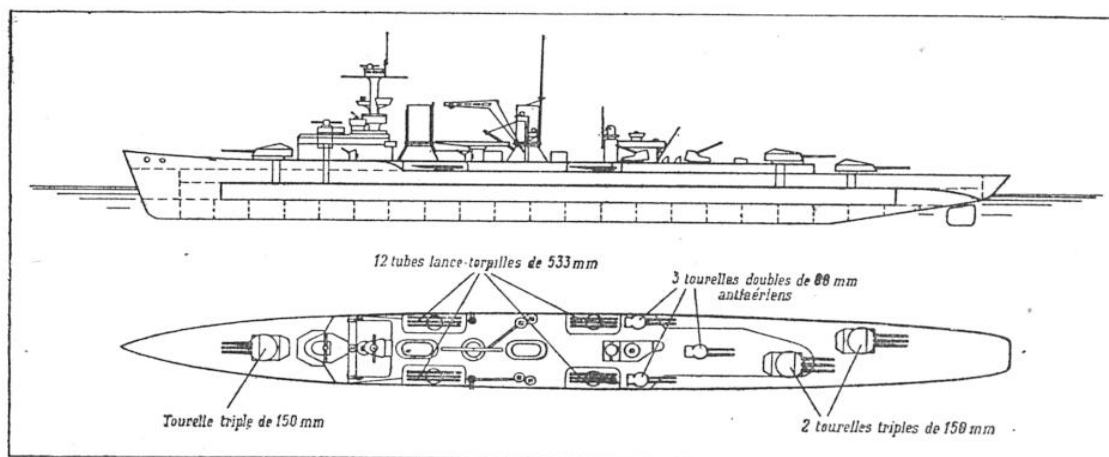


FIG. 1. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DE L'ARTILLERIE DU « KÖNIGSBERG »

Le Königsberg, mis en chantier en 1926, est le premier bâtiment d'une série de croiseurs de 6 000 tonnes particulièrement réussis. Du point de vue D.C.A. en particulier, ils représentaient, à l'époque où ils ont été conçus et où l'on n'envisageait pas encore l'attaque en piqué, un type de navire d'approche absolument impossible aux hydravions bombardiers de l'époque. L'artillerie principale, neuf pièces de 150 mm sous tourelles fortement protégées, peut tirer contre avions jusqu'à $+60^\circ$; elle est complétée par une artillerie de six pièces de 88 mm, pouvant battre l'angle mort en hauteur de l'artillerie principale. Mais, en dehors de la puissance qu'expriment ces chiffres et qui ressort mieux encore de la comparaison avec l'armement de D.C.A. des nombreux croiseurs de 10 000 tonnes construits à la même époque, des dispositions qui apparaissent à l'examen des plans et photos en améliorent beaucoup l'efficacité. Il est évident que tout le secteur arrière est particulièrement bien défendu contre avions, puisque les deux tiers de l'artillerie principale et la totalité de l'artillerie de 88 mm y sont réunis. Il semble paradoxal de soutenir que le secteur avant est encore mieux défendu; c'est cependant certain et cela tient au soin avec lequel on a reporté l'artillerie aux extrémités, supprimé la mâture arrière, réduit la mâture et les passerelles avant, pour dégager le champ de tir vers l'avant de l'artillerie arrière. C'est ce qui donne à ces croiseurs un aspect absolument différent des croiseurs contemporains des autres marines (noter en particulier l'exiguïté de la plage avant). Bien d'autres détails mériteraient étude, en particulier le resserrement en largeur et en longueur des six pièces de 88 mm sous masque, qui met dans presque toutes les directions les servants de ces pièces à l'abri du scuffle des pièces voisines tirant sous angle faible ou moyen.

en service pour la D.A.T. et la D.C.A. aux armées était encore en France un 75 mm à vitesse initiale modérée.

La défense rapprochée contre avions

L'attaque à basse altitude en semi-piqué avait été inaugurée de 1914 à 1918 contre le matériel naval. Le tir à la mitrailleuse sur les vedettes ou les bâtiments de garde des barrages, le lancement de bombes sur les sous-marins naviguant en surface ou en demi-plongée, l'attaque à la torpille, étaient autant d'opérations dont dérivent directement les méthodes aujourd'hui générales d'attaque à basse altitude; il ne manquait aux appareils de 1914-1918 qu'une vitesse trois fois plus grande pour réussir aussi bien qu'en 1940.

L'importance de la défense rapprochée ne fut vraiment comprise qu'à partir de

1930 environ, lorsque certaines aviations navales entreprirent de faire de l'attaque en piqué leur mode d'action général contre tout navire de guerre. Il fallut assez longtemps pour que la menace fût prise au sérieux; plus longtemps encore pour établir et monter sur les navires en construction ou en service les nouvelles armes. On remplaça la mitrailleuse d'infanterie par la mitrailleuse lourde de calibre voisin de 13 mm, dont le projectile avait l'avantage de conserver beaucoup mieux sa vitesse jusqu'aux distances probables de lancement des bombes ou des torpilles. On compléta cette arme par un canon automatique tirant un projectile explosif à fusée percutante, et comme on était beaucoup moins gêné par le poids qu'à terre, on élimina en général les calibres de 20 à 25 mm, pour passer à ceux de 37 à 40 mm, qui réunissaient à la fois les qualités balistiques et la puissance de destruction.

D'accord, quoique assez tardivement,

de septembre 1938, comme à la déclaration de guerre.

sur le choix des armes, les marines se distinguèrent par la quantité qu'elles acceptèrent d'embarquer, et qui mesurait le degré d'importance qu'elles accordaient à la menace de l'avion torpilleur ou du bombardier en piqué.

Sur le navire de ligne, il faut reconnaître que la marine britannique apprécia beaucoup plus justement l'importance de l'attaque à basse altitude qu'elle n'avait apprécié celle du lancement en vol horizontal à moyenne ou grande altitude lors du choix de l'armement d'un *Nelson*. Avec leurs canons automatiques de 40 mm, les *King George V* sont vraiment des objectifs d'approche difficile à faible distance. Le tableau 1 donne le détail de l'armement rapproché des autres navires de ligne récents, tel du moins qu'il était publié en 1939.

Les croiseurs et les bâtiments légers furent en général beaucoup plus mal partagés. Pour les bâtiments en service, et en particulier pour les croiseurs de 10 000 t armés de 203 mm, dont l'époque brillante était à peu près terminée au moment où l'on commençait à entrevoir le danger de la menace aérienne à basse altitude, cela s'explique par la difficulté et le coût d'une refonte de l'artillerie de défense. Au milieu de superstructures qui n'ont pas été étudiées pour cette installation, les emplacements convenables pour l'artillerie de défense rapprochée sont rares; ils sont déjà occupés par l'artillerie de défense éloignée, les grues, les catapultes. Le problème des soutes à munitions est difficile; il faut beaucoup de place sous le pont blindé pour loger les caisses à cartouches et les tubes de rechange que consommera un affût octuple de 40 mm soumis pendant une journée entière aux attaques répétées des bombardiers en piqué. Aussi se borna-t-on le plus souvent à maintenir en état ou à renforcer légèrement l'artillerie de défense rapprochée des croiseurs en service; c'est certainement là l'explication de la faible défense des trois croiseurs type *Zara* dont la conception remonte à 1928, et qui durent affronter pendant toute une journée les escadrilles de la R.A.F. Les croiseurs de la classe B construits de 1931 à 1939 n'eurent eux-mêmes qu'un armement de défense rapprochée assez modeste, dont le détail est donné dans le tableau 2, et qui pêche le plus souvent autant par la disposition que par l'insuffisance numérique globale.

Les bâtiments légers, contre-torpilleurs, torpilleurs, escorteurs..., jusqu'aux vedettes à moteurs, furent plus mal lotis encore. Sur les navires en service, la refonte de l'armement prêtait aux mêmes objections que pour les croiseurs, aggravées encore par l'exiguïté des volumes disponibles. L'affût octuple de 40 mm, avec les munitions qui lui seraient indispensables, n'est pas une arme qui puisse trouver place dans ce que l'appareil propulsif d'un contre-torpilleur de 2 500 tonnes à 44 nœuds laisse disponible aux extrémités, surtout si l'on a la prétention d'y loger concurremment une artillerie puissante contre objectifs flottants. Aussi l'armement des nombreux bâtiments légers en service ou en chantier avant la menace de l'attaque rapprochée fut-il le plus souvent maintenu en état. La conception des bâtiments ultérieurs se borna à l'utilisation du disponible sans qu'aucun sacrifice fût consenti sur les autres qualités militaires; il ne pouvait en résulter aucun progrès sérieux. C'est incontestablement à cette déficience de l'armement rapproché que l'on doit rapporter l'hécatombe de bâtiments légers observée au cours de la guerre de 1939, et même, au début, à une époque où la tactique de l'attaque à basse altitude était encore très imparfaite.

LES PREMIERS ENSEIGNEMENTS DE LA GUERRE

Bien que l'évolution de la lutte entre l'avion et le navire puisse encore réserver quelques surprises, il est permis de dégager dès maintenant les principaux enseignements en matière de défense anti-aérienne, qui se sont imposés avec une évidence croissante au cours des opérations.

Le rôle modeste de la D.C.A. éloignée

En construction navale, comme en construction aérienne ou militaire, l'importance d'un facteur se mesure à la fraction du tonnage de l'engin qu'on lui attribue. Selon ce critère, l'artillerie de défense éloignée avait retenu l'intérêt principal. Il se trouve que, comme à terre et pour les mêmes raisons, sa faillite est presque complète.

Que l'artillerie de défense éloignée des navires fût capable d'interdire un lancement en vol horizontal à une altitude où ce lancement conservait des chances

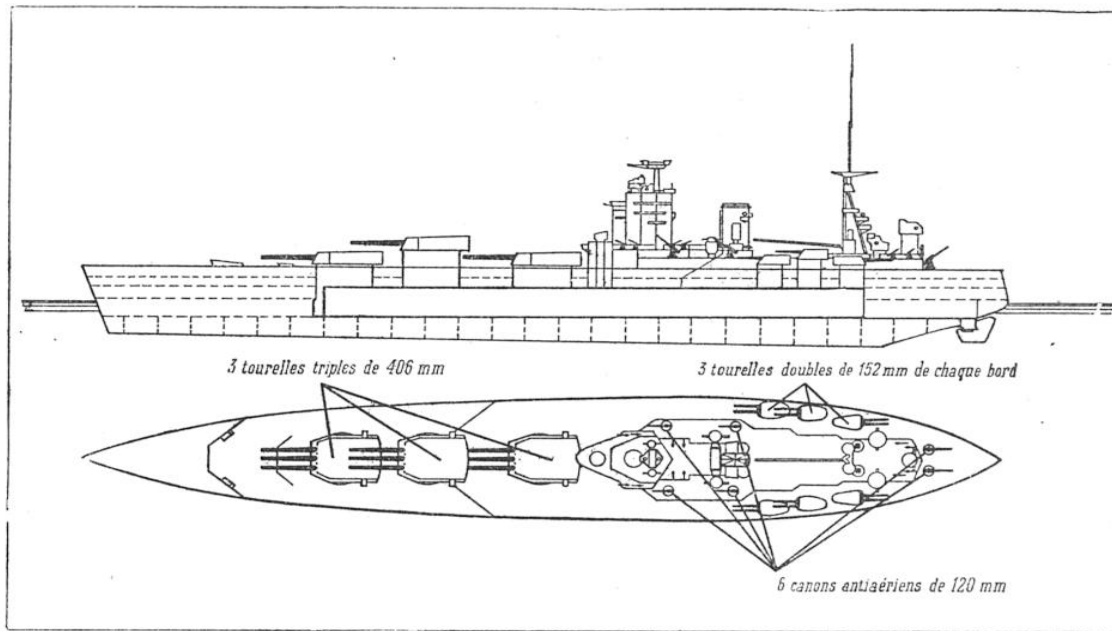


FIG. 2. — DISPOSITION SCHEMATIQUE DE L'ARTILLERIE DU « NELSON »

Le Nelson, lancé en 1925, possède une artillerie de défense éloignée composée des six tourelles doubles de 152 mm tirant jusqu'à $+60^\circ$, et de six 120 mm spécialisés en D.C.A. pour battre l'angle mort en hauteur des 152 mm. Si on compare la disposition de cette artillerie de défense à celle des Königsberg (voir fig. 1), on doit noter l'infériorité sérieuse de la disposition du Nelson. Comme sur le Königsberg, la presque totalité de l'artillerie pouvant tirer contre avions est groupée à l'arrière, l'immense plage avant du Nelson (« the biggest in the world ») étant entièrement réservée à l'artillerie principale; le secteur arrière est donc assez bien défendu, assez bien seulement, car la mâture arrière crée des secteurs morts que ne manqueraient pas d'utiliser les avions. Mais la défense vers l'avant est très compromise par la présence de la tour, reportée vers l'arrière pour ne pas gêner le tir vers l'arrière de l'artillerie principale, et de la cheminée, éloignée de la tour pour que la fumée ne gêne pas les vues des télépointeurs. Si les avions attaquaient exactement dans l'axe, toutes les pièces seraient battantes; mais ils ne manqueront pas de se présenter à 20° ou 30° de l'axe, tous du même bord, ce qui mettra hors de jeu la moitié de l'artillerie de défense éloignée. Malgré un déplacement presque six fois plus élevé, un Nelson n'aurait donc à opposer à une attaque en vol horizontal qu'une artillerie de puissance voisine de celle d'un Königsberg. On notera également la disposition assez malheureuse des pièces de 120 mm, dont l'écartement entre elles, et par rapport aux 152 mm, les place fréquemment sous le souffle les unes des autres.

de succès, c'était bien évident pour qui consentait à analyser les facteurs de l'efficacité de l'artillerie dans une telle mission, importance du calibre, importance de la vitesse initiale. La démonstration en a été donnée au cours d'une des rares attaques de ce genre qui aient été tentées contre une flotte à la mer, lorsque, à l'automne 1939, la Home Fleet entreprit de renouveler en mer du Nord ses croisières de 1914-1918; l'attaque à la bombe, en vol horizontal à moyenne altitude, par des forces importantes de l'aviation navale allemande, n'obtint d'autre résultat que des pertes sérieuses de l'assaillant, sans qu'aucun navire fût atteint. La démonstration n'eut pas à être renouvelée; la Home Fleet jugea prudent de renoncer à ce genre d'activité, et la

marine allemande comprit l'intérêt des « Stukas » de la Luftwaffe et de leurs méthodes d'attaque. Au reste, était-il besoin d'une telle leçon après les échecs répétés du lancement en vol horizontal au début de la guerre d'Espagne, lorsque des navires aussi peu manœuvriers et aussi mal défendus qu'un paquebot non armé parvenaient à échapper aux bombes d'un adversaire aérien, au cours de ses passes successives à altitude décroissante?

Mais le succès même de son artillerie de défense éloignée était la condamnation du navire qui la portait. Lorsque le lancement en vol horizontal à 4 000 m sur objectif de faible étendue lui est interdit par une batterie de pièces de 88 mm ou de 94 mm, le bombardier choisit, à terre, un autre objectif mieux adapté à

Navires	Déplacement	Année de lancement	Armement de défense éloignée	Armement de défense rapprochée
Dunkerque (F)...	26 500	1935	XVI 130	IV 47 + VIII 37 + XXXII mt
Scharnhorst (A)...	26 000	1936	XII 150 + VI 105	?
Nelson (G-B)...	33 500	1925	XII 152 + VI 120	IV 47 + VIII 40 + XV mt
North Carolina (E-U).....	35 000	1939	XX 127	?
Vittorio Veneto (I).....	35 000	1937	XII 152 + XII 90	XL mt

TABLEAU I. — L'ARMEMENT DE D.C.A. DES CUIRASSÉS

Ce tableau donne telle qu'on la connaissait en 1939 la composition de l'armement de défense éloignée et rapprochée des cuirassés tête de série des marines française, allemande, britannique, américaine et italienne. Les pièces de 152 mm du Nelson ne tirent contre avions que jusqu'à + 60°.

ses moyens, et incendie les villes en se tenant entre 8 000 et 12 000 m d'altitude. Contre le navire au large, le bombardier n'a pas cette ressource; il change de méthode d'attaque, et le lancement en piqué lui permet d'échapper complètement à l'artillerie qui le descendait à coup sûr lorsqu'il lançait en vol horizontal à moyenne altitude.

C'est qu'en effet l'artillerie de défense éloignée a un défaut grave. Elle empêche bien le lancement par un avion opérant à 3 000, 5 000, 8 000 m même, si on le combat avec des pièces de 150 à 203 mm à 900 m/s de vitesse initiale. Mais, quelle que soit leur puissance, les matériels de défense ne peuvent interdire l'approche entre 8 000 et 3 000 m d'un avion auquel sa mission n'impose pas la route rectiligne à vitesse constante qui est à la base des

calculs des postes centraux de D.C.A. comme des viseurs de bombardement. Combinant les virages, les piqués, les ressources au cours de manœuvres de dérobement sous accélération croissante à mesure qu'il se rapproche, l'avion ne risque guère que le coup de hasard, celui qui est destiné au coéquipier qui, à deux kilomètres de là, exécute sa marche d'approche suivant les mêmes principes. Sous sa cuirasse de blockhaus, le marin se flatte d'interdire l'approche de son navire hérissé de canons énormes. Il se faisait illusion; l'artillerie de D.C.A. terrestre, plus modeste, surtout à l'époque où elle ne pensait pas que l'avion s'en prendrait un jour à elle-même, n'avait pas cette prétention. « Lorsque l'avion se défend (sous-entendu par sa manœuvre de dérobement), enseignait le règlement français, le commandant du tir interrompt le feu et attend que l'avion ait repris une marche régulière. » Mais si l'abstention est une politique permise à terre, où la destruction de l'objectif laisse le plus souvent intacte la batterie de D.C.A. qui le

défend, la sanction de l'impuissance est plus grave à bord où les canons et leurs servants suivent le sort du navire. Les pertes répétées par attaque à basse altitude des navires britanniques où l'on avait remplacé l'artillerie principale par une artillerie apte au tir simultané contre objectif flottant et aérien et que l'on

Navires		Déplacement	Année de lancement	Armement de défense éloignée	Armement de défense rapprochée
Classe A	Duquesne (F)....	10 000	1925	VII 75	VIII 37 + XII mt
	Suffren (F).	10 000	1928	VIII 90	VIII 37 + XII mt
	Algérie (F).	10 000	1932	XII 100	VIII 37 + XVI mt
	Deutschland (A)..	10 000	1931	VIII 150 + VI 88	VIII 37 + X mt
	Kent (G-B).....	10 000	1926	VIII 102	IV 47 + 16 mt
	Salt Lake City (E-U).....	9 000	1929	IV 127	II 47 + VIII 25
	Trieste (I).....	10 000	1926	XII 100	IV 40 + XII mt
Nachi (J).....	10 000	1927	VI 120	VIII 47 + II mt	
Classe B	La Galissonnière (F).....	7 600	1933	VIII 90	VIII mt
	Koenigsberg (A)..	6 000	1927	VI 88	VIII 37 + VIII mt
	Leander (G-B). ..	7 140	1931	VIII 102	XVI pièce légère
	Giovanni delle Bande nere (I).	5 069	1930	VI 100	VIII 37 + VIII mt

TABLEAU II. — L'ARMEMENT DE D.C.A. DES CROISEURS

Ce tableau donne la composition en 1939 de l'armement de défense éloignée et rapprochée des croiseurs tête de série des marines française, allemande, britannique, américaine, italienne et japonaise. L'armement de défense rapprochée a certainement été accrue dans la plupart des marines pour tenir compte des enseignements de la guerre actuelle.

avait qualifiés de « croiseurs de D.C.A. » ou de « torpilleurs de D.C.A. », en sont l'exemple le plus probant. Les *Zara* et leurs seize canons de 100 mm n'ont d'ailleurs pas fait mieux.

Ainsi le rôle de cette puissante artillerie de défense éloignée est celui des « utilités » du théâtre classique. Il est indispensable qu'elles soient là, sans quoi on s'apercevrait vite que quelque chose cloche; ce serait en l'espèce le retour au lancement horizontal de tout repos vers 3000 m par des escadres nombreuses. Mais ce sont encore les seules vedettes — les armes de la défense rapprochée — qui décident du succès ou de l'échec de la pièce.

La défense rapprochée et sa puissance de feu

En s'en rapportant aux difficultés qu'une vague d'infanterie éprouve à franchir le barrage d'une mitrailleuse, on a fréquemment tendance à s'exagérer l'efficacité du feu; en matière de D.C.A., la mitrailleuse n'est une arme dangereuse qu'à condition de réunir beaucoup de mitrailleuses et de tirer pendant longtemps. On se plaignait des dépenses effrayantes de munitions de la guerre de 1870, où l'on avait découvert qu'il fallait son poids de plomb pour tuer un homme. Ne voit-on pas présenter aujourd'hui des photographies d'avions allemands auxquels un début de protection permet de rentrer dans leurs lignes après que sept cents balles ont traversé leur voilure?

Quand il s'agira, non plus de combats aériens où la majorité des tirs s'exécutent entre 50 et 100 m, mais du duel entre un navire et un bombardier en piqué qui ne se présentera guère qu'entre 1000

et 500 m, on doit se persuader que la présence à bord d'une mitrailleuse d'infanterie ou d'une mitrailleuse de 13 mm, dont la cadence varie de 700 coups par minute pour l'arme légère à 450 coups par minute pour l'arme lourde et dont la vitesse pratique de tir, tenu compte du remplacement des chargeurs, est deux fois plus faible, n'est qu'une simple protection « morale ». Elle donne à l'équipage novice la sensation de n'être pas

Navires	Déplacement	Année de lancement	Armement de défense éloignée	Armement de défense rapprochée
Jaguar (F).....	2 126	1923		VIII 13,2
Guépard (F). ...	2 436	1928		IV 37
Léone (I).	1 526	1923		II 40 + II mt 6,5
Vivaldi (I).	1 628	1929		IV 37 + VI mt 13 + II mt 6,5
Bourrasque (F). .	1 319	1925		II 37
Leberecht Maas (A).	1 625	1935		IV 37
Codrington (G-B).	1 540	1929		II 40 + V mt
Farragut (E-U). .	1 500	1934	V 127	VIII mt
Curtatone (I)....	966	1922	II 76	II mt 6,5
Kamikaze (J). ..	1 270	1922		II mt

TABLEAU III. — ARMEMENT DE D.C.A. DES CONTRE-TORPILLEURS ET TORPILLEURS

Le tableau ci-dessus donne, d'après les annuaires récents d'avant-guerre, la composition de l'armement de défense éloignée et rapprochée de quelques contre-torpilleurs et torpilleurs tête de série des marines française, allemande, britannique, américaine, italienne et japonaise. Les quatre premiers de la liste sont des « contre-torpilleurs » français ou navires similaires; les six autres sont voisins de nos « torpilleurs ». On notera la faiblesse extrême de cet armement, d'autant plus insuffisant que des superstructures développées en réduisent beaucoup le champ de battage; les *Farragut* font seuls exception. Les pertes élevées en torpilleurs depuis le début des opérations ont conduit toutes les marines à augmenter considérablement cet armement de défense; le tableau précédent ne doit être consulté que pour indiquer la conception de l'armement de D.C.A. lors de la construction du type de navire.

entièrement désarmé; elle n'accroît pas sensiblement le risque de l'assaillant, auquel il faut une forte dose d'imprudence ou de malchance pour se faire descendre.

L'expérience de la guerre montre que des armes très supérieures en puissance, en cadence et en nombre ne suffisent pas à défendre un navire contre l'attaque à basse altitude d'avions opérant en groupe. Au début de l'attaque des navires par l'aviation, pendant l'hiver 1939-1940, des chalutiers britanniques armés de quelques mitrailleuses réussirent à descendre des avions imprudents. Mais, dans l'état actuel des performances et de la tactique de l'attaque en groupe des navires, le minimum d'armement pour une défense rapprochée efficace est très élevé. On a suffisamment d'exemples pour effectuer une détermination statis-

tique de la valeur de ce minimum. Le nombre considérable de torpilleurs français et britanniques perdus, les quelques torpilleurs allemands et italiens qui subirent le même sort, prouvent l'insuffisance de l'armement tel qu'on le concevait en septembre 1939 sur ce type de bâtiment. Le croiseur résiste mieux, mais encore assez mal; il est fréquemment touché, coulé de temps à autre comme le *Southampton*, assez gravement avarié pour être achevé par les cuirassés, comme ce fut le cas des *Zara*. Le porte-avions ancien résiste mal; le porte-avions moderne, comme l'*Illustrious*, résiste beaucoup mieux; cela tient, sans aucun doute, aux 48 armes de défense rapprochée, dont les deux tiers en canons automatiques de 40 mm, et au dégagement des superstructures de ce type de navire. Le cuirassé moderne, hérissé d'affûts octuples de 40 mm, n'est pas lui-même parfaitement à l'abri, mais les cuirassés britanniques arrivent à faire tant bien que mal leur métier d'escorteurs, même s'ils encaissent une bombe ou une torpille de temps à autre. Les cuirassés italiens, dont l'armement défensif est apparemment plus faible, résistent moins bien : un *Littorio* est coulé à Tarente; un *Vittorio-Veneto* peut cependant rentrer après torpillage en mer Ionienne (1).

Ainsi, sur un grand bâtiment, cinquante armes puissantes ne sont pas de trop aujourd'hui; combien faut-il attendre pour que ce chiffre doive être porté à cent ou cent cinquante? Et il ne suffit pas d'armes légères; un canon automatique Bofors de 40 mm pèse plus qu'un 75 mm de campagne.

Quelles seront ces armes?

Sur les navires dont la vitesse et la mobilité apportent à la défense un appoint suffisant pour que l'avion soit obligé de s'engager à très faible distance — il n'y a guère dans ce cas que la vedette à moteurs — la mitrailleuse de même calibre que la mitrailleuse d'infanterie suffit. Mais la cadence de celle-ci ne convient guère; la mitrailleuse type aviation à 1300 ou 1500 coups par minute supplée avantageusement deux mitrailleuses d'infanterie à 600 ou 700 coups par minute. Le mode de chargement spécial aux mitrailleuses d'aviation, chargeurs ou bandes garnis à plusieurs cen-

taines de coups, est non moins avantageux; il élève la vitesse pratique de tir au niveau de la cadence pendant la durée de l'attaque, quand la mitrailleuse à chargeurs de faible contenance a une vitesse pratique de tir qui ne dépasse guère la demi-cadence. Enfin, l'affût multiple est de rigueur. Le jumelage ou le « trumelage » quelquefois employé à terre, doivent faire place à l'affût quadruple, celui des tourelles des gros bombardiers de la R.A.F. comme celui des vedettes à moteurs de la marine britannique. Sous cette forme, les huit mitrailleuses de petit calibre des vedettes employées à la protection des convois, qui ont la puissance de feu totale de trente-deux mitrailleuses du type de celles qu'on délivrait aux navires de commerce pendant l'hiver 1939-1940, et qui n'ont à être employées que contre avion à très faible distance (ce n'était pas le cas des navires de commerce), sont une protection acceptable.

Sur grand navire, il faut absolument passer à la seule arme dont le projectile ait les qualités balistiques voulues pour que sa chute de vitesse sur les premiers 1500 mètres de trajectoire soit faible : la mitrailleuse de 13 mm et le canon automatique de 37 à 40 mm dont les caractéristiques balistiques sont voisines. La mitrailleuse de calibre voisin de 13 mm a en outre l'avantage d'une puissance de perforation notable, qui sera de plus en plus indispensable contre des avions qui peuvent protéger efficacement leur personnel et leurs organes principaux contre les balles de calibre voisin de 8 mm. Le canon automatique de 37 à 40 mm tire un projectile explosif de qualités balistiques légèrement supérieures à celui de la balle de 13 mm; il a l'avantage que, dans l'état actuel de la protection des avions, une seule atteinte fait de gros dégâts; au contraire, un avion moderne peut encaisser un très grand nombre de balles de 13 mm, et un assez grand nombre de projectiles de 20 à 25 mm, sans être contraint d'atterrir.

Mitrailleuse lourde et canon automatique se complètent d'ailleurs très bien d'un autre point de vue. La vitesse croissante des avions, dont on n'éprouve généralement plus le besoin de réduire la vitesse de piqué par frein aérodynamique, exposerait une défense composée uniquement de canons de 37 à 40 mm au risque d'un franchissement de sa zone d'action efficace, l'avion prononçant en-

(1) Voir *Les enseignements de la bataille de la mer Ionienne* dans le numéro 286 de juin 1941 de *La Science et la Vie*.

suite son attaque à une distance plus faible où la maniabilité d'armes de ce calibre serait insuffisante pour le combatte efficacement. L'artillerie de défense rapprochée doit éviter la mésaventure de l'artillerie de défense éloignée.

Les armes automatiques lourdes ont une puissance de feu qu'on aurait tort d'estimer d'après leur seul calibre. Elles tirent à des vitesses initiales voisines de 900 m/s, alors qu'un matériel d'artillerie de campagne, même à tir tendu, dépasse rarement 600 m/s; leur cadence varie de 450 à 150 coups/minute, suivant le calibre, alors que celle d'un matériel comme le 75 mm de campagne, ne dépasse pas 25 coups/minute, et celle des matériels semi-automatiques de petit calibre (25, 37 et 47 mm antichars par exemple) 40 coups/minute; en raison de la faible durée des passes d'attaque, la vitesse pratique de tir est d'ailleurs voisine de la cadence, pour les calibres de 37 à 40 mm, même s'ils sont alimentés par chargeurs; le projectile tiré par les armes de défense rapprochée est plus lourd, eu égard au calibre, que celui des pièces de campagne, surtout s'il s'agit de balles pleines. Tenu compte de tous ces facteurs, on trouve que la puissance d'un canon automatique de 40 mm, évaluée en kilogrammètres par seconde à la bouche, est trois fois plus élevée environ que la puissance d'un canon de 75 mm de campagne modèle 1897. On ne s'étonnera pas, dans ces conditions, que le premier soit plus lourd que le second et l'on appréciera mieux le sacrifice consenti en faveur de la défense contre avions sur des bâtiments où l'on réunit trente à quarante armes de cette puissance.

Un autre aspect de cette nécessité d'une puissance de feu énorme est le poids des munitions et la difficulté de leur logement à bord. Le poids de l'arme est lié, en première approximation, à la puissance de chaque coup pris individuellement; il reste le même, que la cadence soit forte ou faible. Mais le poids des munitions dépend directement de la puissance telle que nous venons de l'envisager. Le canon automatique de 40 mm à 180 coups/minute tire 180 kg de projectiles à la minute, pendant que le canon de D.C.A. de 100 mm à 18 coups/minute en tire 250 kg et que le canon de 120 mm que le torpilleur emploie contre objectifs flottants n'en tire, à 12 coups/minute, pas plus de 310 kg. Si l'on veut pouvoir

soutenir 30 minutes de feu continu à cadence maximum, ce qui n'est pas exagéré lorsqu'une division de croiseurs doit repousser toute une journée les escadrilles de bombardiers en piqué multipliant les attaques ou les feintes d'attaque, il faudra affecter à chacune de ces armes des soutes d'importance comparable. On

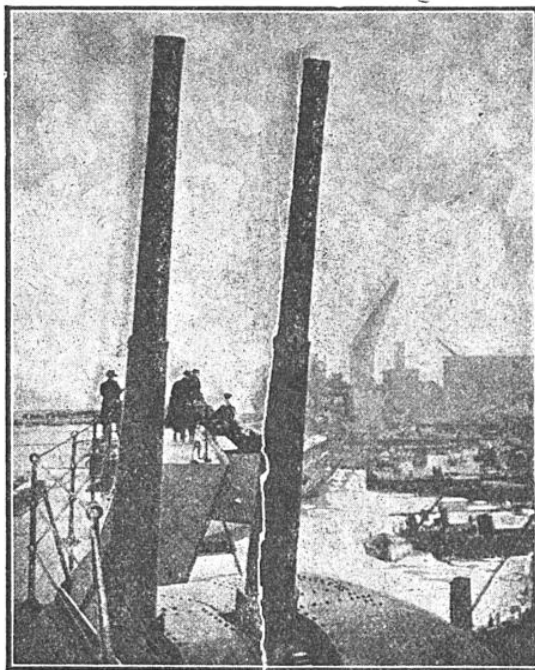


FIG. 3. — UN AFFÛT DOUBLE DE 114 MM DU PORTE-AVIONS « ARK ROYAL »

Sur l'Ark Royal, tête de série des porte-avions britanniques récents, toute l'artillerie est antiaérienne; les pièces de 114 mm de défense éloignée sont placées sur l'avant et l'arrière du bloc tribord cheminée-passerelles; elles sont disposées en encoffrement, légèrement au-dessous de la plate-forme, pour ne pas gêner l'atterrissage; elles ont une protection légère contre les balles de mitrailleuses et les éclats.

y parvient aisément pour l'artillerie de défense éloignée, sur les torpilleurs ou les croiseurs dits « de D.C.A. », en fusionnant les soutes et les stocks de munitions (avec une fusée à double effet percutant et fusant), comme on a fusionné les pièces. Mais la question se pose tout différemment pour leur armement de défense rapprochée, et l'on n'est pas près de trouver la solution de la multiplication des affûts octuples de 40 mm à bord des bâtiments légers sans un bouleversement complet de leur conception.

Ajoutons enfin une dernière exigence,

moins difficile toutefois à satisfaire : la multiplication des tubes de rechange dont plusieurs sont nécessaires pour tirer un approvisionnement de munitions de cette importance à des vitesses de l'ordre de 900 m/s.

La protection de l'artillerie de D.C.A.

La protection d'une artillerie de défense est une extrémité à laquelle on se

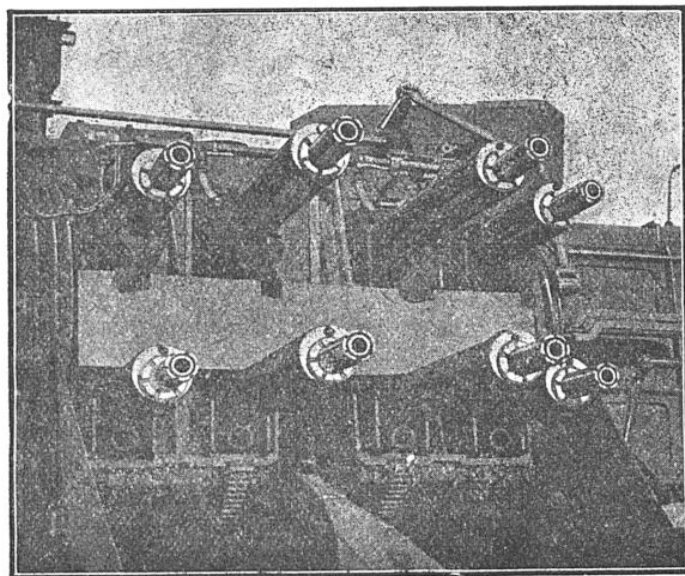


FIG. 4. — AFFÛT OCTUPLE DE CANONS DE 40 MM

L'affût octuple est le maximum réalisé jusqu'ici, et a été employé pour la première fois dans la marine britannique. Dans l'état actuel de la conception des navires de guerre, il n'est utilisable que sur les grands bâtiments, seuls capables de transporter l'énorme tonnage de munitions qu'il aurait à débiter au cours d'une attaque de longue durée.

résigne difficilement à bord. Passe pour l'artillerie « principale », celle qui est destinée à combattre le navire similaire ; cette artillerie est la raison d'être du bâtiment, et des expériences fâcheuses comme celles des croiseurs légers allemands de 1914, à coque fort bien protégée, et qui furent aisément coulés à faible distance lorsque leur artillerie, sans aucune protection, eut été mise hors de combat, viennent le rappeler de temps à autre. La marine allemande n'a pas renouvelé l'erreur sur les croiseurs construits depuis 1918.

L'artillerie de défense contre torpilleurs a dû attendre la guerre russo-japonaise pour recevoir une protection. Des cuirassés russes, où cette artillerie installée dans les hauts ou même dans les

hunes, avait été balayée avec les superstructures par le feu des grosses pièces japonaises, et dont le caisson blindé et les œuvres vives étaient restés intacts, furent aisément coulés ensuite par les torpilleurs qui s'en approchaient sans risque à quelques centaines de mètres. Ce fut l'origine des « batteries » d'artillerie de défense recouvertes par une cuirasse mince d'œuvres mortes, remplacées plus tard par des tourelles à champ de tir plus étendu.

Il fallut attendre le *Dunkerque* et les navires de ligne qui lui succédèrent pour que l'intégralité de l'artillerie de défense éloignée bénéficiât de la protection accordée à l'artillerie de défense contre torpilleurs avec laquelle on la confondait (1). Y avait-il dans cette disposition une intention préméditée de protéger l'artillerie de défense contre avions ? Très probablement non, car on oublia entièrement l'artillerie de défense rapprochée, et l'on voit encore, en 1941, les services de propagande britannique distribuer des photographies d'affûts octuples qu'entourent un grand nombre de servants offrant leurs poitrines aux balles de mitrailleuses des avions. La protection de l'artillerie de D.C.A. du navire de ligne a donc abouti à ce résultat inattendu que la

défense éloignée, inutile, est à l'abri sous des blindages de tourelles, et que la défense rapprochée, la seule efficace, en est réduite au casque type infanterie.

Le résultat était inévitable. Il apparut aux premières tentatives d'armement contre avions des navires de commerce. Le bombardier commençait à balayer à la mitrailleuse le pont et spécialement le personnel de défense ; il pouvait ensuite arroser à son gré le bâtiment de bombes. Le dernier état de cette tactique nous a été donné à l'attaque des cuirassés ita-

(1) Sur les *Nelson*, seuls les douze canons de 152 mm, dont l'angle de pointage a été relevé à +60° pour le tir simultané contre avions et contre torpilleurs, sont protégés. Les six canons de 102 mm spécialisés dans la D.C.A. éloignée ne le sont pas.

liens à Tarente. Les bombardiers ont commencé par lâcher leurs bombes sur les navires, et se sont transformés ensuite en chasseurs de protection des torpilleurs qu'ils défendaient de leurs mitrailleuses pendant que ceux-ci lançaient leurs engins. Que des convois puissent passer en Méditerranée sous l'escorte de cuirassés ainsi défendus s'explique probablement par la capacité des réserves de l'Amirauté britannique en personnel canonnier.

Le blindage est un complément essentiel de l'arme de D.C.A. Les marines qui ont choisi la mitrailleuse du fantassin et son casque pour la défense de leurs navires n'ont pas fait preuve de beaucoup plus de compréhension du rôle de la cuirasse que la plupart des armées; il y a des années que l'Allemagne expose des chars avec armes de D.C.A. sous blindage pour la défense des « Panzerdivisionen » contre les attaques de l'aviation d'assaut. Malgré la difficulté de protection de l'avion, la Luftwaffe fait, elle aussi, appel au blindage pour préserver ses mitrailleurs; c'est un signe que le problème de la protection de l'arme de défense ne doit pas être insoluble à bord d'un navire.

Les limites de capacité de l'artillerie de D.C.A.

Les flottes de guerre ou les convois sont des exemples complexes de navires spécialisés dont l'appui mutuel avait suffi jusqu'à présent à les défendre contre tout adversaire concevable.

Précédée de ses forces d'éclairage et de ses dragueurs, accompagnée de ses porte-avions, entourée de croiseurs légers, de contre-torpilleurs et de torpilleurs, une escadre de ligne pouvait défier toutes les menaces purement navales, celle du navire de ligne comme de la vedette, du sous-marin comme du navire de surface, de la mine comme de la torpille. N'est-ce pas ainsi que les convois britanniques franchissaient la Méditerranée, avec leur escorte de croiseurs de bataille, de porte-avions, de croiseurs légers et de destroyers?

Lorsque la menace aérienne contre le navire de guerre et le navire de commerce se précisa, on ne manqua pas d'étendre cette conception à leur protection par des navires spéciaux, les « croiseurs de D.C.A. », que les exigences de la guerre amenèrent très rapidement à transformer en « torpilleurs de D.C.A. », qui sa-

crifient le confort, la tenue à la mer et le pont blindé, puis en simples « corvettes » qui sacrifient la vitesse et ne conservent que l'armement de ce type de navire.

L'expérience de la guerre ne leur a pas été favorable. Le croiseur de D.C.A. *Curlaw*, envoyé sur les côtes de Norvège, y resta sous les bombes des « Stukas »; deux torpilleurs de D.C.A., le *Valentine* et le *Whitley*, envoyés dans l'estuaire de l'Escaut du 15 au 20 mai 1940, y furent coulés de même (1). Il semble bien que, avant d'entreprendre de protéger contre l'aviation les autres types de navires, les bâtiments spécialisés en D.C.A. auront besoin, comme les batteries de D.C.A. à terre, de se protéger un peu mieux eux-mêmes.

Ces résultats ne tiennent, au fond, qu'à la part respective attribuée, sur ce type de navire, à la protection éloignée et à la protection rapprochée. On a cru qu'il suffisait, pour faire un bâtiment de D.C.A., de transformer son artillerie principale en l'adaptant au tir contre avions, et d'ajouter quelques armes de défense rapprochée. Celle-ci est insuffisante; celle-là, presque inutile, est surabondante. Lorsqu'on montera sur un croiseur de D.C.A. une défense rapprochée comparable à celle d'un *King George V*, et qu'on la complètera par un pont blindé et une cloison pare-torpilles de même efficacité que sur ce cuirassé, on ne doute pas que ce genre de navire parvienne à se protéger lui-même.

Pourra-t-il protéger les autres? C'est une autre question. Toute l'efficacité du tir de défense rapprochée tient à ce qu'il s'exécute au moment où l'avion, lançant sa bombe ou sa torpille, suit pendant quelques secondes un élément de route en direction approchée du tireur. Il n'y a alors aucune difficulté de pointage; l'arme reste fixe. Il n'y a pas davantage de difficultés dans l'évaluation des corrections: elles sont nulles.

Tout change lorsqu'un navire entreprend de défendre un voisin contre l'attaque rapprochée. Lorsque l'avion lançait ses bombes en vol horizontal après un parcours rectiligne de quelques dizaines de secondes, tout navire de la formation survolée était également bien placé pour le descendre; le navire visé n'avait aucune supériorité de tir; il était même

(1) Voir *Les navires antiaériens de la marine britannique* dans le numéro 277 de septembre 1946 de *La Science et la Vie*.

difficile de savoir quel était le navire visé. Dans le lancement en piqué, la facilité de défense qui tient à la route en direction de l'objectif n'appartient qu'aux armes montées sur cet objectif; le tir du voisin, serait-il à 500 m de là,

seurs de D.C.A. est incapable de préserver le cargo que le communiqué allemand signale avoir été coulé de temps à autre dans « un convoi protégé ». Et inversement, le dragueur porteur de quelques affûts quadruples de mitrailleuses légères

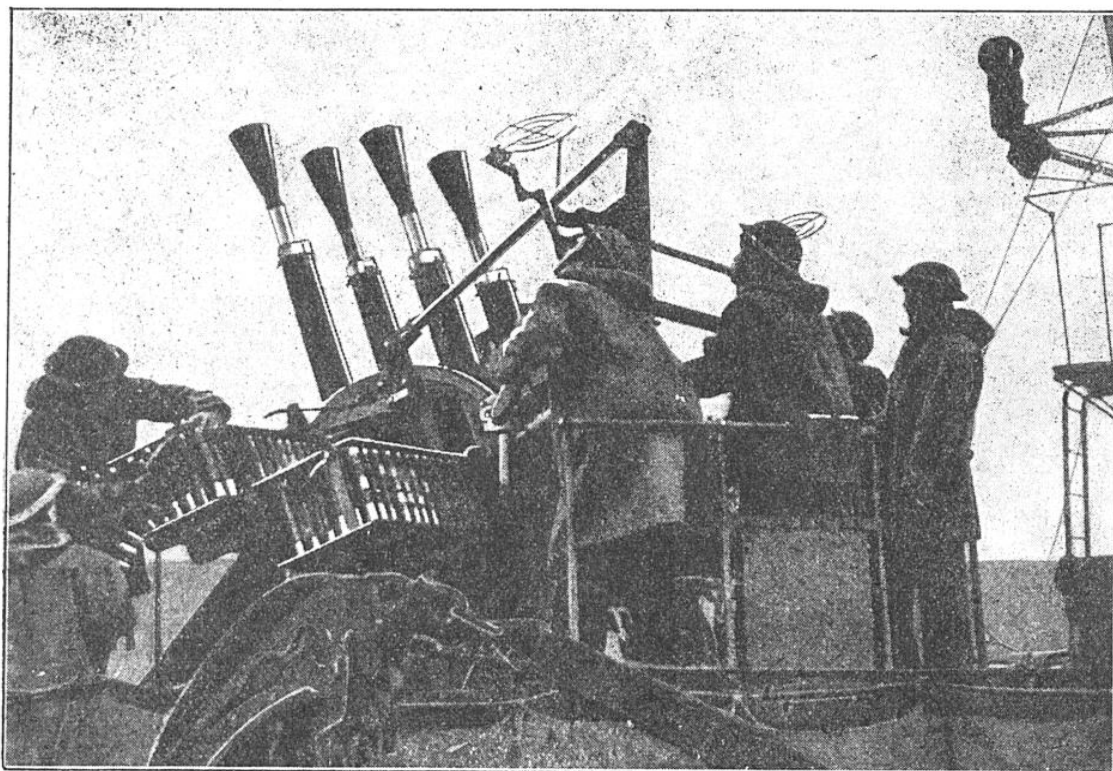


FIG. 5. — CANONS AUTOMATIQUES SUR AFFÛT QUADRUPLE

T W 9580*

On notera l'importance des chargeurs qui permettent le tir à cadence maximum pendant toute la durée d'une attaque de plusieurs avions se relayant. Les cônes divergents qui sont à la bouche des pièces jouent le même rôle de « cache-flamme » que sur les mitrailleuses de petit et moyen calibre; ils fonctionnent en outre comme « pare-souffle », en reportant assez loin de la bouche le « centre de souffle » où la pression est maximum. Sans cette précaution, le service d'un affût quadruple de canon automatique de 25 à 40 mm à 900 m/s par un personnel non abrité serait extrêmement difficile, malgré les vêtements spéciaux, bonnets pare-souffle sous les casques...

est soumis aux grosses difficultés de pointage et d'évaluation des corrections d'un tir contre avion défilant à grande vitesse, et n'a qu'une efficacité des plus réduites.

La défense contre avions met donc en défaut le principe de « la liaison des armes » qui parvint tant de fois à sauver des menaces nouvelles les éléments les plus anciens d'une organisation militaire par l'appui qu'ils s'apportaient les uns les autres. Les capacités de la défense rapprochée sont extrêmement limitées; elles ne s'étendent guère qu'au navire qui la porte. Le plus puissant des croi-

parvient quelquefois à descendre l'avion imprudent qui s'en approche un peu trop.

Le rôle néfaste des superstructures

Pour les seules exigences de la manœuvre et du combat naval, le bâtiment de guerre réclamait des superstructures de toute sorte inconnues du bâtiment de commerce. Les blockhaus, les télépoin-teurs, les télémètres indépendants venaient s'ajouter aux passerelles, aux mâts, aux cheminées et aux baleinières sur bossoirs qui garnissent les hauts de tout navire. L'entrée en ligne de l'avion-

s'est traduit par des exigences nouvelles; il faut des hangars, des catapultes et des grues pour le loger, le lancer et le rentrer, des télépointeurs pour s'en défendre. Et le seul problème de l'installation à bord des armes de défense elles-mêmes et de leur gêne réciproque par le souffle ou l'obstruction des vues et des champs de battage n'est pas des plus faciles.

Aussi ne faut-il pas juger de la capacité de défense d'un navire de guerre par la simple addition des armes qu'il porte. L'assaillant connaît, au type du navire, la position de ses armes, tout comme le chasseur connaît l'emplacement et le champ de tir des mitrailleuses du bombardier qu'il attaque. L'aviateur utilisera ses connaissances, dans les airs comme à la mer, au bénéfice de sa sécurité. Il multipliera les attaques en groupe dans les secteurs les moins bien défendus, et ne rencontrera en face de lui qu'une fraction faible de cet armement en apparence énorme.

Ainsi, la vitesse ou l'artillerie de défense éloignée ne sont pas seulement inutiles à la protection du navire contre les attaques à basse altitude; elles sont nuisibles par les cheminées, les télépointeurs, les tourelles qu'elles exigent et qui servent de protection à l'assaillant. Une transformation complète des navires de guerre s'impose si l'on veut qu'ils puissent employer efficacement l'armement nombreux et puissant de défense rapprochée qui leur est indispensable. Cette transformation est possible; le porte-avions dont les superstructures ont été réduites au minimum pour dégager la plate-forme d'envol, en donne la preuve. C'est très certainement la multiplication de la puissance de l'artillerie de défense rapprochée par la réduction des superstructures qui explique la résistance remarquable du porte-avions aux attaques aériennes; elle a été prouvée par le succès assez faible des opérations conduites plusieurs jours de suite, à la mer comme au mouillage, contre l'*Illustrious*, l'un des plus récents porte-avions britanniques, alors que le croiseur *Southampton* qui escortait le même convoi était coulé dès le premier jour (1).

L'avenir de la D.C.A. des navires

Les résultats obtenus par l'avion au cours de près de deux ans d'attaque du

(1) Voir *Les porte-avions en Méditerranée* dans le numéro 284 d'avril 1941 de *La Science et la Vie*.

navire de guerre et du navire de commerce imposeront une transformation radicale de leur armement de défense, d'où résultera très probablement un bouleversement complet de la conception du navire de guerre lui-même.

Il faudra tirer les conséquences de la faillite du lancement en vol horizontal et du succès des attaques à faible distance; ce sera un renversement total de l'importance respective que l'on attribuait aux artilleries de défense éloignée et rapprochée. Il faudra que l'artillerie principale elle-même participe à ce sacrifice, en souvenir des nombreux navires dont, à l'instant décisif, le commandant aurait échangé volontiers quelque tourelle de 152 mm ou de 203 mm contre un même poids d'armes de calibre cinq ou dix fois plus faible.

La protection cessera d'être l'apanage de l'ancienneté; sur le navire, toute arme à feu a droit à sa part de cuirassement.

Peut-être même faudra-t-il renoncer au principe qui voulait que chaque arme fût défendue « contre son calibre » et qui n'allouerait qu'une tôle aux mitrailleuses de 13 mm; peut-être ira-t-on plus loin encore et verra-t-on des navires légers sans autre cuirasse que celle de leur armement de défense rapprochée, et des servants de mitrailleuses sous capot blindé pendant que chauffeurs et mécaniciens se contenteront de la protection d'un pont en duralumin doublé de linoléum.

L'apparence du navire de guerre en sera elle-même profondément modifiée; il faudra se passer de bien des choses qu'on estimait indispensables ou commodes, simplement parce qu'elles gênent le tir d'un modeste affût de mitrailleuse anti-aérienne.

Personne ne se serait permis d'ériger un roof ou d'installer des bossoirs non rabattables dans le champ de tir de l'artillerie principale; les plages avant et arrière étaient sacrées.

Demain, l'artillerie « principale » ne sera peut-être plus celle que l'on classait ainsi au seul vu du calibre.

Le marin a transformé à son usage le « primum vivere » en affirmant qu'il est plus nécessaire encore de naviguer que de vivre; il lui faudra consentir beaucoup de sacrifices pour que cette navigation ne soit pas interrompue prématurément par l'avion.

André FOURNIER.

LA GUERRE MODERNE A ENGENDRÉ LE CAMOUFLAGE ART DE DISPARAITRE POUR VIVRE

par André DAULNAY

Un des principaux soucis du commandant d'une armée en campagne est de posséder à chaque instant assez de renseignements sur les forces ennemies, leurs mouvements et leurs intentions pour pouvoir leur opposer les manœuvres appropriées. Aussi les services de renseignements ont-ils de tous temps dépensé beaucoup d'ingéniosité dans l'accomplissement de leur tâche et sont-ils dotés de tous les moyens que la technique moderne peut mettre à leur disposition (appareils d'observation, d'écoute, radiogoniométrie, etc.). Le plus puissant de ces moyens est sans aucun doute la photographie aérienne qui est capable de surprendre les moindres signes d'activité du camp adverse. Pour mettre en défaut sa surveillance et pour abriter les points vitaux du territoire (usines, gares, etc.) contre les bombardements aériens, une technique est née, au cours de la guerre de 1914-1918 : le camouflage. Le camouflage, qui exige avec de l'imagination une parfaite connaissance des lois de l'optique, ne saurait donner des résultats parfaits, car les problèmes qui se posent à lui sont trop complexes. Du moins peut-il, dans certains cas, approcher de la perfection et protéger contre les incursions aériennes certains objectifs de choix, tels que terrains d'aviation, usines, nœuds ferroviaires, refuges pour les civils.

JADIS, lorsque deux armées s'affrontaient, les combattants ne pensaient guère à dissimuler leur présence. Les uniformes rutilants et chamarrés étaient un signe de richesse, de puissance militaire, voire même de courage. « Ralliez-vous à mon panache blanc », disait Henri IV à ses troupes.

L'art militaire n'avait pas encore à tenir compte de cette nouveauté des guerres modernes : la puissance et la précision du feu. Cependant, à la guerre, le vainqueur est bien souvent celui qui, foulant aux pieds les habitudes de son temps, se décide à gagner contre les règles admises : il y aurait certainement eu avantage, même à cette époque, à se dissimuler le plus possible.

Aujourd'hui, il n'est plus question que de se soustraire aux observations de l'ennemi. Se cacher est devenu une nécessité pour une armée en campagne. Trop de surveillances terrestres et aériennes sont organisées chez les belligérants pour que les forces en présence, les emplacements occupés, les préparatifs d'attaque ne puissent renseigner l'adversaire sur les intentions de son antagoniste.

Il s'agit donc, pour l'un comme pour l'autre, de se dissimuler le plus complètement possible aux investigations adverses, afin de laisser ignorer le plus longtemps possible le dispositif du combat.

Tâche ardue, certes, car les observateurs sont actifs ; les avions de reconnaissance sillonnent le ciel et il est difficile, sinon impossible, de camoufler une armée avec ses bagages. Du moins peut-on éviter d'offrir des cibles qui se détachent nettement sur le paysage.

De là est né un art scientifique aux multiples aspects : le camouflage.

Le camouflage, mimétisme raisonné

L'idée du camouflage pourrait avoir des origines lointaines au chapitre des ruses de guerre. La nature, en effet, s'est chargée de nous donner sur ce point des leçons d'une perfection achevée. Le règne animal en particulier présente des cas de camouflage tout à fait remarquables. Ils ont pu provoquer chez l'homme, soumis aussi à la lutte pour la vie, une imitation d'autant plus précise qu'elle était plus nécessaire.

On sait que, pour mieux dissimuler sa

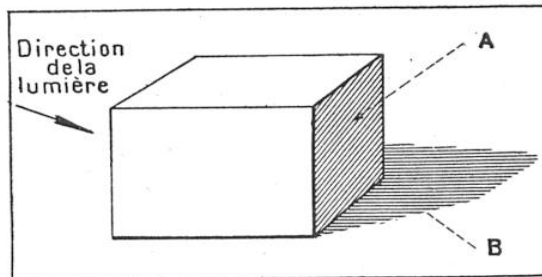


FIG. 1. — RÉPARTITION DES OMBRES SUR UN SOLIDE : A) OMBRE PROPRE ; B) OMBRE PORTÉE

présence, le caméléon a la curieuse faculté de modifier la couleur de sa peau selon la tonalité des corps sur lesquels il s'est posé. Certains papillons ont une forme telle que, lorsqu'ils sont au repos sur une branche, leur silhouette reproduit à s'y méprendre le dessin et les teintes d'une feuille de l'arbre sur lequel ils ont élu domicile. Ce phénomène biologique est connu sous le nom de mimétisme. Il consiste dans une adaptation des formes et des couleurs d'un être vivant au milieu dans lequel il vit.

Les débuts du camouflage

Le premier camouflage qui s'est imposé fut celui des combattants eux-mêmes. On se souvient des uniformes aux couleurs éclatantes avec lesquels les soldats de 1914

commencèrent la guerre. Ces vêtements ne tardèrent pas à faire place à des vêtements bleu horizon beaucoup moins visibles et moins dangereux. Puis les camions, les canons et tout le matériel qui s'accumulaient dans la zone avancée furent peints en bleu-gris ou en marron. En multipliant les arabesques, les teintes neutres, les taches aux contours bizarres, on pensait les rendre inobservables.

On avait aussi recouvert de branchages les batteries, tendu des toiles le long des routes exposées aux vues de l'ennemi pour masquer la circulation, etc... Mais il fallut bien vite convenir que la *photographie aérienne* se jouait de ces artifices et avait tôt fait de déceler ce qu'on voulait soustraire aux vues terrestres, car les clichés, étudiés méthodiquement, dévoilaient les toits des voitures bariolées et des hangars qui s'inscrivaient en blanc sur le fond sombre.

Il devint donc nécessaire d'étudier à nouveau le problème en faisant intervenir scientifiquement les lois de la physique et de l'optique.

Quelques lois de la vision

L'impression de la forme des objets est donnée par l'ombre : l'ombre propre et l'ombre portée (fig. 1 et 2).

L'*ombre propre* est celle qui se forme sur la face d'un objet opposée à la lumière.

L'*ombre portée* est celle que l'objet produit sur les objets qui l'entourent.

L'*intensité de l'éclairage* accuse les contrastes entre les plages lumineuses et les surfaces ombrées des objets.

Pour un observateur placé à courte distance, un objet, violemment éclairé cependant, donne des ombres transparentes, que les peintres appellent le clair-obscur. En effet, le rayonnement des objets environnants, diffusant la lumière

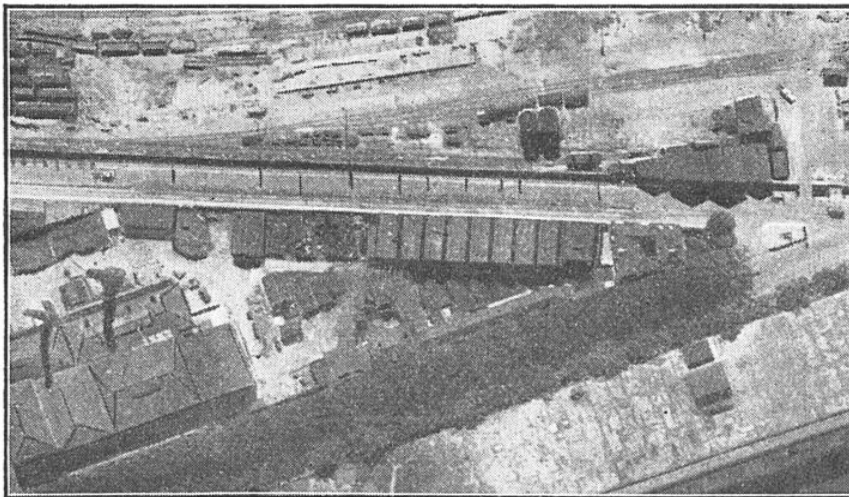


FIG. 2. — PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE PRISE À PARIS AU VOISINAGE DE LA GARE D'AUSTERLITZ

On juge, sur cette photographie, de la valeur des ombres portées pour renseigner l'observateur sur le relief d'une région donnée. Ici, les cheminées d'usine, les pylônes, les réservoirs, les voies occupées par des wagons et jusqu'aux terrassements en cours se lisent sans effort.

vive, crée une sorte de *clarté secondaire* qui atténue le contour des ombres et leur opacité.

Placé à une distance plus grande, l'observateur ne bénéficie plus de cette diffusion lumineuse; les contours de l'ombre deviennent plus nets et l'opacité des plages obscures s'accroît notablement.

Si la distance augmente encore, les poussières de l'atmosphère et les vibrations de l'air filtrent les rayons lumineux et *atténuent les contrastes* entre les plages contiguës: les claires se ternissent, les sombres s'éclairent et les couleurs perdent de leur vivacité.

On comprend que tout camouflage doive tenir compte de ces constatations d'expérience.

Il en est d'autres.

Orientation et incidence de l'éclairement

Le jeu des plages lumineuses et des plages obscures d'un objet varie pour un même observateur selon la hauteur du soleil, donc avec l'heure de l'observation, de même que, pour un même moment d'observation, les valeurs lumineuses d'un objet sont variables avec la direction et l'observateur.

Ces principes élémentaires sont à retenir. Ils valent pour les observateurs terrestres lorsqu'ils comparent leurs renseignements avec ceux fournis par les observateurs d'avion. Les ombres portées dans les photos aériennes accusent non seulement le relief des mouvements de terrain, mais aussi peuvent modifier sensiblement l'interprétation qu'on peut tirer du document photographique.

Ainsi, un champ fraîchement labouré, avec ses sillons profonds, change de tonalité selon l'heure où la photo a été prise. Un champ de luzerne vert sombre appa-

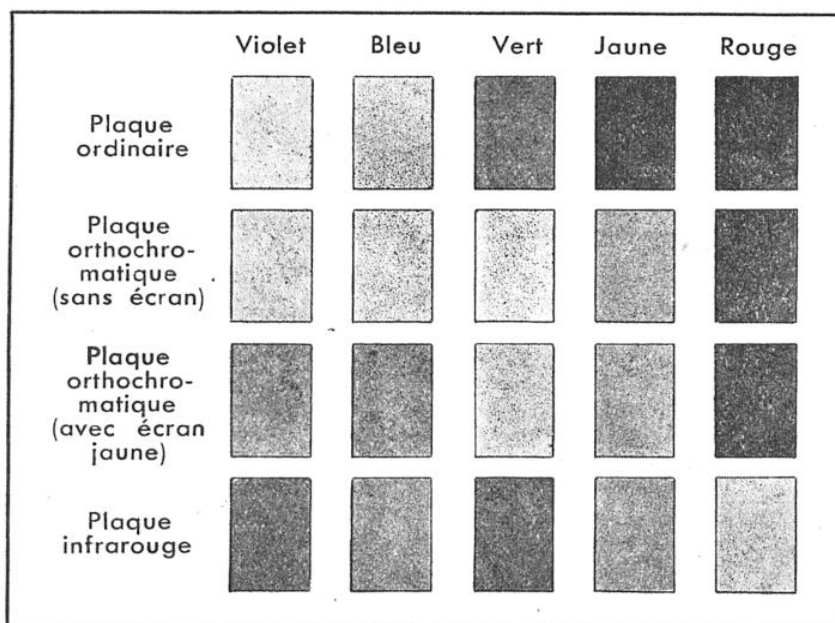


FIG. 3. — VALEURS COMPARÉES DU RENDEMENT PHOTOGRAPHIQUE DES COULEURS NATURELLES SELON LES ÉMULSIONS EMPLOYÉES

On voit la difficulté d'interpréter correctement un cliché photographique quant à la nature réelle des objets.

raîtra en clair, en raison de l'incidence de l'éclairement, les feuilles plates de la luzerne réfléchissant la lumière. Tandis que les tiges fines et droites de l'avoine mûre donneront une tache sombre à cause de l'ombre portée de chacune d'elles.

Couleurs vues ou photographiées

Il faut également tenir compte dans le camouflage de certains phénomènes de *traduction des couleurs*, selon que c'est un *œil humain* qui les capte ou une *plaque photographique* qui les enregistre.

Il n'y a pas de couleurs, mais des objets colorés. La couleur en soi n'existe pas. C'est toujours une surface qui reflète certaines radiations du spectre solaire. La nature de cette surface influe sur la réflexion des rayons colorés. Polie, elle apparaîtra à son observateur un peu éloigné comme un plan clair, blanc même, qu'elle qu'en soit la couleur. Au contraire, si la surface est rugueuse, ses aspérités donneront une impression optique plus proche de sa couleur réelle.

Toutefois, l'absorption de la couche d'air, la transparence atmosphérique modifieront considérablement les conditions de lecture des couleurs naturelles.

Dans la reproduction photographique, les couleurs, en plus des altérations pré-

cédentes, subissent encore la trahison des émulsions sensibles qui donnent, on le sait, des valeurs très différentes, selon que les couleurs photographiques appartiennent à telle ou telle partie du spectre (fig. 3).

Difficultés du camouflage

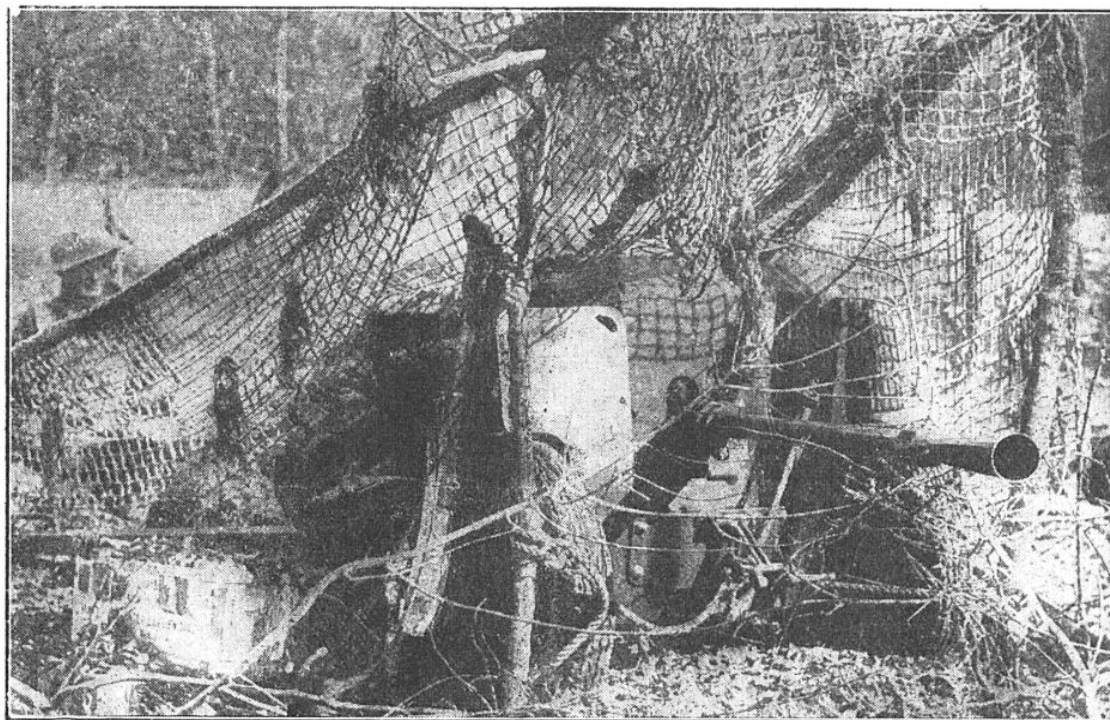
Toutes ces considérations sont à retenir pour bien comprendre les problèmes que

l'aviateur un signal évident, une invitation à examiner l'endroit où l'on a voulu cacher quelque chose.

Si bien que le camouflage est devenu non plus une question de peinture, mais bien un *travail de sculpteur*.

Le relief, maître du camouflage

Le relief, avec ses jeux de lumière et



T W 6528

FIG. 4. — CANON ANTICHARS BRITANNIQUE EN BATTERIE, CAMOUFLÉ A LA VUE AU MOYEN D'UN FILET SUSPENDU A DES BRANCHAGES

pose aux armées le camouflage de leurs positions et de leur matériel.

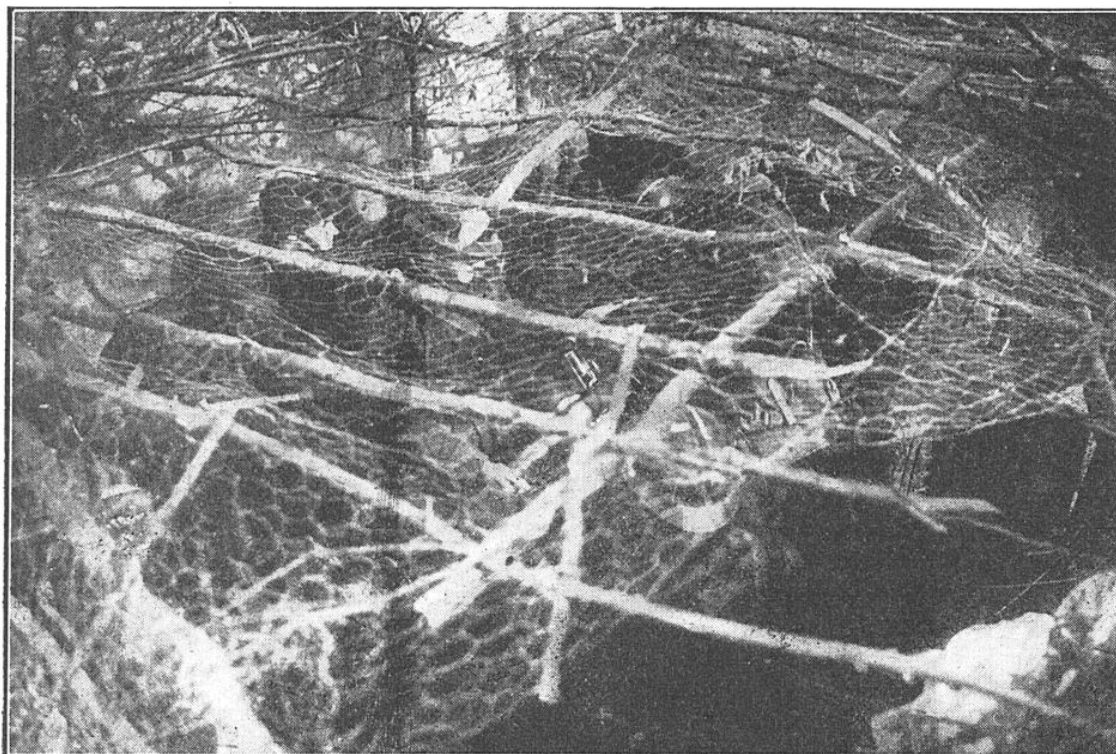
Les observateurs terrestres apprécient généralement, en vue rasante, les objets selon leurs couleurs et leurs formes à peu près réelles, au moins à petite distance.

On peut, avec une toile bien peinte, leur masquer un ouvrage et raccorder les tonalités du masque aux teintes environnantes. Pour une observation plus lointaine, le masque ne vaut plus, car les valeurs relatives changent avec la distance. Mais pour la photographie aérienne, qui est en somme la source la plus sûre, la plus riche et la plus utilisée de renseignements, les conditions du camouflage sont radicalement modifiées; et tel masque, efficace à terre, devient pour

d'ombre, est le grand maître des organismes chargés du camouflage.

Il faudra sans doute, pour dissimuler aux vues ennemies les travaux de campagne, utiliser des masques faits de matériaux empruntés au terrain avoisinant, afin de réaliser la similitude des teintes, mais il sera surtout nécessaire d'harmoniser les reliefs afin de réaliser la continuité des ombres portées par le camouflage et le sol intact des environs de l'ouvrage maquillé.

L'art du camouflage est tout entier dans cette harmonie des reliefs. Art délicat qui doit tenir compte des procédés perfectionnés avec lesquels on étudie aujourd'hui les photographies aériennes. Des stéréoscopes spéciaux permettent, en ef-



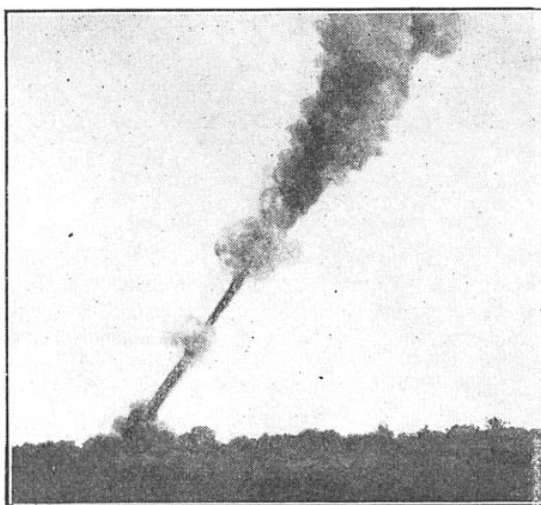
T W 6529

FIG. 5. — CANON DE 75 EN POSITION DE TIR CAMOUFLÉ PAR DES BRANCHAGES RECOUVERTS D'UN FILET A LARGES MAILLES

fet, de déceler des accidents de terrain de très minime importance. Si bien que la dissimulation totale d'un terrassement, d'un emplacement de batterie, d'une sape exige des tâtonnements, des vérifications multiples et demeure toujours précaire.

Les matériaux employés

Pour y parvenir, on utilisera le plus possible les *matériaux naturels*, branchages, arbres coupés, semis à germination rapide, mottes d'herbes, roseaux, etc. Ils ont l'avantage de se rac-



T W 6526

FIG. 6. — UN EXEMPLE DE CAMOUFLAGE PERFECTIONNÉ DE LA DERNIÈRE GUERRE : UN CANON FANTÔME

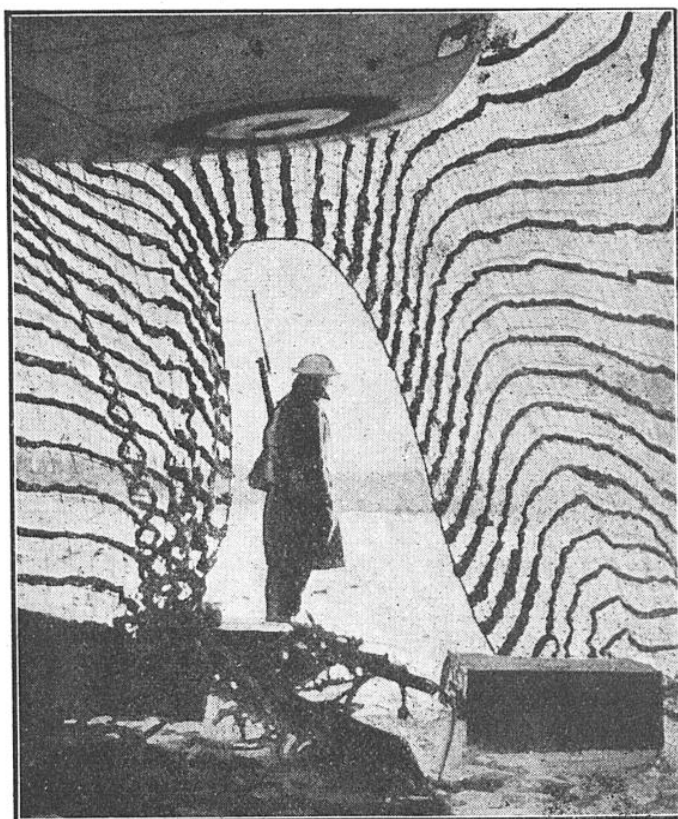
Il s'agit ici d'un tube installé par les Allemands dans une position voisine de celle qu'occupait une des pièces tirant sur Paris. Ce tube dégageait, à intervalles réguliers, de lourds nuages de fumée dans le but de tromper les observateurs alliés, en particulier les aviateurs.

corder évidemment avec les alentours, mais ils se dessèchent vite, rompant ainsi la continuité des teintes.

Les *matériaux artificiels* sont plus stables dans leur coloration, mais, cette fois, ce sont les environs qui subissent les changements de coloris que provoquent les saisons. Il faut donc leur demander bien moins l'harmonisation des couleurs que celle des ombres.

C'est pourquoi les matériaux artificiels sont surtout le *grillage* ou le *filet* et le *raphia*.

Avec le *grillage* ou les *filets*, on n'a



T W 6527

FIG. 7. — SUR UN TERRAIN D'AVIATION, UN AVION DE CHASSE BRITANNIQUE, PRÊT À PRENDRE LE DÉPART, EST CAMOUFLÉ PAR UN FILET À GRANDES MAILLES ENTRE LESQUELLES ONT ÉTÉ GLISSÉES DES BANDES DE TISSU DONT LA COULEUR S'HARMONISE AVEC CELLE DU SOL

touffes pour que les ombres portées soient apparentes à la densité des ombres du terrain auquel il s'agit de se raccorder (fig. 4, 5 et 7).

Sous les grillages et les filets peuvent dès lors se cacher le personnel, les canons, les déblais, tout ce que l'armée a intérêt à soustraire aux recherches adverses.

L'utilisation des ruines

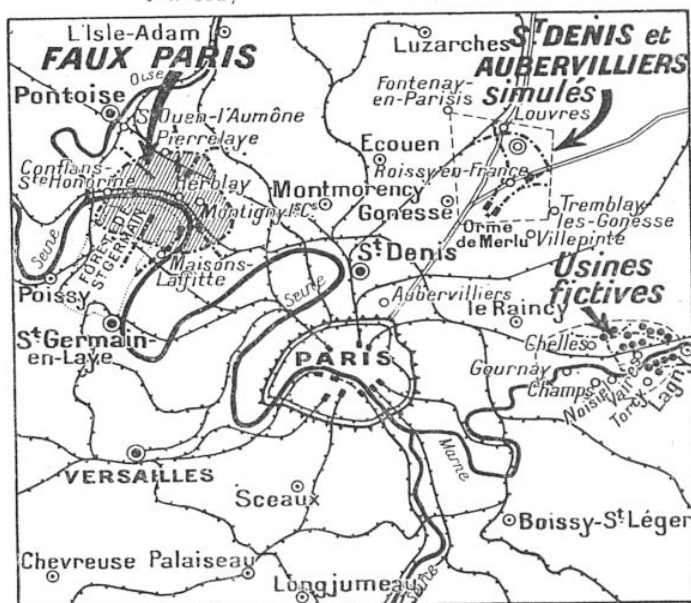
Un des meilleurs camouflages est encore de tirer parti des éboulements, écroulements, bâtiments détruits, ruinés, si largement distribués tout le long de la ligne de feu.

Une maison dévastée par l'artillerie ou l'incendie offre des matériaux de première valeur pour constituer un emplace-

pas à craindre l'effet de miroir réfléchissant des toiles peintes, supportées par des pieux; ils sont semés de petites touffes de raphia nouées dans leurs mailles. Le raphia accepte à peu près toutes les teintures. Il est relativement facile de régler la densité des

FIG. 8. — EXEMPLE D'UN FAUX OBJECTIF DESTINÉ À TROMPER L'AVIATION DE BOMBARDEMENT AU COURS DE LA DERNIÈRE GUERRE : LE FAUX PARIS DE 1918

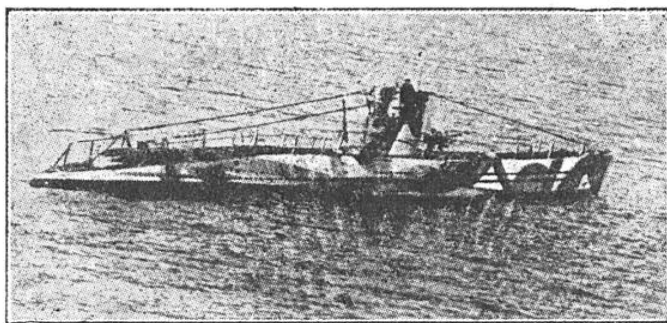
On voit qu'aux environs de Paris, avait été prévue la création de trois régions de faux objectifs. Au nord-est, l'ensemble Saint-Denis-Aubervilliers et gares de l'Est et du Nord de Paris, était transporté entre Villepinte et Louvres; au nord-ouest, la boucle de la Seine était utilisée pour la constitution d'un faux Paris reproduisant le chemin de fer de Ceinture, les gares et les points remarquables; à l'est, un troisième objectif devait simuler un centre important d'usines fictives. La plupart de ces travaux sont restés inachevés, l'Armistice étant intervenu. Signalons, entre autres curiosités, que la toiture vitrée de la gare de l'Est devait être reproduite avec une orientation semblable par une couverture en toile translucide sous laquelle divers éclairages étaient prévus. L'illusion était complétée par tout un système d'amorce de voies, de signaux, de trains en marche et à quai, etc...



ment de batterie dissimulée à toutes les investigations aériennes ou un observatoire de choix impossible à repérer.

Et il n'est pas impossible qu'un « camoufleur » ait parfois regretté que les constructions ruinées ne soient pas plus nombreuses dans la zone confiée à son art de maquilleur.

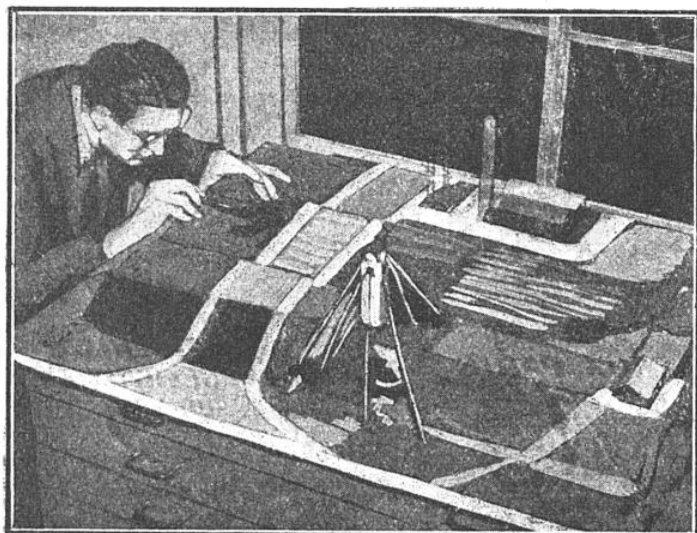
Il est vrai qu'à défaut de vraies démolitions, on en fabrique de fausses. Ici, la discrétion est de rigueur, car les cartes, aussi bien que les photos, renseignent l'ennemi sur l'existence antérieure de ces murs démantelés et de



T W 653o

FIG. 10. — UN SOUS-MARIN ALLEMAND MANŒUVRANT DANS LA BALTIQUE AVEC LA COQUE BARIOLÉE DANS UN BUT DE CAMOUFLAGE

Les peintures utilisées dans des occasions analogues par les cargos et les navires de guerre, surtout au cours de la dernière guerre, avaient pour but principal non pas d'harmoniser la coque avec la couleur de la mer, sans cesse variable, mais de tromper un adversaire éventuel sur les dimensions du bâtiment et sa nature ainsi que sur la direction de sa marche.



T W 653o bis

FIG. 9. — MAQUETTE DU DISPOSITIF DE CAMOUFLAGE D'UNE USINE ANGLAISE

Les bâtiments ont été pour la plupart recouverts d'un masque sur lequel sont peintes des lignes claires simulant des routes et rompant les formes trop géométriques de l'usine. Des toiles vert sombre sont tendues au-dessus du masque pour simuler des arbres. Les reliefs sont raccordés de telle sorte que les ombres portées des bâtiments disparaissent. La plus grosse difficulté était de camoufler les trois points les plus élevés de l'usine : la tour de l'horloge, le château d'eau et la cheminée. La tour de l'horloge a été dissimulée sous une toile donnant en projection horizontale l'apparence d'un arbre. Son ombre se projettera sur une portion plus sombre du masque. Quant aux autres éminences, on les a, au contraire, mises en évidence avec deux petits bâtiments, pour donner l'impression qu'il y a là seulement une petite entreprise qui ne vaut pas un bombardement. Un faux toit (à droite de la photographie) simule une petite ferme. L'aspect de la maquette est celui qu'offrirait l'usine camouflée vue d'une hauteur de 200 mètres. Le camouflage a été calculé pour donner sa pleine efficacité à partir de 5000 mètres, altitude à laquelle les ballons de barrage et la D.C.A. doivent se charger de maintenir les observateurs ennemis.

ces toitures effondrées, qui ne sont possibles que dans les agglomérations rurales... La photographie aérienne possède en effet une faculté redoutable : c'est sa mémoire sans défaut. Elle n'oublie aucun détail et la comparaison de deux photographies successives met en évidence des travaux qui fussent passés inaperçus sur chacune examinée isolément. Cette faculté est d'autant plus dangereuse qu'à l'insu des observateurs terrestres, toute activité s'inscrit nettement sur le sol par des pistes de véhicules, des traces de terre remuée, etc. Dans les zones d'opérations, les observations photographiques permettent de constituer une sorte de « cadastre » quotidiennement tenu à jour, et c'est ainsi que l'aviation allemande possède à chaque instant le détail des destructions qu'elle opère sur l'Angleterre et des reconstructions effectuées aussitôt.

Illusions et tromperies

Pour mettre en défaut cette surveillance de tous les instants, d'autres artifices sont utilisés concurremment avec ces procédés et répondent à

des nécessités particulières. Ils ont surtout le fruit de l'imagination fertile des services spécialisés.

Ainsi, les terrains d'aviation étant parmi les objectifs le plus fréquemment pris à partie par les bombardiers ennemis, les aviateurs ont parfois maquillé certains champs d'aviation de manière assez inattendue.

Le terrain était traversé dans toute sa longueur de deux ou quatre rigoles parallèles de 2 ou 3 cm de largeur et rem-

par les photographies d'avion ou par les lueurs de départs de leurs coups. Le bruit des départs, enregistré par des écouteurs très sensibles, donne une courbe caractéristique de chaque pièce. Ce bruit arrive aux écouteurs à des instants qui dépendent de leur distance à la pièce. La comparaison des diverses bandes d'enregistrement renseigne donc sur les différences entre ces distances et permet de déterminer l'emplacement de la pièce. Pour rendre inextricable la tâche du repérage au

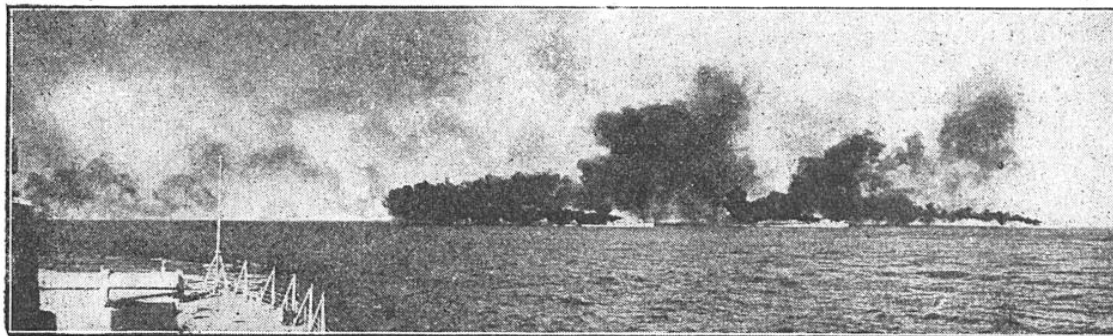


FIG. 11. — LE CAMOUFLAGE A LA MER : LES DESTROYERS BRITANNIQUES TENDANT UN RIDEAU DE FUMÉE POUR DISSIMULER LE MOUVEMENT D'UNE ESCADRE T W 6525

plies d'eau jusqu'au bord; sous l'effet de la lumière, cette bande d'eau donnait, à quelque hauteur, l'illusion de rails de chemin de fer brillants au soleil.

Pour compléter l'illusion, de larges bandes recouvertes de brai ou de mâchefer, simulaient des routes goudronnées. Qui donc aurait pu, à quelque milliers de mètres de hauteur, soupçonner que ce croisement de routes et de voies ferrées était un lieu d'atterrissage?

Les ruses de la guerre ne sont pas d'aujourd'hui. Tout maquillage est tromperie. En 1914-1918, on a largement usé des fausses batteries, des fausses tranchées, des faux abris. On y a encore recours pour mettre en défaut l'observateur d'en face (fig. 6).

Un tronc d'arbre convenablement dressé, autour de simulacres d'abris et de terrassements, suffit à faire croire à une pièce d'artillerie. Quelques toiles peintes, creusées d'une poche, déchiquetées sur les bords et disséminées dans un champ, donnent le change à l'ennemi sur les résultats de son tir.

Le « camouflage sonore » des batteries d'artillerie

Les batteries d'artillerie peuvent se dévoiler encore d'une autre manière que

son, on peut avoir recours à une sorte de « camouflage sonore » qui consiste à faire tirer au même moment toutes les batteries d'une certaine zone. Les courbes d'enregistrement deviennent alors inutilisables. Mais, bien entendu, comme le repérage au son est un travail de patience qui exige plusieurs jours de stabilisation du front avant de pouvoir fonctionner efficacement, dans la guerre de mouvement, une telle précaution devient inutile.

Les limites du camouflage

Si minutieux qu'il soit, le camouflage est rarement parfait. Trop de rigidité préside aux travaux de l'homme lorsqu'on les compare à ceux que réalise la nature.

Une troupe qui cantonne, une compagnie qui occupe une position, un convoi de camions, une batterie en action se décèlent toujours par quelques indices spécifiques. Herbes foulées, déblais des travaux souterrains, flammes des canons et, plus que tout le reste, ombres portées qui sont, avec les surfaces aux contours réguliers, le cauchemar des camoufleurs.

On ne camoufle pas un train, un hangar, un dépôt de matériel. Tout au plus essaye-t-on de les rendre moins visibles.

Il y aura toujours des toits réverbérant la lumière du jour ou les rayons de la lune; des plans de forme géométrique attirant l'attention, en se moquant des découpages de couleurs dont on bariole les voitures et les bâtiments.

Ces derniers ont leur utilité certes, mais leur pouvoir de dissimulation est des plus restreints.

Ainsi qu'en toutes choses, la perfection n'est pas de ce monde. Mais certains « as » du camouflage, il faut le reconnaître, s'en sont approchés bien près.

Peut-on camoufler les usines?

Dans la phase de la guerre qui a commencé avec l'occupation totale des côtes de l'Atlantique par les troupes allemandes, les ouvriers des usines peuvent être considérés comme des combattants de première ligne. Les usines sont des objectifs militaires de choix, et leur enchevêtrement avec les habitations civiles offre aux bombes de larges cibles où tous les coups sont payants. Il serait illusoire d'essayer de camoufler des régions comme celle de Birmingham par exemple, d'autant que les bombardements tendent de plus en plus à s'effectuer sur zone, sans une discrimination des objectifs qui serait impossible de nuit et à l'altitude adoptée par les bombardiers dans leurs expéditions. Le camouflage n'est donc intéressant que pour les usines isolées et pour les camps qui ont recueilli les habitants des villes trop éprouvées.

La figure 9 montre sur quels principes est fondé le camouflage des usines.

Camouflages momentanés : les rideaux de fumée

Enfin, dans certains cas, la période pendant laquelle un des deux adversaires désire passer inaperçu est relativement courte : c'est le cas, par exemple, pour la traversée de vive force d'un fleuve, d'une attaque de chars contre une position fortifiée. Là encore, la nature nous suggère un exemple : la seiche, et les animaux du même genre, pour échapper à leurs voraces ennemis, lancent dans l'eau le contenu d'une poche remplie d'une teinture qui les cache et protège leur fuite : genre de fumigène avant la lettre.

Les engins fumigènes sont surtout destinés à masquer, pendant un laps de temps minime, un mouvement offensif ou à protéger un repli.

La nappe de fumée ainsi développée gêne et paralyse l'action des mitrailleuses et de l'artillerie adverse, qui n'a plus la possibilité de régler son tir ou de protéger utilement son infanterie.

On peut même envisager que ces émissions de fumée protégeront, s'il en est besoin, une marche d'approche, une relève, une mise en batterie; tout ce qui n'a qu'une importance transitoire, mais qu'on a intérêt à ne pas révéler.

Les émissions de fumée par avion, par bombe ou par grenade pourraient jouer un rôle important dans le cas d'un débarquement de vive force le long des côtes.

Camouflage maritime

Ces émissions de fumée sont couramment employées dans le combat naval, car l'écran de fumée est le seul masque que les combattants puissent placer devant eux pour gêner le tir de l'ennemi ou pour dissimuler leurs évolutions (fig. 11).

Cette absence de masque interdit le camouflage absolu d'un navire — à moins qu'il ne se risque à s'enfoncer sous l'eau. Du moins peut-il espérer tromper ses ennemis sur ses dimensions, ses caractéristiques et même sur sa marche en se couvrant de taches colorées peintes (ici la méthode est renouvelée du zèbre), qui rompent sa silhouette et dissimulent sa véritable architecture.

Mais tous les procédés de camouflage d'un navire sont impuissants contre l'avion qui aperçoit les convois à de très grandes distances et qui peut prendre à son compte le réglage des tirs d'artillerie sur la flotte ennemie, à moins qu'il n'aille lui-même y porter la destruction par ses bombardements.

On voit combien la question du camouflage est chose ardue et parfois même contradictoire dans les termes.

C'est un problème de guerre qui, comme tant d'autres, exige une mise en œuvre rigoureusement scientifique. Les peintres et les modelleurs sont les plus aptes à en donner une solution satisfaisante.

Art très particulier, il exige des spécialistes avisés; mais ses exigences sans cesse renouvelées, en raison des nécessités de la bataille, doivent lui permettre de faire, en quelques mois, d'immenses progrès techniques qui intéressent la physique optique au premier chef.

André DAULNAY.

LA GUERRE GERMANO-RUSSE

(22 JUIN - 1^{er} AOÛT 1941)

par X X X

Le 22 juin 1941, l'armée allemande, dont les objectifs immédiats après les campagnes de Cyrénaïque et de Crète paraissaient être le Proche-Orient et les Iles Britanniques, envahissait le territoire de l'U.R.S.S. Voici un premier bilan synthétique, volontairement limité à la date du 1^{er} août, de ces combats sans précédents dans l'histoire, tant par les dimensions du champ de bataille que par l'importance des effectifs et du matériel mis en œuvre.

PENDANT l'été et l'automne 1940, l'attention du monde entier s'est concentrée sur la Manche et sur l'Angleterre. Il semblait qu'une tentative de grande envergure des forces allemandes sur le territoire des Iles Britanniques fût imminente.

Dans les premiers mois de 1941, l'activité de la Wehrmacht s'est exercée dans une direction toute différente. Tandis que la bataille de l'Atlantique, conduite par les sous-marins et les avions de bombardement contre la flotte de commerce britannique, se poursuivait avec une intensité toujours accrue, l'effort principal du Reich, sur terre, s'est porté vers la Méditerranée orientale.

L'avance progressive des armées allemandes vers le proche Orient s'est développée en une série de phases pour ainsi dire alternées, tantôt dans le sud-est de l'Europe, tantôt sur le rivage africain.

L'initiative des opérations a été prise par les Italiens qui pénétrèrent sur le territoire égyptien et franchirent, dans les premiers jours d'octobre 1940, la frontière hellénique.

En décembre de cette même année, l'armée britannique d'Egypte se porta en avant à son tour, le long de la côte de Libye. Elle refoula les forces italiennes et conquit toute la Cyrénaïque. Benghazi tomba le 6 février 1941.

C'est alors que se produisit l'intervention du Reich, qui, jusque-là, s'était contenté d'appuyer ses alliés avec des formations aériennes. Un corps expéditionnaire fut transporté des côtes italiennes vers Tripoli, malgré la surveillance de la flotte anglaise basée sur Malte. Il prit

l'offensive le 31 mars et, en quinze jours, rejeta les forces britanniques assez réduites à qui avait été confiée la garde de la Cyrénaïque.

Pendant que se dessinait cette menace directe contre le canal de Suez, par la rive africaine, la pénétration allemande, à la fois diplomatique et militaire, progressait rapidement dans les Balkans.

Cette contrée, si profondément divisée, se brisa encore une fois. La Hongrie et la Bulgarie prirent parti, sans réserve, pour les puissances de l'Axe. La Roumanie, déjà fortement menacée par l'U.R.S.S., céda sans résistance. La Yougoslavie se résolut à lutter. Assaillie par des formations mécaniques nombreuses, elle fut conquise en quelques jours, ainsi que la Grèce. Les forces britanniques détachées sur le territoire hellénique durent se rembarquer précipitamment.

Peu après, prolongeant leur action par les voies aérienne et maritime, les Allemands s'emparèrent des îles de la mer Egée et chassèrent les Britanniques de la Crète.

A ce moment, l'avance allemande vers le canal de Suez paraissait arrivée à un point mort. L'attaque de la basse Egypte, par le littoral africain, offrait de réelles difficultés : les nombreux canaux formés par les bras du Nil constituaient des obstacles sérieux, renforcés par les inondations du fleuve ; les communications avec l'Allemagne, à travers la Méditerranée, étaient longues et précaires ; la saison torride et le manque d'eau imposaient aux combattants des conditions matérielles très pénibles. Un mouvement en avant à travers l'Asie Mineure exigeait le consentement de la Turquie.



FIG. 1. — CARTE DE LA PORTION EUROPÉENNE DE L'U.R.S.S.

La Russie d'Europe (6 000 000 km²) ne représente, au point de vue de la superficie, que le quart de l'U.R.S.S. (25 000 000 km²). Mais elle possède une grande partie des ressources agricoles (Ukraine) et industrielles (pétrole du Caucase, énergie électrique du Dnieprostroï, bassin métallurgique du Donetz, usines de Moscou et de Leningrad), sans lesquelles la conduite de la guerre est impossible. Toutefois, derrière l'Oural se trouvent le centre métallurgique de Magnitogorsk et les usines de fabrication des chars de Ekaterinenbourg. La triple direction de l'offensive allemande s'explique autant par des raisons d'ordre économique que politique. Les conquêtes russes de 1939 (Pologne) et de 1940 (Finlande et Roumanie) constituaient en avant de la ligne Staline une zone protectrice que les Russes n'ont pas eu le temps de fortifier.

Même si celle-ci eût donné son agrément, les transports par voie ferrée, sur une aussi grande distance, eussent été extrêmement longs et d'un rendement médiocre.

La presse italienne envisageait la possibilité d'un accord russo-allemand, qui eût ouvert aux forces du Reich l'entrée vers l'Irak et l'Irak par le Caucase, quand, brusquement, le 22 juin, on apprit que la Wehrmacht venait de prendre l'offensive contre les armées soviétiques, en Pologne orientale.

Les causes du conflit germano-russe

L'opinion publique a été d'abord véritablement déconcertée par un épisode d'une telle ampleur, venant tout à coup se greffer sur des opérations contre les possessions anglaises d'Orient, en cours depuis trois mois. Mais les informations publiées par les communiqués officiels du Grand Quartier Général allemand, sont venues jeter un peu de lumière sur les causes de cet événement.

Exploitant à outrance les facilités d'accroissement que lui offrait son entente avec le Reich, le gouvernement de Moscou avait occupé les pays baltes, au nord-ouest, la Bessarabie et la Bukovine, au sud-ouest. La mainmise sur les principales bases navales et aériennes de la Baltique était manifestement dirigée contre l'Allemagne. L'occupation d'une partie du territoire roumain était un pas fait vers Constantinople et les Détroits, objets de la convoitise séculaire des tsars. D'autre part, depuis l'automne 1940, les Russes avaient multiplié les terrains d'atterrissage en Pologne orientale, ainsi qu'en Lituanie, en Lettonie et en Estonie. Au cours du printemps der-

nier, les effectifs soviétiques s'augmentèrent, dans les mêmes régions, d'une façon considérable : cent soixante divisions étaient rassemblées, dans la première quinzaine de juin, face à la frontière allemande.

A ce moment, des négociations ouvertes entre les gouvernements de Berlin et de Moscou ne purent aboutir à un accord.

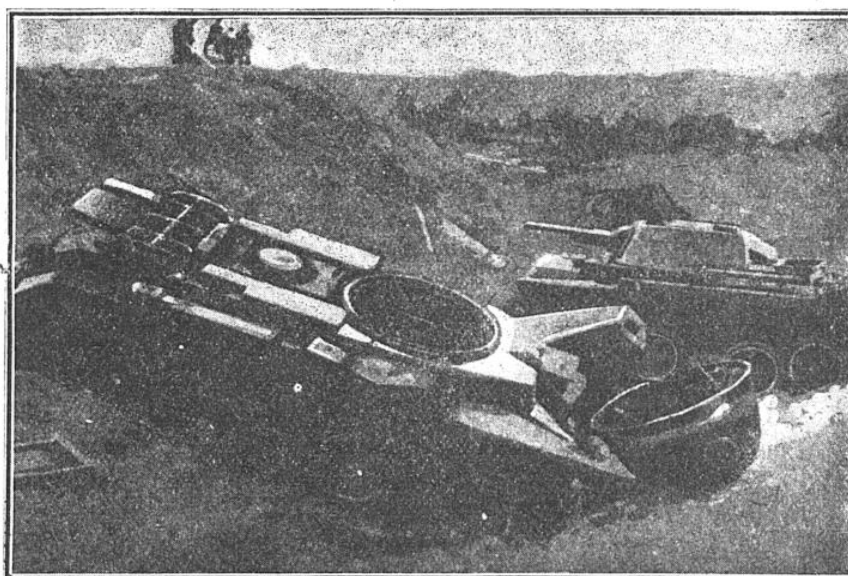


FIG. 2. — CHARS RUSSES DÉTRUITS LORS DE LA PRISE DE LVOV (LEMBERG)

Au premier plan un char Mark II de 36 tonnes dont la tourelle principale armée d'un canon de 75 mm a été arrachée. L'armement de ce type de char comporte par ailleurs 2 canons de 37 mm et 2 mitrailleuses. Son rayon d'action est de 300 km et sa vitesse de 30 km/h. Il est étanche aux gaz. Au second plan, un char BT de 12 tonnes. Ses caractéristiques sont les suivantes : longueur, 5,75 m; puissance, 350 ch, lui permettant d'atteindre 55 km/h avec chenilles et 70 km/h sans chenilles avec un rayon d'action de 400 km.

Quoi qu'il en soit, une continuation de l'avance vers le canal de Suez n'était pas possible, pour les forces du Reich, tant que subsisterait, sur leur flanc, une menace aussi sérieuse que celle qui résultait de la concentration du gros des armées rouges près de la frontière orientale. Ayant acquis la certitude que les Russes faisaient leurs préparatifs en vue d'une offensive générale, le haut commandement allemand ne voulut pas leur laisser le temps de passer les premiers à l'attaque : il prit l'initiative des opérations.

Le théâtre d'opérations russe

De l'ouest vers l'est, l'immense théâtre d'opérations russe peut, du point de vue militaire, être divisé en quatre zones.

La première va de la limite provisoire fixée, en 1939, entre les territoires polonais occupés par les Allemands et par les Russes, à la ligne Staline, position fortifiée établie sur le sol même de l'U.R.S.S. et s'étendant de la mer Noire au golfe de Finlande. Elle longe d'abord le Dniester, traverse l'Ukraine du sud au nord, en passant par Jitomir, puis atteint le Dnieper, derrière lequel elle se développe jusqu'au nord de Mohilev. Elle continue alors par Vitebsk et Pskov, puis suit la frontière orientale de l'Estonie, en arrière du lac Peïpous. Elle couvre ainsi, au moins théoriquement, Kiev, Smolensk et Léninegrad.

De la ligne Staline au cours de la Volga, la plaine russe s'étale sur une distance de mille ou douze cents kilomètres, sans présenter d'autres obstacles que les cours d'eau, affluents du Dnieper et du Don, et l'immense région forestière qui couvre tout le pays, au nord du parallèle de Léninegrad. Cette seconde zone, dont Moscou occupe grossièrement le centre, comprend toute la partie la plus riche et la plus industrielle de la Russie et englobe les villes les plus importantes.

De la Volga aux monts Oural, le plateau se continue sur six à huit cents kilomètres. La bande centrale seule est peuplée et porte des chemins de fer. La région nord participe au climat arctique; la partie sud confine aux contrées désertiques de l'Asie centrale.

Enfin, une quatrième zone comprend la Sibérie, presque complètement encombrée de forêts, qui s'étend jusqu'au système montagneux de la Mongolie.

Pendant les trois premières semaines de la lutte, les opérations se sont déroulées dans la première de ces zones.

Profonde de quatre cent cinquante kilomètres environ, elle est coupée en deux moitiés nettement distinctes, par la vaste région marécageuse du Pripet et de ses affluents, qui forment les marais de Pinsk. Au nord, se trouve la Russie blanche, au sud, l'Ukraine.

Pour comprendre les événements qui ont eu pour théâtre ces deux plaines conjuguées comme situation, mais tout à fait dissemblables comme nature, il convient de bien se représenter la forme de la limite qui séparait Allemands et Russes, en Pologne orientale.

Au nord des marais de Pinsk, cette frontière éphémère est tracée suivant une sorte de demi-cercle, dont la concavité

est tournée vers l'est et qui, par conséquent, forme un saillant russe dans la zone allemande. En son centre se trouve Bialystok. Les deux extrémités du demi-cercle sont gardées, du côté de l'U.R.S.S., par les deux forteresses de Grodno, au nord, et de Brest-Litowsk, au sud.

Dans la région ukrainienne, au sud des marais, un second demi-cercle, vaguement symétrique du premier, mais plus irrégulier encore, constitue un autre saillant russe qui s'appuie, au sud, sur les Carpathes et dont le centre est voisin de Lvov.

L'armée soviétique

On ne connaît pas exactement la force de l'armée soviétique. En temps de paix, peu avant la guerre, elle comptait à peu près cent divisions (1). Pour mener à bien ses projets, le gouvernement de Moscou a certainement imposé, depuis le début du conflit, aux multiples races qui peuplent l'U.R.S.S., un effort militaire considérable. L'ensemble de l'armée rouge devait dépasser, au début de la campagne, cent soixante-quinze divisions. Elle comprenait à la fois beaucoup d'unités de cavalerie — trente ou quarante divisions — et de nombreuses formations blindées — cinquante ou soixante brigades mécaniques et motorisées, c'est-à-dire mixtes, comportant des groupes de chars et des troupes portées en autos — et au moins six corps blindés (2). Le nombre total des chars s'élevait à plus de douze mille. L'aviation devait comprendre un nombre d'appareils du même ordre (3).

Les types de matériel, établis par des ingénieurs étrangers, sont bons, mais un peu anciens. Dans les chars, la protection a été sacrifiée à la vitesse.

Le soldat russe est courageux, patriote, dévoué et capable de montrer une abnégation complète. Quoi qu'on en ait dit, l'armée soviétique formait un ensemble solide, sinon homogène. Le point le plus

(1) En 1934, les effectifs de l'armée régulière pouvaient être évalués à 950 000 hommes, et à 1 400 000 en 1936. A partir de 1938, en tenant compte de l'importance des contingents nouveaux appelés chaque année, de la durée du service actif (cinq ans) et des contingents de la première réserve, on arriverait à un total de 12 millions d'hommes en état de porter les armes, chiffre qui appelle évidemment de nombreuses réserves.

(2) Voir « Les grandes unités blindées en U.R.S.S. », dans *La Science et la Vie*, septembre 1940, page 29.

(3) Voir « Que vaut l'aviation soviétique? », dans *La Science et la Vie*, août 1941, page 73.

faible était évidemment la médiocrité du commandement et des cadres. De plus, les moujiks, aussi bien que les contingents d'origine asiatique, sont très peu préparés à utiliser des engins d'une technique un peu raffinée.

Enfin, les états-majors rouges n'avaient que peu d'entraînement dans le maniement délicat de masses mécaniques et aériennes.

Les dispositions prises par les armées soviétiques

On ne possède aucune précision sur la façon dont étaient articulées et déployées les armées rouges. Cependant, il semble qu'elles étaient formées, non loin de la frontière, en deux ou trois échelons. Le premier constituait une ligne de couverture assez légère. Les gros étaient, au contraire, massés en un dispositif dense et profond. Le commandement russe, ayant l'intention de prendre l'offensive, avait rassemblé dans les saillants de Bialystok et de Lvov, des armées entières.

Le chiffre de cent soixante divisions russes, donné par le Grand Quartier Général allemand, porte à croire que la grosse majorité des forces soviétiques était concentrée au nord et au sud des marais de Pinsk.

Les masses blindées et motorisées étaient vraisemblablement placées en second échelon, car les grands combats de chars ont eu lieu à une certaine distance de la frontière. L'armée de l'air était répartie, non loin de celle-ci, dans les très nombreux terrains d'aviation récemment créés.

Les grandes phases de la bataille

Les rencontres de Pologne orientale et de Russie occidentale se sont développées en trois phases successives, d'une durée approximative d'une semaine chacune et correspondant à des actes militaires assez bien tranchés. La première a comporté la bataille de rupture, suivie d'engagements importants de grandes unités mécaniques. Pendant la seconde, les Panzerdivisionen, appuyées par les formations aériennes de toute catégorie, ont exploité les premiers succès. Dans la troisième, les forces blindées de l'assailant se sont portées contre la position Staline, qu'elles ont enfoncée sur de vastes secteurs.

La double bataille de rupture

Sur tout le front, la lutte a préludé par une agression massive de l'aviation allemande qui, le 22, à l'aube, a attaqué, sur leurs terrains, les formations aériennes soviétiques. Cette action par surprise paraît avoir réussi et un assez grand nombre d'appareils rouges ont été mis hors de combat dès le début.

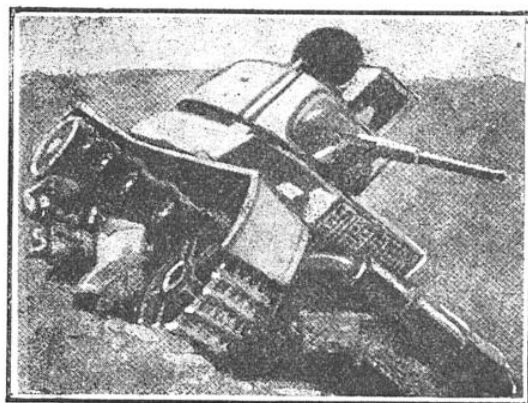


FIG. 3. — CHAR LÉGER SOVIÉTIQUE DU TYPE T 26 DÉTRUIT PENDANT L'AVANCE ALLEMANDE

Ce char, d'un poids de 8,5 tonnes, dérivé du char anglais Vickers Armstrong, et classé comme « char de destruction », est l'équivalent du char français Renault FT, auquel il est légèrement supérieur comme vitesse et quelque peu inférieur au point de vue protection. Ses caractéristiques sont les suivantes : longueur, 4,6 m ; largeur, 2,4 m ; hauteur, 2,2 m. Armement : un canon de 47 ou de 37 mm et une mitrailleuse de 7,62 mm. Son moteur de 95 ch lui permet d'atteindre sur route une vitesse de 30 km/h. Son équipage est de trois hommes et il est équipé d'un poste de radio.

Puis, les avions de combat et de bombardement ont pris à partie, suivant la formule déjà appliquée en Pologne et en France, les voies ferrées, les réserves, les organes de commandement, les cantonnements de l'adversaire.

En ce qui concerne les opérations terrestres, il s'est livré, au nord et au sud des marais de Pinsk, deux batailles absolument distinctes.

Au nord, les Allemands ne semblent pas avoir attaqué le fond de la poche de Bialystok, mais deux armées se sont portées en avant, respectivement au nord et au sud de celle-ci, attaquant d'abord les places de Grodno et de Brest-Litowsk. Les deux forteresses, prises sous le feu de l'artillerie lourde, sont tombées, la première le 23 juin, la seconde le 24.

L'armée du saillant de Grodno a alors rabattu, face au sud, une fraction de ses éléments, tandis qu'un groupement de divisions blindées se dirigeait vers le nord de Minsk. L'armée du saillant de Brest-Litowsk, de son côté, a rabattu, face au nord, un certain nombre d'unités et lancé vers le nord de Minsk une vague de formations mécaniques. Deux armées rouges, qui se trouvaient dans le saillant, ont été complètement investies.

Le commandement soviétique a alors cherché à couper de leurs armées les Panzerdivisionen qui se portaient en avant, après avoir percé le front. C'était là un emploi judicieux des groupements de chars, tenus d'abord en réserve. Mais cette tentative ne paraît pas avoir donné de résultats importants.

En même temps, à l'extrême gauche, une troisième masse allemande, partant de la frontière de Prusse orientale, a pénétré en Lituanie. Elle a franchi le Niémen, enlevé Kovno le 23 — avec le concours des populations insurgées contre les Russes — et Vilna, le même jour, puis a poussé vers la Duna.

Les Russes ont fortement réagi, lançant de ce côté une puissante contre-offensive de grandes unités mécaniques. La bataille de chars, au nord de Kovno, a duré deux jours, puis s'est terminée à l'avantage des Panzerdivisionen.

Les Allemands ont atteint la Duna le 26 juin et l'ont franchie, s'emparant de Dvinsk et interceptant la retraite aux troupes rouges qui occupaient la Lituanie et la partie ouest de la Lettonie.

Au sud des marais du Pripet, les Allemands n'ont attaqué que sur le fond et sur la face nord de la poche de Lvov. La face sud, tracée dans les Carpathes, ne se prêtait pas à une offensive de colonnes mécaniques.

De ce côté, la bataille paraît avoir été plus rude qu'au nord. Les Allemands ont dû enlever la place de Przemyśl, puis les forts qui couvraient Lvov. Cette ville a été prise seulement le 29 juin. Le gros des forces allemandes a refoulé les armées russes dans la région de Luck, au sud des marais, mais la percée ne paraît pas avoir été aussi nette que sur le front nord. Les troupes soviétiques ont exécuté des contre-attaques énergiques. Des combats violents de chars, qui ont duré deux jours, ont eu lieu à Zloczev et à Dubno, au nord-est et au nord de Lvov.

Sur tous les secteurs, les colonnes blindées

allemandes avaient, à la fin de la première semaine, pénétré de plusieurs centaines de kilomètres sur le terrain occupé par les Russes.

L'exploitation des premiers succès

Au nord des marais du Pripet, après que le dispositif russe eut été rompu et que les réactions des masses de chars eurent été brisées, les Panzerdivisionen n'ont plus trouvé devant elles de résistance cohérente et solide : l'exploitation a alors commencé, sans aucun temps d'arrêt, et les événements ont évolué avec une très grande rapidité.

Le groupement allemand de gauche a progressé à une allure accélérée, le long du littoral de la mer Baltique. Il s'est rendu maître du cours de la Duna, jusqu'à Riga, et a traversé le territoire de la Lettonie et de l'Estonie.

Les deux masses qui conjuguèrent leurs efforts au nord et au sud de la cuvette de Bialystok ont réduit les importantes forces adverses investies autour de cette ville. Celles-ci ont été presque totalement détruites, en cherchant à rompre, par des attaques massives, le cercle qui les étreignait. Pendant ce temps, les grandes unités mécaniques des deux armées continuaient leur avance rapide vers l'est. Soixante-dix mille Russes, encerclés dans la région de Minsk, ont capitulé. A la date du 10 juillet, le nombre des prisonniers faits dans cette région dépassait trois cent vingt mille. Plus de trois mille chars et de dix-huit cents canons sont tombés aux mains des assaillants ou furent mis hors d'usage.

Les Panzerdivisionen ont franchi la Bérézina et sont parvenues jusqu'au Dnieper, à quatre cent cinquante kilomètres de leur base de départ, et à cinq cents kilomètres de Moscou.

A l'aile gauche, la petite armée finlandaise, appuyée par des contingents allemands, s'est efforcée de refouler les Russes dans la direction de Léninegrad. Mais elle s'est heurtée à une défense très énergique.

Enfin, à l'extrémité septentrionale du théâtre d'opérations, sur les rivages de l'océan glacial, des forces allemandes et finlandaises ont attaqué vers Mourmansk. Le but de cette opération très excentrique est de couper la ligne Léninegrad-Mourmansk et d'intercepter ainsi les communications ferroviaires entre les Anglais et les Russes.

Au sud des marais du Pripet, l'avance a été moins rapide. Un groupement de colonnes blindées et motorisées, partant de la région de Luck, s'est rabattu, au sud, vers Tarnopol, sans doute pour envelopper les masses soviétiques qui se trouvaient dans la poche de Lvov. En même temps, en Bukovine, des forces germano-roumaines, franchissant le Dniester, ont attaqué Czernovitz, qu'elles ont occupé le 6 juillet. Ainsi, les forces rouges de Lvov se voyaient menacées d'être prises dans les deux branches d'une tenaille s'avancant, au nord, par Tarnopol, au sud, par Czernovitz. Cependant, la tenaille ne s'est pas refermée, et les communiqués allemands n'ont pas signalé que des effectifs importants eussent été encerclés dans cette région.

Sur le front des Carpathes, les Hongrois, descendus des montagnes, sont parvenus dans la plaine et ont atteint le Dniester.

Enfin, à l'extrême droite, les Roumains ont progressé, eux aussi, en Bessarabie, mais ils ont été arrêtés par des forces rouges importantes.

Ainsi, au cours de cette phase, la résistance soviétique a cédé sur tous les fronts, sauf à l'extrême droite, en Finlande, et à l'extrême gauche, en Bessarabie.

L'attaque de la ligne Staline

On manque de renseignements précis à la fois sur l'organisation de la ligne Staline et sur la façon dont cette vaste position fortifiée a été enlevée par les Allemands. Il semble toutefois qu'elle s'étendait sur une grande profondeur — cinquante kilomètres en moyenne — et qu'elle était constituée par des blockhaus, peut-être un peu trop largement espacés pour pouvoir s'appuyer efficacement les uns les autres.

Les groupements de divisions blindées allemandes auraient ainsi pu investir et attaquer les ouvrages isolément. Ils les ont enlevés, grâce à l'appui des « Stukas », des avions de bombardement et aussi, sans doute, de parachutistes, et, malgré certaines difficultés, ont rompu la zone fortifiée sur de larges secteurs.

La ligne Staline paraît avoir été enfoncée sur quatre points :

1° Dans le secteur à l'est du territoire lituanien, menaçant ainsi Leningrad par le sud ;

2° Au nord des marais du Pripet, dans

le secteur Mohilev-Vitebsk-Polotsk ; Vitebsk fut pris le 11 juillet et une information⁴ de source allemande précisait que, dans ce secteur, la dernière fortification à l'est de la ligne Staline fut prise le 14 juillet au soir ;

3° Dans le secteur de Jitomir, en direction de Kiev, percée réalisée entre le 11 et le 12 juillet, mais incomplètement, puisque des informations de Berlin précisait que le dernier ouvrage fortifié de la ligne Staline à l'est de Jitomir avait été enfoncé seulement le 22 ;

4° Au sud, les troupes germano-roumaines venant de Moldavie ont franchi le Dniester, probablement dans la partie située au nord-est de Czernovitz.

La zone fortifiée établie pour couvrir le territoire moscovite, si elle semble avoir ralenti très sensiblement la progression des terribles divisions blindées, mieux en tout cas qu'aucune des défenses qui leur furent opposées sur les autres théâtres d'opérations, n'a pas pu remplir entièrement son rôle. Si, d'après les communiqués allemands eux-mêmes, plusieurs jours de durs combats furent nécessaires en certains points pour l'enfoncer, le commandement soviétique n'a pas réussi à concentrer sur cette longue position les forces nécessaires pour appuyer la défense des ouvrages fortifiés.

La défense en profondeur

Avec la percée de la ligne Staline s'achevait la deuxième phase de la campagne, à laquelle devait normalement succéder l'exploitation par les divisions blindées devant lesquelles s'ouvrait le large plateau russe, du Dnieper à la Volga.

Effectivement, les engins motorisés, ayant franchi les brèches de la ligne Staline, portèrent rapidement la guerre à quatre-vingts ou cent kilomètres plus loin. Mais, au lieu de se mettre en retraite, les divisions russes dépassées poursuivirent avec acharnement la lutte, s'efforçant de refermer, dans la mesure du possible, les brèches et d'interdire le passage tant à l'infanterie qu'aux approvisionnements indispensables aux engins motorisés. Jamais cette tactique de défense en profondeur, que chacun s'accorde à considérer comme la seule capable, sinon d'arrêter, du moins de ralentir une armée puissamment dotée de divisions blindées, n'avait été mise en action sur un théâtre aussi vaste. Cette

bataille en profondeur s'est étalée parfois sur 150 km et plus, comme par exemple au nord, où les divisions en flèche atteignaient Novgorod en même temps que l'on annonçait de violentes contre-attaques sur la ligne Staline, à Pskov.

Mais le succès d'une telle défense dépend pour beaucoup du matériel, chars et avions, dont dispose le défenseur. On ignore si les troupes soviétiques, après les lourdes pertes de Bialystok et de Minsk, peuvent en réunir en quantité suffisante, et, dans l'affirmative, si le personnel qui l'utilise a eu l'entraînement nécessaire. Il faut d'ailleurs souligner les dangers courus par le défenseur en cas d'insuccès, car les unités demeurées en arrière subissent l'encerclement des armées assaillantes avec alors la seule alternative de la reddition ou de la destruction.

Au 31 juillet, soit après six semaines environ de durs combats, il était, comme lors des précédentes offensives de la Wehrmacht, impossible de trouver trace d'un front continu, avec d'une part l'avance en flèche de certains éléments et d'autre part la présence d'îlots de résistance progressivement réduits, et les contre-attaques incessantes des armées soviétiques.

— Dans le secteur sud, les troupes germano-roumaines, après avoir pris successivement Czernovitz et Kichinev, poursuivent les troupes soviétiques en retraite vers Odessa.

— La menace sur Kiev, malgré les contre-attaques autour de Jitomir, et celle sur Moscou, malgré les durs combats à l'est de Smolensk (prise le 17 juillet), se précisent chaque jour.

— Enfin, plus au nord, l'encerclement de Leningrad se dessine avec des attaques venant à la fois du sud-ouest (région de Pskov), du nord-ouest (isthme de Carélie) et plus récemment du nord-est. Les troupes finlandaises, en effet, ont opéré une percée nouvelle entre les lacs Ladoga et Onéga, occupant la ville de Petrozavodsk et coupant ainsi la voie ferrée Leningrad-Mourmansk, seule liaison par fer avec l'Angleterre. De là, elles men-

cent de se rabattre vers le sud-ouest pour achever de fermer la tenaille autour de Leningrad.

La troisième phase de la campagne va ainsi s'achever autour de Leningrad, Moscou, Kiev et Odessa, sans doute dans un délai plus ou moins court. Le gros des masses rouges a été vraisemblablement disloqué au cours de la bataille de Pologne orientale, et les grandes unités de chars et d'aviation mutilées à la suite des pertes énormes qu'elles ont subies. Le commandement soviétique n'a-t-il plus à sa disposition que des détachements plus ou moins considérables obligés d'opérer sans coordination pour assurer la défense des points vitaux? Cela semble probable, car l'action de l'aviation sur les rares lignes de communication a dû empêcher la mobilisation des réserves non appelées et le transport des grandes unités fraîches en chemin de fer ou en convois automobiles.

La phase ultérieure de la lutte pourrait alors revêtir la forme d'une exploitation menée par les formations blindées et motorisées. Cependant, elle pourra se trouver retardée, dans une mesure qu'il est impossible d'apprécier, à la fois par l'immensité des distances à parcourir, par le petit nombre et la médiocrité des routes, et par la nécessité d'amener à pied d'œuvre le ravitaillement que les troupes russes semblent détruire devant l'envahisseur.

Il serait vain toutefois de faire une assimilation, même lointaine, entre l'expédition allemande actuelle, conduite par des groupements disposant de moyens immenses et d'un matériel possédant comme vitesse, rayon d'action et capacité de transport des possibilités insoupçonnées jusqu'à ces dernières années, et la campagne de 1812, où la Grande Armée de Napoléon, rapidement réduite à moins de deux cent mille hommes et ne pouvant s'avancer qu'à l'allure de l'infanterie, était presque complètement démunie de ressources pour assurer le ravitaillement de ses hommes et de ses chevaux.

POUR REMÉDIER A LA PÉNURIE DES LUBRIFIANTS : LA RÉGÉNÉRATION DES HUILES DE GRAISSAGE

par Henry DOYEN

Les huiles minérales dérivées du pétrole possèdent des propriétés physiques et chimiques remarquables : leur inertie chimique qui les rend peu altérables à l'air, leur onctuosité qui en fait d'excellents lubrifiants, et leur pouvoir isolant qui les fait utiliser dans certains appareils électriques (transformateurs, disjoncteurs, etc.). C'est pourquoi l'industrie mécanique en consomme d'importantes quantités pour le graissage et le nettoyage des machines. La pénurie d'huile aurait des répercussions économiques encore plus étendues que la pénurie d'essence. Dans les machines qui l'emploient, l'huile, en partie détruite au contact des parois chaudes, des arcs électriques et polluée par des impuretés extérieures, finit plus ou moins rapidement par devenir impropre à tout usage. Une série de procédés physiques et chimiques de purification maintenant parfaitement au point permet toutefois de régénérer une partie de l'huile usée. Cette régénération organisée en France sur une large échelle permettrait de réaliser une économie de lubrifiant d'environ 20 %, ce qui est loin d'être négligeable dans les circonstances actuelles.

L'altération des huiles de graissage des moteurs thermiques

LES huiles de graissage des moteurs thermiques s'altèrent plus ou moins, suivant leur composition originelle et les conditions dans lesquelles on les emploie; en tout cas, on observe qu'un lubrifiant, au fur et à mesure de son vieillissement, augmente de densité et de viscosité, s'enrichit en carbone libre et en matières asphaltiques. En même temps, il devient plus acide et prend une couleur plus foncée; on observe aussi une modification de son odeur. La chaleur détermine ces altérations; en apparence, cependant, le lubrifiant n'est pas soumis à une température très élevée : si l'on prend la température de l'huile contenue dans le carter d'un moteur en fonctionnement au banc, par exemple, une fois le régime permanent établi, on la trouve le plus souvent comprise entre 70 et 80°. En réalité, certaines parties de cette huile sont soumises à une température beaucoup plus forte, particulièrement celles qui viennent en contact avec les fonds de pistons.

Quand on démonte ceux-ci, on constate

la présence de dépôts charbonneux adhérents, tapissant le fond des pistons du côté du carter; ce phénomène n'a lieu en aucune autre partie du moteur. Le poids global de ces dépôts, qui peut atteindre 100 et 150 g pour les quatre pistons d'un moteur, est en relation avec la température atteinte par ces pistons. D'après les essais de la Société des Transports en Commun de la Région Parisienne, fondés sur l'emploi de montres fusibles, soudées sur le fond des pistons, cette température peut varier entre 300 et 400° pour les pistons en fonte, entre 170 et 217° pour les pistons en alliage léger (généralement, 87 % d'aluminium et 13 % de cuivre). Aussi le dépôt de charbon se forme-t-il en quantités plus importantes quand on emploie des pistons en fonte, qui sont plus chauds; d'autre part, la décomposition pyrogénée des lubrifiants se manifeste principalement à partir de 300 ou 350°. Cela résulte du graphique (fig. 1), montrant que, pour un lubrifiant préparé à partir d'un pétrole de Perse, l'acidité, la viscosité et la teneur croissent notablement à partir de 280°, et s'amplifient à partir de 320°, température qui représente, pour cette

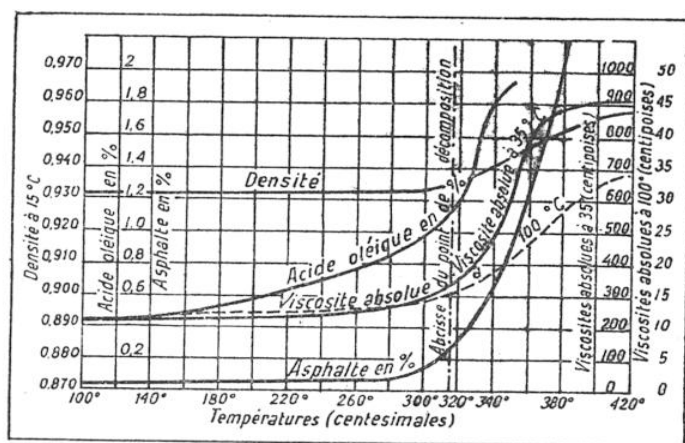


FIG. 1. — DIAGRAMME DES CARACTÉRISTIQUES D'UNE HUILE DE GRAISSAGE EN FONCTION DE LA TEMPÉRATURE

La teneur en acide oléique et en produits asphaltiques mesure le degré d'oxydation et de décomposition de l'huile. Ses caractéristiques physiques : densité, viscosité se trouvent notablement altérées par ces modifications chimiques.

huile, le « point de décomposition instantanée ». L'édifice moléculaire de l'huile subit alors une désagrégation profonde qui lui fait perdre ses qualités lubrifiantes. Il est donc recommandable d'employer des huiles conservant leur stabilité moléculaire jusqu'à une température d'au moins 320° et de substituer des pistons en alliages légers aux pistons en fonte.

Une huile de graissage usée contient donc les impuretés suivantes :

- des matières goudronneuses et asphaltiques provenant de l'oxydation de l'huile;

- du carbone, en particules plus ou moins ténues, résultant d'une combustion partielle de l'huile;

- des impuretés d'origine extérieure : fractions lourdes de l'essence, pouvant représenter 3 à 5 % du poids de l'huile; eau formée par la combustion du carburant et particules solides généralement abrasives : limailles, sable, ayant pour origine la détérioration des pièces métalliques en frottement mutuel ou l'entraînement de poussières provenant de l'atmosphère (1).

(1) En général, une huile usagée provenant de moteurs à carburation, ou à combustion interne correspond, après déshydratation, à la composition que voici :

Huile de graissage.....	85 %
Essence	2 %
Gas oil et hydrocarbures légers.....	6 %
Produits lourds	3 %
Produits éliminables au moyen de solvants spéciaux ou de terres adsorbantes.....	4 %

L'élimination de ces diverses impuretés est évidemment plus ou moins difficile, car elles se présentent dans l'huile à l'état d'émulsion, de suspension, de dissolution, etc., et les unes s'éliminent par de simples procédés mécaniques, tandis que pour d'autres il faut employer des procédés physiques et chimiques. La régénération d'une huile fait successivement appel à tous ces procédés. L'huile régénérée est de qualité comparable à celle de l'huile neuve.

Les procédés mécaniques de purification des huiles

Ces procédés ont pour but de les débarrasser, soit du carbone libre et des particules minérales qui les ont contami-

nées quand elles ont servi au graissage des moteurs Diesel, soit de l'eau dont elles ont pu se charger dans les turbines à vapeur. Dans ce dernier cas, l'eau se prête à la formation d'émulsion accroissant la viscosité de l'huile, ce qui ralentit ou même arrête sa circulation dans les tuyauteries; il en résulte une diminution du graissage, avec ses conséquences.

Afin d'éliminer ces diverses impuretés en suspension dans l'huile, on a intérêt à prélever sur le refoulement des pompes à huile, à l'endroit le plus chaud (1) de la

(1) Pour les moteurs Diesel dans lesquels la viscosité de l'huile s'accroît notablement, l'huile doit

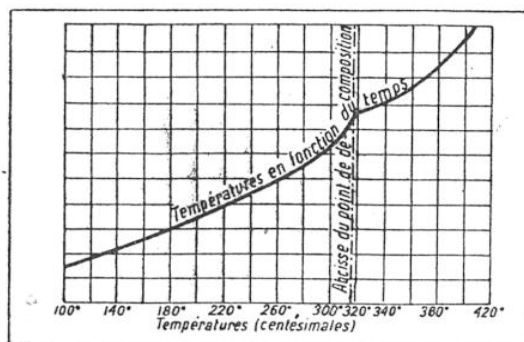


FIG. 2. — LA DÉCOMPOSITION PAR LA CHALEUR D'UNE HUILE DE GRAISSAGE

La discontinuité de la courbe des températures de l'huile en fonction du temps quand on chauffe cette huile montre qu'elle subit une transformation un peu avant 320° et que cette transformation s'accompagne d'un dégagement de chaleur.

canalisation, une dérivation qui envoie dans les appareils de nettoyage une fraction de l'huile en service : par exemple, ces épurateurs traiteront, par heure, 4 à 5 % de la quantité d'huile en circuit (1).

Cette opération de nettoyage s'effectue, soit par filtration, soit par centrifugation.

La filtration présente l'inconvénient d'être lente et de nécessiter des appareils encombrants. Dans les modèles les plus perfectionnés, on prévoit 1 m² pour 2 t d'huiles à traiter par jour ; dans d'autres, l'encombrement est de 0,4 m² pour un débit horaire de 8 à 10 litres seulement. On arrive à ce résultat avec des ultra-filtres constitués par une colonne de rondelles en matière filtrante (kieselguhr, poudre d'amiante, tissu textile, etc.) ou des bougies en terre poreuse.

Nettoyage par superfiltration

Pratiquement, le super-filtre est composé d'un empilage de rondelles de papier imprégné sous vide au moyen d'un produit spécial insoluble dans l'huile, et capable de rendre le papier insensible à son passage. L'empilage forme une véritable colonne filtrante, comportant un nombre considérable d'intervalles lamellaires infiniment minces, intervalles dont l'épaisseur est déterminée par la pression exercée sur les rondelles à l'aide d'un ressort convenablement taré. L'huile parvient à s'insinuer dans les intervalles

entrer à 70° environ dans les nettoyeurs ; mais il suffit de 50 à 60° pour les lubrifiants des turbines à vapeur.

(1) Cette fraction doit s'élever à 5 % au moins pour les lubrifiants des moteurs Diesel. Par exemple on a relevé que, sur un navire de commerce, au bout de 65 jours de mer, les 20 t d'huile du bord contenaient, faute d'épurateurs continus, 15 % de crasses.

lamellaires et à gagner la partie centrale de la colonne qui constitue un véritable tube de drainage où se rassemblent tous les filets d'huile provenant des différents éléments de la colonne. L'huile souillée abandonne à la surface externe des rondelles de papier les impuretés qu'elle con-

tient et arrive complètement épurée dans le tube central. Pour assurer son passage, il suffit d'exercer une pression sur l'huile, à l'extérieur de la colonne, ou une dépression à l'intérieur de cette dernière.

Toutes les impuretés dont l'huile est chargée sont retenues à la périphérie des colonnes, et l'huile qui arrive au trou central est intégralement débarrassée de tous les corps étrangers qu'elle contenait, même colloïdaux, et la finesse de filtration atteint ainsi 1/10 000^e de millimètre.

Lorsque, après six ou sept heures de marche, le colmatage des colonnes ralentit le débit, il suffit d'envoyer de l'air comprimé à l'intérieur des colonnes en sens inverse du chemin parcouru par l'huile. Les boues agglomérées à la surface des colonnes se détachent et tombent dans un bac. Les colonnes se trouvent instantanément parfaitement nettoyées et sont prêtes à filtrer à plein débit.

Nettoyage par supercentrifugation

On distingue deux classes de centrifugeuses. La première comprend les appareils à assiettes, constitués par des plateaux tronconiques empilés (Alfred Lafont, Laval, Hignette, etc.). Dans la seconde (Sharpless), le bol n'a qu'un diamètre réduit (12 cm) et une assez grande longueur : généralement sept fois le dia-

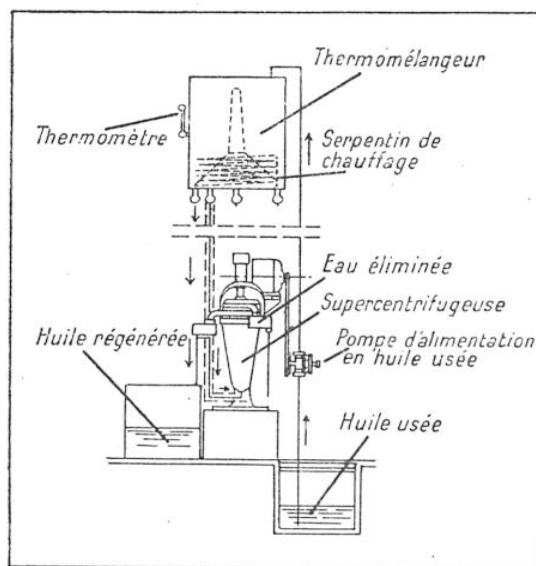


FIG. 3. — SCHÉMA DU DISPOSITIF SHARPLESS POUR LA RÉGÉNÉRATION DES HUILES DE GRAISSAGE

Le brassage de l'huile avec le réactif destiné à opérer la floculation du carbone colloïdal s'effectue dans un thermomélangeur placé à la partie supérieure de l'appareil en charge sur la supercentrifugeuse. L'action du réactif est essentiellement physique et ne donne lieu à aucune transformation chimique de l'huile. Le chauffage s'effectue par la vapeur à basse pression. Un deuxième passage dans la supercentrifugeuse, cette fois sans aucun traitement, peut éventuellement servir à restituer à l'huile toute sa limpidité en extrayant les dernières traces d'impuretés.

mètre. Cette machine tourne à 17 000 tours par minute. On la dénomme parfois « bol tubulaire à grande vitesse ».

Dans les centrifugeuses de la première classe, on adopte une vitesse de 6 000 à 10 000 tours, un diamètre moyen (12 à 34 cm), et on compense l'insuffisance de force centrifuge par un dispositif qui facilite la séparation; celui-ci consiste à diviser en lames minces l'intérieur du bol. En principe, on utilise des ailettes dites assiettes, inclinées à 45°, et superposées avec des intervalles de l'ordre de trois quarts de millimètre.

Fréquemment, on associe à la centrifugation un traitement chimique : à cet effet, on incorpore à l'huile un sel de soude, tel que le triphosphate, le silicate, l'aluminate ou le tungstate. En coagulant la boue, ces agents facilitent la séparation des particules les plus ténues, en particulier celles de carbone, en suspension dans l'huile. La figure 3 représente schématiquement une installation de ce genre.

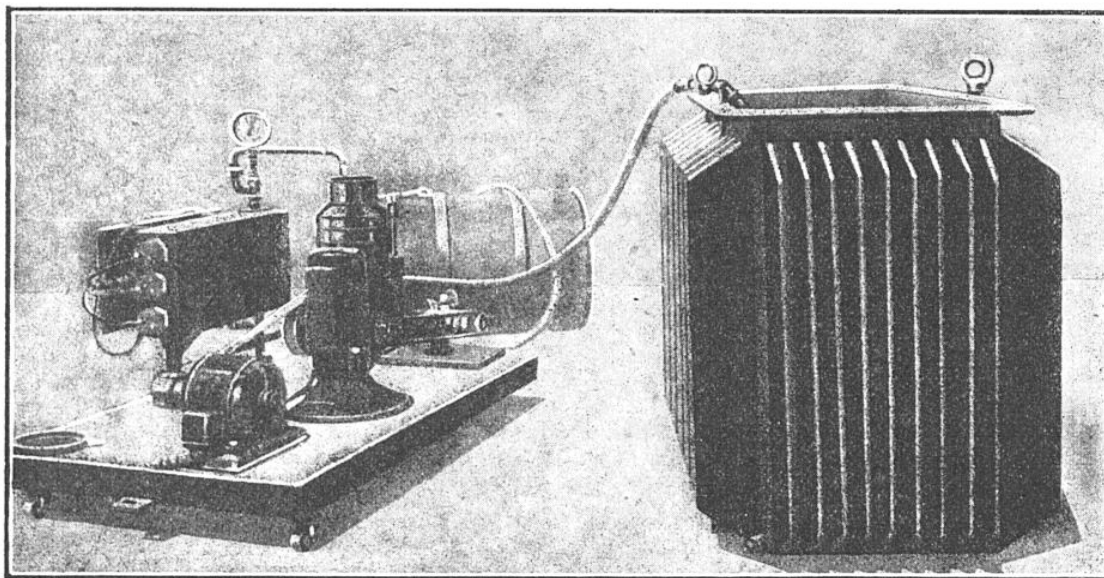
Si cette opération procure un rendement élevé (entre 85 et 90 %, la proportion d'impuretés étant de 8-10 %), elle ne permet pas d'éliminer certaines matières : carburant qui dilue l'huile, acides, asphaltes, etc.; pour déplacer ces corps, il faut recourir à des procédés de séparation plus puissants.

L'épuration physico-chimique des lubrifiants usagés

Cette opération a pour objet l'élimination des goudrons, lesquels se comportent souvent comme des catalyseurs d'oxydation en diminuant alors la durée d'usage de l'huile. En tout cas, par leur présence, ces goudrons déprécient commercialement l'huile à cause de la couleur noire qu'ils lui communiquent. A cet effet, l'huile, nettoyée par l'une des méthodes précitées, est mélangée avec des terres argileuses décolorantes : floridine, bentonite, frankonite, etc., soit naturelles, soit activées, au moyen du sulfate de cuivre, par exemple.

Ces terres argileuses sont d'un usage constant dans les raffineries de pétrole, en raison de leurs propriétés adsorbantes du carbone et neutralisantes des acides, ainsi que de leur pouvoir coagulant des composés saponifiables. Ces terres présentent une activité d'autant plus forte qu'elles sont plus poreuses et broyées plus finement, ce qui leur permet de présenter à l'huile une plus grande surface de contact.

Il importe, lors de l'emploi de ces terres, de bien les mélanger à l'huile et d'éviter la formation de grumeaux. A cet effet, on se sert d'une saupoudreuse, ou bien on délaie la terre dans une petite



T W 10473

FIG. 4. — GROUPE HIGNETTE EN SERVICE A LA SOCIÉTÉ DAUPHINOISE D'ÉLECTRICITÉ POUR LE NETTOYAGE DES HUILES ISOLANTES

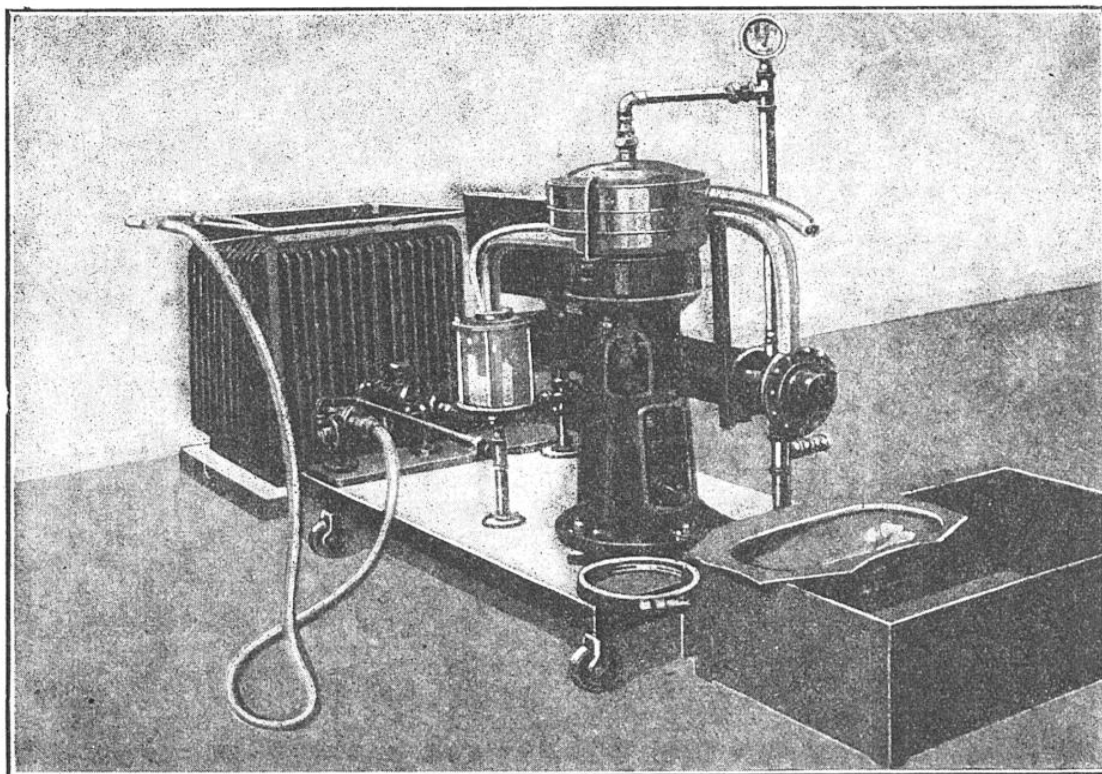


FIG. 5. — GROUPE HIGNETTE EN SERVICE AUX USINES CITROËN POUR LE NETTOYAGE DES HUILES DE TRANSFORMATEURS T W 10472

quantité de l'huile à épurer, de façon à obtenir une boue homogène que l'on verse ensuite dans la masse d'huile, où on la répartit uniformément par un malaxage.

Suivant l'altération plus ou moins forte de l'huile, la qualité et la finesse de la terre adsorbante, on emploie, par rapport au poids de l'huile traitée, 2 à 5 % en moyenne, mais, en certains cas, jusqu'à 15 ou 20 % de cette terre. L'opération de mise en contact de l'huile et de la terre adsorbante a lieu entre 80 et 120°, et généralement se poursuit durant une demi-heure ou une heure. L'huile étant chaude, on procède aussitôt, le plus souvent, à une filtration et parfois à un essorage.

Quand on se sert de filtres-presses, on fait intervenir des coagulants afin d'éviter le colmatage des toiles filtrantes. Souvent on se sert de l'appareil dénommé « New Precoat Filter », dans lequel la surface filtrante est recouverte d'un gâteau ou « precoat » de terre à diatomées, ou de toute autre matière filtrante; après formation du gâteau, on filtre l'huile pour éliminer les parties solides ou colloïdales en suspension. Parfois aussi, afin

d'éviter le nettoyage toujours onéreux des toiles filtrantes, on recouvre celles-ci d'une feuille de papier : quand le filtre est colmaté, on enlève les feuilles de papier usagées et on les remplace par d'autres, ce qui coûte moins cher que le nettoyage des toiles.

L'épuration chimique des lubrifiants usagés

Quand la régénération d'une huile nécessite plus de 10 % de son poids de terre adsorbante, le filtrage de la suspension de l'huile et de la terre devient lent et malaisé. Dans ce cas, il est indiqué de commencer le traitement de l'huile, préalablement nettoyée, en la mélangeant avec 2 à 10 % de son poids d'acide sulfurique. Celui-ci forme avec les goudrons des produits sulfonés qu'il dissout. On l'élimine ensuite par décantation, afin de rejeter les composés sulfonés qui donneraient naissance, au cours de la neutralisation de l'huile par une lessive de soude (environ 0,4 %), à des sulfonates alcalins facilitant la formation d'émulsions. On termine ce premier stade d'opérations par

une centrifugation. La régénération de l'huile s'achève par un traitement avec 2 à 5 % de terre adsorbante, puis par un filtrage.

Le rendement est de 70 à 80 % seulement, ce qui s'explique ainsi : la terre adsorbante retient l'huile dans la proportion de 40 à 50 % de son poids, de sorte que la perte est très appréciable quand l'épuration nécessite beaucoup de cette terre ; en outre, l'emploi de l'acide sulfurique a des inconvénients pratiques évidents.

Cependant, ces inconvénients de l'emploi de l'acide sulfurique disparaissent si l'acide sulfurique intervient au cours du passage de l'huile dans une supercentrifugeuse Sharpless. En effet, les goudrons acides ne demeurent pas en contact avec l'huile et ne s'y redissolvent pas comme dans le cas du traitement par décantation statique. L'huile sort de la centrifugeuse avec une teinte beaucoup plus claire et on réalise ultérieurement une économie importante de terre décolorante. Il en résulte aussi un rendement meilleur en huile régénérée parce qu'on fait intervenir une quantité moindre de cette terre. La perte totale n'est plus alors que de 10 à 15 %, au lieu de 20 à 30 % dans les dispositifs statiques.

Une autre tendance actuelle consiste à provoquer, d'abord, la polymérisation des asphaltes, soit dans un traitement effectué entre 300 et 325°, soit par un agent chimique (tétrachlorure d'étain, chlorure stannique, chlorure d'aluminium, triéthanolamine) ; on termine par un traitement au moyen de la terre adsorbante. Ce dernier devient plus aisé, en raison de la plus forte grosseur des molécules de goudron, conséquence de la polymérisation. Celle-ci donne les meilleurs résultats quand elle s'accompagne d'une injection d'eau chaude dans l'huile ramenée à la température de 200° environ ; à ce moment, en effet, l'eau se vaporise instantanément ; la vapeur formée entraîne les éléments communiquant à l'huile usagée sa mauvaise odeur caractéristique.

La distillation et la désodorisation de l'huile épurée

A sa sortie des appareils d'épuration, l'huile lubrifiante contient encore en dissolution 3 à 5 % de carburant qui la dilue et qu'on élimine par distillation dans une chaudière munie d'un serpentín à vapeur, puis par injection directe de

vapeur dans l'huile, afin de parfaire sa désodorisation. Il n'y a pas intérêt, à cause des complications, à procéder à cette distillation sous un vide partiel.

Les vapeurs résultant de cette distillation sont condensées et recueillies dans un bac de décantation, afin de séparer l'essence de l'eau. L'huile légère ainsi obtenue est dénommée par les Américains « penetrating oil » ; elle se caractérise par sa fluidité et sa grande onctuosité, de sorte qu'elle est excellente pour le graissage des lames de ressorts.

La détérioration des huiles isolantes des appareils électriques

Dans ces appareils, l'huile, d'un pouvoir diélectrique élevé, joue le double rôle d'isolant électrique et de fluide de refroidissement. Ses qualités isolantes se caractérisent par la tension de rupture à l'éclateur normal (boules de 12,5 mm, distantes de 5 mm), tandis que ses qualités refroidissantes dépendent de sa fluidité. Ces diverses caractéristiques sont fortement influencées par la présence d'impuretés.

L'eau, même en faibles traces, diminue considérablement le pouvoir isolant de l'huile. La tension de rupture passe de 46 000 à 10 000 volts quand la teneur de l'huile en eau passe de 0,005 à 1 p. 1 000.

On voit à quel point il faut dessécher l'huile pour qu'elle réponde aux spécifications de l'Union des Syndicats de l'Electricité, qui exige une tension de rupture de 40 000 V à l'éclateur normal.

Les arcs électriques qui traversent l'huile isolante détruisent une partie de l'huile en y déterminant des phénomènes d'oxydation et de polymérisation.

L'accroissement de la coloration est le premier indice de cette transformation. Bientôt apparaissent des acides asphaltogènes, à grande masse moléculaire, sous la forme de suspension ténue de corpuscules solides ou pâteux, qui servent d'agents catalytiques pour une oxydation ultérieure. Simultanément, l'eau formée dans l'huile, à la faveur des réactions précédentes, entre en suspension. Vers 80°, l'isolant liquide dissout une proportion maximum d'eau sans que sa limpidité soit affectée (cette proportion est de l'ordre de 0,01 % ; elle varie avec la nature de l'huile et son acidité). Au refroidissement, le pouvoir dissolvant diminue et l'eau en excès apparaît sous forme de brouillard, puis décante au fond de la cuve.

chaque passage de pointe causant une nouvelle absorption de l'humidité atmosphérique. Ces pollutions modifient profondément les propriétés essentielles de l'isolant.

D'autre part, sous l'action des poussières, du chauffage et de l'oxydation, les huiles isolantes se chargent de boues formant, sur les bobinages, un dépôt d'abord visqueux, puis solide, qui met obstacle à l'évacuation de la chaleur et qui, par son acidité, détruit les guipages et les isolants, surtout quand ceux-ci n'ont pas été imprégnés sous pression.

Dans les interrupteurs et disjoncteurs, à chaque coupure, il se forme, par la combustion d'une fraction de l'huile, du carbone à l'état très divisé, colloïdal même, qui se répand dans l'huile et permet à l'humidité atmosphérique, comme aux poussières apportées par celle-ci, de se maintenir à l'état d'émulsion dans l'huile, ce qui présente de graves inconvénients. Le pouvoir isolant de l'huile mouillée est très réduit et les arcs se prolongent au moment des coupures, entraînant la dégradation des contacts et accélérant celle de l'huile; d'autre part, la vapeur d'eau qui se forme, lors des coupures, peut amener des explosions.

La régénération des huiles isolantes

Couramment, on procède à une régénération de ces huiles en recourant à une centrifugation de manière à en éliminer les éléments indésirables: eau, carbone libre, boues acides; puis, périodiquement, on parfait leur régénération à l'aide de terre à foulon, suivant la méthode utilisée pour le traitement des vieilles huiles de graissage.

Une pratique maintenant courante dans les centrales électriques consiste à régénérer ces huiles au moyen d'une centrifugeuse sur chariot, qu'on amène à côté du transformateur dont on veut traiter l'huile; on peut aussi disposer cet appareillage dans une remorque fermée que l'on accroche derrière une automobile pour traiter l'huile des sous-stations.

Un groupe centrifuge pour la régénération des huiles isolantes comporte comme organes essentiels :

1° Un réchauffeur électrique avec son tableau, pour porter l'huile mise en œuvre à la température d'environ 60°, à laquelle elle acquiert la fluidité voulue;

2° Un désaérateur en verre, dans lequel l'huile passe à sa sortie du bol et y abandonne l'air occlus qui lui communiquait un aspect trouble;

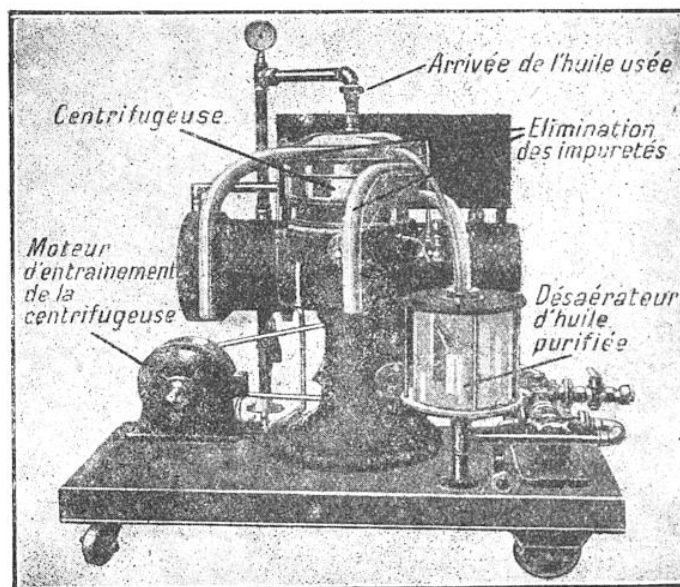


FIG. 6. — GROUPE STANDARD 3 000 L/H POUR LE NETTOYAGE DES HUILES ISOLANTES

3° Deux pompes, avec leurs tuyauteries, permettant : l'une, d'aspirer l'huile sale pour la refouler dans le réchauffeur, puis dans la centrifugeuse, tandis que la seconde envoie l'huile nettoyée dans le désaérateur, d'où elle s'écoule dans le réservoir d'utilisation;

4° Un moteur électrique dont la puissance varie de 0,5 à 2,5 ch, selon que le groupe traite de 150 à 6 000 l d'huile par heure.

Tout cet ensemble est combiné de façon que l'huile circule à l'abri de l'air ambiant, sans pouvoir absorber d'humidité et aussi de façon à présenter un encombrement et un poids réduits; suivant qu'on nettoie 150 ou 6 000 l d'huile par heure, un groupe pèse 250 ou 1 250 kg.

Le déshuilage des chiffons ayant servi au nettoyage des pièces de machines, métaux, etc.

Le mode opératoire suivi consiste à traiter des paquets de ces chiffons, dans

une essoreuse qu'un courant d'air chaud traverse, au moment de sa rotation. Cet air chaud réduit la viscosité de l'huile souillée imprégnant les paquetages et permet une extraction plus complète de l'huile. Les paquetages sont ensuite secoués pour enlever toutes les particules d'émeri, de métaux, etc.; on les ressaute ensuite avec de l'huile propre.

L'huile sortant de l'essoreuse est envoyée dans un réservoir à huile sale, soit pour être régénérée avec une centrifugeuse, soit pour être brûlée comme l'huile carburante.

En moyenne, on recueille 30 % d'huile contenue dans les chiffons et ceux-ci peuvent subir ainsi cinq régénérations. On réalise donc une économie appréciable d'huile et de chiffons, grâce à cette méthode de traitement.

Le nettoyage des huiles de coupe des métaux

Leurs principales impuretés sont constituées, soit par des copeaux métalliques provenant du travail des machines-outils, soit par des particules de poussières et de métal; soit par de l'eau, soit encore par du sable de mélange.

On élimine ces impuretés dans des centrifugeuses (Hignette, Sharpless, etc.); l'huile usagée ayant été portée à 110° environ, pour en accroître la fluidité et tuer les germes microbiens auxquels cette huile sert de véhicule (ces germes s'introduisent dans la peau, par suite des piqûres dues aux parcelles de métal en suspension dans l'huile, et provoquent des boutons sur les mains et les bras des ouvriers tourneurs, parfois même des phlegmons).

L'importance économique de la régénération des huiles usagées

Sur la base d'une consommation annuelle, en France, de 7 millions de tonnes d'essence, on prévoit une disponibilité de 100 000 t d'huile de graissage usagée, ou « de vidange » que la régénération transformerait en quelque 70 000 t d'huile physiquement identique à l'huile neuve, mais offrant cet avantage de présenter moins de sensibilité à l'oxydation.

Généralement, on admet qu'en régénérant les huiles usagées, on réalise une économie de 20 % environ par rapport à la consommation d'huile vierge. Ceci équivaut donc, en temps normal, à 50 000 t pour la France et à 120 000 t pour l'Al-

lemagne. L'économie annuelle correspondante se monterait donc à quelque 200 millions de francs, en se basant sur les cours de juillet 1939, et à beaucoup plus aujourd'hui.

Pour parvenir à ce résultat, il convient de disposer d'une organisation et d'un matériel appliquant des procédés simples. Vaut-il mieux effectuer la régénération sur place ou dans des centres appropriés? Le plus souvent, à cause notamment des difficultés matérielles que l'on rencontrerait pour procéder au ramassage des huiles usagées, la régénération sur place offre des avantages évidents. Toutefois, dans les grandes régions industrielles, une usine centrale de régénération permet souvent d'arriver, techniquement et économiquement, à des résultats meilleurs, exception faite pour les huiles de coupe qu'il vaut mieux traiter sur place, à cause de la simplicité de l'opération.

Ce problème capital a fait l'objet d'un projet de loi, à la suite d'un rapport présenté à la Commission des Mines et de la Force Motrice, par M. Gérante, député de la Haute-Savoie; ce rapport a été publié dans le « Journal officiel » du 15 décembre 1939.

M. Gérante a préconisé des usines capables de traiter chacune 5 t par heure de lubrifiant usagé : soit, en travaillant à deux postes de 10 heures, 100 t par jour, ou 30 000 t par an. Chacune de ces usines types de 5 t/h, comprendrait, par exemple, 6 bacs de décantation, de 60 m³; 3 malaxeurs, de 3 t/h; 3 filtres-presses, de 3 t/h; 2 bacs de surface de chauffe. Leur laboratoire ferait des prélèvements fréquents sur les huiles de vidange, afin de s'assurer de leur composition, en même temps qu'il contrôlerait les huiles régénérées.

On tiendrait compte des installations déjà existantes et on créerait deux ou trois usines dans les régions de grande consommation, par exemple à proximité de centres importants d'aviation.

Selon M. Gérante, les immobilisations à envisager pour la construction des usines nécessaires pour traiter ensemble 100 000 t par an seraient, en première approximation, de l'ordre d'une dizaine de millions de francs. Le prix forfaitaire de régénération atteindrait environ 1,25 à 1,50 fr par kg. En se basant sur les prix pratiqués en janvier 1940, pour l'huile neuve, l'Etat récupérerait rapidement les capitaux investis.

Henri DOYEN.

LE BOMBARDEMENT AERIEN DES CHANTIERS DE CONSTRUCTION NAVALE

par Camille ROUGERON

La bataille de l'Atlantique, dont dépend le ravitaillement des Iles Britanniques en vivres et en matériel de guerre, si elle ne présente que peu d'événements sensationnels, est peut-être la plus dure que l'Angleterre ait eu à soutenir depuis le début de la guerre. En 1914-1918, les Alliés avaient réussi à mettre au point la protection antisous-marine et à desserrer le contre-blocus de l'Allemagne. La situation n'est pas à beaucoup près aussi favorable en 1941. Alors qu'en 1917, la bataille de l'Atlantique avait pris l'allure d'une course entre l'activité des sous-marins et celle des chantiers de construction navale qui travaillaient alors en toute sécurité, ces derniers sont maintenant pris à partie par l'aviation pour qui ils constituent des objectifs de choix. Une bombe tombant sur un navire en dock flottant, au bassin ou sur cale, retarde de plusieurs mois sa mise en service, et il est hors de doute que les chantiers anglais sont actuellement embouteillés, tant par les constructions neuves que par les réparations de navires avariés. Seule une multiplication des chantiers américains pourra permettre au bloc anglo-saxon de maintenir sa flotte marchande et militaire au tonnage indispensable à la conduite de la guerre.

Le bombardement des ports

IL n'est pas de jour où n'apparaissent dans les communiqués les noms de Kiel, Brême, Rotterdam, Brest, Saint-Nazaire, Portsmouth, Glasgow ou de quelques autres des ces ports dans les chantiers desquels se construisaient, jusqu'à une période récente, les puissants navires qui faisaient l'honneur des marines de guerre et de commerce. Pourquoi ces bombardements méthodiques et obstinés contre des établissements dont le public n'était pas sans ignorer l'intérêt militaire, mais qu'il classait certainement, en tant qu'objectifs de l'aviation de bombardement, loin derrière d'autres, comme Essen, dont les noms reviennent cependant beaucoup moins fréquemment ?

Parmi les destructions dont on nous fait ainsi part, il faut distinguer celles qui se rapportent aux « ports d'invasion », objectif spécifiquement britannique, aux ports marchands, et aux centres de construction navale. La distinction n'est d'ailleurs pas toujours aisée. Brest, Cherbourg, Rotterdam sont aussi bien des ports d'invasion possibles que des chantiers navals, et Rotterdam au moins

est, par surcroît, un port de commerce de première importance ; Glasgow ou Belfast peuvent être visés aussi bien comme ports marchands que comme centres de construction navale.

Le bombardement des ports d'invasion est une application par l'aviation d'un des procédés de défense les plus efficaces, la « contre-préparation » ou bouleversement des positions de départ d'une offensive. La contre-préparation donna d'excellents résultats au cours de la guerre de 1914-1918 chaque fois qu'on put savoir d'une manière exacte l'heure de l'attaque projetée ; grâce à cette indication fournie par des prisonniers, c'est elle qui permit de briser net la seule des attaques montées par Ludendorff qui échoua sur le front occidental, l'attaque de Champagne du 14 juillet 1918. La contre-préparation aérienne sur les ports français du Pas de Calais a été inaugurée par la R.A.F. le 15 septembre 1940. A-t-elle vraiment fait avorter une tentative de débarquement ou s'agissait-il simplement d'exercices ? C'est une question qu'il est encore prématuré de vouloir résoudre. Toujours est-il que, depuis, le bombardement de ces ports n'a pas cessé, et même

s'est étendu à l'ensemble des bases de départ d'une invasion possible, de Brest jusqu'en Norvège. Les photographies de ces ports garnis de chalands que publient fréquemment les illustrés anglais expliquent leur intérêt en tant qu'objectifs aériens.

Le bombardement des ports marchands est une des méthodes les plus efficaces de destruction du commerce maritime. Il évite la recherche lointaine des navires isolés ou en convoi, les dangers de l'attaque précise à basse altitude, qu'il remplace par un arrosage général de nuit à très haute altitude sans grand risque pour l'assaillant. Les bombes perdues, si l'on désigne ainsi celles qui n'atteignent pas de navires, ne sont d'ailleurs pas perdues pour tout le monde, et la destruction des engins de levage, des hangars et des immeubles d'habitation voisins paye suffisamment. Des bombardements comme ceux de la ville de Liverpool et des rives de la Mersey ont certainement eu des effets très importants sur le commerce maritime britannique, et l'on peut être assuré que ce n'a pas été un des moindres résultats des opérations contre Londres, bien que les communiqués n'en aient pas fait mention. De même les bombardements répétés de Hambourg gênent certainement le trafic allemand avec la Baltique, comme ceux de Duisbourg, port principal de la Ruhr, gênent tout le trafic allemand de navigation intérieure. Les pertes de tonnage flottant doivent d'ailleurs être importantes, et elles s'obtiennent aisément; il est tout à fait inutile à la R.A.F. d'aller détruire des cargos armés ou escortés en Baltique, ou des chalands pétroliers sur le Bas-Danube, si elle peut obtenir le même résultat à la fin de leur voyage, à Hambourg ou à Duisbourg.

Le bombardement des centres de construction navale répond à une troisième préoccupation, celle de priver l'adversaire de moyens de constructions neuves ou de réparation de son tonnage militaire et marchand, qui, dans la forme actuelle de la guerre, sont à classer au premier rang des industries indispensables à sa conduite. Cette destruction est d'ailleurs complémentaire de la contre-préparation sur les ports d'invasion ou de la destruction du tonnage militaire et marchand dans les ports ou à la mer. Les pétroliers et les chalands bombardés sur cale gênent tout autant le débarque-

ment en projet que ceux qu'on coule dans les bases de départ; les sous-marins ou les « corvettes » dont on empêche la réparation sont autant de bâtiments disponibles de moins pour l'attaque ou l'escorte des convois. C'est ce genre d'objectifs que vise la « Luftwaffe » dans ses expéditions contre les grands chantiers de Belfast ou de la Clyde, ou la R.A.F. lorsqu'elle opère au-dessus de Kiel ou de Brême. Ce sont exclusivement ceux que nous étudierons ici.

Les moyens de production d'armements terrestres, navals et aériens et leur résistance au bombardement aérien

Tous ceux qui croyaient à la puissance du bombardement aérien n'avaient pas manqué de signaler les usines de guerre en général comme l'un des principaux objectifs de l'action aérienne indépendante. Mais, si l'attention était appelée sur les fabriques d'armes ou de produits chimiques, les usines de construction de moteurs et d'avions, et si l'on préconisait et même appliquait des moyens plus ou moins efficaces de protection, les chantiers navals soulevaient moins d'intérêt. On aurait vite fait le compte des avertissements signalant leur fragilité exceptionnelle et la difficulté de lancer et d'achever, en temps de guerre, un navire sous les bombes. Ce seul handicap de la construction navale suffisait cependant à modifier complètement l'idée que l'on pouvait se faire de la valeur respective du navire et de l'avion.

S'il est difficile de construire des moteurs et des avions sous les bombes, l'exemple de l'Allemagne, de la Grande-Bretagne, de l'Italie, montre qu'on y parvient néanmoins; il y aura donc moyen de remplacer les avions qu'on consommera pour couler un cuirassé. Mais on ne remplacera pas le cuirassé. Les trois pays précédents achèvent, ou essayent d'achever, les navires de ce genre qu'ils avaient en construction au début de la guerre. Aucun d'entre eux n'a encore manifesté sa confiance en la D.C.A. par la pose du premier rivet d'un de ces bâtiments qui, après deux ans passés sur cale, un an sous la grue du quai d'armement et trois mois au bassin pour l'alésage et le montage des lignes d'arbres, peuvent enfin servir à faire des croisières ou des escortes.

Peut-être objectera-t-on que la seule

durée de ces constructions explique suffisamment qu'on hésite à les entreprendre au cours d'une guerre que chacun espère voir terminer promptement à son profit. L'expérience montre cependant que les guerres qui mettent en jeu le sort d'un continent ou même du monde entier sont longues. Si le « Blitzkrieg » raccourcit les opérations élémentaires, il n'abrège pas la durée d'ensemble; en 1914-1918, l'écrasement de la Serbie et de la Roumanie était aussi du « Blitzkrieg ». Les opérations du Japon en Chine ont déjà la durée de la guerre de 1914. Pourquoi celle de 1939 serait-elle plus brève?

Or, au cours de guerres de ce genre, l'expérience montre que la construction navale renouvelle presque complètement le matériel en service. Elle est indispensable pour remplacer le tonnage détruit; elle l'est davantage encore pour faire face aux besoins nouveaux pour lesquels les navires en service conviennent le plus souvent très mal. Les croiseurs de bataille perdus par la marine britannique en 1916 purent être remplacés avant la fin des hostilités par d'autres mis en chantier au lendemain de la bataille des Falkland. Quel parti l'Allemagne aurait-elle tiré de sa marine à cette époque si elle n'avait eu la ressource de construire des sous-marins?

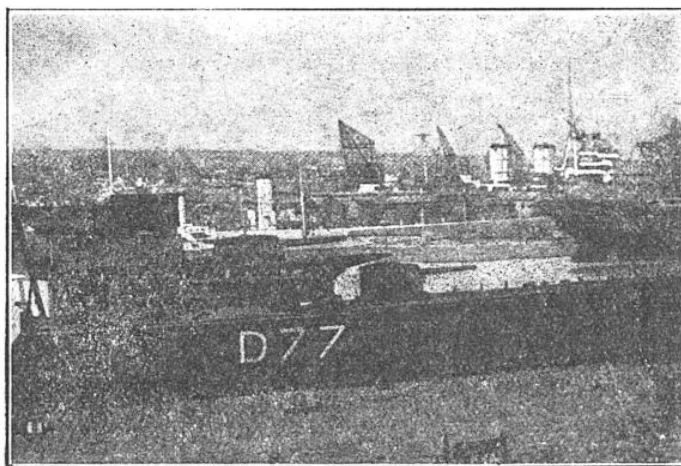
Comment les Alliés auraient-ils pu leur répondre sans leurs énormes constructions de bâtiments de faible tonnage?

La construction navale de guerre est donc aussi indispensable à la conduite des hostilités que la production des canons et des munitions, ou que la construction aéronautique; la différence extrême de vulnérabilité des trois industries est une gêne considérable pour la conduite de la guerre navale, surtout pour ceux qui doivent parer à la menace de l'avion.

Il peut sembler extraordinaire que ce caractère de la construction navale n'ait été compris qu'à une date relativement récente, puisque ce n'est qu'à la fin de 1940 que la R.A.F. inaugura ses attaques contre les chantiers navals allemands, et que la Luftwaffe attendit encore plu-

sieurs mois pour répondre sérieusement.

Jusqu'au 10 mai 1940, le retard s'explique par le renoncement mutuel des deux adversaires à toute forme de guerre aérienne où l'on eût risqué de tuer des civils, à terre du moins, car, à la mer, on ne s'en privait guère. Ni les Alliés, ni l'Allemagne ne jugeaient ce genre d'opérations conforme à leurs intérêts, encore que, dans de tels cas, l'un des deux au moins se trompe le plus souvent. Mais comment expliquer, depuis, que la R.A.F. ait persisté à bombarder la Ruhr, puis la



T W 12003

FIG. 1. — VUE PARTIELLE DES DOCKS DE PORTSMOUTH

Cette vue récente d'une partie des docks de Portsmouth, encombrée de navires en réparation, fait présumer du rendement des grosses expéditions de bombardement que la Luftwaffe dirige contre ce port, l'un des premiers ports de guerre de la Grande-Bretagne. Au premier plan, le D 77 est un des torpilleurs de la classe W 1918-19, le « Whitshed ».

Luftwaffe à « coventryser » les grandes villes britanniques sans que la première s'aperçût qu'on détruisait beaucoup plus aisément les sous-marins sur cale que par des croisières de recherches au large, et que la deuxième vît dans la destruction des chantiers navals un complément aisé à l'action qu'elle menait beaucoup plus difficilement contre les convois?

C'est, très probablement, que la doctrine de la guerre aérienne n'est pas encore établie. On découvre les objectifs importants et de destruction aisée au hasard des réflexions et des tentatives. Quand on a incendié tous les réservoirs à mazout non souterrains et toutes les raffineries de pétrole, on cherche quelque objectif nouveau; on essaie les chantiers navals; on s'aperçoit par des photographies ou des rapports d'agents que

l'opération rend et on la pousse. Quand tous les chantiers navals seront détruits, on trouvera certainement quelque autre objectif encore plus intéressant.

Les causes de la fragilité des chantiers navals

La fragilité des chantiers navals attaqués à la bombe d'avion s'explique par des causes multiples dont certaines sont anciennes et tiennent au principe même des constructions qui sortent de ces chantiers, et dont d'autres, plus récentes, se sont développées depuis 1918 sans qu'on ait pris garde à leurs répercussions.

Concentration et étendue des chantiers navals.

Les grands chantiers navals et en particulier les arsenaux d'Etat, où le problème de la rémunération des capitaux engagés dans l'achat des terrains, dans les immeubles et dans l'outillage ne se pose pas, sont caractérisés par la proportion énorme des immobilisations par rapport à la main-d'œuvre. Des arsenaux comme Brest, Toulon, Kiel, Wilhelmshafen, Portsmouth..., qui occupent en temps de paix entre 6 000 et 10 000 ouvriers, représentent, chacun, en valeur actuelle, plusieurs milliards sous forme de cales, de bassins, de docks de carénage, de grosses machines-outils.

Cette concentration de moyens est amplement justifiée d'un point de vue économique. Les grues de 250 tonnes, les docks flottants pour navires de ligne de 35 000 tonnes, les cales de construction pour paquebots de 260 à 280 mètres de long, les rouleaux à cintrer les tôles de 20 à 25 mm d'épaisseur, ne sont pas d'emploi courant; on ne peut multiplier les chantiers qui en sont dotés. Suivant l'importance des marines on en trouvera deux ou trois en France ou en Allemagne, cinq ou six en Grande-Bretagne. Les marines, pour des raisons d'exploitation économique de cet outillage, ont donc été amenées à le concentrer dans un très petit nombre d'établissements des plus exposés par suite à la menace aérienne.

Pour utiliser au maximum les plus coûteuses de ces machines ou de ces installations, on est conduit à les faire servir dans des cas où elles ne sont pas indispensables, mais qui leur permettront de ne pas rester sans emploi. On n'a pas toutes les semaines l'occasion de faire occuper un bassin de radoub de 250 m

par le cuirassé pour lequel il a été fait; mais on pourra toujours y caréner simultanément une demi-douzaine de sous-marins. D'autre part, ces installations pour navires de très gros tonnage ou de très grande longueur ont laissé le plus souvent subsister à côté d'elles les installations anciennes aux dimensions insuffisantes. Un grand arsenal est donc un ensemble de trois ou quatre cales de construction et d'une dizaine de bassins ou docks de carénage dont le plus grand est de 250 à 300 m. On y compte simultanément une demi-douzaine de navires sur cale, une douzaine d'autres en achèvement à flot, quinze ou vingt navires au bassin, trente à quarante en réparation aux différents postes d'amarrage. La réunion de ces moyens de construction ou de réparation occupe une étendue considérable, de plusieurs kilomètres carrés. On peut en juger sur les arsenaux de Brest et de Toulon qui sont plus grands que la ville elle-même, du moins que la ville intramuros. De tels établissements sont donc le type de l'objectif justiciable du bombardement sur zone, à très grande altitude, avec très peu de risques pour l'aviation. Ni du côté allemand au cours des opérations de la R.A.F. sur Brest, Wilhelmshafen, Kiel..., ni du côté britannique, au cours des bombardements de Portsmouth, Southampton... on n'a signalé de grosses pertes pour l'assaillant.

L'arsenal ou le grand chantier est donc l'objectif idéal pour l'aviation. La rivière ou la côte au bord de laquelle il se trouve, les grands bassins, les navires eux-mêmes, en facilitent à l'extrême la reconnaissance. Leur destruction ou leur « neutralisation » est une simple question de tonnage de bombes. Toutes les bombes portent. C'est l'opération type pour l'entraînement des équipages novices, qu'on ne pourra envoyer que beaucoup plus tard à la recherche de l'usine pour pièces détachées d'avions, camouflée en cité ouvrière, dans une lointaine petite ville de l'intérieur.

Durée de construction

Dans toute usine de guerre où l'on fabrique des canons et des projectiles, des moteurs ou des avions, la production journalière est évacuée régulièrement vers des magasins abrités, dispersés ou mal connus. Elle échappe ainsi à la des-

truction par le bombardement, qui n'agit guère que par son action sur l'outillage.

Dans un chantier naval, au contraire, le travail de plusieurs mois s'accumule, dans un bassin, sur le navire en grosse réparation après torpillage; celui de plusieurs années sur le navire en construction sur cale. Ce n'est pas seulement le travail du chantier, mais surtout celui des nombreuses usines de l'intérieur qui participent à ces constructions ou réparations par la fourniture d'un appareil propulsif, d'une artillerie, etc., qui se trouvent ainsi exposés à la bombe pendant des mois et des années. Ces objectifs, réunis au nombre de quelques unités dans le chantier, en représentent plusieurs fois la valeur.

La durée de construction de ses produits est le facteur essentiel de la vulnérabilité du chantier naval.

Il faut distinguer, de ce point de vue, entre le navire sur cale et au bassin, et le navire à flot. Ce dernier est protégé des éclats dangereux pour sa carène par la masse d'eau qui l'entoure; les seuls coups efficaces sont ceux qui l'atteignent directement ou qui tombent à moins de quelques mètres. D'autre part, il peut être éloigné à grande distance du chantier, ce qui gêne bien un peu l'exécution des travaux, mais n'est pas un inconvénient comparable à sa destruction. Au contraire, le navire sur cale ou au bassin est exposé aux gros éclats de bombes à fusée instantanée tombant au voisinage, et qui interdiront de le mettre à flot sans réparations continuelles; le navire au bassin est en outre exposé à des dangers graves que nous traitons dans un paragraphe spécial.

Il y a donc un intérêt majeur à réduire la durée de construction sur cale pour augmenter celle de l'achèvement à flot. Or, un changement d'apparence négligeable à la structure de la protection a transformé complètement la construction du grand bâtiment et exige un long

séjour sur cale : c'est l'emploi d'une cuirasse de ceinture inclinée et intérieure.

Jusqu'en 1914, la ceinture, verticale, au voisinage de la flottaison, était mise en place à flot. Lorsqu'on avait besoin de la cale pour mettre en chantier un autre

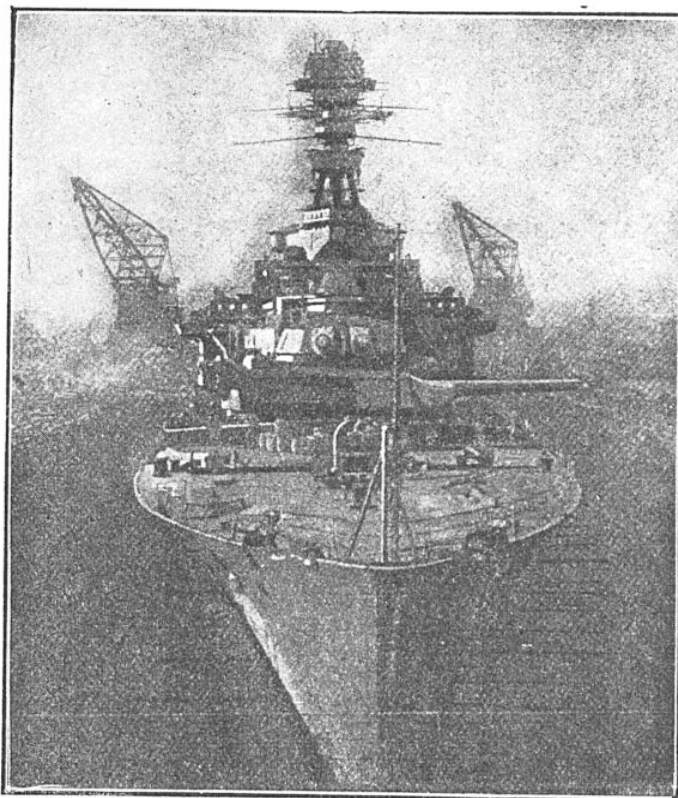


FIG. 2. — LE CROISEUR DE BATAILLE ANGLAIS « REPULSE » DANS UN DES BASSINS DE PORTSMOUTH

C'est au cours de leurs passages en cale sèche que les navires sont le plus vulnérables à la bombe, qui peut atteindre les fonds en éclatant dans le bassin et provoquer le chavirement du navire par destruction de la porte. C'est pourquoi la R.A.F. a repris ses bombardements de Brest lorsque le Scharnhorst, le Gneisenau et le Prinz Eugen sont passés au bassin pour réparation de leurs avaries.

navire, on pouvait limiter la construction sur cale au pont blindé inférieur et achever tout le reste à flot; on ne le faisait pas en général parce que la construction sur cale, où l'on dispose de nombreux appareils de levage et d'échafaudages extérieurs, est plus économique que la construction à flot. Mais le lancement du navire limité au pont blindé inférieur est parfaitement possible; c'est en cet état notamment qu'ont été lancés les coques, non achevées, de nos cuirassés type *Flandre* en construction en 1914,

pour libérer des cales où l'on mit en chantier les petits bâtiments nécessaires pour la lutte contre les sous-marins.

Depuis l'emploi sur le *Hood* d'une cuirasse inclinée, cette disposition a été reproduite sur tous les navires de ligne; pour réduire au minimum la résistance de carène, la cuirasse, depuis le *Nelson*,



T W 12005

FIG. 3. — MONTAGE D'UNE LIGNE DE TINS

La ligne de tins, dont les éléments sont entassés en haut et à droite, est mise en place sur cette nouvelle cale. Les tins en bois reposent sur des fondations en béton très résistantes. Le délignage des faces supérieures est assuré par des visées optiques, à moins d'un millimètre près. Les bombes explosant dans le sol soulèvent les tins et déforment assez la charpente en cours de montage pour empêcher l'assemblage ultérieur des éléments coupés à longueur et percés au préalable.

ne fait plus partie du bordé de carène, elle est disposée à l'intérieur. La charpente du navire limitée au pont blindé inférieur n'est plus liée et la coque ne peut être lancée en cet état. On résout la difficulté en montant toute la protection sur cale. Pratiquement, les grands navires sont aujourd'hui lancés à un état d'achèvement beaucoup plus poussé qu'en 1914.

Du point de vue de la durée de séjour sur cale, les conséquences sont graves. Le navire est lancé à un tonnage plus élevé; ces 14 000 tonnes de blindage que comportent les navires de ligne d'aujourd'hui, il faut du temps pour les monter, les river, les souder. Mais surtout, il faut du temps pour les produire, et le retard des fabricants de blindages en période d'armements navals poussés est

une des causes principales de la durée anormale de construction des bâtiments actuels. Un lot de plaques de ceinture rebuté et remanié pouvait être mis en place, en 1914, à la veille des essais, sans même nécessiter un passage au bassin; le bâtiment doit aujourd'hui l'attendre sur cale.

Cette durée de la construction sur cale s'accroît même par ses propres répercussions. Autrefois, on embarquait les machines et chaudières à flot, en réservant dans la charpente les brèches nécessaires. Aujourd'hui, l'appareil propulsif est couramment livré avant les blindages; on tend à munir le chantier des appareils de levage de puissance voulue pour l'embarquement sur cale.

Finalement, presque toute la construction se fait sur cale. Les navires de ligne, qu'il était courant de voir lancer autrefois un an avant la pose du premier rivet, y séjournent plusieurs années. Les *North Carolina*, les *Bismarck*, les *King George V* qui viennent d'entrer en service ont été commencés en 1936 et 1937; ils ont été achevés à flot en une durée de l'ordre d'un an. Le *Jean-Bart*, mis en chantier à Saint-Nazaire le 1^{er} janvier 1937, a été mis à flot au début de 1940, et a pu être prêt, quelques mois plus tard, à temps pour rejoindre Casablanca avant l'armistice.

Est-ce à dire qu'il y ait contradiction entre les qualités militaires représentées par la disposition actuelle des cuirassements et les exigences de la mise à l'abri du bombardement aérien du navire au cours de sa construction, qu'il faille donc sacrifier les unes ou les autres? Jamais conciliation n'a été plus facile, et l'on peut même, si on le désire, lancer une coque de navire de 35 000 tonnes, au poids de 5 000 tonnes, après quatre mois de séjour sur cale, sans aucun pont, avec les seules cloisons pare-torpilles pour le raidissement longitudinal de la charpente. Qu'on ait accepté l'état de choses actuel est simplement une manifestation de plus du mépris universel professé avant 1939 à l'égard des effets du bombardement aérien.

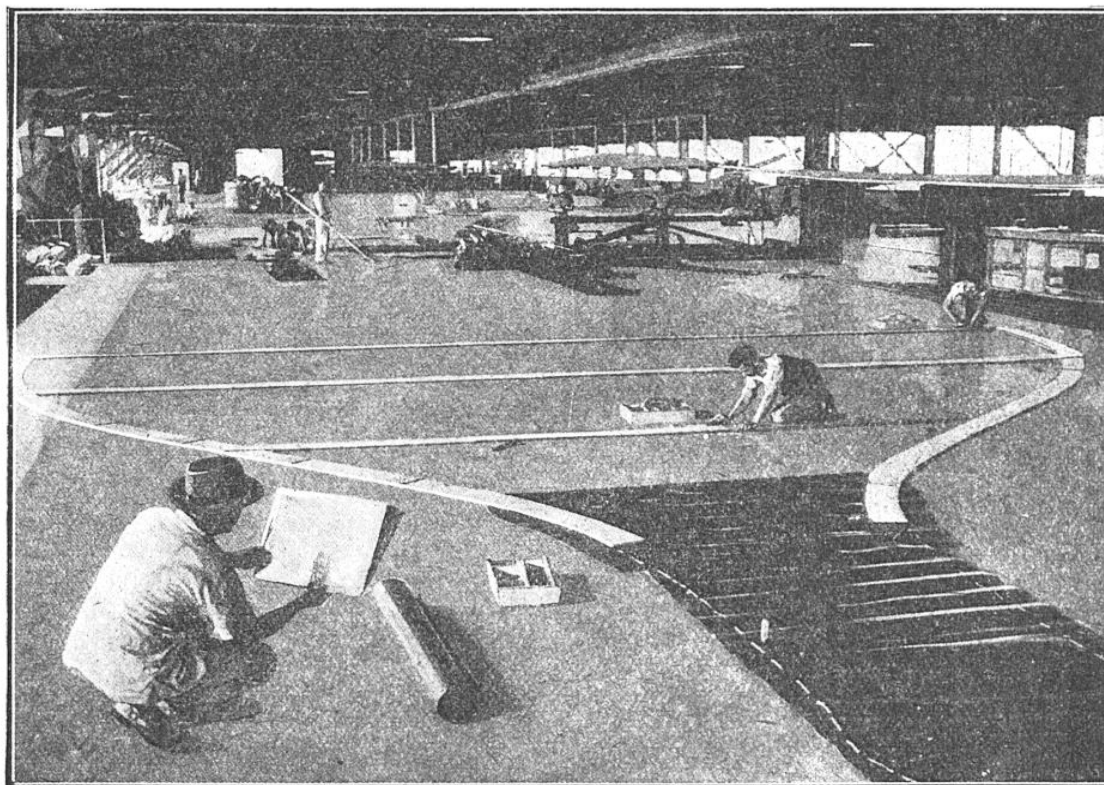
Vulnérabilité des charpentes en cours de montage.

Comme nous venons de l'indiquer, tout navire à sec, sur cale ou dans un bassin, est infiniment plus exposé qu'à flot, car il peut être atteint dans ses œuvres vi-

ves par de gros éclats de bombes à fusée instantanée tombant au voisinage. Ces éclats peuvent ainsi atteindre aisément, toutes les fois qu'il n'y a pas de cloisons pare-torpilles, les installations des fonds qui seraient protégés à flot par le pont blindé. Les dégâts qu'elles produisent

particulière qu'ignore une coque entièrement rivée.

La construction d'une charpente de navire s'exécute d'après un « tracé à la salle » vraie grandeur de toutes les tôleries qui la composent, et non par présentation et usinage successifs des tôles



T W 12004

FIG. 4. — UNE « SALLE A TRACER »

Cette salle, de 175 m de long et 25 m de large, est celle d'un des nouveaux chantiers américains, monté à Pascagoula, pour la construction en série des cargos. Toutes les pièces entrant dans la charpente y sont tracées en vraie grandeur avec une extrême précision. Le travail en cours est le gabarit d'une des cloisons étanches de l'arrière.

dans la carène doivent d'ailleurs obligatoirement être réparés avant mise à l'eau. Des bombardements répétés, ou même un bombardement exécuté à point au cours de la période des marées de vive eau qui se prêtent seules au lancement (il est bien difficile de conserver le secret d'une opération que préparent des centaines ou des milliers d'ouvriers et que révèlent d'ailleurs les photographies) suffisent à repousser de mois en mois la mise à l'eau.

Mais, en outre, une charpente en cours de montage présente une vulnérabilité

et des profilés, comme on pourrait le faire dans des travaux de charpente d'importance moindre, par exemple dans une réparation du même navire. La forme du navire est précisément donnée par le simple assemblage de ces matériaux coupés et percés aux dimensions exactes du plan. On conçoit difficilement le degré de précision auquel parviennent des équipes exercées de traceurs et de charpentiers monteurs; en examinant la concordance des trous de rivets sur un bordé de pont ou de carène de 200 mètres de longueur, on constate que, si le tra-

vail est bien fait, les trous sont en regard l'un de l'autre au millimètre près et n'ont besoin d'aucun réalésage avant rivetage. Mais ce résultat suppose une perfection du montage qui est incompatible avec le bouleversement ou le déplacement, même léger, de la charpente par les bombes.

L'effet obtenu dépend de la nature de la bombe et de la distance du centre d'explosion à la charpente.

Une grosse bombe à retard atteignant le sol de la cale produit, outre l'entonnoir visible, une déformation du terrain se traduisant par un déplacement de quelques millimètres à quelques centimètres de la ligne de tins et des accores sur lesquelles repose la charpente. Cette déformation n'empêchera pas de river les tôles déjà mises en place et tenues par la liaison lâche des boulons de montage. Mais elle gênera l'assemblage ultérieur des éléments préparés; certains devront être sacrifiés; on verra par la suite quelle difficulté présente leur remplacement.

Le résultat est encore plus grave pour les bombes à fusée instantanée, explosant en surface et agissant par le souffle ou les éclats. L'effet des éclats est le moins important, la soudure électrique permet de réparer aisément les tôles atteintes. Mais l'effet du souffle est une dislocation très étendue de la charpente en cours de montage qui n'est tenue que par quelques boulons et qui est incapable de soutenir même son propre poids sans l'aide des nombreuses accores que l'on répartit à cette fin. Les accores seront renversées, les tôles et les profilés pendront les uns aux autres par des boulons qui ovaliseront les trous et déformeront les bords. La bombe qui ferait une brèche de quelques mètres carrés dans une charpente achevée disloquera jusqu'à des dizaines de mètres une charpente en cours de construction, obligera au démontage, au renvoi à l'atelier des éléments qu'on s'efforcera de redresser, au remplacement de nombre d'entre eux.

Enfin des avaries importantes et qui, elles non plus, ne seraient pas sérieuses si la charpente était achevée peuvent être produites par le renversement et la chute des appareils de levage sous l'action des bombes à effet de souffle. Un pont roulant ou une grue tombant dans une charpente en construction y produisent des désordres graves.

Bassins et docks de carénage

Les bassins ou docks servant au carénage ou à la réparation des navires sont des installations assez exposées au bombardement et dont la destruction peut avoir des conséquences importantes, non seulement parce qu'elles sont indispensables aujourd'hui pour le carénage et certaines réparations (on n'a plus la ressource, comme jadis, « d'abattre en carène » un navire à l'aide de ses mâts, sur une plage de sable, à mer basse), mais encore par l'effet de cette destruction sur les navires qui s'y trouvent. C'est ce dernier résultat que cherchait la R.A.F. annonçant dans ses communiqués la reprise du bombardement du *Scharnhorst*, du *Gneisenau* et du *Prinz Eugen* à l'occasion de leur passage au bassin, après une longue période où les bombardements sur Brest avaient été suspendus.

Le dock flottant est une construction en tôle légère, qui a une réserve de flottabilité et de stabilité considérable, mais qui ne lui sert que si les manœuvres de ballast sont très soigneusement réglées. Ce n'est pas le cas de celles que pourra produire un arrosage de bombes légères; le dock de carénage est l'un des engins flottants qui iront le plus aisément au fond. On peut être assuré que les ports des pays riverains de la mer du Nord, où ce moyen de carénage avait plus de succès qu'en France à cause de son prix relativement faible, sont actuellement garnies de docks en attente de renflouement.

Le bassin est beaucoup moins exposé et le seul point faible en est la porte dont la mise hors d'usage interdit l'emploi du bassin. Les ports et arsenaux français sont presque entièrement équipés avec ce moyen de radoub. Ils sont trop anciens pour que la résistance à la bombe d'avion ait pu être un motif de leur adoption; leur facilité d'entretien, leur vidange aisée à l'époque lointaine où l'énergie mécanique était d'un emploi exceptionnel et où l'on pouvait utiliser à cet effet le jeu de la marée sont des explications plus plausibles. Quoi qu'il en soit, la marine allemande doit se féliciter que Colbert et ses successeurs aient muni Brest et Lorient d'un grand nombre de bassins de radoub, où les sous-marins prennent aujourd'hui la

place des vaisseaux en bois, et qui sont beaucoup plus résistants à la bombe que les docks de carénage en service ailleurs.

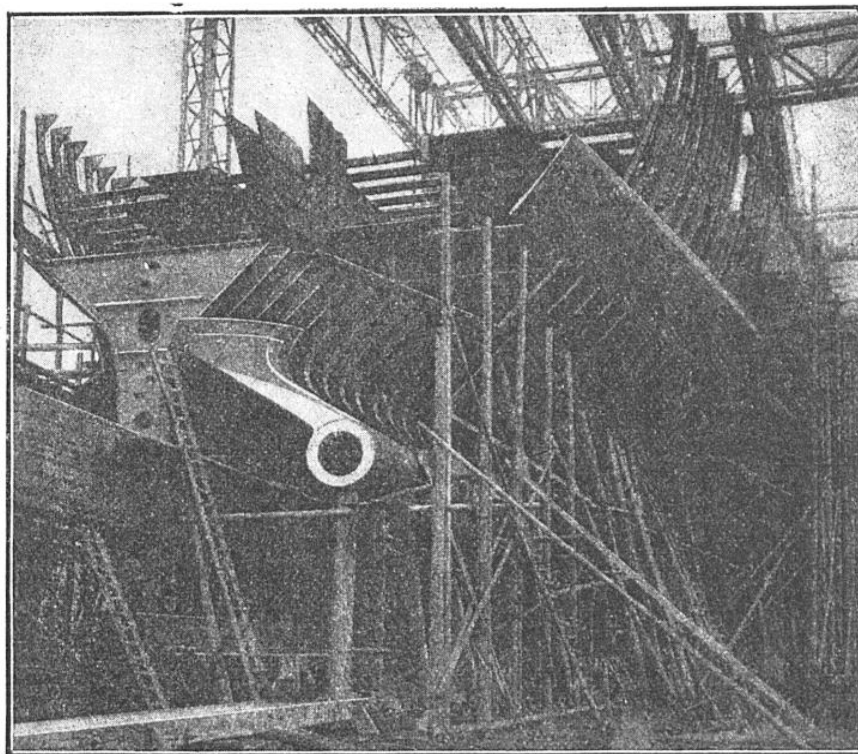
Mais la destruction des docks et des bassins est surtout dangereuse pour les navires qui s'y trouvent au moment de l'attaque. La position habituelle du navire à flot est une position d'équilibre stable, mais il ne la prend à coup sûr que s'il est mis à l'eau avec précaution. L'expérience montre que, dans les autres cas, il prend volontiers cette deuxième position d'équilibre stable qui est la quille en l'air. C'est ce qui lui arrivera le plus souvent s'il est mis à l'eau par chavirement d'un dock atteint par les bombes; dès que l'inclinaison transversale sera un peu forte, les accores casseront sous le poids du navire qui chavirera le premier dans le dock avant de s'immerger; c'est également le résultat à craindre au cas d'une entrée d'eau brusque dans un bassin par destruction de la porte.

Spécialisation croissante des éléments de construction

La construction navale s'est mise, au cours des vingt dernières années, à tirer parti de la puissance de production des industries métallurgiques sous une forme qui se prête très mal à la solution de quelques-unes des difficultés qu'elle rencontre en période de bombardement aérien, ou même simplement de crise de production.

Vers le milieu du siècle dernier, on

se contentait, pour construire les plus grands navires, d'un petit nombre de modèles de tôles de faibles dimensions; le charpentier et le riveur faisaient le reste. Le record en ce sens a été battu par le *Great Eastern*, dont Scott Russell parvint à faire un chef-d'œuvre de légè-



T W 12006

FIG. 5. — CHARPENTE ARRIÈRE D'UN NAVIRE EN COURS DE MONTAGE

A ce stade de la construction, la charpente est soutenue par des accores dont la position et la longueur règlent les formes du navire. On distinguera sur la photographie les accores, inclinées, et les montants d'échafaudages, verticaux, qui ne supportent que les passerelles pour la circulation du personnel, mais pas le poids de la charpente. Le renversement des accores par le souffle des bombes provoque l'effondrement au moins partiel de la charpente dont la plupart des matériaux, tenus entre eux par quelques boulons de montage, sont trop déformés pour pouvoir resservir.

reté avec l'emploi de deux types de tôles seulement. Le parc à tôles d'un chantier était alors une réserve où l'on pouvait puiser pour construire ou réparer n'importe quoi.

Progressivement on s'aperçut qu'on économisait à la fois du poids et de la main-d'œuvre, et que l'on augmentait la résistance, en employant les matériaux à la dimension maximum que pouvaient fournir la métallurgie et manipuler les appareils de levage. On commande ainsi des tôles strictement individualisées dans

la construction; chacune des tôles d'un navire a son emplacement bien déterminé (à la symétrie près qui permet de tracer et de percer deux tôles à la fois), et ne peut être remplacée par une autre; les plus grandes de ces tôles sont même commandées aux seules usines qui possèdent un outillage très puissant; il en est de même pour les blindages pour lesquels on ne veut plus que la dimension maximum qui réduit le nombre des joints. Le résultat le plus clair est, en temps de crise, de sérieuses difficultés à l'extension de la capacité de production des chantiers faute de pouvoir approvisionner les matériaux. De plus, du point de vue que nous examinons ici, le défaut d'interchangeabilité des éléments gêne beaucoup le remplacement de ceux qui viennent à être mis hors d'usage au cours d'un bombardement aérien.

Ce que l'on vient de dire des tôles s'applique à de nombreuses autres parties de la construction.

C'est ainsi que les régions de la carène aux formes tourmentées, au voisinage de l'étambot par exemple, étaient faites autrefois par l'assemblage de tôles fortement chaudronnées, travail onéreux et de résultat peu satisfaisant quant à la résistance. On profite de la facilité relative avec laquelle on obtient des moulages d'acier minces et de grandes dimensions pour commander d'énormes pièces pour étambots et supports d'arbres, de poids limité seulement par la capacité des appareils de levage, mais qui ne peuvent être fournies que par un nombre assez réduit de fonderies. Les lignes d'arbres de grande longueur, les collecteurs de chaudières en acier à haute résistance sont des pièces de forge d'approvisionnement aussi difficile.

La construction navale se trouve ainsi aujourd'hui sous la dépendance étroite d'un nombre très faible de fournisseurs possesseurs d'un outillage très puissant. Il est évident qu'ils sont actuellement débordés de commandes aussi bien en Allemagne et en Angleterre qu'aux Etats-Unis. C'est même, dans ce dernier pays, l'explication qui est donnée de la difficulté d'atteindre le niveau de production désiré. On peut être assuré, d'ailleurs, que, dans les pays belligérants, ces fournisseurs sont visés eux-mêmes par le bombardement aérien au même titre que les chantiers navals.

Les conséquences du bombardement aérien des chantiers navals

Quand une fabrique de munitions est détruite, on récupère les tours intacts ou réparables, on les répartit chez les artisans du voisinage et on continue tant bien que mal à produire des obus. Les conséquences du bombardement aérien des chantiers navals sont beaucoup plus graves, aussi bien pour la conduite de la guerre actuelle que pour l'économie mondiale pendant une longue période d'après-guerre.

À lire les communiqués des belligérants, les pertes de navires de guerre ou de commerce, tant par le fait du sous-marin que par celui de l'avion, apparaissent évidemment très sérieuses. Mais la situation ne semble pas désespérée, si on compare les chiffres fournis et ceux des pertes qu'on a pu supporter pendant plusieurs années de 1914 à 1918. Les communiqués allemands font état d'une perte mensuelle voisine d'un million de tonnes, que les communiqués britanniques réduisent de plus de moitié; à ce taux, la Grande-Bretagne pourrait tenir encore longtemps. De même, les communiqués britanniques ont annoncé une perte hebdomadaire d'une centaine de mille tonnes pour les marines de l'Axe pendant plusieurs mois du printemps dernier; ce n'est pas encore cela qui interdirait de continuer les opérations en Méditerranée orientale ou en Afrique, ni de tenter un débarquement en Angleterre.

En réalité, la situation est beaucoup plus grave que l'indiquent les plus pessimistes de ces communiqués. Le bombardement des chantiers navals amplifie l'effet des autres moyens en empêchant la réparation du tonnage avarié et le remplacement du tonnage coulé.

En 1918, alors que les résultats de la guerre sous-marine commençaient à faiblir et la capacité de production des chantiers alliés à s'élever, la moyenne mensuelle du tonnage lancé dépassait celle du tonnage coulé. La propagande britannique a usé de l'argument, fin 1940, pour tenter de démontrer l'inefficacité du contre-blocus allemand. On ne l'emploie plus guère aujourd'hui: quelle peut bien être la capacité actuelle de production des chantiers de la Clyde?

Pour un bateau coulé, les torpilles du sous-marin en avarient au moins un

autre qui reste à flot; à la lecture des communiqués que confirme l'expérience qu'on peut avoir de ce genre d'attaques, la proportion des navires simplement avariés aux navires coulés est plus grande encore dans le cas du bombardement aérien. En 1914-1918, les navires avariés se rendaient dans un chantier naval qui, après quelques mois de travaux, les remettait en état. Cette ressource disparaît absolument aujourd'hui; le chantier naval est un hôpital dont les infirmiers auraient eux-mêmes bien besoin de soins et qui se transforme progressivement en cimetière. La surcharge des chantiers navals britanniques et leur impossibilité à entretenir ou réparer la flotte militaire et commerciale a été re-

connue par les dirigeants eux-mêmes lorsqu'ils ont demandé avec insistance à l'Amérique cette entorse aux règles de la neutralité qu'est la réparation régulière dans les chantiers d'outre-Atlantique de leurs navires avariés. Malgré ce concours, on peut penser que les flottes de commerce de tous les belligérants et de ceux qui voudraient les aider sont destinées à disparaître rapidement.

Quelles seront les conséquences de cette disparition? A coup sûr, elle affaiblira beaucoup la capacité de combat des belligérants; mais il ne faut pas trop compter sur elle seule pour achever une guerre.

Du côté britannique, il faut envisager

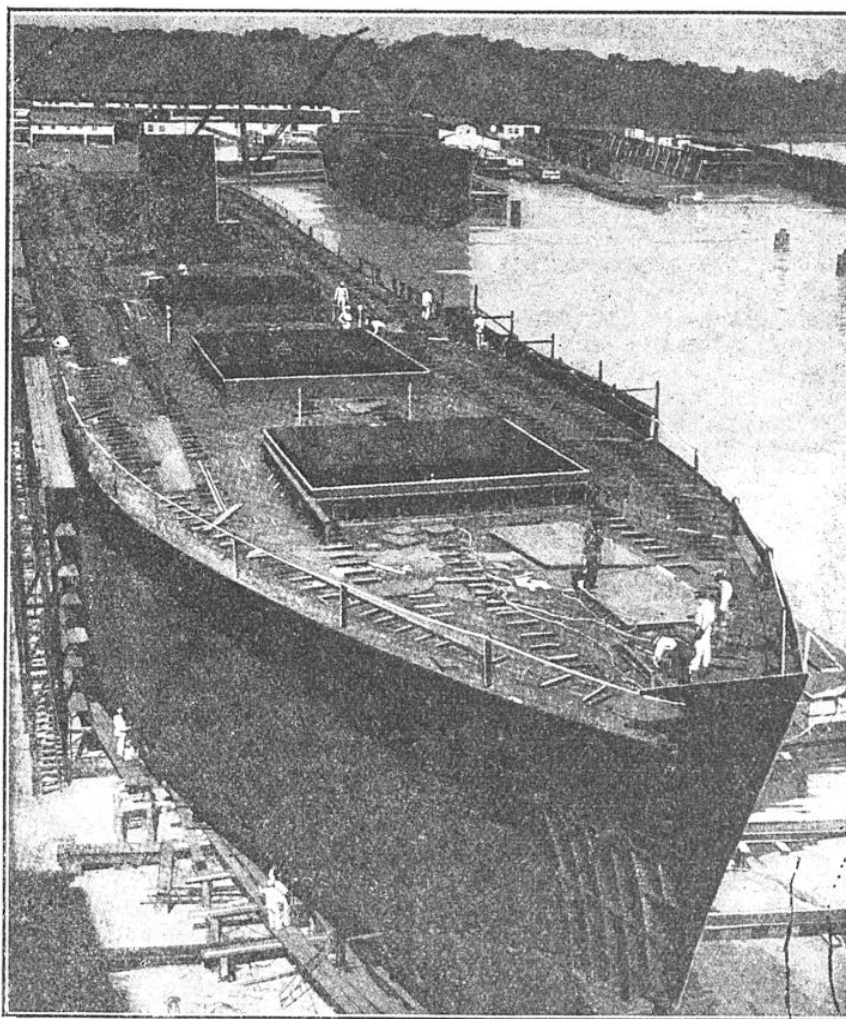


FIG. 6. — UN DES CARGOS TYPE C-1 CONSTRUITS EN SÉRIE EN AMÉRIQUE
On notera la disposition de la saie pour le lancement par le travers, surtout employé en France pour les petits bâtiments.

une transformation complète de l'économie britannique. L'Anglais mangera moins; il se privera des fruits à faible valeur nutritive qu'on lui apportait en toute saison de Palestine ou du Cap; il exportera moins de charbon, cultivera son sol, mangera son cheptel, consommera directement les pommes de terre et les betteraves au lieu d'en engraisser du bétail, et finira peut-être par devoir défricher quelques-unes de ces forêts qui faisaient de si belles chasses pour cerfs. Peut-être un jour fera-t-il lui-même le fret de retour de ses derniers cargos et ira-t-il consommer dans ses Dominions leur nourriture intransportable, car il faut plusieurs fois son poids d'aliments

pour nourrir un homme pendant une année.

Du côté de l'Axe, les transformations que peut amener une destruction intégrale des marines marchandes sont moins apparentes, car le blocus suffit déjà à arrêter presque tout trafic. Cependant, l'obstination de la R.A.F. à porter ses coups sur les chantiers navals d'Allemagne et des pays occupés montre bien qu'elle en attend un résultat que le blocus de la flotte britannique ne peut pas donner : la mise hors de service et l'arrêt des constructions de remplacement à la fois du tonnage militaire, sous-marins notamment, et du tonnage marchand susceptible d'être utilisé pour un débarquement en Angleterre. Bien des raisons peuvent expliquer pourquoi ce débarquement a été remis et remplacé par une offensive contre l'U.R.S.S. ; il n'est pas interdit de penser que le bombardement des chantiers navals allemands en aura fortement gêné les préparatifs.

La transformation de l'économie mondiale d'après-guerre sous l'effet de ces destructions est une de ces conséquences qu'il est permis de prévoir dès maintenant et dont on ne soupçonne guère la gravité.

Lorsqu'on perd, comme cela fut le cas de 1914 à 1918, une dizaine de millions de tonnes seulement sur plus de cinquante qui constituait le tonnage mondial, qu'on a pu en remplacer la moitié et que les chantiers navals nouvellement équipés ont sur cale ou en achèvement de quoi compléter le reste, le retour à la situation normale est rapide. On paye le

charbon et le blé un peu plus cher pendant quelques mois, et la crise se renverse même pour aboutir au plus profond marasme de la construction navale et de l'armement.

La situation actuelle, et les développements qu'on en peut prévoir, conduisent à des conclusions tout à fait différentes. Les marines marchandes, pour les raisons indiquées (impossibilité de remplacement et de réparation) sont déjà beaucoup plus touchées qu'en 1918 ; elles peuvent l'être beaucoup plus gravement encore. Le tonnage de navigation intérieure qui complétait ou suppléait le tonnage maritime — on peut aussi bien transporter du pétrole de Roumanie aux Pays-Bas par pétroliers de haute mer que par chalands — est lui aussi sévèrement atteint. A la fin de la guerre, les chantiers navals ne seront point en pleine production, mais à reconstruire ; les fabriques de machines-outils se trouveront peut-être au même point.

On doit donc envisager l'hypothèse d'une disparition presque totale des marines marchandes, capital accumulé pendant vingt ans de travail de la construction navale, et des chantiers navals eux-mêmes. Une longue période s'ouvrira alors où l'économie mondiale devra se transformer complètement dans la voie d'une autarcie obligatoire, faute de moyens d'échange, et où les possesseurs de ce qu'il restera de bateaux ou de moyens d'en construire feront sentir durement leur loi à ceux qui en seront privés.

Camille ROUGERON

LES LIVRES A MÉDITER

LE COMBAT AÉRIEN ⁽¹⁾

PIERRE Belleruche, dont nos lecteurs ont pu apprécier les articles parfaitement documentés sur les opérations aériennes de la guerre actuelle, vient de publier une « Histoire du combat aérien » qui comble une lacune de notre littérature militaire. Si beaucoup d'ouvrages plus ou moins romancés nous

ont décrit les péripéties des durs combats que soutiennent « chasseurs » et « bombardiers », aucun ouvrage d'ensemble ne nous avait encore exposé le combat aérien, envisagé du triple point de vue technique, tactique et stratégique. C'est ce que fait l'auteur, en un volume de 167 pages abondamment illustré.

Le combat aérien est né le 4 octobre 1914, où le sergent Frantz et le mi-

(1) « Histoire du Combat aérien », par Pierre Belleruche, Editions du Sagittaire, Marseille.

trailleur Quénault, ayant monté de leur propre initiative une mitrailleuse Hotchkiss à l'avant d'un biplan Voisin à hélice arrière, abattirent un Aviatik. Quatre jours plus tôt, le G.Q.G. allemand croyait devoir rappeler à son personnel navigant que « le combat aérien, tel que les journalistes et les romanciers l'ont imaginé, n'est qu'un mythe. La mission de l'observateur est d'observer et non de se battre ».

Les principes généraux du combat aérien s'élaborèrent ainsi de 1914 à 1918, beaucoup plus par le fait des initiatives individuelles d'exécutants que par l'action du commandement. Pierre Belletrouche nous expose l'histoire du tir à travers l'hélice, proposé par Saulnier en mai 1914 sous une forme très voisine de celle que devait lui donner Fokker, refusé, repris par Garros à l'aide de déflecteurs pare-balles disposés sur les pales d'hélice, puis par Fokker sous la forme définitive de la mitrailleuse synchronisée. Il nous fait suivre l'évolution de cette mitrailleuse, liée à celle de la charpente devenue assez résistante pour pouvoir la porter dans les ailes en dehors du cercle balayé par l'hélice; la multiplication du nombre des mitrailleuses qui, parti d'une seule en 1914, atteignait huit sur les avions de 1939, douze sur ceux de 1941; l'augmentation de leur cadence, passant de 600 coups par minute en 1914 à 1300 coups par minute en 1939. Il nous expose de même l'évolution de l'armement de défense, de la mitrailleuse unique des premières tourelles de 1916 aux jumelages Lewis de 1917 et aux tourelles quadruples à commande hydraulique de 1939. Une revue sommaire des avions de 1914-1918 aboutit à une description détaillée des avions de 1939.

L'étude de la tactique actuelle du combat aérien est précédée de même d'un rappel historique de l'attaque en piqué d'Immelmann, du vol « en formation » des avions de reconnaissance et des bombardiers au début de 1916, des « Jagdstaffeln » de Boelke en juillet 1916 qui substituaient le combat d'escadrille au combat individuel, des escadres de von Richthofen développant le procédé en 1917 jusqu'au groupement tactique de 36, puis 72 avions, qui devait finir par avoir raison de Guynemer, champion de la tactique individuelle.

La stratégie du combat aérien fait de

même l'objet d'une ample étude débutant par l'histoire de l'interception inaugurée en 1917 dans le ciel de Londres, pour se continuer par quelques épisodes peu connus des opérations sino-japonaises de 1937, et par un exposé détaillé des méthodes et des résultats de 1940 et 1941, spécialement des opérations allemandes d'août-octobre 1940 contre la Grande-Bretagne.

Les problèmes particuliers à la guerre aéronavale ne sont pas oubliés. On nous rappelle les épisodes de la première maîtrise aérienne au-dessus de la mer, celle des hydravions de chasse allemands de 1917, la réplique britannique par l'envoi de chasseurs terrestres, pour finir par la lutte des destroyers bimoteurs à grand rayon d'action de 1939-1941 contre les avions d'assaut. Le lecteur curieux trouvera le récit de nombreuses rencontres qui apparaissent pour la première fois dans les publications françaises, celui du grand combat du 18 décembre 1939 entre les « Messerschmitt » 110 et les « Wellington » dans les eaux d'Heligoland, celui du 10 janvier 1940 où les « Blenheim », qui avaient remplacé les « Wellington », firent une défense remarquable en « rase-vagues ».

A lire ce livre, on s'aperçoit que, si les performances ont changé, les problèmes sont, au fond, restés les mêmes depuis plus de vingt-cinq ans, et que les solutions d'aujourd'hui ne sont pas si nouvelles qu'on pourrait le croire. Faut-il en conclure qu'on ne doit plus attendre du nouveau et que l'évolution du combat aérien se résumera en une course à l'armement, à la vitesse, au plafond, au rayon d'action, sans compter le nombre des appareils et l'entraînement des équipages? Rien n'est moins certain. Le principe même de la maîtrise aérienne, tel que se l'assuraient les copieuses escortes de convois britanniques en Méditerranée, ne vient-il pas d'être mis en cause par les résultats que l'aviation italienne a obtenus sans grosses pertes, contre les récents convois? Est-on si loin de la situation où des appareils de performances voisines, conduits par des pilotes de maîtrise égale, seraient impuissants à protéger les uns contre les autres les forces terrestres ou navales qu'ils ont mission de défendre ou d'attaquer?

C. R.

LES ALLIAGES EXTRA-DURS ET LEURS APPLICATIONS INDUSTRIELLES

par V. RENIGER

Si les progrès de la construction mécanique, notamment en ce qui concerne les moteurs à explosions, n'ont été possibles que par la création d'aciers spéciaux à grande dureté, l'usinage de ces derniers s'avérait de plus en plus difficile, au point qu'on fit appel au diamant lui-même pour la confection de certains outils de travail. La technique a heureusement résolu le problème posé par la rareté du diamant en réussissant par une méthode particulière, le « frittage », la préparation de carbures métalliques (de tungstène, de tantale, etc.) dont la dureté est comparable à celle du diamant. Ces carbures se sont d'ailleurs révélés excellents, par suite de leur température de fusion très élevée (atteignant 4000°) pour la fabrication, soit des filaments de lampes à incandescence dont ils accroissent le rendement lumineux, soit de creusets pour l'industrie chimique où l'on a réussi à fondre même le carbone.

Les corps durs naturels

On sait que le diamant est le corps le plus dur actuellement connu. A ce titre il vient en tête dans l'échelle Mohs qui comporte dix corps classés par ordre de dureté croissante : talc, gypse, calcite, spath fluor, apatite, feldspath, quartz, topaze, corindon, diamant. La détermination de la place d'un corps dans cette échelle est fondée sur la propriété d'un corps d'en rayer un moins dur que lui.

Il faut remarquer d'ailleurs que les corps types de l'échelle Mohs ont été arbitrairement choisis. En effet, si l'on considère les variations des duretés Mohs en fonction de la dureté absolue Hertz (fig. 1) (cette dernière chiffrant la dureté d'après la résistance réelle du corps à la pénétration, mesurée en kg/cm^2), on constate notamment que la différence des duretés absolues entre le corindon et le diamant (qui se suivent dans l'échelle Mohs) est aussi grande que celle existant entre le talc et le corindon, occupant les rangs 1 et 9 de cette échelle.

Depuis la création de l'échelle Mohs plusieurs corps se sont intercalés entre les dix corps types : le grenat, l'oxyde de zirconium et le carbure de tantale entre la topaze et le corindon ; l'alumine fondue, le carbure de tungstène, le car-

bure de silicium et le carbure de bore entre le corindon et le diamant.

Les corps durs artificiels : carbures métalliques obtenus par « frittage »

Les corps qui nous intéressent plus particulièrement ici, parce que très durs et industriellement utilisés, sont les divers carbures. Grâce à leur grande dureté, on les emploie avantageusement comme abrasifs, souvent en remplacement du diamant. Tels sont notamment le carbure de tungstène et le carbure de bore.

Le carbure de tungstène fondu et refroidi rapidement accuse une dureté Rockwell A de 96. Rappelons que cette échelle de dureté est fondée sur l'enfoncement d'une pointe de diamant d'une forme bien définie sous une charge donnée. La figure 2 montre la relation existant entre cette dureté et la pression moyenne (par mm^2) à la surface de contact de la pointe de diamant avec le corps. On voit qu'à la dureté de 96 correspond une pression moyenne de 3 200 kg/mm^2 .

Par contre, la résistance à la traction du carbure de tungstène est relativement modeste : 35 kg/mm^2 environ. La résistance à la compression du carbure de bore atteint 180 kg/mm^2 .

L'emploi le plus important des carbures est la fabrication des alliages dits

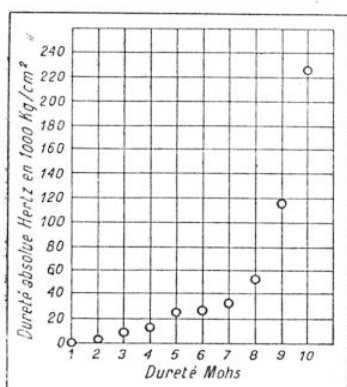


FIG. 1. — COMPARAISON DES DURETÉS DES DIX CORPS DURS NATURELS TYPES DANS L'ÉCHELLE DE MOHS ET L'ÉCHELLE ABSOLUE DE HERTZ

Ces dix corps sont : 1, talc; 2, gypse; 3, calcite; 4, spath fluor; 5, apatite; 6, feldspath; 7, quartz; 8, topaze; 9, corindon; 10, diamant. On voit que ces corps ne sont pas répartis également dans l'échelle des duretés absolues, puisqu'il y a la même différence entre le corindon et le diamant (9 et 10) et entre le talc et le corindon (1 et 9).

5000 kg/cm². Le produit obtenu, cuit entre 700 et 900° C, devient assez résistant pour pouvoir être usiné à l'aide d'outils ordinaires. Les pièces sont ensuite frittées, c'est-à-dire cuites au four électrique entre 1400 et 1600° C en atmosphère neutre, et le produit acquiert alors toute sa dureté. La température de fusion est sensiblement la température de fusion du métal, alors que le carbure, très réfractaire, ne fond pas. On obtient un corps à texture cristalline.

L'alliage de ce genre le plus connu est le « Widia » mis au point par Krupp. L'appellation Widia est le raccourci de l'expression allemande « wie Diamant », c'est-à-dire « comme diamant ».

Cet alliage est à base de carbure de tungstène avec addition de 5 % de cobalt. Sa densité est égale à 15 environ. Sa dureté est de l'ordre de 90 Rockwell A. Il a une résistance à la flexion de 150 à 180 kg/mm² et à la compression de 410 kg/mm². Signalons, à titre de comparaison, que les meilleurs aciers rapides (au chrome-tungstène) n'ont qu'une dureté de 82 à 84 Rockwell A; leur résistance à la flexion est par contre près de deux fois supérieure.

frittés servant à la confection des outils de coupe. Ce ne sont pas, à proprement parler, des alliages, mais des agglomérés obtenus par frittage. A cet effet, le carbure en poudre est mélangé avec un métal également en poudre (dont la proportion varie de 3 à 15%) et soumis, à la presse hydraulique, à une pression de l'ordre de 4000 à

Les alliages frittés à base de carbures n'ont besoin, pour être durs, d'aucun traitement thermique et conservent leur dureté jusqu'à 600 ou 700° C. On obtient un Widia particulièrement dur (96 Rockwell A) en comprimant le mélange de poudres à la température voisine de celle de frittage.

Un alliage équivalent connu sous le nom de « Carboloy » est fabriqué en Amérique; il contient un peu plus de cobalt. En France, citons le « Carboram F » et le « Tungsto ».

Les alliages à base de carbure de tantalum sont généralement moins durs et moins résistants. Comme métal de liant, ils contiennent du nickel (formule la plus avantageuse) ou du cobalt en des additions plus complexes contenant aussi du fer, du molybdène et du tungstène. Leur dureté varie de 84 à 89 Rockwell A et leur résistance à la flexion ne dépasse guère 135 kg/mm². Comme exemple, on peut citer le « Ramit » lancé en Amérique en 1931 : cet alliage contiendrait 13 % de nickel; en France, l'« Adram » contient, en plus du nickel, du cobalt, et, comme additions secondaires, des carbures de tungstène et de molybdène.

Les alliages à base de carbure de titane semblent équivalents aux meilleurs alliages à base de carbure de tungstène (en Allemagne, le « Titanit »; en France, le « Carboram K »).

Les outils à base de carbures métalliques

Etant donné le prix de revient de ces alliages, leur fragilité relative et la difficulté d'en faire des pièces un peu compliquées, on ne les emploie que sous la forme de petites pièces fixées sur le corps d'un outil et constituant leur

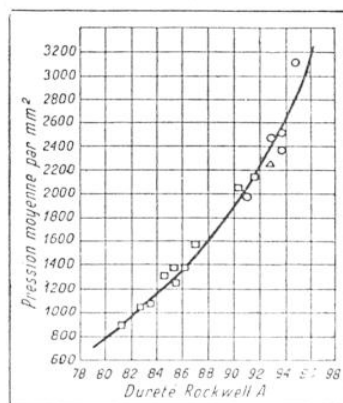


FIG. 2. — VALEURS ABSOLUES (EN KILOGRAMMES PAR MILLIMÈTRE CARRÉ) DES DURETÉS ROCKWELL A. L'échelle de dureté Rockwell A est fondée sur l'empreinte qu'une pointe de diamant laisse sur le corps étudié sous une charge de 60 kg. A la dureté 96 correspond une pression moyenne de 3200 kg/mm².

Matière à usiner :	
Fonte à 400 Brinell.....	200%
Acier moulé à 100 kg/mm ²	500%
Acier doux à 35 kg/mm ²	600%
Acier Ni-Cr à 140 kg/mm ²	300%
Aluminium.....	500%
Laiton.....	800%
Granit.....	200%
Verre.....	200% à 500%

TABLEAU I. — AUGMENTATION DU POIDS DES COPEAUX ENLEVÉS PAR UNITÉ DE TEMPS GRÂCE À L'EMPLOI DE CARBURE DE TUNGSTÈNE (WIDIA) PAR RAPPORT AUX ACIERS RAPIDES

partie coupante; le corps de l'outil lui-même est le plus souvent en acier au carbone à 70 ou 80 kg/mm², et la fixation du « grain » ou de la « plaquette » de carbure est généralement réalisée par brasure au cuivre. La figure 3 montre quelques exemples d'outils à grains rapportés.

Grâce à leur dureté exceptionnelle et à leur grande résistance à l'usure, les alliages frittés à base de carbures permettent de réaliser des vitesses de coupe plusieurs fois supérieures à celles susceptibles d'être obtenues avec les meilleurs aciers rapides.

Les tableaux ci-joints donnent une idée des performances réalisables avec le Widia par rapport aux meilleurs aciers rapides.

L'augmentation de la vitesse de coupe diminue la température de l'arête coupante; avec le Widia, elle ne dépasse pas 320° C.

Les alliages frittés genre Widia sont également employés à la fabrication des filières. On s'en sert comme garniture des surfaces de contact des calibres afin d'en réduire l'usure, la résistance à l'usure du Widia, par exemple, étant quarante fois supérieure à celle des meilleurs aciers rapides. Lors de la soudure par points du cuivre, on remplace avantageusement les électrodes en cuivre par des électrodes en alliage fritté. Les billes en alliages de ce genre sont avantageusement employées lors de la mouture des

corps très durs. Les tuyères de sablage peuvent également être exécutées avec cet alliage. Enfin, on a également envisagé l'emploi de ces alliages à la fabrication des noyaux perforants des projectiles. Des résultats intéressants auraient été obtenus avec des noyaux de 6 mm de diamètre. Pour comprendre l'intérêt de cette nouvelle application, il suffit de se rappeler

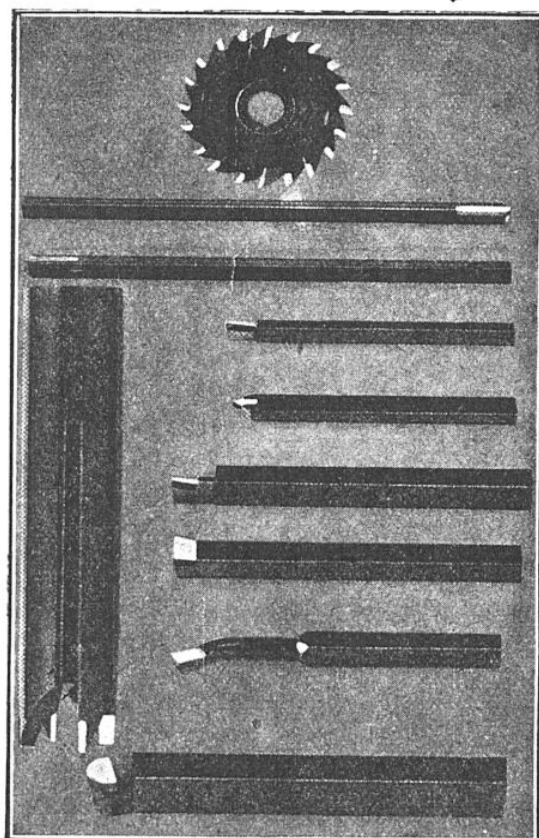


FIG. 3. — OUTILS DIVERS AVEC PARTIE TRAVAILLANTE RAPPORTÉE EN CARBURE EXTRA-DUR

Matière à usiner	Acier rapide	Widia	
		Ebauche	Finition
Acier doux à 37 à 45 kg/mm ² .	35-40	135-160	175-230
Acier demi-dur à 60 à 70 kg/mm ² .	25-30	80-100	120-175
Acier Ni-Cr à 80 kg/mm ²	8-10	55- 75	100-130

TABLEAU II. — VITESSES DE COUPE, EN MÈTRES PAR MINUTE, POUR DES OUTILS EN ACIER RAPIDE ET DES OUTILS À BASE DE CARBURE DE TUNGSTÈNE (WIDIA)

ler qu'à vitesse d'impact égale, l'épaisseur de blindage susceptible d'être perforée est inversement proportionnelle au calibre, en admettant, bien entendu, le même poids du noyau. Or, le Widia ayant une densité de 15, contre 8 pour l'acier de perforation courant, le calibre du noyau réduit proportionnellement

afin de conserver le même poids, sera de 23 % inférieur, et c'est d'autant qu'augmentera le pouvoir perforant de la balle.

Les lampes à incandescence à filament de carbures métalliques

Une autre caractéristique importante des carbures est leur température de fusion très élevée, plus particulièrement en ce qui concerne le carbure de tantale ($3\,900^{\circ}$) et le carbure de hafnium ($4\,000^{\circ}$). C'est pour cette raison que l'on a lancé des lampes électriques à filament en carbure de tantale en remplacement du tungstène métallique. On sait que la transformation de l'énergie électrique en lumière s'améliore rapidement avec l'accroissement de la température. Au début, on fabriquait le filament en osmium (point de fusion $2\,700^{\circ}\text{C}$) que l'on remplace plus tard par le tantale ($3\,030^{\circ}\text{C}$). Avec le filament en tungstène, on obtient couramment une brillance de 25 bougies/mm²; ce métal présente, en outre, l'avantage d'une grande résistance à la traction (110 kg/mm²).

Actuellement, le filament en carbure de tantale n'est employé que dans les cas où on veut réaliser une brillance maximum sans se préoccuper trop de la durée de la lampe. C'est souvent le cas des lampes de cinéma.

C'est ainsi que la brillance d'une lampe de ce genre à filament en carbure de tantale peut atteindre 65 bougies/mm² pendant 8 heures (durée de vie du filament), alors qu'une lampe à arc, également en carbure de tantale, atteint 80 bougies/mm² pendant 5 heures. Pour les brillances habituelles des lampes à filament de tungstène, les lampes à carbure de tantale accusent la même durée de vie, à condition d'éviter les chocs, à cause de la faible résistance à la traction de ce carbure qui n'est que de 2 kg/mm².

La figure 4 représente un filament en carbure de tantale d'une lampe de cinéma après 50 heures de fonctionnement à $3\,130^{\circ}\text{C}$. On reconnaît les cristaux polyédriques qui se sont formés sous l'effet de la chaleur. On vient de breveter les filaments en carbure de hafnium.

Dans des tubes en carbure de tantale, on a réussi pour la première fois à fondre le carbure.



FIG. 4. — FILAMENT DE LAMPE A INCANDESCENCE EN CARBURE DE TANTALE, APRES 50 HEURES DE FONCTIONNEMENT A $3\,400^{\circ}$ (grossi 86 fois).

Les alliages non « frittés »

Mentionnons enfin, pour terminer, les alliages genre Stellite non « frittés » mais obtenus par fusion; ce sont des alliages à haute teneur de chrome, tungstène et cobalt, éventuellement avec molybdène et nickel.

Voici leur composition : 2 à 6 % de carbone, 20 à 30 % de chrome, 10 à 20 % de tungstène, 30 à 50 % de cobalt, 0 à 10 % de molybdène, 0 à 15 % de nickel.

Il y a deux nuances de stellites : nuance dure pour les outils de coupe et nuance moins dure résistant à la corrosion. Comme dans le cas des alliages frittés, la stellite ne forme que la partie coupante de l'outil sur le corps duquel elle est fixée par brasure. Sa dureté n'est que de 84 Rockwell A; elle est assez fragile et s'use 20 % plus rapidement que le Widia. Pour ce genre d'application, ces alliages sont de plus en plus remplacés par les alliages frittés genre Widia.

La nuance résistant à la corrosion à chaud n'a qu'une dureté de 73 Rockwell A et sert plus particulièrement comme garniture des sièges de soupapes des moteurs à explosions très poussés. L'alliage est déposé par soudure, son point de fusion étant de $1\,300^{\circ}\text{C}$ environ. La composition la plus utilisée est la suivante : 65 % de cobalt, 27 % de chrome, 4 % de tungstène, 1,27 % de carbone, 2,7 % de silicium.

V. RENIGER.

LE GAZ DES FORÊTS ET L'ÉLECTRIFICATION DES CHANTIERS DE LA JEUNESSE

par J. CRÉANGE
Ingénieur I. E. G.

L'ORGANISATION matérielle des Chantiers de la Jeunesse, créés dès le lendemain de l'armistice par le Général de la Porte du Theil et comptant aujourd'hui quelque 100 000 jeunes gens répartis en 52 groupements isolés des grandes agglomérations, a soulevé un certain nombre de problèmes parmi lesquels l'éclairage des camps a constitué un des plus urgents et des plus difficiles à résoudre. En raison des distances et de la pénurie de cuivre, il n'a pas été possible de relier certains camps aux secteurs électriques existants, et les moyens de secours : pétrole, lampes à acétylène ont fait défaut en beaucoup d'endroits.

L'emploi du groupe électrogène alimenté par gazogène constituait la solution logique par excellence, d'une part, les jeunes gens s'occupant de carbonisation et, d'autre part, les chantiers ayant pu disposer de groupes électrogènes sur remorques susceptibles d'être utilisés. En

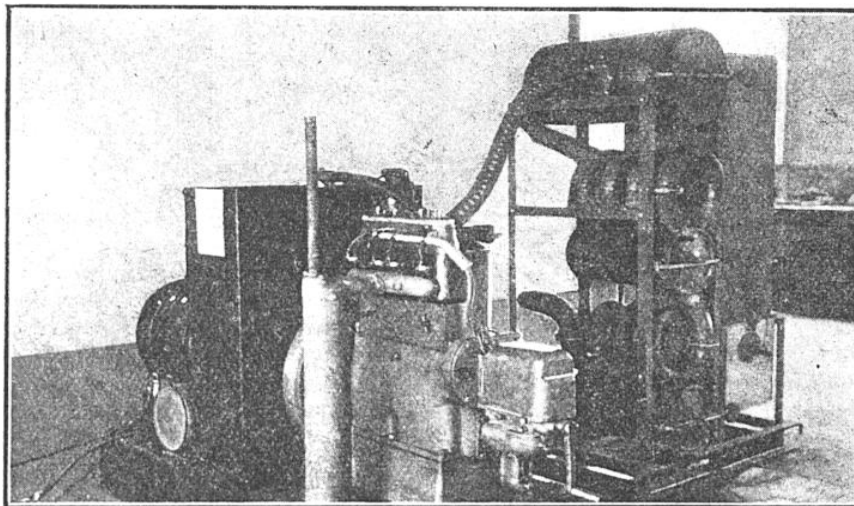
outre, on décida de conserver à chaque groupe sa mobilité afin de pouvoir l'amener à pied d'œuvre pour certains travaux.

A cet effet, le type de gazogène choisi fut monté sur un bâti semi-fixe pouvant être installé sur un camion. L'expérience a montré d'ailleurs que cette conception donnait d'excellents résultats, puisque le gazogène du groupe électrogène exposé à Riom en mars 1941 (salon des Carburants de remplacement), fut amené sur un camion auquel il fournit lui-même le gaz carburant nécessaire au moteur.

Ce gazogène comporte naturellement une trémie (de section rectangulaire pour éviter la formation de voûtes) et un foyer. Celui-ci est en tôle épaisse (5 mm) nervurée extérieurement pour assurer le renforcement et le refroidissement. Le générateur de gaz est à tuyère (courte et en bronze ou en cuivre pour éviter l'oxydation à haute température) à large section de passage d'air. Ainsi la partie incan-

descente du foyer est localisée et éloignée des parois. Une injection d'eau est effectuée par une chemise située dans la masse de la tuyère où elle se vaporise. La vapeur entraînée par l'air admis au foyer produit du gaz à l'eau, ce qui augmente la richesse des gaz produits grâce à l'hydrogène et à l'oxyde de carbone combustibles ainsi libérés.

Dans ce généra-



T W 12008

FIG. 1. — ENSEMBLE DU GAZOGÈNE T.A.V.A.G. ET D'UN GROUPE ÉLECTROGÈNE RENÉE

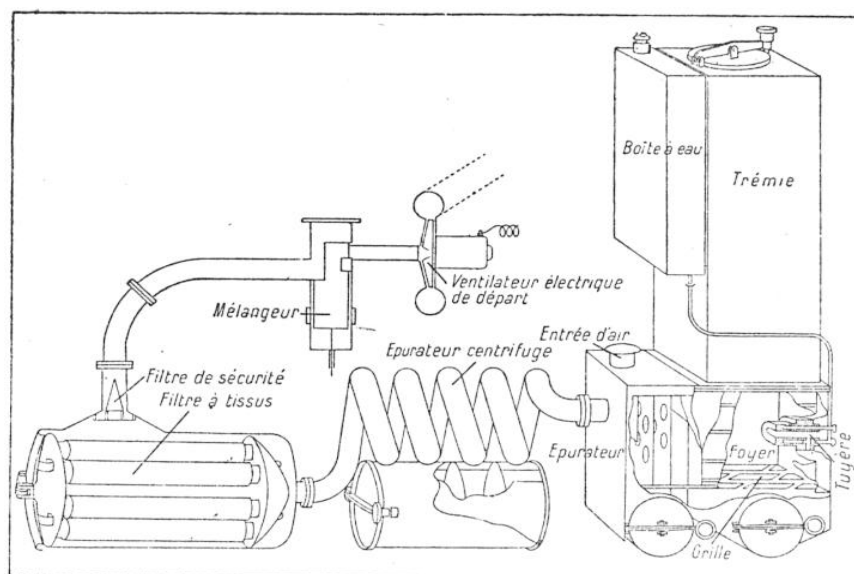


FIG. 2. — SCHÉMA DU GAZOGÈNE T.A.V.A.G. UTILISÉ PAR LES CHANTIERS DE LA JEUNESSE POUR LA PRODUCTION DE L'ÉLECTRICITÉ

teur, la circulation des gaz se fait vers le bas; ils traversent donc la masse en ignition du haut en bas (tirage inversé). Les vapeurs et goudrons provenant de la distillation du combustible ne peuvent donc se mélanger au gaz qu'après avoir traversé la zone de réduction et d'incandescence; ils sont donc brûlés et rendus inoffensifs pour le moteur. Signalons encore que les gaz formés traversent une boîte à chicanes où ils laissent les plus grosses poussières et se refroidissent. Enfin, le foyer et la boîte sont entourés d'une chemise où circule l'air admis dans la tuyère. L'air s'y réchauffe et parvient au brûleur à haute température, d'où amélioration du rendement, refroidissement du foyer et de l'enveloppe externe.

Les gaz passent ensuite dans un dépoussiéreur centrifuge et un refroidisseur, puis dans un filtre à tissu qui, en fait, n'a presque plus d'impuretés à retenir. Enfin, un filtre de sécurité à toile métallique fine protège le moteur au cas où le filtre à tissu serait déchiré.

Le gaz épuré et refroidi parvient alors au mélangeur chargé de préparer en proportions voulues le mélange combustible et air comburant avant son admission dans le moteur. Un seul piston mobile dans un cylindre doté des lumières convenables assure le dosage de la richesse du mélange et son débit.

Les résultats obtenus et contrôlés par le Service de Travaux des Chantiers ont été remarquables. Par exemple sur un groupe « Renée » de 9 kW, dans un essai unihoraire à pleine charge et à vitesse normale, la puissance moyenne perdue n'a été (avec injection d'eau) que de 10,5 %, alors que l'on admet d'ordinaire une perte de 25 à 30 % par rapport à l'alimentation du moteur à l'essence. La consommation en charbon de bois

atteint environ 800 g par kWh, ce qui correspond, sur le moteur à explosion, à une consommation inférieure à 500 g d'essence par ch.h.

Ainsi, l'électrification de certains groupes (au nombre de 65) a pu être envisagée au moyen de gazogènes. Actuellement déjà, 147 kW sont installés, capables d'éclairer 3 675 lampes de 40 watts, et l'usine sort les gazogènes pour les Chantiers de la Jeunesse à raison d'un par jour.

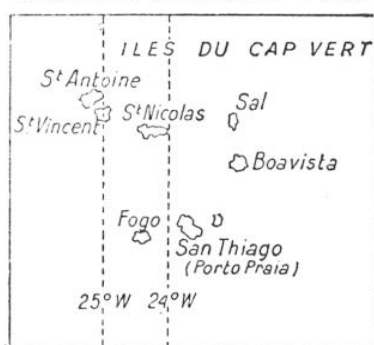
Mais ce gazogène a d'autres applications : monté sur roues de side-car, à côté d'un tracteur agricole, il peut aisément fournir à ce dernier le carburant nécessaire; dans l'exploitation rurale, il peut constituer la source d'énergie pour l'atelier, la batteuse, etc..., dans de bonnes conditions de rendement. On envisage même son utilisation sur les péniches où le gaz des forêts pourrait remplacer l'huile lourde pour les Diesel.

Les Chantiers de la Jeunesse étudient actuellement l'adaptation de ce gazogène à charbon de bois à l'alimentation des moteurs actionnant les pétrins mécaniques et les scies de leurs boulangeries tractées. D'un autre côté se poursuivent les études pour la mise au point d'un gazogène à bois original, réalisé suivant les principes que nous venons d'exposer.

J. CRÉANGE.

Les limites de l'hémisphère occidental

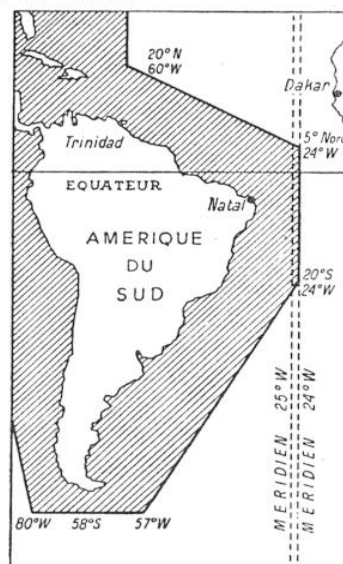
LA zone de neutralité américaine, telle qu'elle a été définie à Panama le 4 octobre 1939, entoure le continent nord et sud-américain d'une ligne brisée qui, d'une manière générale, ne s'approche pas à moins de 300 milles des côtes ou des îles du continent américain. Voici



le tracé exact de cette ligne dans l'Atlantique : le méridien 60° Ouest (qui passe par l'extrémité de la Nouvelle-Ecosse) jusqu'au point situé par 20° de latitude Nord; de ce point, la limite gagne en ligne droite le point 5° de latitude Nord, 24° de longitude Ouest, puis suit le méridien 24° Ouest jusqu'au parallèle 20° Sud, pour se diriger ensuite vers le point 58° de latitude Sud, 57° de longitude Ouest. Le reste du tracé est conforme à celui indiqué sur la figure page 82 du numéro d'août 1941 de *La Science et la Vie*.

Ce qu'il y a d'intéressant dans ce tracé, c'est la limite donnée par le méridien 24° Ouest (et non 25° Ouest), que, dès le 4 octobre 1939, la Conférence Panaméricaine de Panama indiquait ainsi implicite-

ment comme borne extrême de l'hémisphère occidental dans l'Atlantique. Or, le 24° méridien, si on le prolonge vers le nord, traverse l'archipel des îles du Cap-Vert. Il n'est qu'à 700 km de Dakar.



BULLETIN D'ABONNEMENT (289)

Nom (en majuscules) et prénoms :

Adresse :

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

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

TARIF DES ABONNEMENTS A "LA SCIENCE ET LA VIE"

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	60 fr.
	6 mois.....	32 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	75 fr.
	6 mois.....	40 fr.

ÉTRANGER

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

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	120 fr.
	6 mois.....	65 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	150 fr.
	6 mois.....	80 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	1 an.....	100 fr.
	6 mois.....	55 fr.
Envois recommandés.....	1 an.....	130 fr.
	6 mois.....	70 fr.

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

"LA SCIENCE ET LA VIE"

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

Impr. Régionale - Toulouse

Le gérant : L. LESTANG

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 "

HOMOLOGUÉS

BREVETS, PROCÉDÉS ET SYSTÈMES

RENE IANDELLI

Constructeur Agréé par l'État N° 521

Bureau d'Études et Service Commercial :

18, Avenue de Valescure, 13

SAINT-RAPHAËL (Var)

TÉLÉPHONE 4.51, 4.55

Agents dans toute la France et les Colonies

CEYBE, Publicité.



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

INDUSTRIE

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

ADMINISTRATIONS

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

COMMERCE - DROIT

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

AGRICULTURE

AGRICULTURE GÉNÉRALE, MÉCANIQUE ET GÉNIE AGRICOLE

SECTION SCIENCES

Étude et développement par correspondance des Sciences mathématiques et appliquées depuis les cours d'initiation jusqu'aux cours les plus élevés. Arithmétique, Géométrie, Algèbre, Trigonométrie, Mécanique, Cosmographie, Géométrie descriptive, Mathématiques générales, Calcul différentiel, Calcul intégral, Géométrie analytique, Physique, Chimie, Électricité, Résistance des matériaux Baccalauréats.

Sur place ou par correspondance

MARINE MARCHANDE

Préparation à l'entrée dans les écoles de navigation, cours spécial d'Aspirant, comprenant certains cours d'astronomie et de navigation.

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

MARINE MILITAIRE

ÉCOLE NAVALE ET ÉCOLE DES ÉLÈVES INGÉNIEURS MÉCANICIENS.

ÉCOLES DE MAÎSTRANCE

Ces écoles vont ouvrir.

Prochain Concours prévu pour juillet prochain.

Les deux écoles (Pont et Machine) sont installées à Toulon. La préparation de ce concours est recommandée à tous les bons élèves de l'Enseignement Primaire Supérieur et des Lycées.

AIR ET ARMÉE

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

AVIATION CIVILE

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

PROGRAMMES GRATUITS

Joindre un timbre pour toute réponse

Inscriptions par correspondance à toute époque

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

CEYBE, Publicité.

LE GÉRANT : L. LESTANG

E. Palacios

IMP. REGIONALE, TOULOUSE.