

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 57. n. 274. Avril 1940
Adresse	Paris : La Science et la Vie, 1940
Collation	1 vol. (XII p.-p.[249]-460) : ill., couv. ill. en coul. ; 24 cm
Cote	SCI. VIE 274
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.274

AVRIL 1940

10 FRANCS

la Science et la Vie



Droits réservés au [Cnam](#) et à ses partenaires

Notre Pays a besoin de Radios

L'Ecole Française de Radioélectricité n'est ni plus grande, ni plus petite que telle ou telle école de formation de radiotélégraphistes. **Elle est "autre"**. Elle est l'Ecole d'enseignement rationnel de cette instruction technique. Elle se distingue par les particularités suivantes :

- a) Enseignement sur une, deux ou trois années.
La durée des études est sensiblement de :
Une année pour les bacheliers complets (ou équivalence).
Deux années pour les titulaires du B. E. (ou équivalence).
Trois années pour les titulaires du C. E. P. (ou équivalence).
L'équivalence d'instruction est vérifiée par examen d'entrée.
- b) Le nombre de places, au total ou par classe, est strictement limité.
- c) **Elle ne prépare qu'aux diplômes civils et militaires délivrés par l'Etat.**
- d) Elle tient à la disposition de ses correspondants les résultats acquis aux derniers examens officiels des P. T. T., non pas sous forme de pourcentage, mais **en chiffres réels** dont les lecteurs de *Science et Vie* tireront toutes conclusions utiles. Voici les résultats des examens qui ont eu lieu au ministère des P. T. T., à Paris, du 15 au 20 janvier 1940 :

	Nombre total de candidats		Nombre de candidats de l'école	
	PRÉSENTÉS	REÇUS	PRÉSENTÉS	REÇUS
1 ^{re} classe. .	39	5	6	3
2 ^e classe . .	165	22	22	6
Certificat spécial	33	22	23	13

L'Ecole Française de Radioélectricité vous enverra **gratuitement** toute une documentation, sans aucun engagement de votre part.

Tous les jeunes gens qui sont intéressés par cette branche de l'activité nationale, soit à titre civil, soit à titre militaire, doivent se documenter sans tarder sur notre **Cours préparatoire** (15 avril-6 juillet) et surtout sur notre **rentrée d'octobre**.

(En ce qui concerne les cours par correspondance, voir page 11.)

N: B. — La visite des installations de l'Ecole Française de Radioélectricité, **uniques en France**, est absolument libre, et sans aucune obligation de la part des visiteurs.

ÉCOLE FRANÇAISE DE RADIOÉLECTRICITÉ

10, rue Amyot, PARIS (V^e) (Près le Panthéon) -- Téléph. : POR 05-95

ÉCOLE DE T. S. F. DE ROUEN, 27, rue Dutronché.
même direction

PUBL. C. BLOCH.



152, avenue de Wagram

PARIS (17^e)

Téléphone : WAGRAM 27-97

Cours sur place ou par correspondance

INDUSTRIE

Cours à tous les degrés
MÉCANIQUE - ÉLECTRICITÉ
RADIOTECHNIQUE
 Constructions aéronautiques
 Section spéciale de
CHIMIE INDUSTRIELLE

COMMERCE

CRÉTAIRE, COMPTABLE
ET DIRECTEUR
 Diplômes d'Études juridiques

SECTION DES SCIENCES

Mathématiques et appliquées

Préparation 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.

MARINE MILITAIRE

Préparation aux Ecoles
 des Elèves Ingénieurs Mécaniciens
 (Brest)
 Sous-officiers Mécaniciens et Pont
 Mécaniciens (Moteurs et Machines)
 (Lorient)
 Ecole de T. S. F. de Toulon

MARINE MARCHANDE

Préparation aux examens :
 Ecoles de Navigation
 Brevets d'Elèves Officiers
 et Lieutenants
 Officiers mécaniciens
 Officiers T. S. F.

AVIATION MILITAIRE

Ecole de sous-officiers pilotes d'Istres
 Ecoles des Elèves Officiers
 Ecole des Officiers Mécaniciens
 Ecoles civiles d'Aviation

AVIATION CIVILE

Brevets de Navigateurs aérien
 Concours d'Agents techniques
 et d'Ingénieurs Adjoints
 du Ministère de l'Air

PROGRAMMES GRATUITS

(Joindre un timbre pour toute réponse)

LES COURS SUR PLACE
 ont lieu pendant la guerre
 à Nice :

56, b. Impératrice-de-Russie

PUBL. C. BLOCH.

E. Falacini

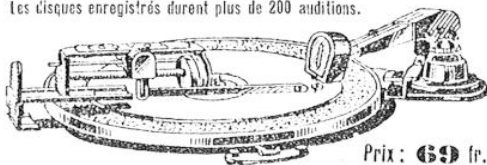
ENREGISTREZ VOUS-MÊMES...

les émissions que vous transmettent des mondes lointains vos postes favoris, en adaptant sur votre pick-up...

EGOVox

L'ENREGISTREUR DU SON

LA SIMPLICITÉ MÊME caractérise le fonctionnement de l'Egovox, ce qui n'est pas une des moindres raisons de son succès mondial. Les disques enregistrés durent plus de 200 auditions.



Prix: 69 fr.

CATALOGUE FRANCO SUR DEMANDE

1, rue Lincoln, Paris-8^e

PUB. C. BEUCH.

COURS DE RADIO par correspondance

11, rue Vauquelin, Paris-5^e

Ces cours sont identiquement ceux provenant de l'*Ecole Française de Radioélectricité*.

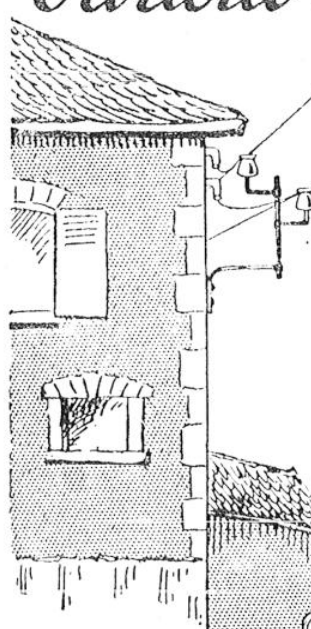
Fonctionnant sous le contrôle effectif du Directeur de cette Ecole, les devoirs en sont corrigés par les mêmes professeurs que ceux enseignant sur place.

Particulièrement adaptés aux **préparations militaires**, ils peuvent faire bénéficier d'un gain de temps très appréciable les élèves qui projettent de poursuivre leurs études sur place en vue d'obtenir les diplômes plus élevés.

VINGT ANNÉES DE RÉFÉRENCES
DE PREMIER ORDRE

Renseignements gratuits par retour du courrier

PUB. C. BEUCH.

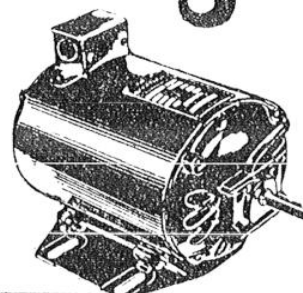


*Partout où passe
le courant lumière*

...ET SANS INSTALLER
LA FORCE!..

vous pouvez brancher un

Ragonot- Delco



ETS RAGONOT
15, Rue de Milan - PARIS-IX^e
Téléphone: Trinité 17-60 et 61

Pub. R. L. Dupuy

Deux occupations utiles et agréables
pour vous et vos enfants

APPRENEZ LE DESSIN

pour le plaisir d'abord
et peut-être pour le profit



En quelques mois, facilement, chez vous, à peu de frais et par la plus surprenante méthode, vous pouvez devenir bon dessinateur.

Même si vous n'avez jamais tenu un crayon, quelles que soient vos occupations et même si vous habitez dans un bourg perdu en pleine campagne,

vous pouvez recevoir les merveilleuses leçons du cours A. B. C. de Dessin.

Sous la direction d'artistes parisiens notoires, vous ferez des progrès dont vous serez émerveillés. Dès l'instant où vous prendrez votre crayon pour faire le premier devoir du premier cours, commencera un enchantement qui ne finira plus.

Pour vos enfants

Il existe un cours spécial pour les enfants de huit à quatorze ans. Les leçons sont amusantes, faciles, à la portée de leurs jeunes intelligences.

L'École A. B. C. de Dessin spécialise ses élèves et leur donne, suivant leurs désirs, une instruction technique sur des carrières telles que le Dessin de Publicité, d'Illustration, de Mode, Décoration, etc...

Renseignez-vous aujourd'hui même.

Venez vous-même à notre siège, 12, rue Lincoln, Paris. Si cela vous est impossible, demandez-nous celles des brochures DESSIN ou LINGUAPHONE qui vous intéressent.

APPRENEZ L'ANGLAIS

ou n'importe quelle autre
langue étrangère

Aujourd'hui plus que jamais, il faut posséder au moins une langue étrangère. Profitez de vos loisirs, apprenez chez vous la langue de votre choix, par une méthode amusante et facile, bon marché aussi : la Méthode Linguaphone.

Pour y croire il faut l'entendre. — Il faut vraiment avoir entendu un Linguaphone pour se rendre compte de son efficacité. De tous côtés, on nous écrit pour nous féliciter de la perfection de la Méthode et des résultats remarquables obtenus.

Tout en restant chez vous. — Vous pouvez apprendre, par la Méthode Linguaphone, n'importe quelle langue. Cela très vite, en quelques mois, et vous êtes sûr de la parler correctement, avec le bon accent.



LINGUAPHONE enseigne 26 LANGUES :

ANGLAIS, ALLEMAND,
ITALIEN, ESPAGNOL,
HOLLANDAIS, RUSSE,
ARABE, PORTUGAIS,
etc...

ESSAI GRATUIT

S'il y avait un Linguaphone dans la pièce à côté, n'iriez-vous pas l'essayer ? Eh bien ! cet essai, vous pouvez le faire chez vous. Pour que vous puissiez vous rendre compte par vous-même de la valeur exceptionnelle de sa méthode, Linguaphone vous fait cette offre unique : essayez gratuitement un cours complet dans la langue de votre choix.

L'ÉCOLE A. B. C. PAR CORRESPONDANCE

12, rue Lincoln (Champs-Élysées), Paris-8°

ÉCOLE A. B. C. (Section Dessin)

Veuillez m'envoyer gratuitement votre album illustré sur le dessin.

Album adultes. Album enfants.
(Rayez la mention qui ne convient pas.)

NOM :

ADRESSE : B-13

ÉCOLE A. B. C. (Section Linguaphone)

Veuillez m'envoyer gratuitement tous renseignements sur la Méthode Linguaphone.

LANGUE CHOISIE :

NOM :

ADRESSE : B-13

POUR les ÉTUDES de vos ENFANTS

Pour vos propres études

vous ne pouvez mieux faire que de vous adresser à

I'ÉCOLE UNIVERSELLE

par correspondance de Paris, la plus importante du monde.

Ses cours par correspondance sont, en effet :

les plus commodes dans les circonstances présentes, puisqu'on les suit **chez soi**, sans aucun dérangement, en n'importe quelle résidence, jusque dans les localités les plus isolées et même si l'on est astreint à de fréquents déplacements ;

les plus complets puisqu'ils embrassent tous les **programmes officiels de l'enseignement du premier et du second degré**, et tous les programmes spéciaux auxquels se rapportent les brochures énumérées ci-dessous ;

merveilleusement efficaces, puisqu'ils ont permis aux élèves de l'Ecole Universelle de remporter depuis 33 ans des

CENTAINES DE MILLIERS DE SUCCÈS

aux **Baccalauréats, Brevets, Licences**, concours des **Grandes Ecoles**, des **Grandes Administrations**, etc.

L'Ecole Universelle est la première au monde qui appliqua l'enseignement par correspondance aux études primaires, secondaires, etc. Ce sont ses succès inouïs qui ont déterminé la vogue de cet enseignement. Mais ses méthodes restent toujours inégalées. Votre intérêt vous commande de lui réserver toute votre confiance.

Pour être renseigné sur les avantages que peut vous procurer l'enseignement par correspondance de l'Ecole Universelle, envoyez-lui aujourd'hui même une carte postale ordinaire portant simplement **votre adresse** et le **numéro de la brochure** qui vous intéresse, parmi celles qui sont énumérées ci-après. Vous la recevrez par retour de courrier, franco de port, **à titre absolument gracieux et sans engagement** de votre part.

Si vous désirez, en outre, des renseignements particuliers sur les études que vous êtes susceptible de faire et sur les situations qui vous sont accessibles, écrivez plus longuement. Ces conseils vous seront fournis de la façon la plus précise et la plus détaillée, toujours à titre absolument gracieux et sans engagement de votre part.

BROCHURE N° 6.003, concernant les *classes complètes de l'Enseignement primaire et primaire supérieur* jusqu'aux Brevet élémentaire et Brevet supérieur inclusivement — concernant, en outre, la préparation rapide au *Certificat d'études primaires*, au *Brevet élémentaire* au *Brevet supérieur*, pour les jeunes gens et jeunes filles qui ont déjà suivi les cours complets d'une école — concernant, enfin, la préparation au *Certificat d'aptitude pédagogique*, aux divers *Professorats*, à l'*Inspection primaire*.

(Enseignement donné par des inspecteurs primaires, Professeurs d'E. N. et d'E. P. P. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc.)

BROCHURE N° 6.009, concernant toutes les *classes complètes de l'Enseignement secondaire* officiel depuis la onzième jusqu'aux classes supérieures, y compris première supérieure et mathématiques spéciales — concernant aussi les examens de passage — concernant, enfin, pour les jeunes gens et les jeunes filles qui ont déjà suivi les cours d'un lycée ou d'un collège, la préparation rapide aux *divers baccalauréats* et aux *diplômes de fin d'études secondaires*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 6.011, concernant la préparation à *tous les examens de l'Enseignement supérieur* : licence en droit, licence ès lettres, licence ès sciences, certificat d'aptitude aux divers professorats, au *Certificat d'études P. C. B.* et à l'*examen d'herboriste*.

(Enseignement donné par des Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 6.018, concernant la préparation aux concours d'admission dans **toutes les grandes Ecoles spéciales** : Armée et Marine, Elève officier de réserve, Ecoles d'infirmières, Agriculture, Industrie, Travaux Publics, Mines, Commerce, Enseignement, Beaux-Arts, Colonies, Elèves pilotes, Elèves mitrailleurs, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de Grandes Ecoles, Ingénieurs, Professeurs de Faculté, Professeurs agrégés, etc.)

BROCHURE N° 6.024, concernant la préparation à **toutes les carrières administratives** de la Métropole et des Colonies.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations et par des professeurs de l'Université.)

BROCHURE N° 6.029, concernant la préparation à tous les brevets et diplômes de l'**Air**, de la **Radio** et de la **Marine** : Licences d'opérateur, Brevets de navigateur, Certificats de Radio, Pont, Machine.

(Enseignement donné par des officiers de pont, Ingénieurs, Officiers mécaniciens, Commissaires, Professeurs de l'Université, etc.)

BROCHURE N° 6.035, concernant la préparation aux carrières d'**Ingénieur**, **Sous-Ingénieur**, **Dessinateur**, **Conducteur**, **Chef de Chantier**, **Contremaître** dans toutes les spécialités de l'**Industrie** et des **Travaux publics** : Electricité, T. S. F., Mécanique, Automobile, Aviation, Mines, Forge, Chauffage central, Chimie, Travaux publics, Architecture, Béton armé, Topographie, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs spécialistes, Professeurs de l'Enseignement technique, etc.)

BROCHURE N° 6.040, concernant la préparation à toutes les carrières de l'**Agriculture**, des **Industries agricoles** et du **Génie rural**, dans la Métropole et aux Colonies.

(Enseignement donné par des Professeurs des Grandes Ecoles, Ingénieurs agronomes, Ingénieurs du Génie rural, etc.)

BROCHURE N° 6.044, concernant la préparation à toutes les carrières du **Commerce** (Administrateur commercial, Secrétaire commercial, Correspondancier, Sténo-Dactylographe); de la **Comptabilité** (Expert-Comptable, Comptable, Teneur de Livres); de la **Représentation**, de la **Banque** et de la **Bourse**, des **Assurances**, de l'**Industrie hôtelière**, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs d'Ecoles pratiques, Experts-Comptables, Techniciens spécialistes, etc.)

BROCHURE N° 6.050, concernant la préparation aux métiers de la **Couture**, de la **Coupe**, de la **Mode** et de la **Chemiserie** : Petite-Main, Seconde-Main, Première-Main, Couturière, Vendeuse, Vendeuse-retoucheuse, Modeliste, Modiste, Coupeuse, Lingère, Brodeuse, Coupeur-Chemisier, Coupe pour hommes, Professorats libres et officiels, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs officiels et par des Spécialistes hautement réputés.)

BROCHURE N° 6.052, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.

(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 6.058, concernant la préparation aux carrières du **Journalisme** : Rédacteur, Secrétaire de Rédaction, Administrateur-Directeur, et du **Secrétariat** (Secrétaire particulier, Secrétaire assistante de médecin, Secrétaire technique).

(Enseignement donné par des Professeurs spécialistes.)

BROCHURE N° 6.063, concernant l'étude de l'**Orthographe**, de la **Rédaction**, de la **Rédaction de lettres**, de l'**Eloquence usuelle**, du **Calcul**, du **Calcul mental** et extra-rapide, du **Dessin usuel**, de l'**Ecriture**, etc.

(Enseignement donné par des Professeurs de l'Enseignement primaire et de l'Enseignement secondaire.)

BROCHURE N° 6.067, concernant l'étude des **Langues étrangères** : *Anglais, Espagnol, Italien, Allemand, Russe, Annamite, Portugais, Arabe, Esperanto*. — Concernant, en outre, les carrières accessibles aux polyglottes et le **Tourisme** (Interprète).

(Enseignement donné par des Professeurs ayant longuement séjourné dans les pays dont ils enseignent la langue.)

BROCHURE N° 6.071, concernant l'enseignement de tous les **Arts du Dessin** : Cours universel de Dessin, Dessin usuel, Illustration, Caricature, Composition décorative, Décoration, Aquarelle, Peinture, Pastel, Fusain, Gravure, Décoration publicitaire — concernant également la préparation à tous les **Métiers d'art** et aux divers **Professorats**, E. P. S., Lycées, Ecoles pratiques.

(Enseignement donné par des Artistes réputés, Lauréats des Salons officiels, Professeurs diplômés, etc.)

BROCHURE N° 6.076, concernant l'**enseignement complet de la musique** : Musique théorique (*Solfège, Chant, Harmonie, Contrepoint, Fugue, Composition, Instrumentation, Orchestration, Transposition*), Musique instrumentale (*Piano, Accompagnement au piano, Violon, Flûte, Mandoline, Banjo, Clarinette, Saxophone, Accordéon*) — concernant également la préparation à toutes les carrières de la Musique et aux divers **Professorats** officiels ou privés.

(Enseignement donné par les Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

BROCHURE N° 6.081, concernant la préparation à toutes les **carrières coloniales** : Administration, Commerce, Industrie, Agriculture.

(Enseignement donné par des Fonctionnaires supérieurs des Grandes Administrations, Techniciens spécialistes des questions coloniales, Ingénieurs d'Agronomie coloniale.)

BROCHURE N° 6.085, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** (*Eloquence usuelle, Diction*).

BROCHURE N° 6.090, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés**.

BROCHURE N° 6.093, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 6.099, **Coiffure**, **Manucure**, **Pédicure**, **Massage**, **Soins de beauté**.

Ecrivez aujourd'hui même, comme nous vous y invitons à la page précédente, à MM. les Directeurs de

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

Depuis

25 ans

... les clichés de
**"LA SCIENCE
 ET LA VIE"**
 sont exécutés dans
 les ateliers de
 Photogravure des
 Etablissements...

LAUREYS F^{res}**17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10°**TÉLÉPH.:
PRO. 99.37

**PHOTOGRAVURE
 OFFSET - TYPONS
 CLICHERIE
 GALVANOPLASTIE**

Supprimez l'eau calcaire

ennemie de votre santé, qui,
 employée pour la cuisine, cause et
 aggrave Rhumatisme Arthrite Maladies
 de la voie de reins, intestins,
 etc...

(Regardez le tartre dans vos casseroles.)



Abîmant et déséchant la peau et les cheveux si, employée pour la toilette.

Abîmant, usant le linge, entartrant les chaudières, canalisations, etc.

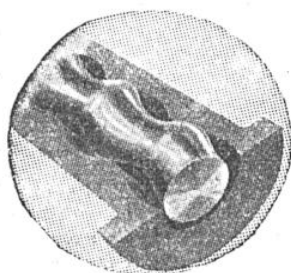
Contrariant tout travail, entraînant des dépenses inutiles.

Un adoucisseur d'eau **TETT BRO** coûte moins que rien.

BROCHURE GRATUITE SUR DEMANDE

TETT BRO (Service 7)

216, rue de Rivoli, PARIS - Tél. : OPÉ 22-88



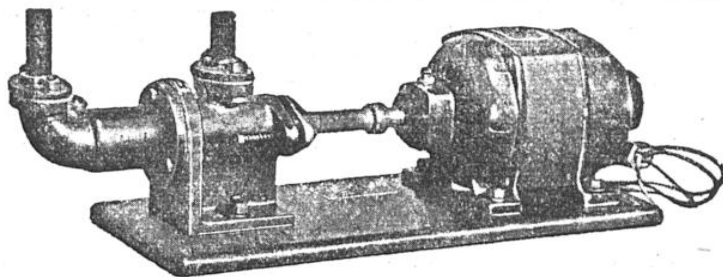
POMPES EN CAOUTCHOUC

LICENCE R. MOINEAU, BREVETÉE FRANCE ET ÉTRANGER

AVANTAGES

TOUS FLUIDES
 LIQUIDES OU GAZEUX
 EAU - VIN - PURIN
 MAZOUT - ESSENCE
 LIQUIDES ÉPAIS ET ABRASIFS
 LIQUIDES ALIMENTAIRES
 CRAIGNANT L'ÉMULSION

SILENCIEUSES
 AUTO-AMORÇAGE
 SIMPLICITÉ - ROBUSTESSE
 USURE NULLE - ÉCONOMIE
 - TOUTS DÉBITS -
 - TOUTES PRESSIONS -
 FACILITÉ D'ENTRETIEN



De nombreuses pompes fonctionnent à bord des croiseurs
Dunkerque, Strasbourg, Richelieu pour tous liquides

POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
 SOCIÉTÉ
 63, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE-ET-LOIRE)

Que vous soyez :

**Directeur, Ingénieur, Dessinateur, Comptable,
Sténo-dactylo, Commis aux écritures**

c'est celui ou celle qui possèdera le plus de connaissances qui trouvera le plus facilement une place et qui, le plus facilement, l'améliorera.

Dans la vie moderne de l'industrie et du commerce, les connaissances les plus importantes à posséder, en plus du métier proprement dit, sont celles de l'inspecteur du travail. Tout employé de commerce ou d'industrie ayant ces connaissances facilitera le contrôle de l'inspection publique du travail et évitera à son patron des procès-verbaux dont la répétition pourrait l'amener devant les tribunaux répressifs. Devenez

INSPECTEUR PRIVÉ DU TRAVAIL

ou

INSPECTRICE PRIVÉE

Le diplôme est délivré par l'Ecole spéciale d'administration, 28, boulevard des Invalides, Paris, après des études qui peuvent être faites par correspondance, absolument identiques aux études qu'elle fait suivre à ses élèves qui préparent l'inspection publique du travail.

Aucune limite d'âge n'est imposée.

Aucun diplôme n'est exigé.

La compétence suffit.

L'ÉCOLE SPÉCIALE D'ADMINISTRATION

28, boulevard des Invalides, Paris

vous enverra gratuitement la documentation nécessaire.

L'Ecole Spéciale d'Administration, si connue pour ses excellentes préparations à tous les concours administratifs, soit à titre civil, soit à titre emplois réservés aux blessés de guerre, est célèbre précisément par les succès extraordinaires remportés aux concours d'admission à l'inspection du travail dont elle a rempli, à elle seule la quasi-totalité des cadres.

LA Radio S'APPREND Aussi PAR CORRESPONDANCE

b. roger



N° 2.

JEUNES GENS !...

c'est un véritable succès que remportent chaque année aux examens officiels
LES MÉTHODES **ORIGINALES** D'ENSEIGNEMENT DE
L'ÉCOLE CENTRALE DE T. S. F.

EN EFFET

70 % des candidats reçus aux examens officiels sont des élèves
de l'école (résultats contrôlables au Ministère des P. T. T.)

Quelles que soient les situations de la Radio
CIVILES OU MILITAIRES

auxquelles vous aspirez

AVIATION — INDUSTRIE — MARINE — ADMINISTRATIONS

AUGMENTEZ VOS CHANCES DE RÉUSSITE

en vous inscrivant immédiatement à nos cours par correspondance (donnant
droit à un stage gratuit de six semaines)

IL N'EXISTE PAS D'AUTRE ÉCOLE POUVANT VOUS DONNER
LA GARANTIE D'UN PAREIL COEFFICIENT DE RÉUSSITE
Demandez le « Guide complet des carrières professionnelles et militaires de T.S.F. »



ÉCOLE CENTRALE DE T-S-F

12 rue de la Lune PARIS 2^e



Telephone Central 78.87

Prochaine session : Avril 1940

LA SCIENCE ET LA VIE

MAGAZINE MENSUEL DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS A LA VIE MODERNE

Rédigé et illustré pour être compris de tous

RÉDACTION, ADMINISTRATION : 13, rue d'Enghien, Paris-10^e

Chèques postaux : N° 91-07, Paris — Téléphone : Provence 15-21

PUBLICITÉ : Office de publicité Excelsior, 20, rue d'Enghien, Paris-10^e

Chèques postaux : N° 59-70, Paris — Téléphone : Provence 15-22 à 24

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays

Copyright by La Science et la Vie, Avril 1940 - F. C. Seine 116-544

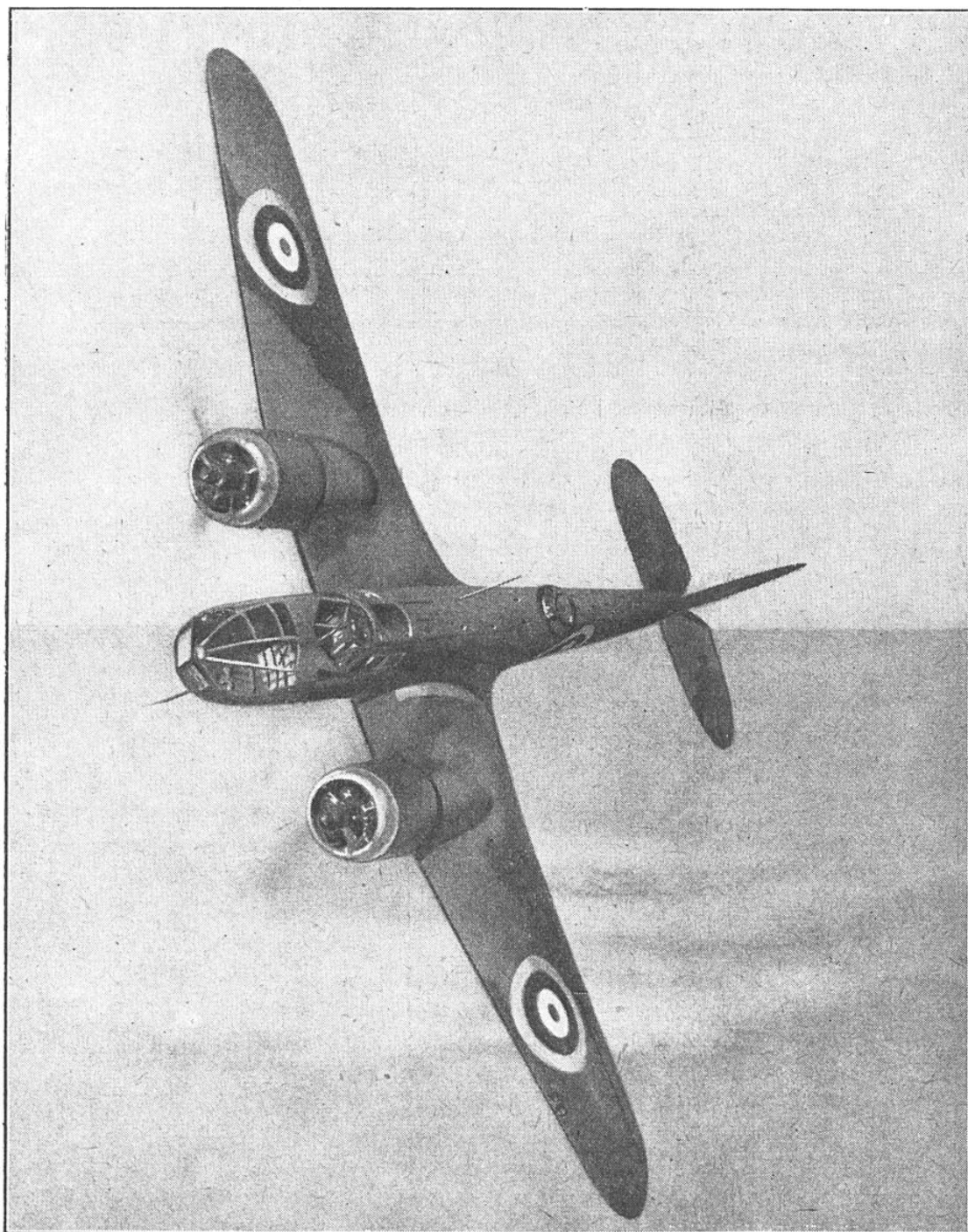
Tome LVII

Avril 1940

Numéro 274

SOMMAIRE

L'offensive aérienne peut-elle gagner la guerre ?	René Michel	251
Le navire de ligne : synthèse du progrès technique dans les constructions navales.. . . .	André Fournier	267
Les bombes d'avions et leurs effets.. . . .	Victor Reniger	284
Le racisme devant la science.. . . .	Victor Jougla	293
L'oxygénothérapie, traitement spécifique de guerre	Jean Labadié	305
Canons et projectiles étranges.. . . .	Paul Chaville	316
Pour le ravitaillement des armées motorisées, voici les parcs modernes d'hydrocarbures.. . . .	Charles Berthelot.	325
Les chars de combat à travers les obstacles du champ de bataille.	André Chissey	333
Acrobaties aériennes, voltige et haute école.. . . .	Edmond Blanc.	340
Le tir contre avion à grande et à petite distance	Victor Davray	352
La guerre microbienne : ses armes, ses parades	Charles Brachet.. . . .	364
Un nouvel engin de combat : l'avion-torpille à télévision est-il réalisable ?	Pierre Devaux Ancien élève de l'Ecole Polytechnique.	371
Six mois d'opérations sur les fronts terrestres de l'Europe.. . . .	Général Brossé.	377
Six mois de guerre sur mer.. . . .	Edmond Delage.. . . . de l'Académie de Marine.	389
L'avion de chasse d'aujourd'hui et de demain : vitesse, maniabilité, puissance de feu.. . . .	René Maurer	401
Comment le progrès technique a transformé la physionomie des combats offensifs et défensifs sur le front terrestre.. . . .	Camille Rougeron.. . . .	424
Six mois de blocus : le siège économique de l'Allemagne.. . . .	Henri Wittersheim.. . . .	439
Métallurgie de paix, métallurgie de guerre.. . . .	Louis Houllevigue.. . . . Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.	446
Où en est la fusée de guerre propulsée par réaction ?	A. Ananoff	451



(55 171)

LE BIMOTEUR ANGLAIS DE BOMBARDEMENT BRISTOL « BLENHEIM »

Ce triplace rapide de bombardement moyen et d'assaut est armé d'une mitrailleuse fixe dans l'aile gauche, d'une mitrailleuse orientable dans la tourelle arrière escamotable, de bombes installées dans le fuselage et dans des berceaux latéraux dans l'aile. Le bombardier-navigateur est logé dans le nez vitré, le mitrailleur sous la coupole. La vitesse maximum de cet appareil est voisine de 500 km/h, son plafond de 8 300 mètres et son rayon d'action de 3 000 km.

L'OFFENSIVE AÉRIENNE PEUT-ELLE GAGNER LA GUERRE ?

Par René MICHEL

Au cours des opérations décisives de la guerre de 1914-1918, le rôle de l'aviation s'est borné presque uniquement à la coopération avec les troupes de toutes armes : reconnaissance, observation d'artillerie, accompagnement d'infanterie ; la chasse assurait la défense de nos avions d'observation et de liaison, ainsi que la protection du territoire contre les raids ennemis ; la « Division aérienne », groupant la plus grande partie de nos réserves en bombardement de jour, se contenta, à partir de mai 1918, de prolonger l'action de l'artillerie lourde sur les arrières du champ de bataille. Le développement de la technique aéronautique depuis vingt ans, l'augmentation de vitesse, de plafond, de rayon d'action et de charge utile des avions modernes mettent aujourd'hui à la disposition des belligérants des moyens de bombardement extrêmement puissants dont la mise en œuvre a paru à certains théoriciens de nature à bouleverser les notions jusqu'ici admises pour la conduite stratégique des opérations militaires. L'armée de l'air, rassemblée sous les ordres du commandant en chef des forces aériennes, apparaît bien aujourd'hui comme un instrument d'une souplesse et d'une puissance incomparables qui permettra, suivant les circonstances, de porter à l'adversaire les coups les plus violents, soit pour renforcer l'action de l'armée de terre, soit pour appuyer celle des forces navales, soit enfin, agissant pour son propre compte, pour entreprendre les opérations lointaines contre les objectifs d'intérêt militaire capital, réserves stratégiques, voies de communication, centres industriels de guerre, etc. dont la destruction provoquera, dans un délai minimum, l'effondrement de la capacité de résistance de l'ennemi.

La guerre aérienne totale

CHACQUE fois que l'on veut envisager un problème un peu large d'aviation au combat, il est impossible de ne pas mettre en exergue les principes de guerre aérienne qu'a posés, il y a quelques années, le général italien Douhet.

Fasciné — et c'est là un défaut — par les théories allemandes de la guerre totale brusquée, le *Blitzkrieg*, intégralement destructive de toutes les forces vives de l'adversaire, Douhet a prétendu trouver dans l'arme aérienne la force qui peut, seule, écraser la nation adverse.

L'exactitude d'une pareille théorie nécessite la démonstration péremptoire de deux théorèmes qui la conditionnent :

1^o On peut détruire toutes les forces vives d'une nation, d'un seul coup, par un acte de guerre ;

2^o L'armée aérienne est apte à cette mission.

Le premier point paraît loin d'être démontré. On n'imagine pas, au siècle où nous vivons, qu'une destruction guerrière puisse être soudaine et totale au point de ne laisser subsister matériellement rien de

la force militaire, maritime, financière, économique ou même simplement politique d'un Etat. Mais, il ne s'agit pas, dira-t-on, d'écraser, sous un déluge d'acier, de feu et de mitraille, la totalité des ressources d'un peuple, mais seulement de lui faire des blessures telles que sa force morale de résistance soit à ce point ébranlée, qu'il désespère de jamais pouvoir se relever du coup qui lui est donné. Autrement dit, point n'est besoin de lui donner la mort : il suffit de le blesser au point qu'il périclite de désespoir. Sous cet angle, la réussite pourrait être envisagée mais, alors, l'exactitude de notre axiome de destruction dépend d'un raisonnement psychologique qui, comme tel, apparaît fort discutable et que les faits, en tout cas, ne semblent pas confirmer.

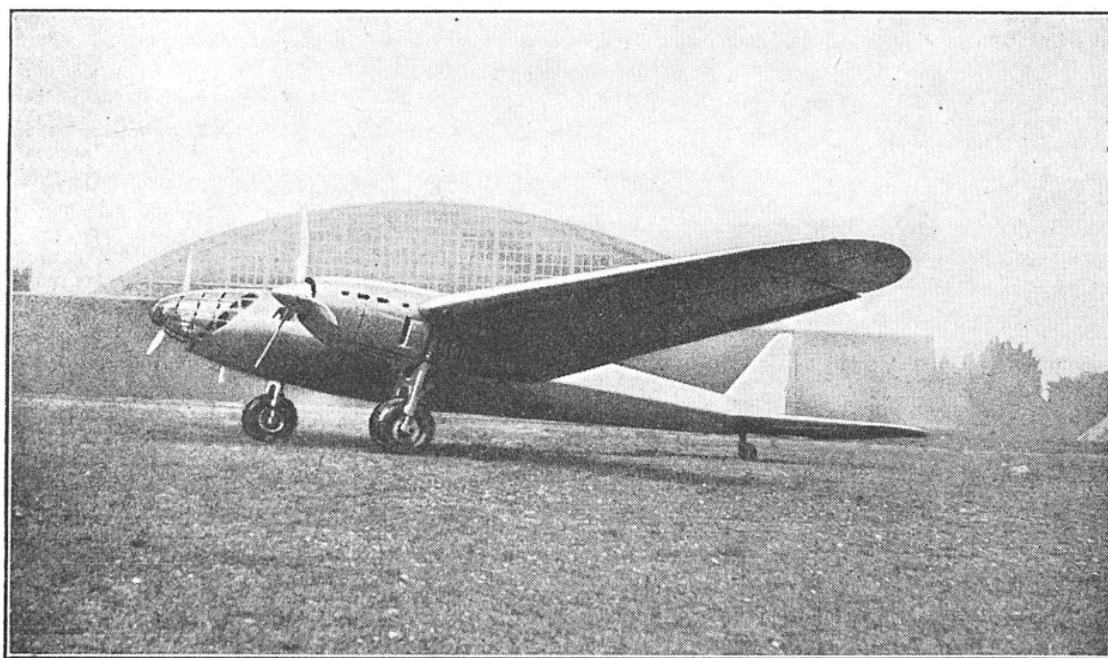
En outre, le pays qui vise la destruction immédiate et brutale de l'autre prend un risque, et ce risque est sérieux, car il n'a pu jouer sa chance, au prix actuel des armements, qu'en faisant masse de tous ses efforts et de toutes ses richesses sur un procédé de destruction déterminé. Il n'est plus alors en état de résister au choc en retour inévitable si les coups portés s'avèrent insuffisants, ou si l'affaissement moral de

l'adversaire ne joue pas de la manière escomptée.

Deuxième point : l'armée aérienne peut-elle remplir ce but de destruction totale ? Oui, affirme Douhet. Nous ne pouvons que partager son avis avec les seules réserves que nous venons de faire. En effet, il n'est pas d'arme, aujourd'hui, dont les moyens d'action soient supérieurs à ceux de l'aviation. La technique aérienne a rendu pos-

y opère que par l'effroi qu'elle inspire à la garnison ; l'occupation du terrain sera ensuite réalisée, à peu de frais, par une vague d'infanterie qui n'aura point besoin de déployer l'effort humain que les machines auront accompli pour elle.

Dans les actions de coopération avec une troupe terrestre, elle peut, à elle seule, paralyser les ravitaillements, disperser les renforts et les concentrations, tandis que,



(54 742)

FIG. 1. — LE BIMOTEUR FRANÇAIS DE BOMBARDEMENT AMIOT 370

Monoplan métallique à aile basse et train d'atterrissage escamotable, équipé de deux moteurs Hispano Suiza 12 Y. de 860 ch à refroidissement par liquide. Son rayon d'action est de 3 500 km et sa vitesse voisine de 500 km/h. C'est l'avion d'offensive par excellence.

sibles les bombardements de démolition massifs et l'exploration aérienne surclasse par sa rapidité et sa profondeur les modes de reconnaissance de n'importe quel engin motorisé ; les charges d'avions d'assaut sont plus terribles que n'importe quelles avances de gros chars, et un simple avion de chasse tient en échec des groupes entiers d'artillerie de D. C. A. qui convergent sur lui des feux coûteux pour un effet incertain.

L'arme aérienne ne combat pas seulement dans l'air ; elle intervient dans la bataille terrestre et y participe avec ses bombes, ses canons, ses mitrailleuses, chargeant avec les chars et les colonnes d'infanterie, tirant avec les canons à longue portée. Elle peut, à elle seule, conquérir matériellement un objectif tant par les destructions qu'elle

dans des opérations aériennes proprement dites, elle peut déverser chaque jour sur les lignes et les arrières de l'ennemi des tonnes et des tonnes de bombes, écraser ses centres de production, disloquer ses voies de communication, et si, par malheur, des représailles l'exigeaient, incendier ses villes et terrifier par son action incessante la population civile, au point de briser ses nerfs et sa volonté.

Dans le domaine maritime, l'armée de l'air trouve aussi une large place puisqu'elle peut se substituer aux bâtiments de guerre en attaquant les bases navales, en pourchassant les sous-marins et les corsaires, en surveillant les côtes, en guidant les convois vers les ports.

L'aviation est donc la seule arme qui

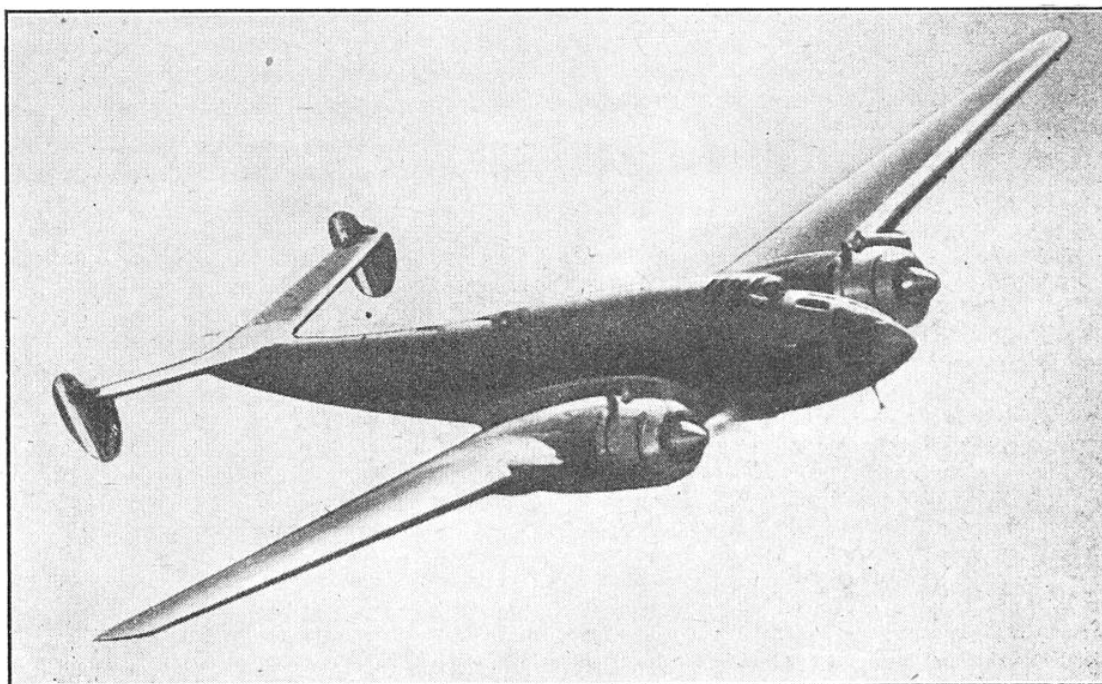
puisse pallier l'insuffisance possible des autres armes. Elle seule est capable de ces substitutions et de cette interchangeabilité.

Mais, en outre, l'aviation apparaît capable de poursuivre à elle seule l'exécution de plans stratégiques susceptibles d'amener une décision, de faire sa guerre à elle. Par-dessus l'armure de ciment et de fer qui ceinture aujourd'hui les territoires des belligérants, le domaine aérien demeure ouvert au déve-

1° Reconnaître, tel un corps de cavalerie, pour le compte des grandes unités terrestres ;

2° Régler le tir des canons sur des objectifs excédant les vues des observatoires terrestres et assurer l'efficacité du tir de contre-batterie ;

3° Accompanyer l'infanterie au combat pour assurer ses liaisons constantes avec le commandement et la renseigner continuellement sur l'ennemi.



(54 739)

FIG. 2. — LE BIMOTEUR FRANÇAIS DE BOMBARDEMENT LIORÉ 45

Monoplan métallique à aile basse et à train d'atterrissage escamotable, équipé de deux moteurs Gnome et Rhône M. 14 N. 21 à refroidissement par air, 14 cylindres, 1 030 ch. La vitesse de cet appareil est supérieure à 500 km/h. Il peut emporter plus de 2 000 kg de bombes. Sa grande vitesse, son grand rayon d'action et ses qualités de vol en font un appareil redoutable.

loppement des offensives de grande envergure.

Les missions multiples de l'aviation dans sa coopération avec le commandement terrestre

Pendant longtemps l'aviation fut considérée, par les chefs militaires, comme uniquement propre à coopérer avec les autres armes. C'est même encore, semble-t-il, l'idée maîtresse que l'on trouve dans le Règlement d'Infanterie de 1938, quand il traite des opérations aériennes en liaison avec cette arme.

Il attribue à l'armée de l'Air trois tâches singulièrement limitées :

Ce furent bien là, en effet, les seules missions principales dont l'aviation, en raison de la faiblesse de ses moyens, fut chargée au cours de la guerre 1914-1918.

Même dans le domaine limité de la coopération aérienne avec le commandement terrestre, il faut voir aujourd'hui beaucoup plus large.

En plus des missions de reconnaissance, de réglage de tir, d'accompagnement au combat, l'aviation devra quelquefois exécuter, en liaison étroite avec les troupes, d'amples missions offensives, charger avec les chars et les colonnes d'assaut, attaquer en vol rasant, bombarder en piqué pendant que les fantassins progressent à terre, harceler,

disloquer les réserves ennemies arrivant au combat, « encager » les bataillons ennemis, écraser les arrières sous les bombes, intercepter les communications.

La nécessité de cette coopération, qui doit se traduire par une intervention directe dans le combat terrestre, ne doit pas faire perdre de vue que le rôle essentiel des forces aériennes de coopération (1) est d'obtenir le renseignement dont le chef a besoin. Si importants que soient les services rendus à l'artillerie et à l'infanterie, ceux-ci passent après la recherche et l'exploration. A cette fin, les forces aériennes de corps d'armée et d'armées doivent s'employer à repérer les indices, soit lointains vers les arrières ennemis, soit rapprochés à proximité même du champ de bataille.

Les reconnaissances photographiques sont parmi les plus fructueuses, car elles donnent au service des renseignements et aux troupes en ligne une documentation unique d'une remarquable exactitude. Rien n'échappe à un objectif photographique; la plaque ou la pellicule enregistrent, pendant le vol, les détails les plus infimes, qui seront facilement retrouvés à la sortie du laboratoire, quand l'officier examinera ses vues dans le silence, le calme et la sécurité de son cabinet. Celui-ci peut ainsi refaire en toute quiétude, ayant à côté de lui son fichier, ses archives, ses cartes, ses renseignements provenant du 2^e Bureau, toute sa reconnaissance sans perdre aucun détail; il pourra ainsi formuler sans précipitation toutes les hypothèses tactiques et stratégiques, qui engendreront plus tard, au P. C., des ordres clairs et précis.

Pour pénétrer chez l'ennemi et pour l'observer, on procède, soit par surprise, soit par force. La surprise a été un procédé usuellement employé dans la précédente guerre; elle est obtenue par l'emploi d'avions assemblés, combinant l'heure du passage des lignes, l'emplacement du soleil par rapport aux batteries ennemies, et l'utilisation de masses nuageuses de faible dimension, suffisantes cependant pour s'y dissimuler; mais elle est surtout réalisée par une prise d'altitude aussi élevée que possible, afin d'augmenter le délai entre le moment où l'avion d'observation est signalé et celui où il a à redouter l'intervention de la chasse ennemie, alertée par sa présence.

La solution force est obtenue par le rassemblement d'avions se flanquant réciproquement par leurs feux et capables ainsi de résister aux attaques des chasseurs enne-

mis. Dans un avion d'observation, la vitesse n'a pas pour but principal de lui permettre de mieux combattre, ni même de réaliser la surprise par son incursion rapide. Elle a pour objet de lui permettre d'éviter le combat pour lequel il n'est point fait techniquement et qui ne figure pas, en conséquence, dans sa mission tactique.

Telle est, dans ses grandes lignes, la part importante de coopération que l'aviation moderne apporte aux autres armes. Mais les progrès considérables de la technique aéronautique et l'évolution des doctrines d'emploi de l'aviation lui ouvrent aujourd'hui des horizons bien plus étendus.

L'action autonome de l'aviation

L'aviation peut et doit mener sa guerre autonome, indépendante des actions terrestres, mais, naturellement, non sans lien et sans coordination avec la stratégie générale.

L'aviation, a dit le maréchal Pétain dans le discours qu'il a prononcé en 1935 à la remise de la Légion d'honneur à l'Ecole supérieure de Guerre, « par les possibilités qu'elle présente de porter la destruction jusqu'aux centres vitaux les plus éloignés, fait éclater le cadre de la bataille, limité autrefois à la portée des coups de l'artillerie, et modifie les conditions de l'action stratégique. On peut même se demander si l'avion ne dictera pas sa loi dans les conflits de l'avenir. Dicter sa loi, n'est-ce pas là le but même de la guerre! »

L'aptitude de l'avion à la conduite de la guerre destructrice, capable de briser la volonté adverse, s'est, en effet, accrue depuis vingt ans d'une manière formidable. Ses servitudes, son insécurité primitive ont disparu; ses performances améliorées ont imposé de nouvelles possibilités d'emploi. Son armement a transformé les escadrilles d'antan en flotte de croiseurs aériens qui l'apparentent aux forces maritimes et lui confèrent les possibilités de manœuvres stratégiques indépendantes que personne n'a jamais entendu refuser aux escadres navales.

Le progrès aéronautique réalisé depuis quelque vingt-cinq ans peut être mis en évidence par quelques chiffres choisis se rapportant aux avions de bombardement qui constituent, à proprement parler, l'arme offensive de l'aviation.

L'avion de 1914, équipé d'un moteur de 80 ch, montait à 1 500 m et pouvait porter 50 kg de bombes à 50 km. En 1918 déjà, équipé d'un moteur de 300 ch, il plafonnait à 4 000 m et portait 300 kg de bombes

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 273, page 167.

à 200 km. Quant au bombardier de 1940, il peut, avec ses moteurs développant une puissance totale allant de 2 000 à 3 500 ch, porter 3 000 kg de bombes à 1 500 km de son point de départ ; son plafond dépasse 8 000 m.

Est-il nécessaire de rappeler qu'aux Etats-Unis, un quadrimoteur Boeing (la

Ce sont précisément les caractéristiques les moins discutables de l'armée aérienne.

L'aviation de bombardement, aviation d'offensive

Une action offensive d'aviation suppose l'examen préalable d'un certain nombre de problèmes techniques.



(54 743)

FIG. 3. — MONOPLACES ANGLAIS DE CHASSE SUPERMARINE « SPITFIRE »

C'est l'appareil de chasse type, qui équipe maintenant une grande partie des escadrilles de la Royal Air Force. Sa vitesse maximum serait voisine de 600 km/h. Il est armé de 8 mitrailleuses disposées dans les ailes.

« Forteresse volante ») a traversé le continent américain du Pacifique à l'Atlantique en 9 h 14 mn 30 s à 7 700 m d'altitude et à 400 km/h et qu'il a pu emporter 14 000 kg de charge utile à 3 500 m et 5 000 kg à 10 000 m ?

En France, l'Amiot 351, le dernier de nos bombardiers, a établi le record du monde des 10 000 km à la vitesse moyenne de 312 km/h (dépassée par le type actuel de la même marque).

Avec de telles possibilités techniques, que de conséquences tactiques et stratégiques nous pouvons envisager !

La vitesse et la mobilité sont des qualités primordiales à la guerre, puisqu'elles sont de nature à procurer au chef les plus nombreuses et les plus diverses possibilités de manœuvre.

L'arme d'attaque de l'aviation autonome, c'est la bombe ; la mitrailleuse ou le canon ne sont que des armes défensives ou auxiliaires.

En somme, le problème technique qui se pose est un problème d'artillerie : il s'agit d'atteindre des objectifs, de natures diverses, avec des projectiles appropriés en qualité et en quantité, pour causer, d'après le but recherché par l'assaillant, soit une destruction définitive, soit une simple neutralisation temporaire, pendant un laps de temps nécessaire à l'exécution d'une autre opération militaire (qui pourra être terrestre, maritime ou aérienne).

La bombe utilisée en aviation (1) est un projectile d'un rendement notablement supérieur.

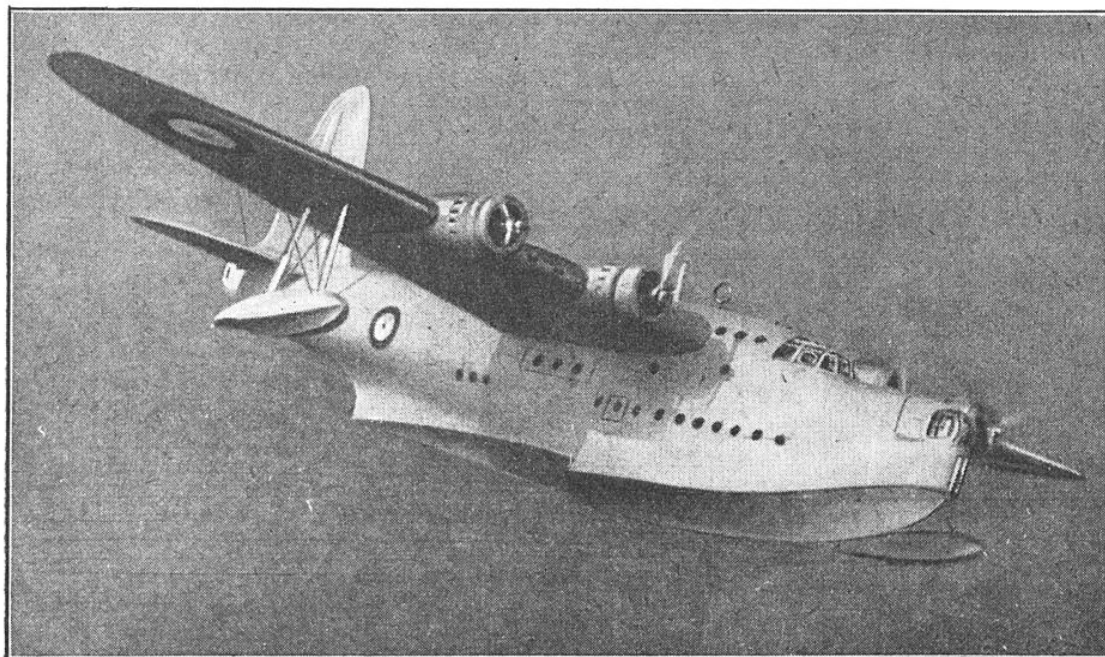
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 271, page 37.

rieur à l'obus, que tirent les canons, et ceci, pour trois raisons :

1° Le départ de la bombe ne comporte aucun choc ; on peut donc employer des parois plus minces que pour l'enveloppe d'un projectile d'artillerie, ce qui permet d'augmenter le poids de l'explosif pour un même poids total global.

ou à retardement ; elles sont placées soit dans l'ogive, soit dans le culot de la bombe ; pour les grosses bombes, afin d'obtenir une certitude d'éclatement, on met une fusée d'ogive et une fusée de culot.

Nous n'insisterons pas ici sur les différentes sortes de bombes (1) : bombes explosives contre le personnel ou contre le maté-



(54 744

FIG. 4. — LE QUADRIMOTEUR ANGLAIS DE BOMBARDMENT SHORT « SUNDERLAND »

Cet appareil a une vitesse maximum de l'ordre de 300 km/h et pèse, en ordre de vol, plus de 20 t. Son autonomie de vol est voisine de 11 heures.

Néanmoins, les bombes utilisées contre le personnel ou le matériel de guerre en campagne doivent avoir des parois pouvant se fragmenter, et celles qui doivent agir par leur souffle, armées de fusées à retardement, ne doivent pas se briser en percutant sur un sol trop dur. Sous la réserve de ces conditions, les parois des bombes n'ont pas besoin de présenter une résistance aussi considérable que l'obus d'artillerie ;

2° Cette absence de choc au départ permet d'employer une substance explosive très violente et très sensible ;

3° Il n'est pas utile d'imprimer un mouvement de rotation à la bombe d'avion et, pour lui assurer une tenue suffisante sur sa trajectoire, il suffit au départ d'un empenage droit en tôle légère.

Les bombes d'avion sont munies de fusées qui peuvent être à explosion instantanée

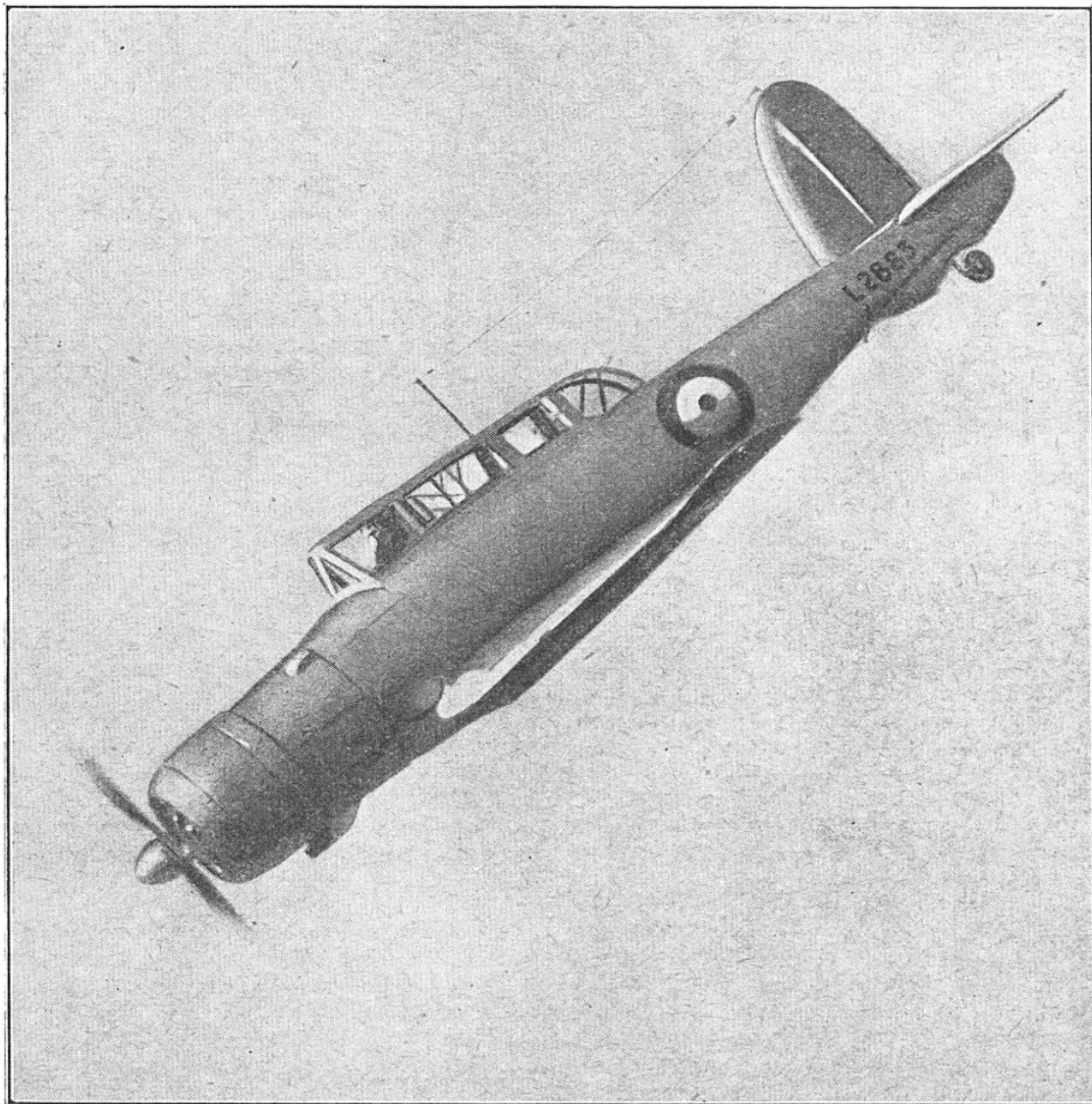
riel, bombes incendiaires ou bombes toxiques.

Soulignons seulement qu'au point de vue de la pénétration, une bombe est inférieure à un obus parce que sa vitesse d'arrivée est beaucoup plus faible. La bombe arrive à une vitesse de l'ordre de 250 m/s et l'obus à une vitesse de l'ordre de 700 m/s.

Il a été reconnu que contre des objectifs cuirassés, la bombe n'a pas d'effet destructif considérable. Généralement elle détruit en explosant la superstructure d'un navire, mais ne pénètre pas les plaques du blindage du pont supérieur.

Une bombe explosive, éclatant près du vaisseau, produit un effet destructif beaucoup plus considérable que lorsqu'elle tombe sur le pont, en raison de la forte pression qui se produit sous l'eau, du souffle qui en résulte et des effets de rupture qui s'en-

(1) Voir dans ce numéro, page 284.



(55 172)

FIG. 5. — LE BIPLACE ANGLAIS DE BOMBARDEMENT EN PIQUÉ BLACKBURN « SKUA »

La vitesse maximum de cet appareil destiné à équiper les porte-avions de la marine britannique est voisine de 400 km/h et son rayon d'action, de 1 000 km.

suivent. Mais il va de soi qu'il ne faut pas en déduire qu'il est préférable de jeter les bombes à côté d'un abri en ciment, plutôt que sur celui-ci ; les chances de manquer le but sont déjà bien suffisantes, sans qu'on cherche à les augmenter !

Certains techniciens américains prétendent que, considérant des bombes lancées d'une hauteur de 1 000 m, 8 % seulement ont chance d'atteindre un sous-marin, 11 % un destroyer, 15 % un croiseur et 30 % un navire de ligne.

Quant aux bombes explosives à nombreuses fragmentations, elles sont surtout employées contre le personnel, tandis que celles à faible fragmentation sont utilisées contre le matériel. Leur écorce se fragmente en milliers d'éclats, pesant entre 5 et 12 g. La vitesse de ces fragments, au voisinage du lieu d'éclatement central de l'explosion, est très grande : elle dépasse 2 000 m/s. A 10 m, les gros éclats perforent des plaques métalliques de 15 mm, des parois en bois de 30 mm et des murs en

briques de 45 mm. Même à une distance de 300 m, la force vive des éclats est suffisante pour tuer un homme.

Les bombes incendiaires, chargées de thermitite ou de phosphore blanc, n'ont pas toujours donné de bons résultats pendant la guerre espagnole. On attribue ce demi-succès à la thermitite, qui est difficile à enflammer. En outre, le détonateur est quelquefois abîmé dans la chute et fonctionne mal.

Torpilles aériennes et bombes-fusées

Il existe, en outre des bombes proprement dites, des *torpilles aériennes* qui sont utilisées contre les navires de surface. Au point de vue de leur construction, elles sont semblables à toutes les torpilles utilisées dans les flottes navales.

L'emploi de la torpille aérienne soulève cependant des difficultés ; elle ne peut être lancée d'une très grande hauteur ; aussi les avions qui portent les torpilles, pendant une attaque, peuvent être avariés par les colonnes d'eau causées par l'éclatement des obus de la défense. La surprise, qui est propre à toute attaque par les torpilles maritimes, ne joue naturellement pas lorsque c'est l'avion qui lance la torpille.

Enfin, la torpille aérienne doit être lâchée à une très courte distance du navire attaqué, car, en raison du peu de rapidité de la dite torpille, le navire peut manœuvrer pour l'éviter.

Les torpilles aériennes seront utilement employées dans une attaque concentrée d'avions et de navires de surface ; mais alors, n'y aura-t-il pas, dans ce cas, plus d'intérêt à employer la bombe, qui est bien meilleur marché, que la torpille et dont les effets explosifs sont beaucoup plus redoutables ?

Les chercheurs mettent, paraît-il, au point une *bombe-fusée* pour un but strictement aérien. C'est une bombe ordinaire, à ailettes, munie d'un tube-fusée à courte combustion, une seconde environ. Pendant cette seconde, la bombe acquiert un supplément de vitesse de l'ordre de 250 m/s, ce qui la transforme en un véritable obus, avec une force de pénétration sérieusement accrue.

On affirme que des portées de 40 km ne seraient pas irréalisables avec le lancement en cabré.

Comment, dans ces conditions, pourrait-on attaquer utilement par le canon ou le chasseur cet avion de bombardement qui lâcherait ses explosifs à 8 000 m d'altitude et à 40 km de leur point de chute ?

L'exécution des tirs : trainées, vols rasants et piqués

Les lance-bombes actuels peuvent être placés dans l'intérieur du fuselage (lance-bombes verticaux), sous les plans, ou sous le fuselage (lance-bombes horizontaux). Ils permettent : le tir simultané de toutes les bombes, le tir coup par coup, ou le tir en trainée, l'avion restant toujours horizontal.

Dans le tir en trainée, qui est le plus employé, le bombardier choisit l'espace-ment des coups, de façon à déterminer sur le sol une trainée de points d'impacts théoriquement équidistants et d'une densité telle que les cercles d'efficacité soient situés à la distance convenable les uns des autres.

La précision du bombardement dépend, dans une certaine mesure, du mécanisme de lancement. Les premiers lance-bombes de la guerre de 1914 étaient compliqués et demandaient un grand effort physique. Maintenant, ils fonctionnent automatiquement, électriquement ou hydrauliquement.

La précision du bombardement aérien n'atteint pas celle de l'artillerie en raison des phénomènes de dispersion beaucoup plus marqués. La valeur des écarts probables varie avec l'altitude et avec la vitesse de l'avion bombardier. C'est ainsi qu'entre 150 et 300 km/h, les écarts doublent pratiquement de grandeur et qu'une augmentation de 1 000 m d'altitude provoque une majoration de 30 m pour l'écart en portée et de 20 m pour l'écart en direction.

La valeur des écarts probables, comparée aux dimensions d'un objectif, donne une idée du pourcentage de bombes que l'objectif recevra.

Pour placer 100 bombes sur un objectif de dimensions égales à quatre écarts probables en direction et en portée, il faut lancer environ 200 bombes. Sur un objectif de dimensions égales à un écart probable, il faut en lancer plus de 2 000. La consommation à prévoir, pour bombarder à 5 000 m un objectif de 50 m carrés, est prohibitive.

Un bombardier a toujours avantage à attaquer un objectif rectangulaire par le travers, car le tir en trainée compense les écarts en portée.

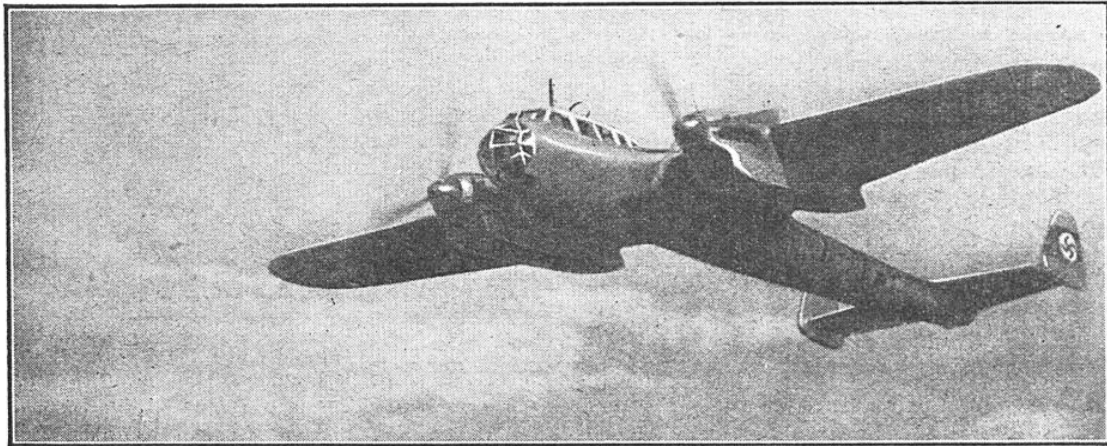
Jusqu'à ces dernières années, la principale tactique utilisée par les avions de bombardement était le tir en trainée à une moyenne altitude ; mais volant à cette moyenne altitude, 3 000 m par exemple, le bombardier se trouve être très exposé aux coups de la défense antiaérienne, comme aussi aux avions de chasse qui auront pu

prendre aisément une altitude supérieure à la sienne. Il faut donc essayer de voler plus haut, à 8 000 m environ. Le bombardier se trouve ainsi pratiquement soustrait aux obus de calibre inférieur à 80 mm ; il peut, en outre, se dissimuler derrière les nuages et en sortir inopinément avant que la chasse ait eu le temps de prendre de la hauteur.

Il peut donc ainsi, par surprise, attaquer l'objectif avant d'avoir été intercepté par

Mais il va de soi, comme nous venons de le voir d'ailleurs précédemment, qu'une bombe lâchée à 8 000 m est imprécise et une manœuvre de ce genre ne peut être tentée que sur une cible extrêmement large.

Pour atteindre de petits objectifs, on est conduit à exécuter un bombardement en vol rasant ou encore un bombardement en piqué consistant à foncer sur l'objectif dans une direction qui se rapproche autant que



(54741)

FIG 6. — LE BIMOTEUR ALLEMAND DE COMBAT DORNIER 215

Sur cette photographie, le Dornier 215 est équipé de moteurs Mercedes Benz D. B. 601 de 1 100 ch à refroidissement par liquide. L'avant, renflé avec secteur vitré, assure une bonne visibilité vers le bas. La vitesse maximum est supérieure à 500 km/h et le plafond à 9 000 m. Le rayon d'action est de l'ordre de 3 000 km et la charge utile maximum dépasse 3 000 kg.

les moyens habituels de défense. Il est même à noter qu'il n'aura pas besoin de venir exactement au-dessus du but, car l'expérience et la mécanique enseignent que les bombes, au moment où elles sont larguées, conservent la même vitesse horizontale que l'avion, la résistance de l'air entrant toutefois en jeu. Les bombardiers doivent donc lâcher leurs bombes bien avant d'arriver à la verticale du but. Si nous supposons, par exemple, l'attaque d'un objectif de la surface d'une ville de moyenne importance, et l'avion volant à 8 000 m, c'est environ à 5 km avant d'atteindre la ville que l'avion devra larguer ses bombes (1). Il pourra alors, immédiatement après le largage, faire demi-tour et repartir dans la direction d'où il vient, pendant que les chasseurs monteront la garde vainement au-dessus de l'objectif attaqué.

(1) Pour atteindre, par exemple, à cette altitude l'Arc de Triomphe, il devra larguer sur Puteaux, pour atteindre le ministère de la Guerre, sur la gare de l'Est, pour atteindre le Palais de Justice, sur le Père-Lachaise.

possible de la verticale. La vitesse de l'avion s'ajoute donc ainsi à celle de la bombe, ce qui augmente, comme nous l'avons précédemment vu, la précision de tir. L'avion fait ensuite sa ressource en chandelle et fuit ainsi le plus rapidement possible la défense anti-aérienne.

Les bombardements en piqué sont difficiles à exécuter, car ils demandent un très grand entraînement et une grande habileté du pilote.

On se souvient que les Allemands n'ont réussi, jusqu'ici, presque aucune de leurs attaques en piqué sur les navires anglais. Il faut cependant noter que, durant la guerre d'Espagne, deux avions rouges attaquèrent de cette façon le cuirassé allemand *Deutschland* ; bien que l'équipage fût au poste d'alerte, les canonnières furent surpris par l'attaque des deux aviateurs qui piquèrent à 600 km/h sur le navire, qu'ils endommagèrent dangereusement.

Le vol rasant n'a rien de commun avec le piqué. L'avion vole alors horizontalement

et attaque les troupes au sol, à la mitrailleuse. Les bombes lancées en vol rasant n'ont pas beaucoup de précision car elles glissent et roulent pendant 100 ou 200 m, avant d'éclater. Au contraire, l'efficacité de ces bombardements est grande contre les constructions qu'il s'agit de mettre par terre.

On se souvient que les avions gouvernementaux espagnols remportèrent, dans leur vol rasant, à Guadalajara, un très gros succès. Ils surgirent des nuages un jour où le plafond était très bas et attaquèrent. Les canons et les mitrailleuses des troupes motorisées ne purent les défendre contre ces ennemis venant du ciel. Les plans de feu des chars d'assaut, en effet, sont dirigés, pour être efficaces, en avant, en arrière et sur les côtés, et non pas vers le ciel. En outre, les blindages des chars sont surtout renforcés sur les parois ; les toits sont formés de plaques beaucoup plus légères et les projectiles, venant de haut en bas, firent sur les véhicules mécaniques de fortes avaries.

Une tactique du vol rasant s'est instaurée : les avions tirent en rasant, s'élèvent, décrivent un cercle dans un plan oblique au sol et reviennent à la suite les uns des autres, constituant ainsi une sorte de manège infernal qui passe perpétuellement sur l'objectif ; un avion remplaçant l'autre instantanément, le feu est continu.

Les objectifs de l'aviation de bombardement

On peut classer les objectifs en cinq catégories :

- 1° Les voies de communication ;
- 2° Les objectifs du champ de bataille terrestre ;
- 3° Les terrains d'aviation ;
- 4° Les objectifs industriels ;
- 5° Les objectifs maritimes.

Les voies de communication

Les voies ferrées, comme les routes d'ailleurs, jouent à la guerre un rôle essentiel puisque ce sont elles qui permettent tous les mouvements stratégiques. Les voies de communication sont indispensables pour amener les renforts, acheminer les ravitaillements, évacuer les blessés. Ce sont donc des objectifs de choix pour l'aviation d'attaque.

Il convient de couper les chemins de fer, là où les réparations seront les plus difficiles à effectuer pour pouvoir interrompre la circulation le plus longtemps possible. C'est donc une erreur de les attaquer dans les gares elles-mêmes. Il vaut beaucoup mieux, lorsqu'on veut couper des communications, les

endommager loin des dépôts, où l'on peut trouver immédiatement des équipes de réparateurs. L'attaque des gares elles-mêmes répond à un autre but : celui de détruire du personnel et des marchandises. Viser un train en marche est une opération fructueuse, puisqu'on a chance ainsi de couper la voie et d'occasionner un déraillement du convoi, qui aggravera la situation. Si c'est un train militaire, l'opération s'améliorera d'une destruction de personnel et de matériel de guerre.

Pour augmenter le rendement, on recherchera à réaliser simultanément des coupures sur plusieurs voies de chemin de fer afin de produire un véritable encagement d'une zone déterminée.

La largeur vulnérable d'une voie ferrée double est d'une dizaine de mètres ; l'espacement entre les points de chute de la traînée à obtenir ne devra donc pas excéder 10 mètres.

Il est plus intéressant d'attaquer une voie ferrée qu'une route, car les réparations d'une voie ferrée durent beaucoup plus longtemps ; puis, la coupure d'un chemin ne gêne presque pas les troupes en marche, car elles passent à côté de la coupure, dans les champs, tandis que les convois automobiles ne sont que légèrement dérivés ; cette attaque apporte donc des entraves à la circulation, mais non point, comme sur une voie ferrée, si la coupure est bien faite, une interruption totale.

Afin d'être sûr de ne point manquer son effet, et pour le compliquer, on prévoit des coupures doubles, triples, etc... Si l'on peut, en même temps que les routes, attaquer une colonne en marche, l'effet produit est double, mais, qui trop embrasse, mal étreint ; si la colonne est bien commandée et bien couverte contre les attaques aériennes, celle-ci se défendra et rendra plus difficile la mission d'interception.

Les objectifs du champ de bataille terrestre

Des troupes bivouaquant forment des objectifs très intéressants à attaquer, la veille du combat, par exemple ; mais il faut, pour ce faire, réaliser des effets de surprise, car les troupes au bivouac sont fortement défendues par la D. C. A.

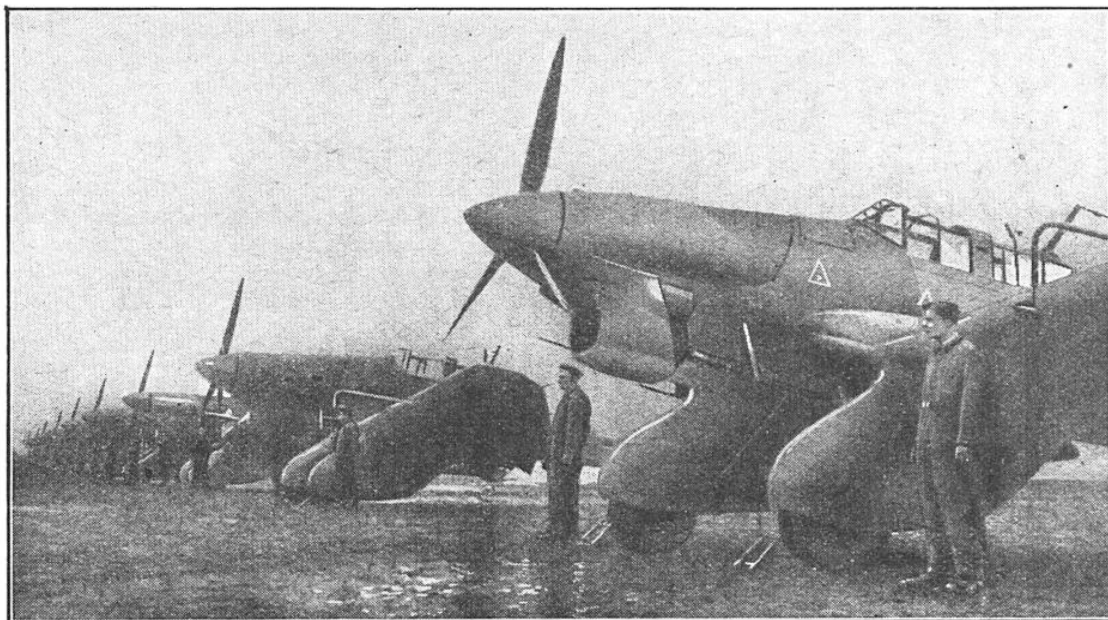
Une attaque aérienne sur des troupes au bivouac peut avoir des effets matériels et moraux considérables. Il n'en est pas de même de l'attaque des troupes en cantonnement, car, à l'intérieur des bâtiments, les troupes se retranchent avec efficacité contre l'attaque aérienne ; celle-ci ne produira

guère que l'effet moral d'un simple harcèlement.

Pendant la bataille, des troupes se déplaçant en formations compactes, comme ce fut le cas, à Guadalajara, pendant la guerre d'Espagne, constituent un bon objectif et le résultat destructif est important. Mais

Attaque des terrains d'aviation

C'est là l'attaque qui s'impose préalablement à toute opération aérienne de grande envergure, car les forces qui s'opposent à une attaque aérienne étant d'abord, et surtout, l'aviation ennemie, c'est acquérir sa liberté



(54 745)

FIG. 7. — BIPLACES ALLEMANDS DE COMBAT JUNKERS JU 87 LORS D'UNE REVUE RÉCENTE

Ce type d'appareil, dont la vitesse maximum est de 390 km/h et le plafond pratique de 8 500 m, est spécialement conçu pour le bombardement en piqué. A cet effet, une bombe de 500 kg est suspendue sous le fuselage dans une fourche articulée mobile qui est destinée à guider la bombe dans la première partie de son trajet et à éviter qu'elle ne pénétre dans le champ de l'hélice.

c'est là une occasion exceptionnelle dont l'avion bombardier pourra quelquefois profiter, au cours d'un vol, sans que le commandement puisse, à l'avance, ordonner avec certitude des missions de ce genre.

En définitive, pendant la bataille, il ne faut pas se dissimuler que l'attaque par bombardement d'avion sur des unités engagées au combat est difficile, car, pour des résultats assez minimes, elle peut entraîner des pertes disproportionnées avec l'obtention de ses résultats.

L'attaque à la mitrailleuse, réalisée par des avions de chasse ou de combat, sera, dans cette hypothèse, beaucoup plus payante, car moins dangereuse et d'une réalisation plus facile, en raison de la moins grande vulnérabilité des chasseurs par rapport aux bombardiers, due à leur rapidité et à leur maniabilité.

dans l'air que de détruire, ou tout au moins neutraliser, celle-ci et pouvoir ensuite, avec une sécurité maximum, accomplir sa mission.

L'attaque des terrains d'aviation vise soit la destruction définitive des avions au sol et des hangars qui les abritent, soit l'interdiction de la plate-forme d'où ils s'envolent. Il est évident que l'objectif terrain étant sensiblement plus large que les cibles hangars ou avions, il sera souvent sage, là encore, de modérer ses désirs et de se contenter, le plus souvent, de l'interdiction ou, plus simplement de la neutralisation passagère de la plate-forme. Les avions se trouveront ainsi indirectement rendus indisponibles puisqu'ils ne pourront plus décoller. Une interdiction de cette nature sera généralement suffisante, mais, si l'expédition a pour but la destruction définitive de l'avia-

tion ennemie, il faudra prévoir une attaque sur les hangars eux-mêmes.

Mais, on sait que les avions ne logent plus maintenant sous des hangars et que la dispersion et le camouflage sont la règle. Une armée aérienne digne de ce nom ne peut donc se laisser surprendre et détruire avec facilité.

Pour détruire des plates-formes, les bombes de 50 kg paraissent convenir, à raison de deux par hectomètre carré environ ; sur un terrain normal, il faudra donc envoyer cinq cents bombes à une altitude de 5 000 m.

C'est, on le voit, un effort déjà important et qui ne pourra être réalisé, avec chance de succès, que la nuit. Durant le jour, une expédition de cette nature sera facilement empêchée.

Les objectifs industriels

Les objectifs industriels importants sont les hauts fourneaux, les raffineries de pétrole, les usines pour la guerre, les centrales électriques.

Ils ne se trouvent généralement pas à proximité des lignes et sont couverts par des défenses actives et passives.

L'attaque de ces objectifs, en qualité et en quantité, dépend des moyens dont on dispose, de façon à réaliser une action efficace non seulement sur chaque objectif, mais encore d'un point de vue d'ensemble, car la destruction d'un simple objectif isolé est, en somme, sans intérêt général et ne vaut pas la peine d'entreprendre une expédition importante de bombardement. Il importe donc de tenir compte de ce qu'une grande usine n'est vulnérable qu'en quelques points sensibles, somme toute très restreints. Il faut donc connaître admirablement son objectif de bombardement.

Ces objectifs sont toujours portés, dans les armées aériennes, sur des fiches qui comportent la photographie aérienne de l'usine, photographie qui aura été étudiée préalablement avec confrontation de tous les autres renseignements obtenus par espions, renseignements de toutes sortes, connaissance technique de l'industrie considérée, etc., etc... Par ailleurs, une même production est généralement répartie dans un certain nombre d'usines. Il en est particulièrement ainsi pour la fabrication du matériel de guerre. Lorsqu'on voudra paralyser une branche de l'activité économique ennemie, il faudra donc attaquer, à peu près simultanément, une assez grande quantité d'objectifs, sinon on risquerait de ne tarir qu'une source parmi beaucoup d'autres. La connaissance de la situation industrielle et

économique de l'ennemi constitue donc un facteur d'importance capitale.

L'attaque des objectifs maritimes

Parmi les objectifs maritimes figurent les établissements côtiers et les navires de différentes catégories.

Les établissements côtiers, et en particulier les ports, sont, en tous points, assimilables à des objectifs terrestres et doivent être attaqués selon les mêmes principes.

Ils sont d'un accès plus facile que les objectifs terrestres car ils peuvent être abordés par le large. En mer, le guet aérien et la défense antiaérienne sont beaucoup moins continus et beaucoup plus difficiles à réaliser que sur le continent. Les avions de bombardement peuvent ainsi espérer, sans avoir besoin de voler à très haute altitude sur la mer, surprendre les objectifs côtiers à une hauteur immédiatement favorable au bombardement.

Dans la guerre-actuelle, on peut remarquer que les appareils de bombardement allemands, partant des bases aéronavales de la mer du Nord, arrivent assez facilement sur les côtes anglaises. On se souvient que la première attaque du Firth of Forth, en novembre dernier, a complètement surpris les Anglais et que, pendant plus d'un quart d'heure, les avions allemands tinrent l'air, au-dessus du Grand Viaduc, sans avoir subi aucune attaque. Ils avaient donc tout le loisir d'exécuter un bombardement efficace ; il n'en fut rien et ils manquèrent purement et simplement leur objectif. Ils essayèrent un bombardement par trainée sur le Viaduc, en l'attaquant dans toute sa longueur. C'était là une double erreur : il eût fallu l'attaquer dans sa largeur ; les bombardiers auraient eu ainsi beaucoup plus de chance de réaliser une coupure, étant donné qu'ils pouvaient évoluer à basse altitude et lancer des projectiles dont les points d'impact pouvaient être très rapprochés les uns des autres. Attaquant au contraire le viaduc dans sa longueur, les premières bombes lancées tombent à côté ; il n'y avait pas de raison que les autres ne s'alignassent point dans le même axe, parallèlement à l'objectif.

On eût pu essayer également un bombardement en piqué, dont la précision beaucoup plus grande eût peut-être amené le résultat cherché.

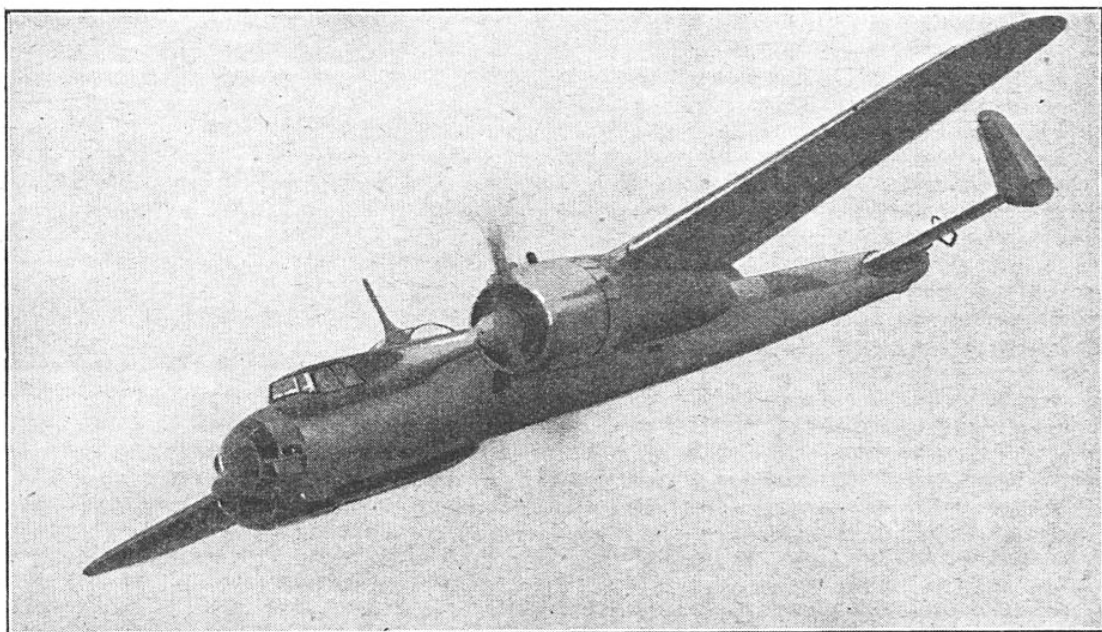
En outre, les assaillants n'étaient pas assez nombreux et, dès qu'ils furent attaqués, ils se dispersèrent : autre erreur (1).

(1) Il faut rester groupé, pour croiser les feux et flanquer partout.

L'attaque d'un bâtiment en mer est excessivement difficile à mener à bien. Il faut, pour réussir, tirer parti au maximum d'un effet de surprise, car les navires, principalement les gros bâtiments de guerre, sont puissamment défendus par une D. C. A. de très bonne qualité, et les marins sont très entraînés au tir sur cibles mouvantes. En outre, il faut

On sait, toutefois, que des hydravions anglais et français ont été assez heureux pour arriver à couler une quantité rémunératrice de sous-marins allemands.

Le sous-marin, en effet, quoique de dimensions très restreintes, ne dispose pas d'une artillerie aérienne très efficace et, en outre, son commandant est hanté du désir de



(54 738)

FIG. 8. — LE BIMOTEUR DE BOMBARDEMENT ALLEMAND DORNIER 17

Cet appareil, construit en métal léger, est équipé de deux moteurs Mercedes Benz D. B. 600 de 950 ch à refroidissement par liquide. Sa vitesse maximum est de 500 km/h, son rayon d'action de 2 250 km avec 250 kg de bombes.

atteindre, sur un navire dont la cible est déjà bien exiguë, des points sensibles. Quand l'objectif tombe au but, il démolit aisément la superstructure, mais, en raison du blindage des vaisseaux de guerre, un effet destructif ne peut être atteint qu'avec des bombes très puissantes de 200 à 700 kg.

L'attaque doit être prononcée avec des bombes explosives. L'exiguïté de l'objectif oblige à prévoir une grande consommation de munitions; aussi l'offensive doit être menée par une force aérienne de l'importance d'une escadre, soit près de quarante avions, pour arriver à un résultat acceptable.

Une force moindre devra essayer un bombardement en piqué qui est, comme on le sait, beaucoup plus précis. Un ou deux appareils isolés attaquant un navire, n'ont que bien peu de chances de mettre au but. Les Allemands s'en sont fréquemment aperçus.

plonger rapidement pour se soustraire aux coups. Pour s'immerger, il est naturellement obligé de mettre à l'abri ses mitrailleuses antiaériennes, en sorte que l'avion peut prononcer, au moment où le sous-marin s'enfonce, une attaque aérienne sans crainte de riposte et s'approcher ainsi en piqué, à quelques mètres de son objectif, conditions très favorables pour la réussite.

Les honteuses attaques

On ne peut décemment envisager l'attaque des villes par le bombardement aérien, car c'est là un procédé d'intimidation et de chantage renouvelé des hordes barbares.

Il est malheureusement à craindre que nos adversaires ne répugnent point à user de ces puissants moyens d'agir sur le moral des populations et des gouvernements, lorsqu'ils se sentiront perdus. Au surplus, ils ont

déjà mis en œuvre ces procédés en Pologne.

A la vérité, une semblable entreprise n'est pas sans risques, car si elle déchaîne contre ses auteurs l'indignation du monde et peut déclencher des interventions hésitantes, elle amènera naturellement, de la part des Alliés, s'ils en sont victimes, des représailles sanglantes, d'autant plus faciles à réaliser que tous les grands centres allemands sont, avec les moyens actuels de l'aviation, facilement atteints par nos escadres de bombardement. L'Allemagne est, géographiquement, beaucoup plus pénétrable que la France ; elle doit répartir ses moyens de défense actifs et passifs sur des territoires plus dilués que les nôtres. On peut l'attaquer par le Rhin et les Vosges, en même temps que par la mer du Nord et la Baltique. Des expéditions combinées et simultanées franco-anglaises mettraient la défense antiaérienne des villes allemandes dans une situation difficile.

Le problème tactique de l'aviation offensive

Le problème tactique de l'aviation offensive, ou, si l'on veut, de l'aviation de bombardement, se pose très simplement ainsi : atteindre un objectif malgré l'ennemi.

Dans notre hypothèse, qui est l'ennemi ? La chasse, l'artillerie antiaérienne alertée et opérant en liaison avec le guet aérien.

Il s'agit donc, pour le bombardier, d'échapper à l'ennemi en neutralisant, dans toute la mesure du possible, les trois éléments de défense ci-dessus indiqués.

Il va de soi qu'une expédition nocturne a plus de chance de mettre en défaut ces forces de résistance, mais, de toute façon, il faut manœuvrer.

Pour monter sa manœuvre, il est nécessaire, comme dans toutes les opérations tactiques, de posséder les renseignements qui permettront d'adopter le plan ayant, dans l'espèce donnée, le plus de chance d'amener une solution utile. Mais, comme il s'agit d'aviation, un facteur important intervient qui, malheureusement, ne dépend ni de l'intelligence, ni du raisonnement : la situation atmosphérique. Ce sont encore les renseignements qui permettront au chef de connaître ces circonstances atmosphériques pour en bénéficier ou s'en garer.

Les renseignements sur l'ennemi devront tendre à connaître exactement les positions de batteries des D. C. A. et des mitrailleuses fixes, le stationnement des formations de chasse, les zones où opère la chasse de nuit, les emplacements des projecteurs, les barages des ballons et la hauteur à laquelle

ceux-ci plafonnent. Les renseignements ainsi obtenus permettront de choisir les itinéraires sur lesquels l'expédition de bombardement rencontrera le moins d'obstacles, et l'altitude la plus favorable.

Les circonstances atmosphériques conditionneront également, dans une large mesure, la marche de l'expédition. Il faut, de toute nécessité, connaître le temps que l'on rencontrera sur les itinéraires choisis et, si possible, celui qu'il fera au moment où les bombes seront larguées. La vitesse du vent joue, dans cette opération, un rôle important, et c'est pourquoi il ne faut donner à l'ennemi aucun renseignement météorologique qui permette des déductions. Cette consigne doit être d'autant plus à observer par nous, en France, que les phénomènes météorologiques se produisent dans le sens dominant Ouest-Est, que nos ennemis ont donc grand besoin de les connaître et qu'ils ne peuvent les connaître que par nous. Il nous est plus facile, en raison de ces circonstances, à nous qui sommes à l'Ouest de l'Allemagne, de prévoir le temps qu'à nos ennemis.

En outre, il est primordial de connaître les systèmes nuageux qui existent sur l'itinéraire à suivre par les escadres de bombardement car, de jour, il faudra rechercher, derrière ceux-ci, une protection et des effets de surprise.

Les progrès réalisés dans la navigation et dans le pilotage sans visibilité permettent aux avions de bombardement de cheminer longtemps au-dessus de mers de nuages, et même dans les nuages. Mais la navigation en pilotage sans visibilité est fatigante, délicate et énervante au plus haut degré. Les équipages n'aiment point à voguer ainsi dans la nuit et dans l'inconnu ; aussi il ne faut la prévoir que sur de petits parcours. Les pilotes automatiques sont d'un grand secours pour remédier à la fatigue des équipages au cours de cette sorte de navigation.

Les formes de l'attaque aérienne : masses compactes et vagues successives

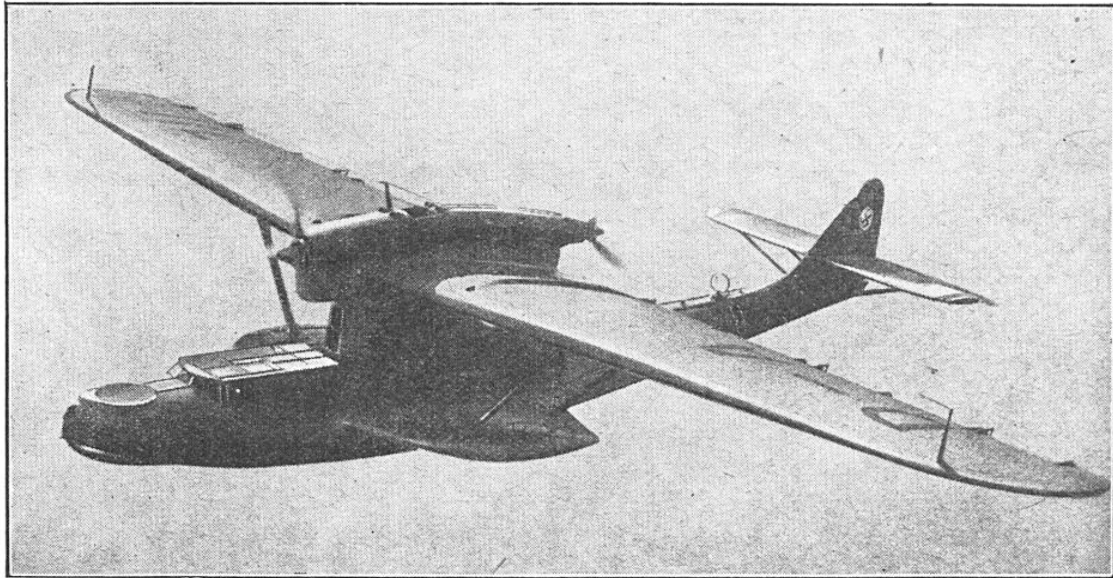
Les renseignements sur l'ennemi et les renseignements concernant les circonstances atmosphériques ayant été ainsi rassemblés, le chef aura ensuite à déterminer quel dispositif d'attaque il convient d'utiliser.

Les problèmes à résoudre ne sont point simples. Il faut desserrer la formation au moment du passage des lignes, car si elle était trop groupée, elle serait trop facilement repérable par le guet aérien. Il faut donc dérouter le guet en passant les lignes

à différents endroits et en lui donnant, pour qu'il ne sache point quelle direction définitive sera prise, l'occasion de se tromper dans ses prévisions. Mais, en même temps, il faut concilier ces dispositifs avec la nécessité d'un resserrement pour pouvoir répondre à l'attaque de la chasse. Des avions isolés, des formations diluées sont des proies faciles pour un chasseur généralement plus rapide et

entrer dans des détails précis, on peut dire qu'en gros, il existe deux procédés d'attaque.

Dans le premier, on opère un rassemblement général de toute la formation qui se dispose à attaquer dans une zone déterminée, chaque unité venant d'un terrain différent. On forme ainsi un gros groupement que l'on fera couvrir en avant, en arrière, en haut et sur les côtés par de la



(54 740)

FIG. 9. — L'HYDRAVION ALLEMAND DE RECONNAISSANCE LOINTAINE D. O. 18

Cet appareil est équipé de deux moteurs Junkers « Jumo » 205 C de 600 ch, à huile lourde, montés en tandem, le moteur avant attaquant une hélice tractrice et le moteur arrière une hélice propulsive. Ce sont des appareils de ce type qui effectuent les reconnaissances à grande distance sur la mer du Nord et prennent part aux raids sur les îles Shetland.

surtout plus maniable, qui saura, au cours de ses évolutions, trouver dans l'avion de bombardement les points qui ne sont point défendus par des plans de feu. Pour pouvoir se défendre contre la chasse, les avions de bombardement doivent se flanquer les uns les autres en croisant leurs feux respectifs.

Contre la D. C. A., des précautions sont également à prendre. Il faudra changer fréquemment de route, de vitesse et d'altitude, et ces manœuvres étant beaucoup plus aisées quand les avions sont moins près les uns des autres, il y a une solution moyenne à adopter.

Au moment de l'attaque de l'objectif, c'est toute une manœuvre qu'il y a lieu de prévoir, une partie de la formation devant prendre à partie la défense, pour permettre à l'autre d'exécuter la mission principale.

Ainsi, comme on le voit, des principes contradictoires entreront en jeu. Sans pouvoir

chasse. On le fera précéder par des éclaireurs, couverts eux-mêmes par des chasseurs, qui auront mission de « jalonner » l'itinéraire, soit par leur présence seule, soit par fusées. Arrivés sur les objectifs, les éclaireurs repèreront ceux-ci et les illumineront par un bombardement en bombes éclairantes. Une telle formation est lourde ; elle est difficile à commander et à manœuvrer. Elle résistera dans des conditions favorables aux attaques des chasseurs, et ceux-ci se contenteront d'abord de la suivre sans l'attaquer et attendront que la D. C. A., pour laquelle elle est extrêmement vulnérable, l'ait dispersée. Malheur alors au bombardier isolé et à la traîne ; il sera la proie des requins, qui suivent les troupes compactes en quête de cette opportunité.

La vitesse de cette expédition sera très réduite, car, malgré leur vitesse indivi-

duelle, les machines seront obligées de s'attendre les unes les autres et de régler leur marche sur les moins rapides d'entre elles.

En outre, ce gros rassemblement est, au départ, difficile à former, principalement si les circonstances atmosphériques ne sont point favorables et le temps peu clair ! C'est pourquoi un autre procédé, plus souple, plus rapide, consiste à envoyer des vagues successives de formations suffisamment nombreuses pour permettre aux avions de se flanquer les uns les autres par des croisements de feux pour la défense contre la chasse, mais non aussi compactes que le précédent gros rassemblement envisagé, pour pouvoir échapper plus aisément aux coups de la défense antiaérienne et surtout gagner de la vitesse.

Les vagues sont espacées de quart d'heure en quart d'heure, de demi-heure en demi-heure, d'heure en heure, selon les effectifs dont on dispose et l'objet que l'on se propose. Elles restent maniables et la succession de leur arrivée permet de mieux ajuster le tir, de le rectifier et de prolonger la durée de l'effet moral produit.

Dans cette hypothèse, la protection par la chasse amie est peut-être plus difficile, car elle exige un nombre plus considérable d'appareils. En outre, une vague peut être attaquée par la masse des chasseurs ennemis et détruite par surclassement.

Néanmoins, d'une façon générale, les avantages que l'on retire d'une attaque par vagues successives sont supérieurs aux inconvénients.

D'ailleurs, ce n'est point au moment où part l'expédition qu'il faut songer à la couvrir ; c'est avant, en attaquant préalablement la chasse ennemie sur ses terrains et les canons antiaériens sur leurs positions. Ainsi, on permettra ensuite à l'expédition principale de passer beaucoup plus facilement.

Conclusion

Nous voici parvenus au terme de l'aperçu que nous avons voulu donner de la guerre offensive aérienne.

On peut dire que, jusqu'à présent, aucun des belligérants ne l'a commencée. Il s'est agi, de part et d'autre, d'attaques isolées et fragmentaires. Nous n'avons pas à rechercher pourquoi. Des raisons diplomatiques ou militaires pures ont probablement, jusqu'ici, retenu les Allemands, car il n'est pas douteux que ceux-ci disposent d'une force aérienne considérable.

En octobre 1938, M. Paul Rives, rappor-

teur du budget de l'Air à la Chambre des députés, estimait que les forces aériennes de première ligne de l'Allemagne oscillaient entre 4 500 et 5 000 avions. En admettant qu'il fut peut-être trop généreux, et en l'espérant d'ailleurs, il est néanmoins certain que le Reich annonçait et se préparait à avoir, pour 1940, 8 000 à 10 000 appareils et il faut noter que l'équipement qu'il prévoyait et que nous avons vu, somme toute, réalisé, correspond bien à ce plan.

Juste avant la guerre, l'Allemagne avait 750 aérodromes qui pouvaient effectivement contenir entre 10 000 et 12 000 machines. Depuis lors, des terrains nouveaux ont certainement été créés. Le journaliste américain, Garrison Villard, qui a circulé en Allemagne en novembre dernier, a déclaré avoir entendu les rumeurs les plus extraordinaires concernant l'importance de la flotte aérienne que les Allemands entendaient mettre à pied d'œuvre pour le printemps prochain, en vue de l'attaque de la Grande-Bretagne. Le chiffre de 30.000 avions a été mis en avant ! Il nous laisse cependant largement sceptique car, en admettant, par impossible, que les usines allemandes aient été soumises à un régime de production que nous ne soupçonnons point, il faut réaliser qu'une flotte de pareille importance devrait être équipée de pilotes, d'observateurs, de mitrailleurs, de navigateurs, de mécaniciens, représentant un corps de techniciens, dans ces diverses spécialités, d'environ 300.000 hommes.

En outre, souvenons-nous que le docteur Brinkmann, sous-directeur de la Reichsbank, posait, à l'Assemblée des chefs nazis, en février dernier, la question suivante :

« A quoi nous servira toute cette armée aérienne si nous n'avons pas d'essence à mettre dans les réservoirs ? Or, à ma connaissance, nous manquons fortement de ce combustible. »

Je ne sache pas que, depuis février 1939, l'armée de Goering ait pu, à ce point, augmenter le volume de ses ravitaillements, et l'âpreté avec laquelle l'Allemagne guette les pétroles russes et roumains paraît bien révéler que les troubles d'alors ne sont pas aujourd'hui terminés par les récents accords économiques germano-russes.

Toutefois, la vigilance est de règle, et l'effort de renforcement de notre armée aérienne doit être accéléré et amplifié. Du jour où l'aviation alliée surclassera l'aviation allemande, la paix ne sera certainement pas loin.

RENÉ MICHEL.

LE NAVIRE DE LIGNE : SYNTHÈSE DU PROGRÈS TECHNIQUE DANS LES CONSTRUCTIONS NAVALES

Par André FOURNIER

L'élément essentiel des flottes de combat a toujours été le navire de ligne, véritable synthèse de toutes les possibilités des techniques les plus variées dans leurs applications à l'art des constructions navales. Les perfectionnements successifs de l'armement (artillerie à grande portée et à grande puissance), de la protection contre le projectile, la bombe et la torpille, de la propulsion (chaudières à petits tubes, turbines à engrenages) ont conduit à des réalisations qui, sous la forme la plus récente des cuirassés français, britanniques, italiens ou allemands, présentent une similitude à peu près complète dans leurs caractéristiques. Faut-il en conclure que le navire de ligne a atteint aujourd'hui cet état de « perfection » où certains veulent voir le signe même de bouleversements prochains ? La chose est possible, car les progrès de maintes techniques, en particulier celles des alliages légers et des moteurs d'avions, semblent devoir favoriser des transformations radicales dans la structure classique des flottes de combat.

L'évolution du navire de ligne

LE navire de ligne moderne, le « cuirassé », date de 1858 avec la *Gloire* de Dupuy de Lôme. Il est resté l'élément principal des grandes marines de guerre.

Le trait le plus saillant de l'évolution de ce type de navire est l'augmentation constante du déplacement : des 6 000 t de la *Gloire* de 1860, on est arrivé aux 42 500 t du *Hood* de 1918, et aux 35 000 t des cuirassés actuellement en construction. Cette augmentation est liée aux progrès successifs dans la construction des coques : emploi du fer en place du bois, puis de l'acier doux, puis de l'acier dur, puis des aciers spéciaux, perfectionnement des procédés de construction par la substitution de la soudure électrique au rivetage.

Ce sont tous ces progrès qui ont permis la réalisation actuelle de navires de 240 m de longueur, où la fraction du déplacement consacrée à la charpente est restée à peu près la même qu'à l'époque où le navire de ligne n'avait pas 100 m de long, alors que, pour un état donné de la construction des coques, le poids de la charpente varie sensiblement comme la longueur.

La course au déplacement s'explique par les nécessités de la protection et de la vitesse.

Sur des navires semblables, le développement de la cuirasse de ceinture est lié à la longueur du bâtiment ; il n'augmente donc que comme la racine cubique du déplacement, c'est-à-dire que, si le déplacement

est multiplié par 8 — c'est bien le facteur de multiplication adopté pour passer des 6 000 t de la *Gloire* au projet britannique de 48 000 t, qui faisait suite au *Hood* et dont la réalisation fut interrompue par l'accord de Washington — la longueur de cuirasse de ceinture n'a besoin que d'être multipliée par 2. On peut donc, si on lui affecte la même fraction du déplacement, faire cette cuirasse quatre fois plus épaisse. Le bénéfice sur les ponts blindés est moins élevé, mais reste notable. La surface de ces ponts, comme toutes surfaces homologues d'objets semblables, ne varie que comme la puissance $2/3$ du volume ; elle est multipliée par 4 quand le déplacement l'est par 8. On peut donc faire les ponts blindés deux fois plus épais si on leur affecte la même fraction du déplacement.

Le même avantage des gros déplacements se retrouve du côté vitesse ou rayon d'action. La résistance du navire se compose de deux parties : une résistance dite « de rencontre », proportionnelle à la surface du maître couple, et une résistance dite « de frottement », proportionnelle à la surface mouillée. L'une et l'autre de ses surfaces ne varient, elles aussi, que comme la puissance $2/3$ du déplacement sur des navires semblables ; elles sont donc multipliées par 4, à même vitesse, lorsque le déplacement est multiplié par 8. Le nombre de chevaux par tonne de déplacement nécessaire à la réalisation de cette vitesse, comme la consom-

Pays	Noms des navires	Année de lancem ^t	Armement principal	Déplacement standard
France.....	2 Courbet	1911-12	XII 305	22 189 t
	2 Bretagne	1913	X 340	22 189
	1 Lorraine	1913	VIII 340	22 189
	2 Dunkerque	1935-36	VIII 330	26 500
	2 Richelieu	C	VIII 380	35 000
				233 945 t
Grande-Bretagne	1 Warspite	1913	VIII 381	31 100 t
	4 Queen-Elizabeth	1913-15	VIII 381	31 100
	5 Royal-Oak	1914-16	VIII 381	29 150
	2 Nelson	1925	IX 406	33 500
	2 Repulse	1916	VI 381	32 000
	1 Hood	1918	VIII 381	42 100
				35 000
				649 350 t
Etats-Unis.....	1 Arkansas	1911	XII 305	26 100 t
	2 New-York	1912	X 356	27 000
	2 Nevada	1914	X 356	29 000
	2 Arizona	1915	XII 356	32 000
	3 Idaho	1917	XII 256	33 000
	2 California	1919	XII 356	32 600
	3 Maryland	1921	VIII 406	31 500
	2 Washington	C	IV 406	35 000
				530 800 t
Italie	2 Doria	1913	X 320	21 555 t
	2 Cavour	1911	X 320	23 622
	2 Littorio	1937-38	IX 381	35 000
				160 354 t
Japon	2 Fuso	1915-17	XII 356	29 330 t
	2 Ise	1917-18	XII 356	29 990
	2 Nagato	1920-21	VIII 406	32 720
	4 Kongo	1912-15	VIII 356	29 330
	2 40 000			40 000
				381 400 t
Allemagne	3 Schlesien	1905-06	IV 280	12 300 t
	3 Deutschland	1931-34	VI 280	10 000
	2 Scharnhorst	1936	IX 280	26 000
	2 Bismarck	1938	VIII 381	35 000
				188 900 t

LES NAVIRES DE LIGNE DES PRINCIPALES PUISSANCES, EN SERVICE OU EN CONSTRUCTION AU 1^{er} SEPTEMBRE 1939

Les pertes en navires de ligne, au cours de la guerre, ont été celles du Royal-Oak et de l'Admiral-Graf-Spee (type Deutschland).

mation de combustible pour un parcours donné, sont donc divisés par 2.

L'accroissement de longueur, qu'il soit corrélatif de l'augmentation des déplacements, ou qu'il tienne à la réalisation de navires plus fins à déplacement donné, favorise d'ailleurs directement la réalisation des grandes vitesses. En effet, à déplacement donné, la résistance diminue très rapidement

à mesure que la longueur augmente. L'allongement des navires imposé par les considérations de résistance à l'avancement est d'ailleurs fâcheux du point de vue protection ; il augmente la longueur de cuirasse de ceinture. C'est l'allongement imposé par les grandes vitesses qui fait que les navires de ligne d'aujourd'hui, malgré leurs déplacements beaucoup plus élevés, n'ont pas de ceintures beaucoup plus épaisses que les cuirassés d'il y a trente ans.

Ainsi, indépendamment des progrès particuliers des blindages ou des appareils propulsifs, les progrès de la charpente, qui ont permis la réalisation avec un poids acceptable des immenses navires d'aujourd'hui, ont eu le plus heureux effet sur leur capacité de résistance au projectile, leur vitesse et leur rayon d'action (1).

(1) A ne considérer que cet aspect de l'évolution du navire de ligne, les marines de guerre, si souvent accusées de tenir peu de compte des préoccupations financières, ont en réalité fait preuve du plus louable désir de rendement et d'économie. Si elles avaient entrepris de remplacer, unité pour unité, des cuirassés de 10 000 t par des cuirassés de 35 000 t, on pourrait trouver, dans cette croissance continue des déplacements, une représentation exacte de l'accroissement des charges imposées aux grandes nations par leurs marines de guerre. Mais, lorsque la marine française substituait, à ses 44 cuirassés de 1880, les 5 cuirassés de 35 000 t auxquels elle est réduite, il y aura dans cette réduction du nombre au profit du déplacement unitaire un facteur d'économie, à puissance égale, qui vient heureusement en déduction des autres causes d'accroissement des dépenses. L'accroissement des déplacements individuels, à déplacement total donné, est donc un facteur d'augmentation de la puissance ; à puissance totale donnée, il contribue à la diminution de la dépense. Jusqu'à des déplacements nettement supérieurs au maximum atteint, il est possible, avec le même prix par tonne, d'augmenter sensiblement vitesse, protection et armement plus vite que ne croît le déplacement.

La course à la qualité, traduite par l'augmentation continue du prix de revient au kilogramme, est une autre caractéristique d'ensemble de cette évolution ; la limitation actuelle des armements, par voie de limitation du tonnage, ne fait que l'accélérer en poussant à la réalisation de navires où l'on cherche avant tout à obtenir le maximum sans tenir compte du prix de revient.

En 1870, l'*Océan*, de 7 700 t, revenait à 14,30 f le kg (en francs en 1940). Le *Voltaire* (18 300 t) coûtait, en 1910, 44,20 f le kg. Le *Nelson* de 1925 (36 000 t) atteignait déjà 72 f. Quant à l'*Admiral-Scheer*, le dernier des cuirassés de poche allemands, qui date de 1931, il revient à 130 f le kilogramme !

On constatait déjà avec regret, en 1880, que l'introduction successive de la vapeur et de la cuirasse, avait eu, pour résultat le plus direct, un accroissement considérable de prix de revient ; le kilogramme de navire armé, qui coûtait 0,50 f au temps de la marine à voiles, venait de doubler.

Le prix élevé des canons Krupp en acier fretté n'était pas une des moindres objections présentées par l'artillerie de marine à leur adoption dans notre flotte ; le canon Krupp de 28 cm revenait à 200 000 f alors que notre canon en fonte de 27 cm, modèle 1864-66, ne coûtait que 17 000 f !

On estimait, en outre, que le nouveau matériel se démodait alors deux fois plus vite que ne s'usait celui d'autrefois.

Augmentation du prix au kilogramme et renouvellement plus rapide sont, avant tout, les causes du gonflement des budgets des marines militaires ; l'augmentation des déplacements n'entre pas en jeu, car le nombre des navires de ligne a diminué beaucoup

plus vite que n'a augmenté le tonnage unitaire.

Les facteurs de puissance du navire de ligne : l'armement

L'armement est le premier des facteurs de puissance du navire de ligne. C'est véritablement sa raison d'être. On a connu des navires de ligne sans protection, ou à protection presque négligeable. On en a connu d'autres à vitesse si faible qu'ils étaient de simples batteries flottantes beaucoup moins rapides que la plupart des paquebots. On n'en a connu aucun où l'artillerie n'ait pas été poussée au maximum compatible avec la technique de l'époque.

A l'apparition de la cuirasse, l'artillerie utilisait le projectile sphérique à faible charge de poudre. Son adoption lui avait valu, pendant trente ans, une supériorité incontestable sur la défense. Les vaisseaux en bois, qui encaissaient parfaitement plusieurs centaines de boulets pleins, étaient incendiés par quelques projectiles chargés en poudre noire.

Pendant dix ans (1855-1864), la cuirasse laissait le canon dans un état d'impuissance presque absolue. C'est alors que se place l'adoption de l'artillerie rayée rétablissant à peu près l'équilibre entre l'attaque et la défense, et que commence, à proprement parler, la lutte du canon et de la cuirasse. Elle se poursuit sans grande dépense d'imagination jusque vers 1880, par l'accroissement simultané du calibre des pièces et de l'épaisseur de la cuirasse, qui atteignent 450 mm (artillerie du *Dandolo*) et 610 mm (protection de l'*Inflexible*).

De 1880 à 1909, l'accroissement consi-

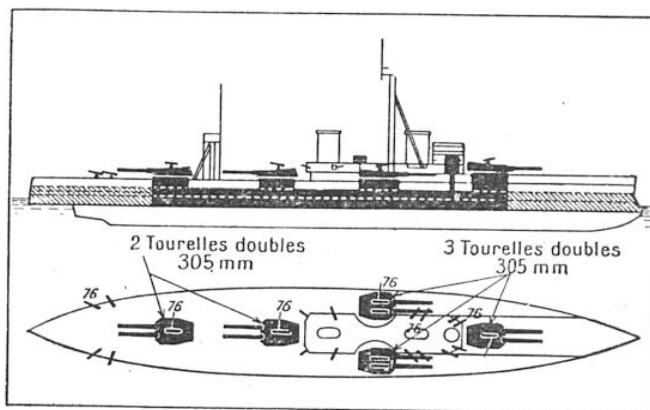


FIG. 1. — LE CUIRASSÉ BRITANNIQUE « DREADNOUGHT »

Le Dreadnought, mis en chantier en décembre 1905 et achevé en octobre 1906, est certainement, depuis la création du cuirassé de haute mer, avec la Gloire, le type de navire de ligne qui a le plus révolutionné la construction navale. Pour son déplacement de 17 900 t, à peine supérieur à celui des bâtiments qui le précédèrent (*Liberté* 14 900 t, *Agamemnon* 16 500 t), il réalisait l'unification de l'artillerie principale sous la forme de 10 canons de 305 en tourelles doubles, quand on s'était contenté jusqu'alors de diviser cette artillerie principale en une artillerie de gros calibre, généralement 4 canons de 305, et une artillerie de moyen calibre (194 à 240 mm). Il inaugurait l'application de la turbine au navire de ligne ; avec ses 23 000 ch prévus, largement dépassés aux essais, il put faire plus de 22 nœuds, quand on se satisfaisait jusqu'alors de 18 à 19 nœuds pour un cuirassé, et que les croiseurs cuirassés français, entrant en service en même temps que lui, atteignaient péniblement 23 nœuds. Peut-être est-il permis, à l'époque où l'on voit une construction de navire de ligne s'étaler sur des années, de signaler qu'il restera très probablement le seul qui n'ait eu besoin que de dix mois entre la pose du premier rivet et l'achèvement.

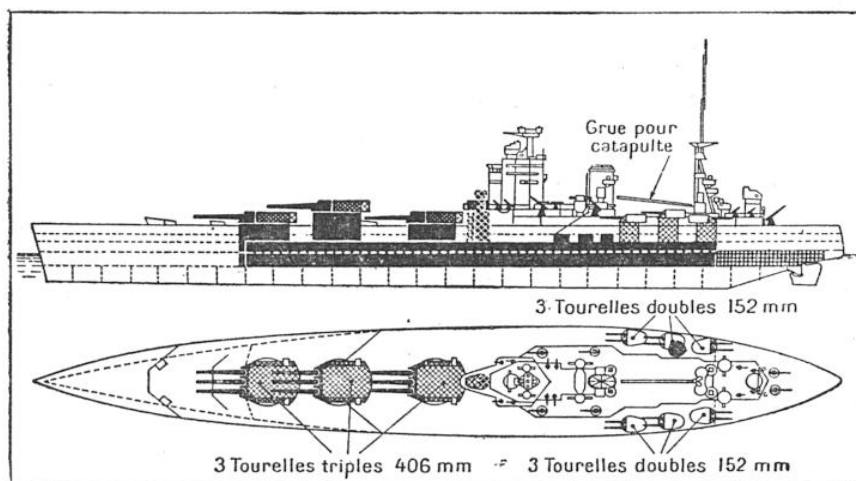


FIG. 2. — SCHÉMA DU CUIRASSÉ BRITANNIQUE « NELSON »

Les caractéristiques du Nelson sont les suivantes : déplacement standard 33 500 t, longueur 216 m, largeur 32,3 m, tirant d'eau 9,14 m, armement : neuf 406, douze 152, six 120, quatre 47, cuirasse de ceinture 356 mm, cuirasse de pont 160 mm. On notera la disposition de l'artillerie principale en trois tourelles triples, toutes trois à l'avant, ce qui donne l'aspect caractéristique de ce type de navire et en fait la plage avant « the biggest in the world ».

dérable de la puissance de perforation fut obtenu par l'amélioration de la qualité de l'arme à calibre donné, et le calibre auquel on s'en tint (305 mm, en général) était notablement inférieur aux calibres antérieurs. On accrut d'une manière continue la vitesse initiale et le poids du projectile. On introduisit la coiffe en acier doux pour la perforation des blindages cimentés. La puissance de perforation d'un canon de 203 des croiseurs type *Washington* est supérieure à celle du calibre maximum dont nous disposions en 1880 (420 mm modèle 1875). Mais les progrès dans cette voie atteignirent assez vite une limite au delà de laquelle l'usure des canons devenait exagérée.

Pour aller plus loin, il fallait reprendre la course au calibre. C'est la marine anglaise qui en aperçut la première l'intérêt.

Dès 1909, date de mise en chantier des bâtiments type *Orion*, elle abandonnait le calibre

de 305, auxquels la plupart des grandes marines étaient restées fidèles pendant une vingtaine d'années, et passait au 343. En 1912, à la mise en chantier du *Queen-Elizabeth*, elle adoptait le 381.

Les autres marines ne suivaient ce mouvement qu'avec un décalage notable. Ce n'est qu'en 1913 que la marine française adoptait le 340 pour la deuxième tranche de ses cuirassés de 23 000 t. Elle conservait ce calibre pour les cuirassés type *Normandie*, dont la construc-

tion fut interrompue par la guerre.

La marine allemande, qui en était restée au 280 sur le *Westfalen* et sur le croiseur de bataille *Seydlitz* mis en chantier en 1911, conserva le 305 sur les cuirassés type *König* et passa d'un coup au 380 en 1913.

Aujourd'hui, toutes les marines sont d'accord pour armer leurs navires du calibre maximum ; des calibres supérieurs au 406 étaient en étude et seraient employés, si la

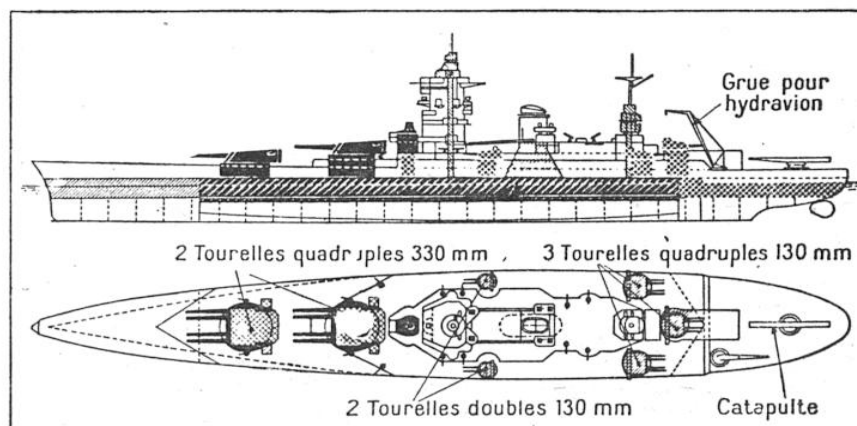
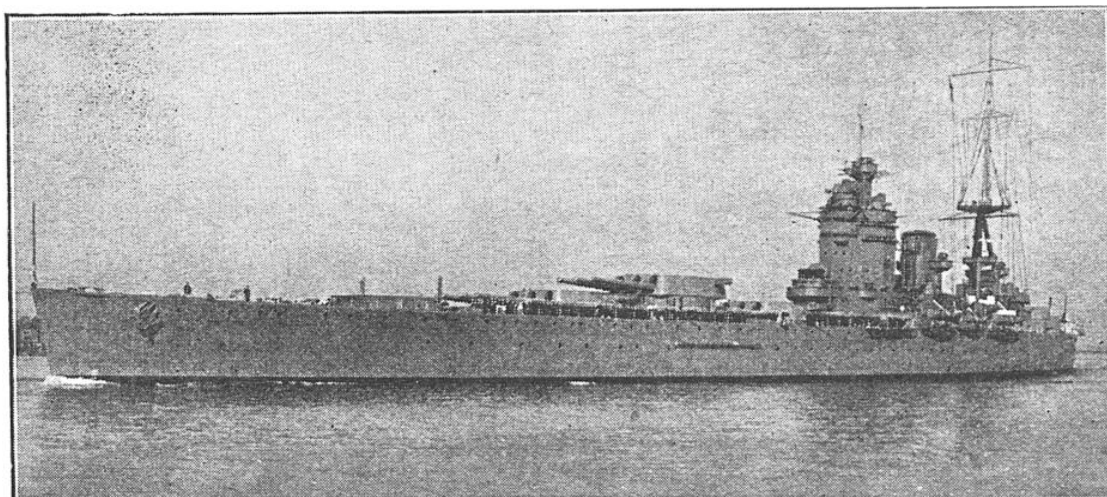


FIG. 3. — SCHÉMA DU CUIRASSÉ FRANÇAIS « DUNKERQUE »

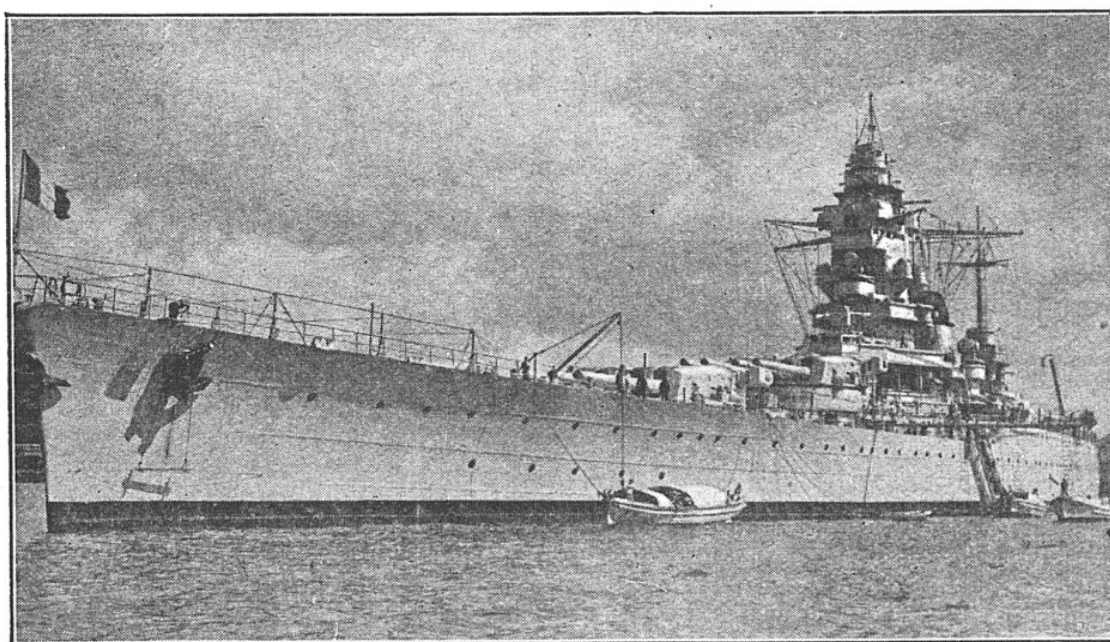
Les caractéristiques du Dunkerque sont les suivantes : déplacement standard 26 500 t, longueur 214 m, largeur 31 m, tirant d'eau 8,56 m ; armement : huit 330, seize 130, quatre 47, huit 37. Le Dunkerque inaugure l'installation de l'artillerie principale en tourelles quadruples (déjà entreprise sur les cuirassés français type « Flandre », mis en chantier en 1914 et non achevés), l'unification de l'artillerie de défense contre torpilleurs et contre avions, la protection de l'artillerie contre avions.



(55,998)

FIG. 4. — LE CUIRASSÉ BRITANNIQUE « NELSON »

Le Nelson et le Rodney, mis en chantier en 1922 et terminés en 1927, sont les premiers navires de ligne construits sous l'empire de la réglementation de Washington. Le déplacement « standard » de 33 500 t du Nelson est resté un peu en dessous des 35 000 t autorisées. Il avoisine 40 000 t à pleine charge. L'armement comprend : neuf pièces de 406 en trois tourelles triples, douze pièces de défense contre torpilleurs de 152 en six tourelles doubles, huit pièces antiaériennes de 120 mm. La protection est très puissante : une cuirasse de ceinture de 356 mm, un pont blindé de 160 mm. La vitesse, qui ne dépasse pas 23,5 nœuds aux essais, est très faible pour un navire de ligne d'aujourd'hui. Le Nelson est le dernier type de cuirassé lent. C'est sur le Nelson qu'est apparue pour la première fois la disposition des passerelles et des organes de conduite de tir dans une construction en forme de « tour », et le groupement de l'artillerie principale à l'avant, caractères reproduits depuis sur le Dunkerque.



(55,997)

FIG. 5. — LE CUIRASSÉ FRANÇAIS « DUNKERQUE »

Le Dunkerque et le Strasbourg, mis en chantier en 1932 et 1934 et entrés en service en 1937 et 1938, sont les plus récents navires de ligne français en service. Ils ont été construits en réponse aux « cuirassés de poche » allemands type Deutschland, ce qui explique leurs caractéristiques. Le déplacement est de 26 500 t. L'armement comprend huit pièces de 330, seize pièces de 130, quatre pièces de 47, huit pièces de 37 et trente-deux mitrailleuses. La cuirasse comprend (d'après les indications publiées par l'annuaire anglais de Jane) une ceinture de 280 mm et deux ponts blindés de 125 et 50 mm.

conférence de Washington n'avait imposé une limitation.

La limitation des calibres, par voie d'accord international, devait évidemment pousser les différentes marines à la construction de matériels de plus en plus puissants pour le calibre ainsi limité. La course à la qualité, remplacée de 1904 à 1922 par une course au calibre, a donc repris.

On s'est efforcé de réduire l'usure par l'emploi d'aciers plus résistants aux hautes températures développées dans l'âme. On a augmenté la résistance mécanique des tubes à poids donné par l'autofrettage, qui permet de faire travailler au taux maximum permis tous les éléments du tube simultanément. On a réduit la pression maximum dans l'âme, facteur principal de l'usure et de la fatigue, au bénéfice de la pression moyenne par l'emploi de poudres à combustion progressive.

C'est à la marine anglaise également qu'il faut rapporter l'initiative des méthodes actuelles de conduite du tir qui ont transformé complètement les conditions du combat naval. On admettait couramment, vers 1900, que la grosse artillerie n'entrerait en action que vers 2000 m à 3 000 m, alors que l'artillerie moyenne, à tir rapide, pouvait combattre utilement à des distances très supérieures et, sinon produire directement l'avarie fatale, tout au moins mettre le cuirassé, par la destruction de ses superstructures, dans une situation très défavorable pour résister à la torpille et à la grosse artillerie.

Dès que l'on renonçait au dogme de la supériorité de l'artillerie moyenne, la logique conduisait au *Dreadnought* et à son calibre unique, solution universellement adoptée ensuite.

Aujourd'hui, l'artillerie de gros calibre, organisée pour tirer jusqu'à une quarantaine de kilomètres, a complètement détrôné l'artillerie moyenne qui la complétait avant le *Dreadnought*.

La multiplication des pièces de grosse artillerie abritées à l'intérieur d'une même tourelle, pour concilier une protection donnée et le maximum de légèreté, a fait substituer à l'ancienne tourelle double la tourelle triple. Apparues sur le *Dante-Alighieri* en 1909, elles furent adoptées successivement par les marines russe, autrichienne, américaine ; les marines anglaise et allemande viennent de les employer sur le *Nelson* et les *Deutschland*. Dès 1914, la marine française avait admis la solution plus audacieuse encore de la tourelle quadruple sur

ses cuirassés non achevés type *Flandre* ; elle est revenue à cette solution pour l'artillerie du *Dunkerque* et du *Strasbourg*.

La protection contre l'artillerie et la bombe d'avion

La protection du navire de ligne sous forme d'une cuirasse en fer fut introduite à peu près simultanément, en France, par Dupuy de Lôme sur la *Gloire*, le premier cuirassé de haute mer, et aux Etats-Unis par Ericson sur le *Monitor*.

Les progrès de la protection ont été obtenus dans deux voies : l'amélioration de la qualité des blindages et leur meilleure disposition.

L'histoire de l'acier à blindages est bien connue. En 1880, la marine française adopta simultanément, en remplacement du fer forgé, les plaques en acier et les plaques compound obtenues par laminage d'un lingot d'acier coulé sur un sommier en fer.

En 1890 apparaissent les plaques Krupp, en acier au nickel-chrome cimenté, traitées par trempe différentielle de manière que la face d'impact puisse opposer à la pointe du projectile la dureté maximum, pendant que le reste de la plaque soutenait cette face d'impact par un métal à grand allongement et à grande résilience. Ces blindages cimentés sont restés depuis lors, avec quelques variantes dans la composition du métal et les modalités des traitements thermiques, le procédé de protection le meilleur contre l'attaque du gros projectile d'artillerie les atteignant en direction voisine de la normale. L'histoire de la disposition de la protection est moins connue ; cependant les progrès dans cette voie ont eu une importance au moins comparable aux progrès des aciers.

La disposition la plus simple qu'on puisse donner à la protection contre l'artillerie consiste à recouvrir le navire d'une cuirasse de ceinture et d'un pont blindé aboutissant au can supérieur de la cuirasse de ceinture qui soient, l'un et l'autre, séparément impénétrables aux projectiles.

Telle était la solution commune de la *Gloire* et du *Monitor*, où cette impénétrabilité était facile à obtenir contre les projectiles de l'époque à très faible puissance de perforation.

Lorsqu'il fallut renoncer à l'impénétrabilité des cuirasses, on réalisa un grand progrès en faisant aboutir le pont blindé au niveau du can inférieur de la cuirasse de ceinture. On demandait la résistance à l'ensemble de la ceinture et du pont blindé. La ceinture pouvait être perforée. Le pont

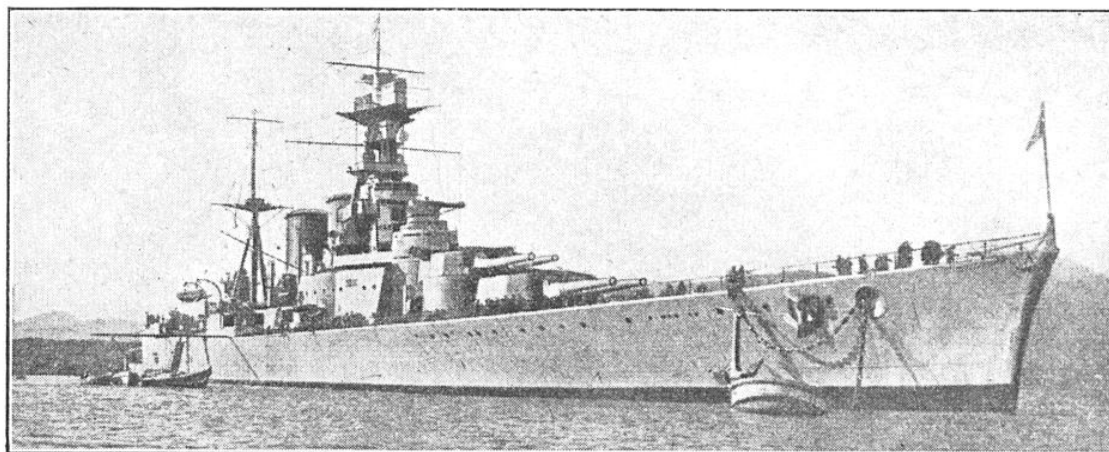
blindé, attaqué soit par le projectile ralenti par cette perforation, soit même simplement par ses éclats, résistait.

On protégeait bien ainsi les organes vitaux et la flottabilité du navire, mais non sa stabilité. La stabilité est liée au maintien de l'intégrité de la tranche de flottaison. Pour conserver une stabilité suffisante après avaries de combat, il fallait limiter l'envahissement de l'eau par les brèches de la ceinture. On y parvint en recouvrant le pont blindé d'un cloisonnement serré, transversal et longitudinal.

Efficace contre un nombre limité de pro-

Sous sa forme définitive, le caisson blindé cellulaire répondit pleinement, au cours de la guerre de 1914, aux espoirs mis en lui. Il se montra même beaucoup plus résistant qu'on n'avait cru. Malgré l'augmentation des distances de combat qui facilitait la perforation des ponts blindés, malgré l'emploi de calibres beaucoup plus élevés que ceux contre lesquels la protection avait été établie, on n'a aucun exemple d'un projectile ayant perforé l'ensemble du caisson de protection pour atteindre les fonds.

Aux Falkland, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, croiseurs cuirassés armés de 210,



(55 992)

FIG. 6. — LE CROISSEUR DE BATAILLE BRITANNIQUE « HOOD »

Le Hood, qui appartenait à un programme de quatre croiseurs de bataille étudiés avant le Jutland, a été seul construit et redessiné en 1916 pour tenir compte des enseignements de cette bataille. « C'est, a-t-on dit, un croiseur de bataille ayant la protection d'un cuirassé. » Aussi le déplacement initialement prévu de 32 000 t est-il passé à 44 600 t à pleine charge, ce qui en fait le plus gros navire de ligne actuellement à flot. Son artillerie principale comporte huit 381, en quatre tourelles doubles. Il est protégé par une ceinture de 305 mm. Sa machine est de 144 000 ch, qui lui ont permis de dépasser 32 nœuds aux essais.

jectiles de grosse artillerie, cette protection était insuffisante contre un feu nourri d'artillerie moyenne à grande distance (les grandes distances de l'époque étaient de 6 000 à 8 000 m), qui pouvait détruire le cloisonnement sur de grandes surfaces. On para ce risque en recouvrant la tranche cellulaire d'un deuxième pont blindé. On obtenait ainsi le « caisson blindé cellulaire » qui fit son apparition sur les cuirassés anglais type *Majestic* mis en chantier en 1893, et qui était universellement adopté en 1914 pour la protection des grands bâtiments (1).

(1) Cet historique très sommaire de la protection contre l'artillerie la présente dans un ordre logique qui n'a que de lointains rapports avec l'ordre chronologique de ses perfectionnements. Le caisson cellulaire, non blindé, fut proposé par Bertin dès 1872. Il fut employé sous cette forme presque aussitôt sur les grands croiseurs italiens *Italia* et *Lepanto*, quelques années plus tard sur les premiers garde-côtes japonais type *Matsushima*. Réservé à la tranche

résistèrent longtemps aux canons de 305 des croiseurs de bataille anglais et coulèrent sous l'envahissement de l'eau provoqué par l'explosion des coups courts au voisinage du bordé de carène.

Au Jutland, les croiseurs de bataille allemands, armés de 280 et de 305, résistèrent très bien aux coups de 305 et de 340 des croiseurs de bataille anglais, et ne commencèrent à souffrir sérieusement que sous le tir des cuirassés rapides type *Barham*, armés de 381. Sur les croiseurs de bataille anglais qui furent coulés au cours du même combat,

de flottaison des extrémités, il fut employé concurremment avec le cuirassement d'un caisson central limité au tiers de la longueur sur le cuirassé anglais *Inflexible*, lancé en 1882. Le renforcement du caisson blindé par transport du pont blindé au niveau du can inférieur de la cuirasse de ceinture fut inauguré sur le *Dupuy-de-Lôme* ; il était particulièrement efficace aux faibles distances de combat de l'époque.

et auxquels on a tant reproché leur insuffisance de protection, rien ne permet d'incriminer le manque de résistance du caisson blindé. La perte de ces navires est due à l'explosion des soutes consécutive à l'atteinte des tourelles, qui pose une autre question.

Les pertes de stabilité eurent même des conséquences moins graves que l'on n'avait craint. De quelques résultats de tirs sur tranche cellulaire, on avait déduit que les cuirassés ainsi protégés ne résisteraient pas à une dizaine d'atteintes de gros calibre. C'était oublier que de telles avaries peuvent se réparer; les équipes de sécurité allemandes tamponnaient très correctement les brèches dans la ceinture. Malgré quarante atteintes de projectiles de gros calibre, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau* ne périrent pas par manque de stabilité.

Le rôle actuel de la cuirasse de ceinture et des ponts blindés

Du seul point de vue protection contre l'artillerie, on est beaucoup moins d'accord en 1937 qu'en 1914 sur la disposition qu'il convient de donner au caisson blindé cellulaire. Le fait nouveau est l'augmentation de portée de l'artillerie et l'augmentation corrélative d'angle de chute. Aux grandes distances, les ponts blindés seront attaqués sous le même angle que les ceintures, ce qui n'exclut pas l'éventualité de l'attaque des ceintures aux distances moyennes sous un angle voisin de la normale. De plus, aux grandes distances, les ponts blindés seront atteints directement et beaucoup plus fréquemment que les ceintures. L'importance relative de la protection horizontale et de la protection verticale a subi un changement profond. Lorsqu'on ne regarde pas au poids de cuirassement, la solution logique est celle du *Nelson* : maintenir l'échantillon de la ceinture pour le combat rapproché, augmenter celui des ponts pour le combat à

grande distance. Sur les navires où l'on n'a pas voulu consacrer une fraction aussi élevée du déplacement à la protection, on s'est borné à renforcer les ponts blindés au détriment de la cuirasse de ceinture.

Le rôle de la cuirasse de ceinture et des ponts blindés dans la protection contre les projectiles d'artillerie repose sur des principes différents.

Si l'on envisage l'attaque de la cuirasse de ceinture par un projectile tiré à des distances croissantes, avec une même vitesse initiale, la vitesse au choc diminue et l'angle d'incidence compté à partir de la normale à la plaque augmente. A partir d'une cer-

taine distance, il n'y aura plus perforation.

Au contraire, pour un pont blindé, l'augmentation de l'angle d'incidence l'emporte sur la diminution de vitesse. Les chances de perforation croissent avec la portée. C'est au-dessous d'une certaine distance qu'un pont blindé protège contre la perforation.

En 1914, les angles de tir

possibles étaient assez limités pour que la protection horizontale (ponts blindés ou toits de tourelles) fût satisfaisante à toute distance; un navire de ligne était donc efficacement protégé au delà d'une certaine distance. On était d'ailleurs près de la limite de protection, comme le montrèrent certains défoncements de toits de tourelles au Jutland.

Avec l'augmentation des angles de tir, la protection horizontale pose aujourd'hui un problème très difficile. On ne peut plus espérer que d'être protégé contre un calibre donné entre deux distances, 15 000 et 25 000 m par exemple, si la protection de la cuirasse de ceinture est satisfaisante au delà de 15 000 m, et la protection horizontale en deçà de 25 000 m.

Mais cette conception de la protection repose sur une appréciation inexacte du rôle de la cuirasse de ceinture. Nous avons vu

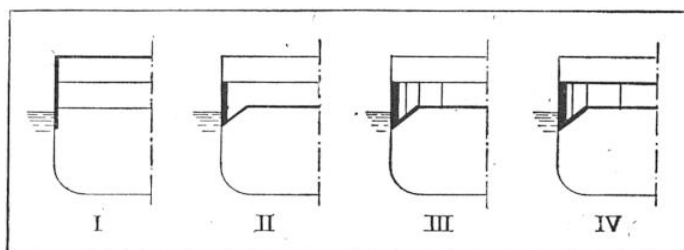


FIG. 7. — SCHÉMA DES DIVERSES DISPOSITIONS DE PROTECTION D'UN NAVIRE DE LIGNE

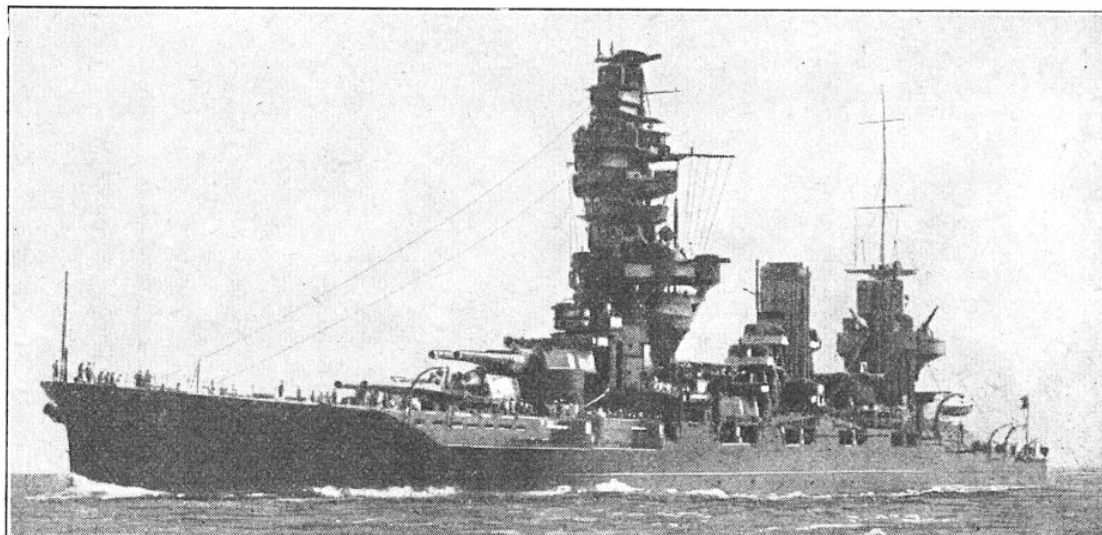
La solution du schéma I, la plus anciennement appliquée, ne protège les compartiments des fonds que si la cuirasse de ceinture et le pont blindé sont séparément impénétrables aux projectiles. Sur la solution du schéma II, la cuirasse de ceinture et le pont blindé aboutissant au can inférieur de la ceinture ajoutent leur protection, tout au moins dans le tir à faible angle de chute où aucun projectile ne peut atteindre le pont sans avoir rencontré la ceinture. La disposition du schéma III complète cette protection par un cloisonnement serré de la tranche voisine de la flottaison, pour éviter l'envahissement de l'eau par une brèche de la cuirasse de ceinture. Le schéma IV représente la disposition classique du caisson blindé cellulaire, où un pont blindé supérieur protège ce cloisonnement serré contre une destruction par les projectiles qui l'atteindraient à la partie haute.

que la protection peut être encore satisfaisante si la cuirasse de ceinture est perforée, à condition que le pont blindé inférieur ne le soit pas. Et ce pont blindé présente aux courtes distances un obstacle du même ordre de résistance que la cuirasse de ceinture. Ainsi l'exigence de la non-perforation de la cuirasse entraîne une protection surabondante aux courtes distances (15 000 m, par exemple). Il ne convient donc pas de mépriser la protection d'un navire de ligne muni d'une cuirasse de ceinture d'épaisseur rela-

On peut donc considérer que la protection par caisson blindé cellulaire, au prix d'un renforcement coûteux des ponts blindés, a conservé sa valeur contre les coups tirés aux faibles ou moyennes distances, mais que ce renforcement ne saurait suffire contre les coups, de chances d'atteinte plus faibles, tirés au voisinage de la portée extrême.

La stabilité et sa protection

Même si l'on parvient à protéger efficacement les parties vitales et la flottabilité,



(55 993)

FIG. 8. — LE CUIRASSÉ JAPONAIS « FUSO »

Le Fuso est un des cuirassés japonais achevés au cours de la guerre de 1914-18, qui ont subi une refonte complète en 1932-33 : addition d'une protection contre les torpilles, renforcement des ponts blindés. On notera la surcharge considérable en passerelles de toute nature qui donne un aspect si caractéristique à la mâture avant des navires de ligne japonais, et l'installation dans la mâture arrière, pour dégager leur champ de tir, des pièces de 127 mm de D. C. A. sur affût double.

tivement modérée ou même faible comme l'était l'*Admiral-Graf-Spee* (120 mm environ) lorsqu'il y a, derrière, un pont blindé inférieur convenablement résistant.

L'excellente résistance du caisson blindé de l'*Admiral-Graf-Spee* au combat de Montevideo, tient précisément à la résistance combinée de sa cuirasse de ceinture et de ses ponts blindés dans un combat à courte distance.

Au contraire, contre les coups plongeants de l'artillerie aux grandes distances, le pont blindé inférieur n'apporte qu'un appoint négligeable au pont blindé supérieur.

En comparant ainsi l'efficacité de la protection verticale et de la protection horizontale, on ne peut faire abstraction des chances d'atteinte, qui sont complètement différentes pour un tir à 15 000 m et un tir à limite de portée.

le navire ne résiste que si sa stabilité, après avaries de combat, reste suffisante.

A cet égard, la situation de la plupart des cuirassés construits jusqu'à la fin du siècle dernier était assez précaire. C'est ce que laissent prévoir le calcul et l'expérience sur petits modèles ; c'est ce que vérifièrent, en temps de paix, des incidents de navigation qui provoquèrent des chavirements rapides, et, au combat, à Tsoushima notamment, la perte de cuirassés dont tout porte à croire que le caisson blindé était cependant resté intact.

Deux procédés peuvent donner une stabilité satisfaisante après avaries de combat : on peut conserver un caisson blindé de faible hauteur et construire un navire de forte stabilité ; on peut conserver une stabilité modérée, en donnant une grande hauteur au caisson blindé.

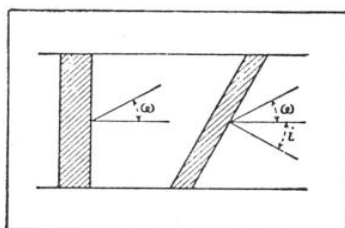


FIG. 9. — AVANTAGE DE L'INCLINAISON DE LA CUIRASSE

L'inclinaison de la cuirasse de ceinture vers l'extérieur a pour effet de remplacer l'attaque de cette cuirasse sous une incidence ω égale à l'angle de chute par une attaque sous l'incidence $\omega + i$ égale à la somme de l'angle de chute et de l'inclinaison. Le bénéfice est particulièrement élevé aux grands angles de chute; il est très supérieur à l'augmentation de poids de la cuirasse inclinée par rapport à la cuirasse verticale, pour une même hauteur à protéger. La cuirasse inclinée est employée sur tous les navires de ligne modernes, que la disposition soit visible (cas de la cuirasse de ceinture du *Deutschland*) ou invisible (cas des cuirasses de ceinture des *Nelson*, *Dunkerque*, cachées par un bordé de carène vertical).

White appliquait sur les cuirassés anglais, fut inaugurée dans la marine française par Bertin également, avec les cuirassés type *Patrie*. C'est celle qu'employèrent presque toutes les marines jusqu'en 1914.

Les deux solutions s'excluaient-elles ? C'est ce qu'avait soutenu Bertin. Mais il est toujours à craindre de rencontrer quelqu'un qui concilie les dispositions prétendues inconciliables. Ce fut, en l'espèce, l'œuvre de la marine allemande, sur ses derniers cuirassés entrepris en 1914 (*Baden*). Leur stabilité, après avaries de combat (projectiles, torpilles ou mines), restait considérables. C'est à elle, peut-être plus encore qu'à la valeur de sa protection tant aérienne que sous-marine, que la marine allemande a dû ses faibles pertes en navires de ligne. Pour qu'un navire, comme le *Seydlitz*, ait pu rentrer au port après la bataille du Jutland, avec quelque 18 m de tirant d'eau à l'avant il lui fallait une stabilité initiale considérable.

Les navires de ligne construits depuis la guerre reproduisent sur ce point les derniers navires de ligne allemands : le *Nelson* a une stabilité du même ordre que le *Baden* ; il suffit d'indiquer la largeur du *Dunkerque* (30,800 m) pour être certains que nous ne sommes pas, sur ce point, en retard sur l'étranger.

Du point de vue de la protection, la stabilité est une qualité essentielle du navire

La première solution, reproduite des moniteurs américains, fut appliquée par Bertin au *Henri-IV*. Elle était aussi désagréable pour le confort de l'équipage que gênante pour le tir de l'artillerie, car les fortes stabilités s'accompagnaient de roulis durs. Elle ne fut pas reproduite.

La deuxième solution, qui reproduisait celle que

de guerre ; on doit consentir quelques sacrifices pour s'en assurer les avantages.

L'inclinaison de la cuirasse de ceinture

L'inclinaison de la cuirasse de ceinture a pour but d'augmenter la résistance d'une cuirasse d'épaisseur donnée en augmentant l'angle d'attaque, compté à partir de la normale à la plaque.

Une cuirasse verticale est attaquée sous un angle égal à l'angle de chute ; une cuirasse inclinée est attaquée sous un angle égal à la somme de l'angle de chute et de l'inclinaison.

Le procédé a été employé pour la première fois dans certains blockhaus de cuirassés allemands. Il a été appliqué pour la première fois à la cuirasse de ceinture sur le *Hood*. Le *Nelson*, le *Deutschland* (aujourd'hui *Lützow*) et le *Dunkerque* reproduisent cette disposition.

Il est évident qu'à largeur donnée de la plaque de cuirasse, il suffira d'une épaisseur moindre pour atteindre la résistance imposée par le programme, et qu'on réalisera dans ces conditions une économie de poids à incliner la cuirasse de ceinture.

Mais le problème est de cuirasser une tranche de hauteur donnée. La cuirasse inclinée devra donc être plus large que la cuirasse verticale. Il s'agit donc de savoir si l'augmentation de résistance, due à l'inclinaison, l'emporte sur l'augmentation de largeur due à cette même inclinaison pour une même hauteur protégée. C'est ce que le calcul vérifie : pour un angle de chute de 30° , l'inclinaison de la cuirasse de 10° assure une économie de 15 % en poids par rapport à la cuirasse droite.

La protection sous-marine

La protection sous-marine s'est in-

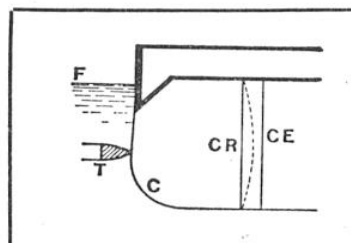


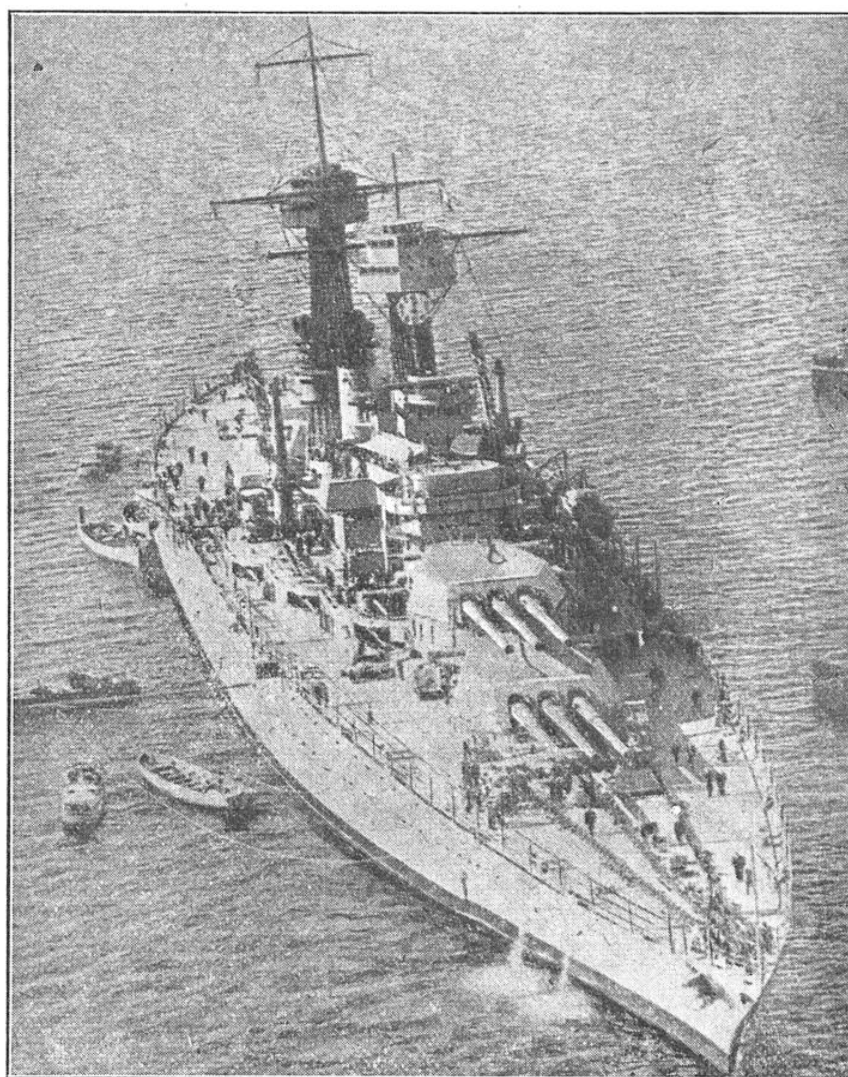
FIG. 10. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE D'UN CAISSON PARE-TORPILLES

La protection comprend une cloison résistante C R placée à aussi grande distance que possible du bordé de carène C et une cloison d'étanchéité C E placée à faible distance derrière la cloison résistante. Sous l'effet de l'explosion de la charge de la torpille T, le bordé de carène est détruit, la cloison résistante est enfoncée comme l'indique le tracé pointillé, en absorbant par son allongement et sa déformation l'énergie de l'explosion. La cloison d'étanchéité évite l'introduction dans les compartiments situés au delà (machines, chaufferie, soutes à munitions) de l'eau qui pourrait suinter à travers les lignes de rivets disloquées de la cloison résistante.

roduite très tard dans toutes les marines, puisque les seuls navires de ligne sérieusement protégés contre les mines et les torpilles en 1914 étaient les navires allemands. La protection sous-marine est cependant indispensable au navire de ligne, non seulement contre les torpilles et les mines, mais encore contre les projectiles atteignant la coque au-dessous de la cuirasse de ceinture.

Aujourd'hui, tous les navires de ligne, quel que soit leur tonnage, possèdent une protection sous-marine efficace. Les « cuirassés de poche » allemands type *Deutschland*, malgré leur faible déplacement et leur grande longueur, possèdent eux-mêmes une protection sous-marine, comme le montre nettement le « bulge » qu'on voit sur leurs photographies. Ceci prouve à la fois la légèreté relative et le peu d'encombrement des dernières dispositions de cette protection, et l'intérêt qui s'y attache.

Il semble bien qu'on se soit exagéré, pendant longtemps, les effets destructeurs de la torpille et la difficulté des moyens de défense. D'anciens essais français d'explosions sous-marines avaient montré qu'une charge de 200 kg de fulmi-coton explosant à 8 m de la carène d'une corvette, réduisait littéralement en pièces le bateau, projetant des



(55 996)

FIG. 11. — LE CUIRASSÉ AMÉRICAIN « CALIFORNIA »

Le California, achevé en 1921, est l'un des plus récents cuirassés en service des États-Unis. C'est le type même du cuirassé « postjullandien », où la vitesse (21 nœuds) a été sacrifiée à la protection qui atteint 350 mm pour la cuirasse de ceinture et 150 mm pour les ponts blindés. On notera, sur ce cuirassé, les deux mâts en treillis caractéristiques des navires américains, et la propulsion électrique, où deux groupes générateurs, commandés par turbines, alimentent en courant alternatif haute tension quatre moteurs actionnant chacune des quatre lignes d'arbres. Ni la mâture en treillis, qui a fait place à la « tour » devenue classique du Nelson, ou la propulsion électrique, remplacée par la turbine à engrenages, n'ont d'ailleurs été conservées sur les navires plus récents de la marine américaine.

débris jusqu'à plus de 100 m de hauteur (1). »

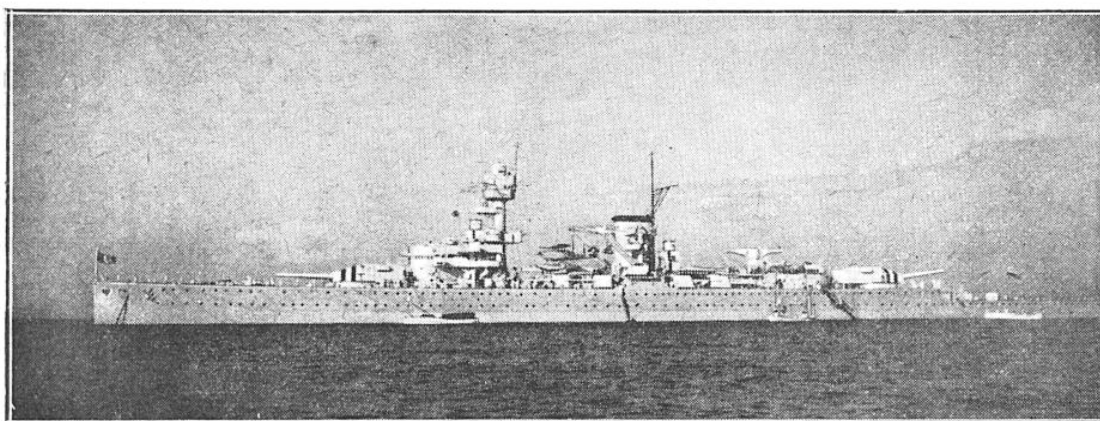
En réalité, le grand navire de ligne, même sans protection spéciale, présente une résistance naturelle non négligeable à la torpille. Elle tient à l'augmentation des déplacements qui intervient à la fois par l'augmentation

(1) « Torpilles et torpilleurs », par H. Brillié (Paris, 1898).

des échantillons de la coque et des distances entre éléments étanches. C'est cette protection naturelle qui a suffi, de 1914 à 1918, à beaucoup de grands cargos qui supportèrent sans couler l'explosion au contact d'une et même deux charges équivalentes à celles qui pulvérisèrent la corvette à 8 m.

Mais, à cette protection générale du navire par son grand cloisonnement étanche, il est possible d'ajouter une protection plus efficace qui n'exige pas le sacrifice d'un ou de plusieurs grands compartiments. Une telle protection a été cherchée dans trois voies : le cloisonnement serré en abord, les subs-

leur rendement comparé, à poids égal, à celui de la cloison résistante, dont nous parlerons tout à l'heure, permet d'affirmer qu'il ne convient de les employer que dans la mesure où leur présence à bord est obligatoire pour d'autres raisons. C'était le cas du charbon sur tous les navires de ligne allemands. C'est le cas du mazout sur les navires de ligne actuels, encore que la nécessité de séparer la citerne à mazout de la cloison résistante en réduise beaucoup l'intérêt. C'est la condamnation des empilages de tubes entre bordé de carène et cloison résistante mis en place sur les cuirassés anglais vers la fin



(55 995)

FIG. 12. — LE « CUIRASSÉ DE POCHE » ALLEMAND « LUTZOW »

Les trois navires de cette classe, Deutschland (maintenant Lützow), Admiral-Scheer, Admiral-Graf-Spee, formaient une division de « cuirassés de poche » construite de 1929 à 1936. Le programme visait à troubler les communications maritimes ennemies, défendues par des croiseurs armés de 203 et de 155, au moyen de « cuirassés » rapides (28 nœuds environ), très puissamment armés (six pièces de 280), relativement peu protégés (110 mm environ de cuirasse de ceinture). Le sort de l'Admiral-Graf-Spee a montré l'échec de cette tentative.

tances amortisseuses, la cloison résistante éloignée du bordé.

Longtemps, on chercha la protection dans un compartimentage serré au voisinage plus ou moins immédiat du bordé de carène. Doubles, triples et quadruples coques se montrèrent insuffisantes ; avant 1914, trente années d'essais français l'avaient montré. C'était cependant à ce principe que s'était ralliée la Marine britannique, et le chef du service des constructions navales à l'Amirauté pouvait affirmer, vers 1910, la bonne résistance à la torpille que présentaient ses navires grâce à leur compartimentage particulièrement serré. La guerre vérifia sur ce point les expériences françaises.

On a eu recours, pour absorber les effets de l'explosion, aux matériaux les plus divers : tôle, bois, charbon, mazout, tubes, etc.... sans parler de ceux qui n'ont donné lieu qu'à des essais, béton, ressorts, etc... Mais

de la guerre, sur le *Hood*, en particulier.

Le meilleur absorbant est une cloison métallique épaisse placée aussi loin que possible du bordé de carène. Elle a été préconisée, dès 1895, par Bertin. Appliquée sur nos cuirassés de 18 000 t type *Danton*, elle se révéla insuffisante, faute d'une distance convenable entre bordé de carène et cloison résistante, et n'empêcha pas le *Danton* d'être coulé par torpille au cours de la guerre de 1914-18.

La mise au point de ce système de protection est l'œuvre de la marine allemande. Tous ses navires de ligne modernes en étaient munis en 1914. Le succès en fut remarquable. La douzaine de bâtiments de ligne allemands atteints par mines ou torpilles pendant la guerre de 1914, et souvent à plusieurs reprises, a pu être sauvée à l'exception d'un cuirassé ancien, dont la construction remontait avant l'année 1905, qui est, d'après les

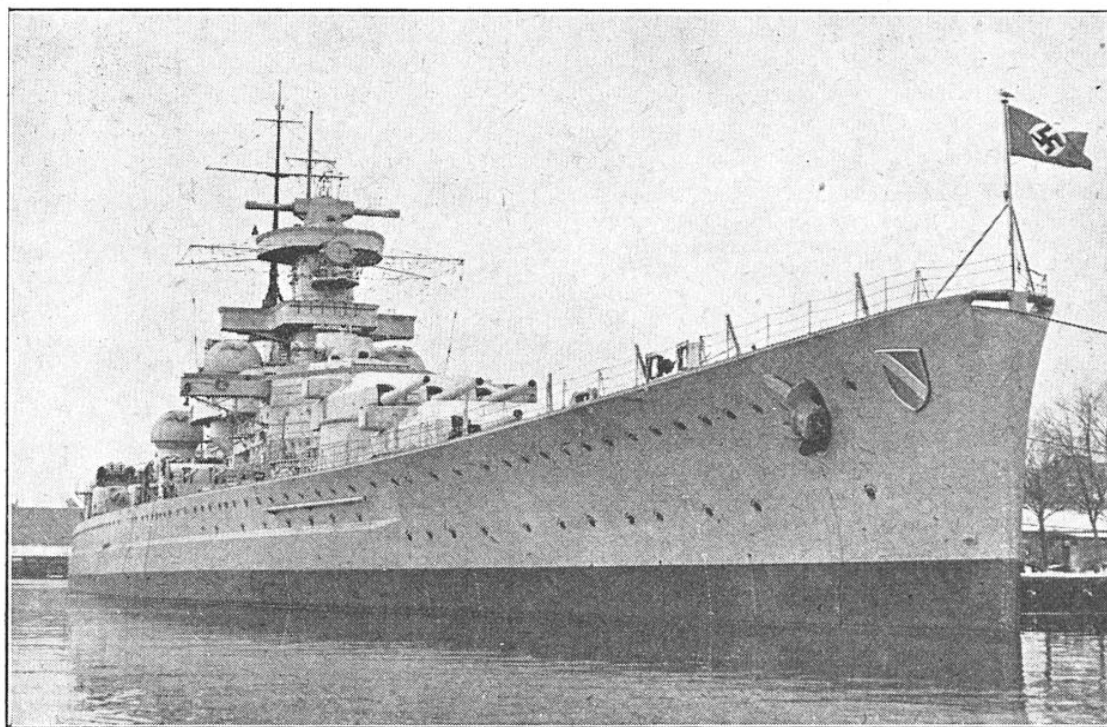
Mémoires de Tirpitz, la date de l'adoption de ce système de protection.

Sous sa forme la plus complète et la plus moderne, ce système de protection comporte essentiellement un bordé de carène, provoquant l'explosion, une cloison résistante et une cloison d'étanchéité.

L'épaisseur du bordé de carène n'a pas d'intérêt ; il est détruit par l'explosion. La

mandable lorsqu'on dispose d'une grande largeur ; le métal est mieux utilisé en faisant travailler la plus grande partie de l'épaisseur jusqu'à limite de rupture dans la cloison résistante et une faible partie jusqu'à limite d'étanchéité dans la cloison d'étanchéité.

La disposition intérieure ou extérieure du caisson de protection n'a pas grand intérêt. La disposition extérieure, le « bulge », est évi-



(55 094)

FIG. 13. — LE CUIRASSÉ ALLEMAND « SCHARNHORST »

Le Scharnhorst et le Gneisenau sont les deux plus récents navires de ligne allemands en service. Leur déplacement est de 26 000 t. Leur armement, particulièrement faible pour ce déplacement, ne comprend que neuf 280 pour l'artillerie principale, ce qui tend à montrer que ces navires, malgré leur tonnage élevé, sont de simples croiseurs destinés à donner la chasse aux croiseurs ennemis. La protection comprend une cuirasse de 300 mm et deux ponts blindés de 150 mm d'épaisseur totale. La vitesse, très élevée pour un navire de ce tonnage, doit atteindre 32 nœuds.

cloison résistante, aussi épaisse et aussi éloignée que possible du bordé, travaille à la traction. Elle résiste par son aptitude à faire poche sans rupture. Avec un tel mode de travail, cette cloison ne peut conserver son étanchéité ; elle est doublée d'une cloison dite d'étanchéité travaillant à la manière des cloisons étanches habituelles, et qui pourra avantageusement, comme le bordé de carène, être réduite à l'épaisseur minimum.

Cette séparation entre la cloison résistante et la cloison d'étanchéité n'est pas obligatoire ; elle n'était pas réalisée sur les navires de ligne allemands. Elle est cependant recom-

mandement tout indiquée pour adapter une protection sous-marine à un navire existant. La protection par caisson intérieur est généralement adoptée pour les navires récents. C'est le cas du *Nelson* et du *Dunkerque*. Signalons cependant que le *Deutschland* est protégé par bulge.

La propulsion

C'est peut-être sur la propulsion, en rapport étroit avec les progrès de la mécanique industrielle, qu'on peut relever les répercussions les plus évidentes des progrès techniques sur la transformation du navire de ligne.

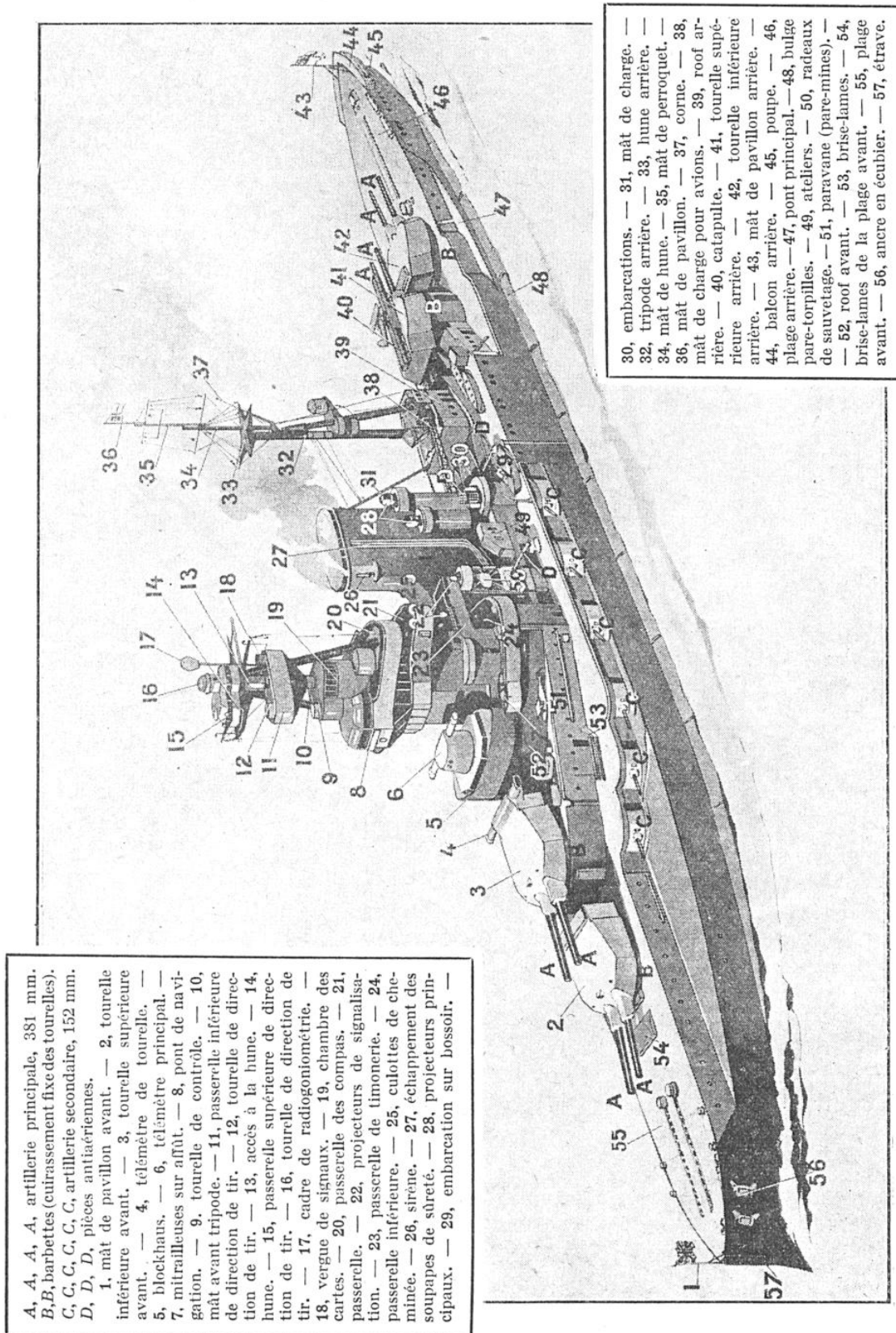


FIG. 14. — LA DISPOSITION DE L'ARTILLERIE ET DES PRINCIPAUX ORGANES EXTÉRIEURS A BORD D'UN CUIRASSÉ : LE « BARHAM », CUIRASSÉ ANGLAIS DE 31 000 TONNES (CLASSE « QUEEN-ELIZABETH »)

Après des débuts tardifs et timides, la propulsion à vapeur remporte sur le *Napoléon* de Dupuy de Lôme, lancé en 1850, un succès éclatant. Présenté modestement comme auxiliaire des opérations de transport par navires à vapeur, et devant laisser l'honneur du combat aux vaisseaux à voiles, il fit preuve, au cours de la guerre de Crimée, d'une telle supériorité que toutes les marines durent transformer leurs vaisseaux sur chantier. Le *Napoléon* était d'ailleurs particulièrement réussi ; ses 13,86 nœuds aux essais étaient encore, trente ans plus tard, une vitesse convenable pour un bâtiment de ligne ; la *Dévastation* (1879) était faite pour 15 nœuds ; l'*Inflexible*, cuirassé anglais de 1881, était fait pour 14 nœuds.

LES CHAUDIÈRES. — C'est vers 1880 que les premières chaudières cylindriques firent leur apparition. Elles remplacèrent les chaudières à faces planes lorsqu'on rechercha l'économie par l'emploi des hautes pressions. Ces dernières donnaient environ 1,250 kg/cm² (pression effective) ; même renforcées par tirants, elles ne permettaient guère de dépasser 2,250 kg/cm² ; elles continuent à donner sans difficulté les pressions exigées par les navires de commerce actuels.

Les premières chaudières à tubes d'eau, dont M. Belleville poursuivait l'étude depuis 1850, firent leur apparition sur les grands bâtiments en 1891, avec le croiseur *Alger* ; la chaudière à tubes d'eau a régné depuis lors sur les grands bâtiments de la marine française jusqu'en 1914.

C'est de 1880 également qu'on peut dater les efforts du commandant du Temple pour substituer aux types précédents la chaudière connue sous le nom de « chaudières à petits tubes ». Reprise par Normand, Yarrow, Thornycroft... après des discussions passionnées sur l'élasticité, l'endurance, la facilité de conduite et d'entretien, elle finit par triompher dans toutes les marines qui admettent maintenant, sur la totalité de leurs bâtiments à vapeur, le type aujourd'hui classique de chaudières à petits tubes et à flammes directes.

LA MACHINE À VAPEUR. — La machine à vapeur était plus en avance. Elle avait passé depuis longtemps le stade de la machine horizontale, à simple expansion, avec engrenages multiplicateurs. L'expansion multiple, l'emploi des pressions moyennes, une légèreté relative, une économie acceptable, en firent, pendant près d'un demi-siècle, un outil parfaitement adapté à des puissances et à des vitesses très supérieures à ce qu'on lui demandait, et qui devait être poussé,

spécialement par Normand, à un haut degré de perfection.

La turbine, adaptée par Parsons à la navigation, devait supplanter la machine alternative. D'abord à attaque directe, puis à engrenages réducteurs, elle est devenue aujourd'hui la machine classique de tous les bâtiments de guerre de surface.

Le Diesel, longtemps réservé aux sous-marins, vient de faire son apparition avec les *Deutschland* sur le grand bâtiment de surface ; il l'emporte de beaucoup par l'économie de consommation, mais reste notablement plus lourd que l'ensemble chaudières — turbines à engrenages.

POIDS, ENCOMBREMENT ET CONSOMMATION. — Dès qu'un système de propulsion présente une endurance acceptable, trois facteurs interviennent pour juger de son intérêt en marine de guerre. Ce sont le poids, l'encombrement et la consommation.

Les machines du *Napoléon* (1850) pesaient 254 kg par cheval.

Depuis l'origine, la machine du grand bâtiment de ligne est devenue huit fois plus légère si l'on s'arrête au *Hood* (65 kg/ch), dix fois plus si l'on va jusqu'au *Nelson*, vingt fois si l'on fait porter la comparaison avec les grands bâtiments récents (12 kg/ch).

L'encombrement des machines et chaudières a été, pendant longtemps, un obstacle presque aussi gênant que leur poids au développement de la puissance.

On pouvait soutenir avec assez de raison, en 1914, que le constructeur devait porter tout autant d'attention à « l'équation des volumes » qu'à « l'équation des poids » et que, lorsqu'il avait mis bout à bout ses tranches de soutes à munitions, ses rues de chauffe et ses chambres de machines, son projet était presque terminé. Mais la situation a beaucoup changé depuis l'emploi des chaudières à petits tubes à grande puissance unitaire et des turbines à engrenages ; la place manque moins aujourd'hui sous le pont blindé d'un cuirassé. Alors qu'il fallait, en 1914, 30 m² d'encombrement horizontal par 1 000 ch de puissance, 8 m² sont aujourd'hui largement suffisants.

Il aurait d'ailleurs suffi, en 1914, d'admettre sur le grand bâtiment les machines et chaudières de torpilleurs avec leur encombrement pour obtenir la compacité des machines d'aujourd'hui.

C'est ainsi que la marine allemande était parvenue à protéger contre les torpilles, en les groupant dans l'axe, machines et chauffe-ries d'un croiseur de bataille comme le *Göben*.

Les possibilités de protection des appareils propulsifs des navires de ligne d'aujourd'hui tiennent essentiellement à l'identité d'encombrement présenté par les chaudières et les machines à bord des petits et grands bâtiments.

La consommation des machines atteignait 2 kg de charbon par cheval-heure sur le *Napoléon*, 0,8 kg sur le *Charles-Martel*, 0,9 kg sur la *Bretagne*; elle ne dépasse pas 0,280 kg de pétrole sur les plus récents des navires de ligne où l'on admet les hautes pressions et la surchauffe.

Elle diminue avec la substitution du mazout au charbon par l'augmentation de pouvoir calorifique du combustible et la facilité de conduite de la chauffe; le rendement de la turbine à engrenages est, en outre, supérieur à celui de la turbine à attaque directe.

Mais la consommation de

la machine à vapeur restera encore très au-dessus de celle du Diesel. On aura recours au Diesel, soit en machines principales, soit en machines de croisière dès qu'on voudra les très grands rayons d'action, comme on l'a fait sur les cuirassés de poche type *Deutschland* et sur les derniers croiseurs allemands.

L'état présent et l'avenir du navire de ligne

Si on l'examine sous ses plus récentes réalisations, qui sont les cuirassés de 35 000 t français, britanniques, italiens et allemands

en cours de construction, le navire de ligne présente jusque dans les détails une similitude d'exécution à peu près complète.

Le déplacement reste le même. Toutes les marines se croient encore tenues de respecter le tonnage limite fixé à Washington. Celles qui avaient jugé pouvoir s'en tenir à une limite inférieure, la marine française, avec ses *Dunkerque* de 26 500 t; la marine allemande, avec ses *Scharnhorst*, de 26 000 t, en sont venues aussi, aux 35 000 t.

Le calibre est le même; le 381 satisfait tout le monde. On a fini par se mettre d'accord pareille-

ment sur l'utilisation à deux fins de l'artillerie de défense où les canons de 150 à 152 mm, en tourelles protégées, peuvent tirer à la fois contre torpilleurs et contre avions.

L'appareil propulsif est le même partout. La chaudière à petits tubes et la turbine à engrenages règnent en maîtres; la marine

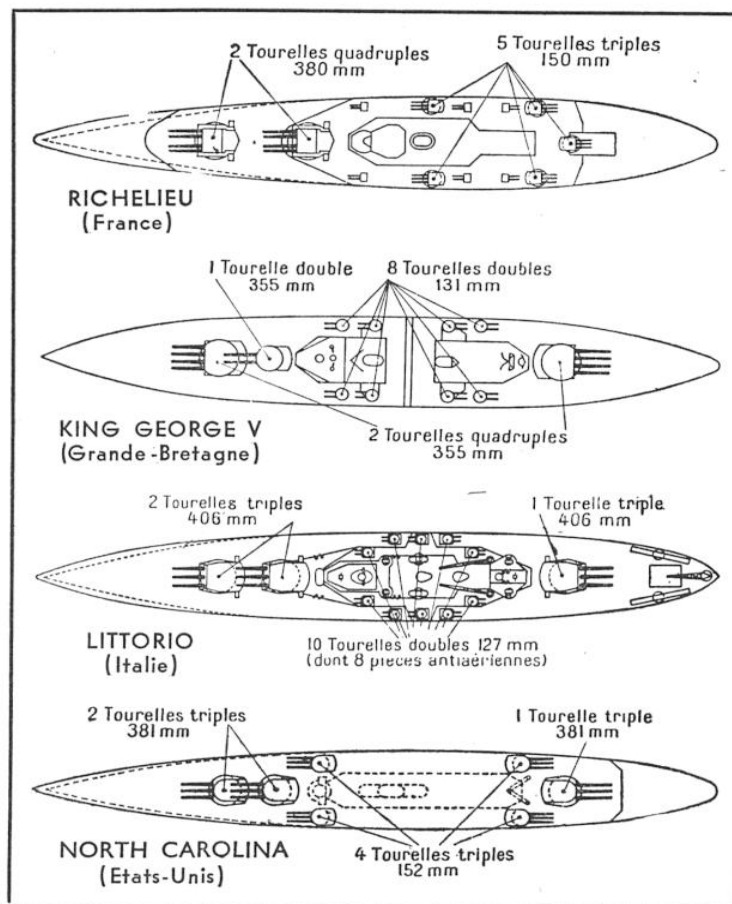


FIG. 15. — LES CUIRASSÉS DE 35 000 T ACTUELLEMENT EN CHANTIER DANS LE MONDE

Le *Richelieu*, le *King Georg V*, le *Littorio*, le *North Carolina* sont les types de navires de ligne les plus récents en construction en France, en Angleterre, en Italie, aux Etats-Unis. Il faut leur ajouter le *Bismarck* allemand, non représenté ci-dessus. Leur déplacement commun est de 35 000 t standard. Le plus puissamment armé est l'américain avec neuf 406; les autres marines ont adopté le 381, au nombre de huit pour la marine française et allemande, et neuf pour la marine italienne; la marine britannique a préféré le 355 sur ses navires, dont chacun portera dix pièces de ce calibre. Les vitesses annoncées varient entre 30 et 32 nœuds.

allemande n'a pas persisté dans la tentative qu'elle avait faite, avec le *Deutschland*, d'introduire le Diesel comme appareil propulsif des bâtiments de ligne. La vitesse reste la même et voisine de 32 nœuds. Les marines ne publient plus, depuis pas mal d'années, les vitesses de leurs navires en programme ou en essais, ni même la puissance installée, mais il est beaucoup plus difficile de cacher la longueur, voisine de 240 m. Et la relation entre la vitesse et la longueur convenable est suffisamment serrée pour qu'on puisse déduire l'une de l'autre.

Y a-t-il de grandes différences de protection ? C'est peu probable. La protection est, aujourd'hui, de beaucoup, l'article du devis de poids le plus onéreux. Des tours de force dans l'allègement des machines ou des canons ne modifieront pas d'un dixième de sa valeur le solde disponible en faveur de la protection. Toute différence ne peut porter que sur la disposition des blindages, qui a d'ailleurs une importance extrême.

Ainsi, il semble bien que le navire de ligne ait atteint aujourd'hui cet état de « perfection » en lequel certains voient le signe le plus sûr de bouleversements profonds par un type nouveau. D'où viendront-ils ? Toutes les techniques s'offrent actuellement à bouleverser la technique navale. Quand les hydravions de 100 tonnes se promèneront régulièrement sur les océans, croit-on que

la marine de guerre pourra longtemps rejeter la construction en métaux légers et renoncer aux avantages énormes qu'elle offrirait aux amateurs de navires de ligne à 38 nœuds ? Y a-t-il davantage une raison sérieuse de s'en tenir au calibre de 381, quand le combat de Montevideo vient de faire la preuve de l'insuffisance du calibre de 280 contre la protection d'un croiseur léger briannique, trois à quatre fois plus faible que celle d'un cuirassé ? S'il est permis de prophétiser, ce n'est cependant pas du côté de la coque et de l'armement que nous pensons voir les bouleversements les plus complets et les plus rapides, mais bien du côté de la propulsion. Le moteur à explosion et le moteur Diesel léger mettent depuis une quinzaine d'années, à la disposition de la technique navale l'engin qui est la plus magnifique réalisation de toutes les techniques, le moteur d'avion. Vingt fois plus léger, vingt fois plus compact que les plus légers et les plus compacts des appareils propulsifs marins, le moteur d'avion est l'élément essentiel de tout engin de guerre à propulsion mécanique. Ses emplois ne sont certainement pas limités à la guerre aérienne et la guerre sur terre. Les techniques militaires qui se refuseront à l'employer condamnent leur production à une infériorité absolue en face de celles qui l'adopteront.

ANDRÉ FOURNIER.

Complément indispensable aujourd'hui de la mobilisation militaire, la mobilisation industrielle pose des problèmes extrêmement complexes. Le rythme accéléré de la production exige la fabrication en très grande série, dont la mise en route demande, en règle générale, un délai considérable. Il n'est pas sans intérêt de rappeler, à ce propos, quelques chiffres peu connus de la dernière guerre : le programme d'artillerie, établi en mai 1916, comportait la fabrication de 4 700 pièces lourdes ; à la fin de la guerre, deux ans et demi plus tard, il n'était pas achevé. En février 1916, 800 chars furent mis en commande, sur lesquels 180 seulement purent prendre part à la bataille d'avril 1917. Au début de cette même année 1917, une commande de 4 000 chars Renault fut passée ; en juillet 1918, les livraisons aux armées ne dépassaient pas 400 chars. Aux Etats-Unis, les fabrications en série furent organisées dès que la participation à la guerre fut décidée. Malgré toute la diligence il fallut cependant entre douze et vingt mois pour que le matériel commençât à sortir des usines. Lorsque l'armistice intervint, dix-neuf mois après la déclaration de guerre, 4 canons seulement étaient arrivés au front. Et pourtant l'industrie américaine avait l'habitude des tours de force, et sa puissance de production était incomparable. Le « délai de démarrage » s'est donc toujours compté par un nombre appréciable de mois. Sa réduction constitue un facteur d'importance capitale pour la conduite de la guerre moderne (1).

(1) Voir à ce sujet : *Les Eléments de notre défense nationale*, par le généra Brossé.

LES BOMBES D'AVIATION ET LEURS EFFETS

Par Victor RENIGER

LE développement prodigieux de l'aviation depuis la guerre 1914-1918 a fait de la bombe aérienne une des armes de première importance de l'art militaire moderne. Elle remplace et complète souvent l'artillerie dans toutes ses missions.

Contre les objectifs animés, on utilise de petites bombes, dites « contre le personnel », pesant en ordre de lancement de 7 à 15 kg, dont 8 à 16 % d'explosif. La faible teneur en explosif de ces bombes est due à l'épaisseur relativement grande de leurs parois, choisie de manière à réaliser la meilleure fragmentation possible lors de l'éclatement.

Contre les objectifs inanimés, tels que, maisons, ponts, ouvrages souterrains, etc., on se sert des bombes explosives, dites « à démolir » ou « à souffle », pesant en ordre de lancement entre 50 et 1 000 kg, exceptionnellement 1 800 kg, et dont les parois sont tout juste assez épaisses pour ne pas se rompre à l'impact. La teneur en explosif varie ainsi, suivant le tracé, entre 35 et 60 %.

Les objectifs très résistants, tels que les ponts des navires de guerre, sont attaqués à la bombe perforante, dont les dimensions et le tracé s'inspirent de ceux des projectiles perforants de la marine.

Il existe, enfin, des bombes incendiaires, des bombes fumigènes et des bombes toxiques.

Pourquoi la bombe d'avions est supérieure à l'obus

La mission essentielle d'une bombe ou d'un projectile d'artillerie est de réaliser l'effet optimum à son arrivée. A ce point de vue, le tracé d'une bombe peut être plus rationnel que celui d'un projectile d'artillerie ; lors de son établissement, on n'a pas besoin de faire entrer en considération les efforts supplémentaires que supporte l'obus au départ du coup et qui obligent parfois à adopter des formes qui ne permettent pas d'obtenir l'effet optimum à l'arrivée. C'est ainsi que les projectiles d'artillerie lourde à grande portée ont généralement des parois inutilement épaisses, compte tenu des effets demandés à l'impact ; mais on ne peut les amincir à cause des pressions considérables,

de l'ordre de 2 500 kg/cm², engendrées au départ du coup.

Le dernier canon de côte Schneider, de 381 mm, tire, par exemple, avec une vitesse initiale de 800 m/s, un projectile de 860 kg, dont 132 kg d'explosif, à 31 km. Le rendement en explosif est donc de 15,3 % seulement.

Dans le cas des obusiers, les projectiles, tirés avec des vitesses initiales de l'ordre de 500 m/s et, par conséquent, avec des pressions moindres au départ du coup, ont des rendements en explosif plus élevés, 25 % environ, ce qui ne fait encore que la moitié de celui des bombes à souffle.

M. Rougeron a montré, ici même, récemment, pourquoi, dans l'action contre le personnel non abrité, la bombe d'avion était infiniment supérieure à l'obus explosif (1). C'est, à égalité d'effet de fragmentation, parce qu'elle éclate au contact du sol avec son axe s'approchant de la verticale, comme le montre la figure 1 ; de ce fait, la presque totalité des éclats agit efficacement contre le personnel. Au contraire, un projectile d'artillerie tiré avec ricochet éclate avec son axe orienté presque horizontalement (fig. 2), de sorte qu'une partie importante des éclats, notamment ceux dirigés vers le haut, est perdue.

Les vitesses de chute

La vitesse des bombes à l'arrivée au sol est généralement inférieure à celle des projectiles d'artillerie, ce qui constitue une certaine infériorité de la bombe lorsqu'il s'agit de frapper des objectifs résistants. Cette vitesse dépend essentiellement de l'altitude de lancement et, dans une certaine mesure, de la qualité balistique de la bombe. Elle ne peut pas dépasser une certaine valeur maximum pour laquelle la résistance de l'air devient égale au poids de la bombe. Cette vitesse maximum, appelée « vitesse limite », varie suivant le poids et le profil de la bombe. Pour des bombes de poids égal ou supérieur à 50 kg, elle est généralement de l'ordre de 300 ou 400 m/s.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 271, page 37.

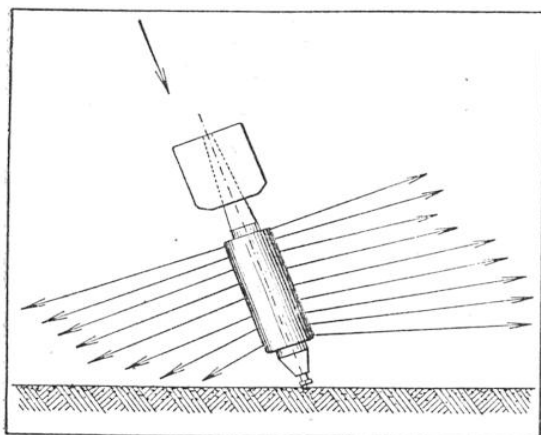


FIG. 1. — TRAJECTOIRES DES ÉCLATS D'UNE BOMBE CONTRE LE PERSONNEL, MUNIE D'UNE FUSÉE INSTANTANÉE PROVOQUANT SON ÉCLATEMENT DÈS QU'ELLE TOUCHE LE SOL

A l'altitude moyenne de lancement de 4 000 m correspond une vitesse à l'arrivée au sol de l'ordre de 250 m/s.

Notons que, pour défoncer des objectifs de résistance moyenne, tels que toits de maisons, plafonds, etc., cette vitesse est souvent plus que suffisante. Dans le cas des objectifs plus résistants, il est souvent inutile de chercher à l'augmenter par suite de l'insuffisance de résistance du corps même de la bombe.

Cette considération ne s'applique évidemment pas aux bombes perforantes pour lesquelles il importe d'obtenir une vitesse à l'impact aussi élevée que possible; on peut y parvenir de plusieurs manières : en augmentant l'altitude de lancement, au détriment, toutefois, de la précision; en adoptant le procédé de lancement en piqué; en augmentant le poids de la bombe pour compenser l'insuffisance de la vitesse; en imprimant à la bombe, après son lancement, une vitesse supplémentaire à l'aide d'une fusée à poudre, procédé particulièrement avantageux, surtout lorsqu'il est combiné avec le lancement en piqué, mais qui ne semble pas encore au point.

La portée des bombardements

Alors que la portée des canons les plus puissants ne dépasse généralement pas une cinquantaine de kilomètres (on obtient approximativement la portée maximum en kilomètres d'un canon moderne en multipliant son calibre exprimé en centimètres par 1,6 ou 1,7), la « portée » d'une bombe est égale au rayon d'action de l'avion bom-

bardier, soit à un millier de kilomètres en l'état actuel de la technique.

On peut évidemment envisager des rayons d'action supérieurs, de même qu'on peut concevoir des canons tirant à plus de 50 km, mais ce sont des performances antiéconomiques.

Les Allemands ont bien tiré, pendant la guerre 1914-1918, à 120 km, mais l'usure de leur canon (1) était telle, qu'à chaque coup, le calibre augmentait de 0,385 mm, passant de 210 mm avant le premier coup, à 235 mm après le 65^e coup.

La pression formidable au départ du coup rendait nécessaire une épaisseur de parois, côté culasse, de 40 cm. Le projectile, pesant, en ordre de tir, 150 kg environ, ne contenait que 10 kg d'explosif.

Un gros bombardier moderne, d'un poids total en charge de 18 t, peut lâcher son chargement complet de bombes de 4 200 kg à 725 km et revenir ensuite à son point de départ.

En ramenant le poids des bombes à 1 110 kg (soit le quart environ du chargement complet) et en augmentant, en conséquence, le poids du combustible de 2 800 à 5 880 kg, le rayon d'action passe à 1 500 km (soit une augmentation de 100 %), mais la charge utile de 1 110 kg paraît vraiment trop faible pour un poids total de 18 000 kg.

La précision du lancement

Pour qu'un bombardement soit réellement efficace, il doit être précis.

Les bombardiers modernes possèdent, à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 61.

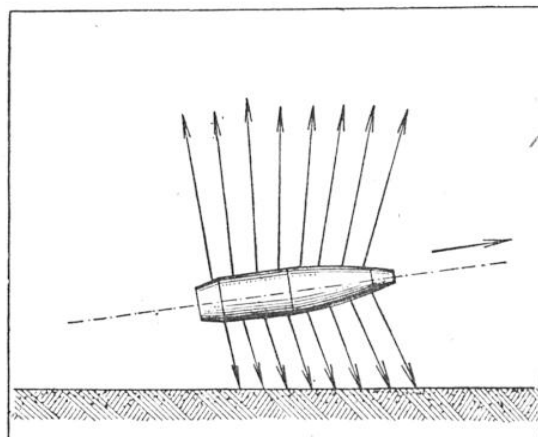


FIG. 2. — TRAJECTOIRES DES ÉCLATS D'UN PROJECTILE D'ARTILLERIE MUNI D'UNE FUSÉE À LÉGER RETARD PROVOQUANT SON ÉCLATEMENT APRÈS RICOCHET SUR LE SOL.

cet effet, des appareils de pointage comparables à ceux de l'artillerie.

Il va de soi que, si l'on considère la distance relativement faible qui sépare la bombe du but au moment du lancement, la précision du lancement d'une bombe est loin d'égaliser celle d'un tir d'artillerie, dont l'écart probable, c'est-à-dire le huitième environ de la dispersion totale, est égal, pour la portée maximum, au 1/400 de cette portée. En effet, la tâche de l'artilleur est grandement facilitée du fait que sa pièce est fixe et qu'il peut régler son tir en tenant compte des premiers résultats observés.

Le bombardier, lui, est en mouvement, et sa position par rapport au but change constamment.

On comprendra mieux les difficultés de pointage du bombardier en se reportant à la figure 3.

L'avion a, par rapport à l'air, une vitesse V et l'air se déplace par rapport au sol avec la vitesse du vent W , de sorte que la vitesse de l'avion par rapport au sol est S .

Nous supposons, pour simplifier, que toutes ces vitesses sont horizontales et que le but est immobile.

S'il n'y avait pas de vent et si l'avion

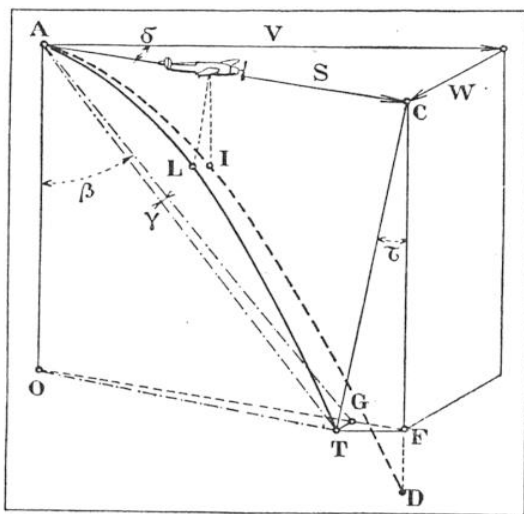


FIG. 3. — PRINCIPE DU LANCEMENT DES BOMBES A BORD D'UN AVION

Le point de lancement est A et l'objectif T. L'avion, animé d'une vitesse V par rapport à l'air, est déporté par le vent de vitesse W , de sorte que la vitesse de l'avion, par rapport au sol, est mesurée par S . L'angle δ est dit azimut de traînée. La bombe, également déportée par le vent, suit la trajectoire ALT déterminée par l'angle β dit « angle de tir » et γ dit « angle de déviation ». L'angle τ est dit angle de traînée.

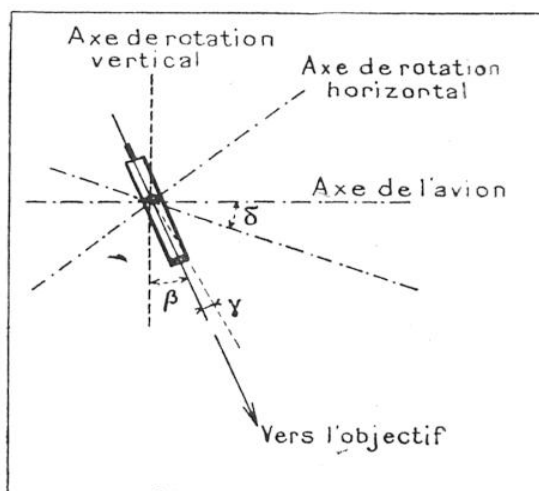


FIG. 4. — SCHÉMA DE PRINCIPE DE LA LUNETTE DE POINTAGE DU BOMBARDIER

L'appareil de visée est orienté autour de la verticale pour que son axe fasse avec le plan de symétrie de l'avion l'angle δ égal à l'« azimut de traînée » (voir fig. 3). La lunette étant déviée de l'angle γ (« angle de déviation »), le bombardier vise le but en orientant le vol de l'avion et en faisant tourner la lunette autour de son axe horizontal. La bombe doit être lâchée lorsque la lunette fait l'angle « angle de tir » avec la verticale.

volait suivant S , la bombe lancée en A suivrait la trajectoire parabolique représentée en traits interrompus AID, restant toujours au-dessous de l'avion dans le même plan vertical. Le vent la déporte, de sorte qu'elle suit, en réalité, la trajectoire ALT, T étant le but. Par rapport au point de lancement A, la position du but est déterminée : par l'altitude AO ; par l'angle γ dit « angle de déviation », formé par la droite AT avec la droite AG, G étant le pied de la normale TG abaissée de T sur le plan vertical passant par S ; et par l'angle β , dit « angle de tir », formé par la verticale AO avec la droite AG.

L'angle τ , sous lequel le bombardier voit l'impact, s'appelle « angle de traînée ».

L'altitude AO est constamment donnée par l'altimètre ; les angles β et γ sont des fonctions connues de l'angle de traînée du temps de chute de la bombe de la vitesse de l'avion par rapport au sol et de l'angle γ formé par la direction du vent relatif avec la direction du vol, dit « azimut de traînée ».

Les deux premiers facteurs sont donnés par la table de tir de la bombe ; les deux derniers sont mesurés à l'aide d'appareils appropriés.

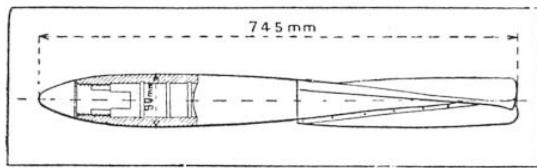


FIG. 5. — BOMBE ALLEMANDE DE 11 KG CONTRE LE PERSONNEL

Aussitôt les angles de position β et γ déterminés, le bombardier fait pivoter sa lunette de visée de l'angle γ autour de son axe et, en manœuvrant convenablement l'avion, vise le but qu'il s'efforce de suivre en faisant pivoter la lunette autour de son axe horizontal.

Pour que l'image du but reste immobile dans la lunette, l'axe horizontal de pivotement de celle-ci doit être perpendiculaire au plan vertical passant par la direction de vol S (fig. 3) ; on y arrive en faisant pivoter l'appareil de pointage (fig. 4) autour de son axe vertical de l'angle égal à l'azimut de traînée.

La bombe est lâchée à l'instant où la lunette passe par l'angle de tir β trouvé précédemment.

Pratiquement, le lancement des bombes en vol à haute altitude se fait généralement entre 3 300 m et 8 000 m. Le bombardier volant à 450 km/h commence à viser à une distance de 8 à 13 km du but et lâche la bombe à une hauteur de 5 000 m et à une distance horizontale de 3,2 km du but.

Bombes contre le personnel

La figure 5 montre, à titre d'exemple, la bombe allemande de 11 kg en coupe partielle. Le corps, de 90 mm de diamètre au maître-couple, est en acier forgé à parois épaisses nécessaires pour assurer une bonne fragmentation. La charge d'explosif est de 1,1 kg. La bombe est munie d'une fusée instantanée, afin que l'éclatement se produise dès le contact avec le sol.

La stabilité sur la trajectoire est assurée par un empennage en tôle à trois pales légèrement inclinées par rapport à l'axe de la bombe, afin d'imprimer à celle-ci un mouvement de rotation pendant la chute.

Cet artifice est employé par les Allemands pour réaliser un armement retardé de la fusée. Tant que la bombe reste accrochée au lance-bombe, la fusée est inerte, son percuteur étant verrouillé par deux masselottes rappelées par leurs ressorts. Après le lancement, à partir d'une certaine vitesse de rotation de la bombe, alors que celle-ci

est déjà assez éloignée de l'avion, les masselottes s'écartent sous l'effet de la force centrifuge en comprimant leurs ressorts, et la fusée devient active.

Le retard à l'armement a pour but d'éviter les accidents dans le cas d'une percussio inopinée à proximité de l'avion bombardier.

La figure 6 représente une bombe américaine de 13,6 kg, contenant 2,2 kg d'explosif. Le corps cylindrique a un diamètre extérieur de 100 mm environ. L'empennage, en tôle, comporte quatre pales droites de sorte que la bombe ne tourne pas pendant la chute. Le retard à l'armement de la fusée s'obtient grâce à l'hélice fixée à l'extrémité avant. Tant que la bombe est accrochée au lance-bombe, l'hélice, verrouillant le percuteur de la fusée, est immobilisée par une tige appelée frein d'hélice et fixée au lance-bombe.

Après le lancement, elle se dévisse, sous l'effet du vent, se sépare de la fusée et libère le percuteur.

Pour améliorer la fragmentation, le corps est entouré d'anneaux d'acier de section carrée. A l'explosion, ces spires se brisent en une multitude de cubes donnant naissance à des éclats particulièrement efficaces.

Les tracés de bombes contre le personnel furent établis dans divers pays, après des essais minutieux, de façon à réaliser la mise hors combat du plus grand nombre possible d'hommes par unité de poids de la bombe.

On considère que les éclats les plus efficaces pèsent de 15 à 20 g et, pour être meurtriers, doivent avoir une force vive de 12 à 16 kgm. On peut admettre que tous les éclats percent une planche de sapin de 25 mm et la moitié des éclats qui y restent enfoncés sont meurtriers.

La bombe américaine précitée, de 13,6 kg, projetée, lors de l'explosion, des éclats à la vitesse de 600 m/s environ.

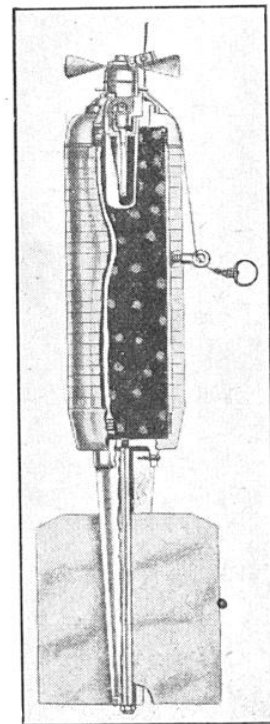


FIG. 6. — BOMBE AMÉRICAINE, 13,6 KG, CONTRE LE PERSONNEL

Bombes à souffle

La figure 7 représente la bombe allemande de 100 kg contenant 55 % d'explosif. L'ogive, en acier coulé, est à parois épaisses pour résister à l'impact, et le reste du corps est en tôle d'acier. Le diamètre, au maître-couple, est de 245 mm et la longueur totale de la bombe, de 1 850 mm. L'empennage est semblable à celui de la bombe de 11 kg. La bombe est munie de deux fusées : l'une d'ogive et l'autre de culot.

Les fusées des bombes à souffle comportent généralement un petit retard pyrotechnique de 0,15 à 0,35, afin de ne provoquer l'explosion qu'après la pénétration de la bombe dans l'objectif.

La bombe américaine, de 907 kg M 34 (fig. 8), contient 504 kg d'explosif. Son rendement en explosif est donc de 56 %. Le corps cylindrique est en acier forgé d'un diamètre de 610 mm. La stabilité sur la trajectoire est assurée par un empennage à quatre pales droites en forme de boîte permettant la mise en place facile de la fusée. La longueur totale de la bombe, y compris l'empennage, est de 2 350 mm.

L'amorçage se fait également à l'aide de deux fusées.

La rotation de la bombe pendant la chute est, jusqu'à une certaine limite, favorable à la précision, car elle compense les faibles dissymétries de la bombe, difficiles à éviter dans une fabrication en grande série. Mais, lorsque la vitesse de rotation dépasse une certaine valeur limite, elle devient nuisible, puisque la bombe, sous l'effet de sa giration, tend à conserver son orientation dans l'espace et s'écarte de plus en plus de la tangente à la trajectoire.

Il semble que le poids minimum d'une bombe à souffle ne doive pas descendre au-dessous de 50 kg et qu'il n'y a pas d'intérêt à dépasser 1 000 kg ; les bombes de 1 814 kg, essayées aux Etats-Unis

d'Amérique, n'ont pas été adoptées.

La bombe de 1 000 kg est capable de couler le plus grand navire de guerre et de détruire n'importe quel objectif connu. Il vaut donc beaucoup mieux lancer deux bombes de 1 000 kg qu'une seule bombe de 2 000 kg.

Les effets des bombes à souffle

L'importance des destructions susceptibles d'être réalisées avec une bombe donnée dépend d'une quantité de facteurs indépendants de la bombe elle-même, tels que l'altitude de lancement, la position exacte de l'impact, la nature de l'objectif, le retard de la fusée, etc. Un moyen simple d'exprimer la puissance des bombes à souffle consiste à chiffrer le volume de terre déplacé lorsque la bombe est lâchée d'une certaine altitude.

La figure 9 et le tableau I représentent les entonnoirs produits par les bombes à souffle de 45 kg à 1 814 kg, sur un terrain moyen. Le lancement fut effectué d'une altitude de 2 000 m environ, avec fusées à retard.

A la vitesse d'impact de 300 m/s correspondant à une altitude de lancement de 5 000 m environ, les bombes à souffle, à parois minces, pénètrent dans du béton armé de 200 kg/cm² de résistance à la compression à des profondeurs variables données par le tableau II.

Les profondeurs de pénétration ci-dessus sont celles réalisées par la seule force vive de la bombe à l'impact. Sous l'effet du souffle, lors de la détonation de la charge explosive, il se forme autour du centre de gravité de cette charge une cavité qui a pour conséquence de doubler approximativement les profondeurs de pénétration dues à l'impact. C'est ainsi, par exemple, que l'entonnoir fait dans du béton armé par une bombe de 50 kg aura une profondeur de 0,90 m environ.

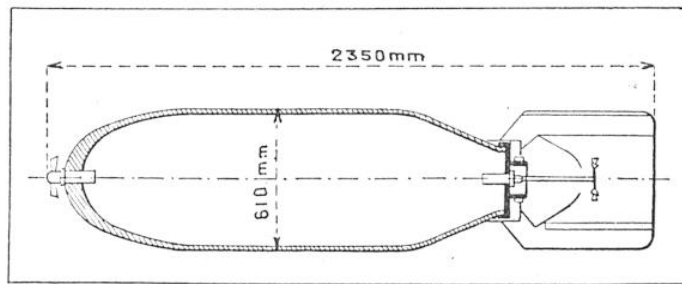


FIG. 8. — BOMBE AMÉRICAINE DE 907 KG

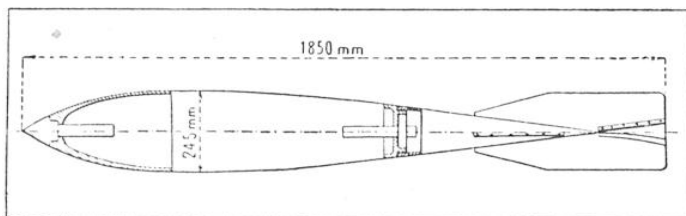


FIG. 7. — BOMBE ALLEMANDE DE 100 KG

Poids de la bombe.....	45 kg	136 kg	272 kg	500 kg	907 kg	1 814 kg
Profondeur de l'entonnoir	2,1 m	2,7 m	3,4 m	4,3 m	5 m	5,6 m
Diamètre de l'entonnoir.	7,6 m	8,8 m	10,6 m	12,4 m	14,6 m	17,8 m
Volume de terre déplacé	35 m ³	90 m ³	190 m ³	330 m ³	530 m ³	845 m ³

TABLEAU I. — DIMENSIONS DES ENTONNOIRS ET VOLUME DE TERRE DÉPLACÉ PAR DIFFÉRENTES BOMBES A SOUFFLE

L'explosion d'une bombe de 30 kg à l'intérieur d'un bâtiment cause des dégâts dont l'importance dépend de la hauteur où a lieu l'explosion et du genre de la construction. Dans les bâtiments en briques sans piliers, les dégâts sont très importants et peuvent souvent aller jusqu'à la destruction totale ; dans les bâtiments plus solides, avec des piliers résistants, en briques ou en béton armé, les dégâts se réduisent souvent juste à la démolition des fenêtres et des parois, tandis que les poutres et les piliers résistent.

La hauteur d'explosion la plus avantageuse d'une bombe est celle du rez-de-chaussée.

Si la bombe s'enfonce dans le sol, après avoir traversé tout le bâtiment, l'effet d'explosion diminue et est dirigé vers le haut, ce qui provoque, parfois, un effondrement des murs vers l'intérieur, par suite de l'appel d'air extérieur.

Une bombe dont le poids fut évalué, suivant les auteurs, entre 600 à 1 000 kg, tomba, le 7 mars 1918, dans la rue, à Warrington Crescent, Paddington.

Quatre immeubles furent complètement détruits, seize gravement endommagés, quatre cents plus légèrement. Une bombe de 1 800 kg détruirait, dans un rayon de 50 m, toute construction non spécialement renforcée. Pour attaquer efficacement une grande gare, il faut se servir des bombes dont le poids atteigne au moins 500 kg.

Poids de la bombe	50 kg	100 kg	300 kg	1 000 kg	1 800 kg
Pénétration	0,45 m	0,55 m	0,80 m	1,25 m	1,5 m

TABLEAU II. — PROFONDEUR DE PÉNÉTRATION DANS DU BÉTON ARMÉ DE BOMBES A SOUFFLE LANCÉES DE 5 000 M

Lors de l'explosion, une onde de pression se propage dans toutes les directions. Cette onde s'amortit rapidement, mais, dans un certain rayon dépendant de l'importance de la charge explosive, elle est capable

d'endommager gravement les bâtiments et les constructions non spécialement renforcés. Ce rayon dangereux est proportionnel à la racine carrée de la charge explosive. L'effet du souffle est, par ailleurs, proportionnel à la charge explosive.

Il est intéressant de constater que la

Poids de la bombe....	50 kg	100 kg	300 kg	1 000 kg	1 800 kg
Poids de la charge explosive	23 kg	55 kg	170 kg	680 kg	1 000 kg
Rayon dangereux.....	29 m	43 m	72 m	130 m	173 m
Pression effective correspondante (en kg/cm ²)	0,51	0,387	0,262	0,165	0,145

TABLEAU III. — RAYONS DANGEREUX ET PRESSIONS EFFECTIVES CORRESPONDANTES POUR DIVERSES BOMBES A SOUFFLE

pression dangereuse est plus élevée pour les petites bombes que pour les grandes. Ce phénomène est sans doute dû au fait qu'au point de vue de la destruction il faut considérer non pas tant la valeur absolue de la pression que son action combinée avec la masse des gaz agissante.

Notons, à titre indicatif, que les bâtiments courants sont généralement calculés pour résister à une poussée latérale due au vent, de 80 à 100 kg/m², ce qui, avec un coefficient de sécurité de 5 à 6, correspondrait à une pression de destruction de 600 kg/m² au maximum ou 0,06 kg/cm².

Les abris contre les tornades, en Floride, sont calculés avec une poussée latérale de 1 000 kg/m² ou 0,1 kg/cm².

Lors des essais exécutés aux Etats-Unis d'Amérique, une bombe de 272 kg, que l'on fit détonner au repos à 2,4 m du pilier d'un pont en béton armé, rompit celui-ci, provoquant l'effondrement d'une arche, tandis que la détonation à 3,6 m n'endommagea que peu le pilier.

Les explosifs

Les bombes à souffle doivent pouvoir supporter, sans se briser et sans détoner, le choc à l'impact sur des objectifs de résistance moyenne, l'explosion étant provoquée, après l'arrêt de la bombe, par la fusée à retard, percutée à l'impact.

Elles doivent, en outre, être insensibles aux balles ou aux éclats d'obus pendant leur séjour à bord des avions.

Ces conditions limitent le choix des explosifs à employer.

Il y a lieu d'écarter d'emblée la dynamite et autres explosifs à la nitroglycérine. L'explosif le plus employé au chargement des bombes est la tolite. Elle supporte bien les chocs ordinaires et l'impact d'une balle de fusil. Elle détonne facilement sous l'effet d'un détonateur normal au fulminate de mercure, renforcé par une gaine de tolite comprimée. Elle est chimiquement

inerte et n'attaque pas le corps de bombe comme le fait, sans précautions spéciales, la mélinite. La tolite fond à $81,5^{\circ}\text{C}$ et peut être facilement chargée en coulée.

Avec ses 950 cal/kg de chaleur d'explosion et sa vitesse de détonation de 6 800 m/s, la tolite est à peu près équivalente à la mélinite, autre explosif nitré pouvant servir au chargement des bombes et qui accuse respectivement 1 000 cal/kg et 7 250 m/s.

La mélinite est toutefois un peu plus sensible au choc; elle attaque certains métaux dont l'acier, que l'on doit protéger, et elle ne fond qu'à 120°C .

Les nouveaux explosifs puissants, tels que pentrite, hexogène, etc., sont nettement plus forts. Le pentrite, par exemple, accuse une chaleur d'explosion de 1 403 cal/kg et une vitesse de détonation de 8 400 m/s.

On ne peut cependant pas l'employer seule au chargement des bombes à cause de sa trop grande sensibilité au choc. On la rend moins sensible en lui ajoutant 30 % de dinitrodiméthylloxamide avec lequel elle forme un mélange nitritique qui peut être coulé à 100°C . On peut également mélanger 80 % de pentrite avec 20 % de nitrogly-

cérine formant une masse plastique qui se prête bien au chargement des bombes et dont la chaleur d'explosion de 1 449 cal/kg est même supérieure à celle de la pentrite pure.

Certains mélanges liquides d'hydrocarbures et d'oxygène sont encore plus puissants.

C'est ainsi que le mélange de 27,3 % de noir de fumée et de 72,7 % d'oxygène liquide accuse une chaleur d'explosion de 2 114 cal/kg, alors que le mélange de peroxyde d'azote avec de l'essence donne 1 629 cal/kg avec une vitesse de détonation de 8 000 m/s.

L'emploi comme charge explosive de ce genre de mélanges est, toutefois, assez délicat : l'oxygène liquide qui bout à -183°C

s'évapore rapidement et le mélange doit être employé dans un délai assez court après sa formation. Quant au mélange de peroxyde d'azote avec l'essence, il est très sensible aux chocs, de sorte qu'il est

impossible d'employer les fusées à retard — inconvénient grave dans le cas des bombes à démolir; de plus, la formation du mélange ne peut être envisagée qu'après le lancement de la bombe, ce qui oblige à prévoir des dispositifs assez délicats et d'un fonctionnement aléatoire. En revanche, tant que la bombe n'est pas lancée, les deux liquides sont séparés et la sécurité est absolue.

Les explosifs nitrés, tels que tolite, mélinite, etc., sont fabriqués presque exclusivement à partir du goudron de houille; ils sont chers et les sources de leur approvisionnement sont limitées.

Au point de vue de l'approvisionnement, il y a lieu de préférer les explosifs tels que nitrate d'ammoniaque et nitroguandine, fabriqués à partir de l'azote de l'air. Le mélange de ces deux explosifs est aussi puissant que la tolite et fut employé par les Allemands avec de la cire de paraffine au chargement des projectiles de Minenwerfer.

Les caractéristiques propres du nitrate d'ammoniaque (chaleur d'explosion, 350 cal/kg; vitesse de détonation, 5 000 m/s) sont plutôt modestes, mais ce produit contient un excès d'oxygène et, à ce titre, est

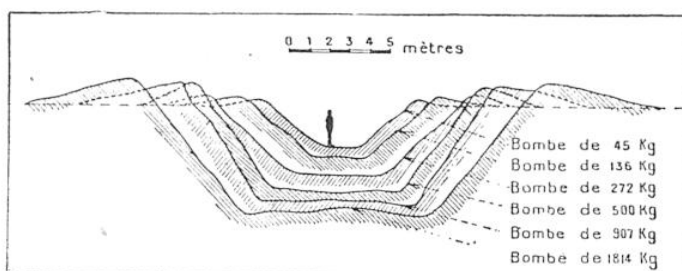


FIG. 9. — ENTONNOIRS PRODUITS SUR UN TERRAIN MOYEN PAR LES EXPLOSIONS DES BOMBES A SOUFFLE AMÉRICAINES DE 45 KG A 1814 KG

particulièrement indiqué comme addition aux explosifs nitrés qui en manquent.

C'est ainsi qu'en ajoutant à la tolite de 20 à 50 % de nitrate d'ammoniaque, on obtient des amatoles qui détonent sans fumée, alors que les explosifs nitrés produisent une fumée noire due à leur combustion incomplète.

Avec du nitrate d'ammoniaque, on peut employer comme combustible des métaux comme l'aluminium en poudre. Il semble que c'est avec un mélange de ce genre qu'étaient chargées les bombes employées pendant la guerre civile en Espagne.

Il semble qu'aucune surprise n'est à craindre quant à la découverte prochaine d'un nouvel explosif présentant des caractéristiques de puissance d'un ordre de grandeur supérieur à celui de nos explosifs actuels, à moins que nos chimistes ne réussissent à rendre explosive la désagrégation de la matière.

Pour donner une idée de la formidable puissance explosive susceptible d'être obtenue dans ces conditions, rappelons que la chaleur dégagée par la désagrégation d'un gramme de radium est égale à celle dégagée par l'explosion de 900 kg de nitroglycérine !

Bombes incendiaires

Les bombes incendiaires ne dépassent généralement pas, en ordre de lancement, un poids de 15 kg et comportent les trois catégories suivantes :

- 1) bombes en électron de 1 kg à 5 kg, chargées en thermité ;
- 2) bombes de 10 à 15 kg, chargées en phosphore blanc ;
- 3) bombes chargées avec des bourres de coton imprégnées d'un produit inflammable.

Les bombes en électron (alliage de magnésium) chargées en thermité, constituant 60 à 65 % du poids total, sont particulièrement efficaces, puisque presque toute la matière participe à la combustion. On sait que la thermité est un mélange de grains d'aluminium et d'oxyde de fer en poudre : porté à une certaine température, ce mélange entre en réaction avec fort dégagement de chaleur et formation de fer fondu.

Dans le cas d'une bombe anglaise de 1 kg,

la charge intérieure de thermité brûle pendant 40 à 50 secondes, à la température de 2 500° C ; pendant cette combustion, l'enveloppe de magnésium fond et s'enflamme au contact de l'air. Elle brûle pendant 10 à 20 minutes à 1 300° C.

L'effet explosif n'existe pas, mais, sous l'action de la pression intérieure engendrée par la combustion de la thermité, les morceaux d'enveloppe fondue peuvent être projetés à 17 m.

Les bombes au phosphore blanc, formant de 25 à 35 % du poids total, comportent une petite charge explosive destinée à briser le corps à l'impact et à projeter le phosphore dans toutes les directions. Le phosphore blanc brûle activement au contact de l'air et met le feu à tout ce qui est inflammable.

Les bombes à bourres de coton fonctionnent de la même façon.

Bombes fumigènes

Les bombes fumigènes, d'un poids, en ordre de lancement, de 7 à 45 kg, comportent un corps à parois minces et une gaine de rupture chargée en explosif, tel que tetryl, disposée dans l'axe de la bombe, généralement sur toute sa longueur. Dans le cas de la bombe américaine de 13,6 kg (fig. 10), la charge fumigène est de 4,1 à 5,5 kg et la charge explosive de 86 à 120 g. Ces bombes sont toujours munies de fusées instantanées afin de se briser dès le premier contact avec le sol.

Comme produits fumigènes, on emploie le tétrachlorure de titane, le mélange d'acide chlorsulfonique avec solution de trioxyde de soufre, et le phosphore blanc.

Les deux premiers produits sont des liquides et engendrent, au contact de l'humidité de l'air, une fumée blanche très dense ; le phosphore blanc est solide et produit une fumée blanche très dense lors de sa combustion au contact de l'air.

Bombes toxiques

Les bombes toxiques sont identiques, comme construction, aux bombes fumigènes, mais leur remplissage est constitué par divers produits toxiques (phosgène, diphosgène, ypérite et arsines).

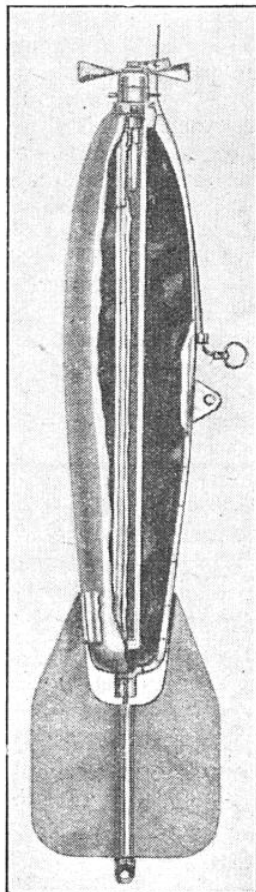


FIG. 10. — BOMBE FUMIGÈNE AMÉRICAINE DE 13,6 KG

Le phosgène bout à 8° C et, à l'état gazeux, est 3,5 fois plus lourd que l'air ; son odeur rappelle celle des pommes pourries et des feuilles en putréfaction. Il irrite les yeux et les poumons. L'irritation devient insupportable à partir de 20 mg/m³. La dose mortelle, c'est-à-dire celle dont l'inhalation, pendant une minute, entraîne la mort, est de 450 mg/m³. Le rapport de 450 à 20 mg est appelé coefficient de danger et a, pour le phosgène, la valeur 22.

Le diphosgène bout à 128° C et, de par sa formule chimique, est un double phosgène.

On suppose que ce produit se décompose dans les poumons, en libérant du phosgène. Traversant le nez et la trachée sous forme de diphosgène, il irrite moins les organes respiratoires.

La dose mortelle est de 500 mg/m³ et la dose insupportable, de 50 mg/m³, de sorte que le coefficient de danger est égal à 10.

Ces deux gaz agissent sur la muqueuse des poumons, provoquant une forte œdème de ces organes.

L'ypérite, employée pour la première fois

par les Allemands, en 1916, à la bataille d'Ypres, est un liquide qui bout à 215° C. Elle agit sur la muqueuse des yeux et des poumons, ainsi que sur la peau entière. Son action se manifeste avec un retard de six à dix heures, et commence par des maux de tête, des vomissements ; la peau rougit et la voix devient rauque. La mort vient dans le courant de la première semaine ; la guérison demande plusieurs mois.

Aucune irritation n'avertit de la présence de ce produit dans l'air, sauf une faible odeur de moutarde.

La dose mortelle est de 1 500 mg/m³, mais, comme la dose insupportable n'existe pas, on ne peut définir le coefficient de danger.

Les arsines sont des produits lacrymogènes. Le plus irritant est le cyanure de diphenylarsine, qui est liquide jusqu'à 350° C. La dose insupportable est de 0,25 mg/m³. La dose mortelle est de 4 000 mg/m³, de sorte que le coefficient de danger est égal à 16 000. Ce produit est donc le moins dangereux.

V. RENIGER.

La houille la plus pure contient une partie non négligeable de matières combustibles, provenant des constituants minéraux des végétaux qui lui ont donné naissance ; en outre, les charbons usuels renferment des inclusions de schistes, de carbonate de chaux (calcite), de sulfure de fer (pyrite et marcassite) ; le tout se retrouve sous forme de cendres, dont la proportion, d'ailleurs très variable, est de l'ordre de 4 à 5 %. La composition de ces cendres a fait depuis longtemps l'objet de déterminations précises, dont le résultat est plutôt de nature à écarter à tout jamais l'idée d'extraire quelque chose d'utile de cet indésirable résidu : on y trouve, en effet, surtout de la silice (près de la moitié du total), puis de l'alumine et de l'oxyde de fer, formant, à eux deux, un peu moins de l'autre moitié ; le reste est constitué par de la chaux, en proportion assez variable (1 à 4 %), de la soude et de la potasse (1,5 à 4 %), avec une trace d'acide phosphorique (environ 0,3 %). Les autres éléments — s'ils existent — ne sauraient être dosés par les méthodes connues ; aussi les chimistes français ont-ils été quelque peu surpris en lisant dans les journaux allemands le compte rendu d'une conférence dans laquelle M. Rœchling montrait qu'il était possible d'extraire des cendres de houille du chrome, du cobalt, du molybdène, du vanadium, de l'argent, de l'or, etc..., à côté d'éléments de moindre valeur tels que le zinc, l'étain et l'arsenic, le tout constituant plus de 2 % de cendres, proportion qui semblait difficilement avoir pu échapper à l'analyse.

Diverses autres publications allemandes sont venues par la suite confirmer ces résultats quelque peu surprenants, laissant entrevoir les plus brillantes perspectives au sujet du traitement de cette nouvelle matière première, qui avait tout au moins l'avantage de ne rien coûter... que son transport jusqu'à l'usine utilisatrice. Il ne restait donc plus qu'à conclure, une fois de plus, qu'il ne faut s'étonner de rien, surtout en matière de chimie, lorsque les essais officiels de l'Institut allemand pour la valorisation de la houille sont venus réduire à néant tous ces beaux espoirs : les cendres de charbon ne sont bonnes à rien, pas même à faire des briques.

LE RACISME DEVANT LA SCIENCE

Par Victor JOUGLA

Si l'on constate des différences profondes et évidentes dans les caractères héréditaires des groupes humains habitant les divers continents (race blanche, race noire, race jaune...) et même, à un degré déjà bien moindre, entre les populations des différentes parties de l'Europe (nordiques, alpins, méditerranéens...), il est démontré aujourd'hui avec certitude que nulle part n'existe de groupe humain véritablement homogène et pur du point de vue racial. Les théories racistes, dont certaines nations flattent puérilement leur orgueil, sont contredites sans espoir par l'étude scientifique des caractères physiologiques et morphologiques des individus. On peut affirmer que les brassages multiples au cours des millénaires ont, depuis longtemps, fait disparaître tout groupement génétiquement homogène et qu'en Europe, en particulier, la « race pure » est un contre-sens. Il n'apparaît d'ailleurs pas qu'une race humaine, si elle existait, eût intérêt à maintenir sa pureté rigoureuse. Seules les alliances avec d'autres groupes dissemblables peuvent créer les personnalités riches et complexes, dont s'enorgueillit à juste titre l'ensemble du genre humain. Le philosophe allemand Nietzsche, dont le témoignage ne saurait être suspect, l'a lui-même affirmé : « Où les races se mêlent jaillit la source de la culture. »

C'EST une curieuse destinée que celle de la pensée française, quand elle passe le Rhin.

Edité en 1861, le grand livre de Proudhon, *la Guerre et la Paix*, contient, sur 821 pages, une seule ligne imprimée en « petites capitales », fait significatif de la part d'un auteur qui était prote de son métier, c'est-à-dire directeur d'un atelier d'imprimerie. Cette ligne, c'est la dernière, la conclusion des conclusions : L'HUMANITÉ NE VEUT PLUS LA GUERRE. D'autre part, on trouve, au cours du livre, posé à la manière d'une vérité d'évidence, l'axiome fameux : *la force prime le droit*. Aussitôt, le futur chancelier du premier Empire allemand, Bismarck, s'empare de la formule pour en faire le principe même de la guerre. Il l'opposera à notre plénipotentiaire Pouyer-Quertier, lors des discussions du traité de Francfort. Dès cet instant, le monde est voué à la guerre, bien que « l'humanité ne veuille plus la guerre ».

Autre exemple d'un semblable « choc en retour », qui résonne avec le précédent : en 1855, un jeune diplomate français, grand voyageur, publie un « essai » — travail élégant d'un intelligent désœuvré — *l'Essai sur l'inégalité des races humaines*. Il dédie l'ouvrage à George V, roi de Hanovre, à une époque où le Hanovre était encore, par sa maison royale, une sorte de province anglo-allemande, en tout cas bien éloignée mentalement de Potsdam. C'était l'époque où l'évêque de Mayence lançait des malédictions contre les *Borusses*, tribu ger-

maine du temps de César, devenue les *Prussiens*. Ces détails situent donc très bien les intentions politiques de l'auteur : un « essai », presque une fantaisie (1). Mais quelques philosophes allemands — et, d'abord, un artiste, Richard Wagner — s'enthousiasment pour cette thèse qui flattait le roi de Hanovre en tant que prototype de la race « aryenne ». Ils l'étendent à tout ce qui parle allemand, du Rhin jusqu'au Niemen. Et voilà accaparée la pensée de notre Gobineau. Il se forme une « Gobineau-Vereinigung » (2) dont l'organe de propagande n'est autre que les « Bayreuther Blätter » ; le centre wagnérien devenait également celui de la diffusion d'une pensée qui, par l'école wagnérienne, Nietzsche — avec combien de restrictions ! — et Guillaume II, allait aboutir, en 1936-1939, à la déportation massive, ou à l'exil, de millions de juifs allemands, et à cette théorie du « racisme » qui fait le fond de l'idéologie nazie.

Certes, dans le cerveau du grand Nietzsche, qui invectiva souvent la « blonde brute germanique », et reste l'auteur d'un mot bien ironique aujourd'hui : « Les Allemands doivent être dispersés comme les juifs » ; ou, encore, dans la tête cependant étroite d'un Guillaume II, protecteur intelligent

(1) Nous plaçons le mot avec sérieux. Gobineau n'était-il pas un virtuose de la fantaisie lorsqu'il déchiffrait quatre fois de suite le même texte cunéiforme avec quatre interprétations différentes : de gauche à droite, de droite à gauche, en diagonale et puis... symboliquement !

(2) Association Gobineau.

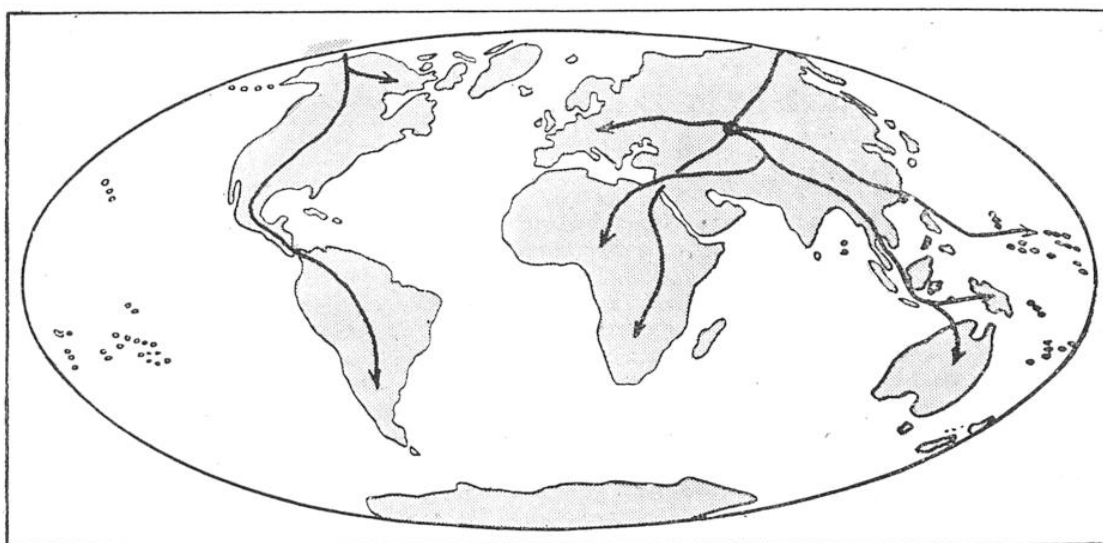


FIG. 1. — LE PEUPLEMENT DE LA TERRE DANS L'HYPOTHÈSE « MONOGÉNÉTISTE »

Si l'on admet que « l'espèce » humaine naquit sous une forme unique (monogénisme) au centre de l'Asie, le peuplement humain du globe peut se concevoir (compte tenu des observations ethnographiques actuelles) comme une émigration divergente à cinq rameaux se dirigeant respectivement vers l'Europe, l'Afrique, l'Australie et l'Amérique. Ces deux dernières branches se ramifient à leur tour. Cette conception rendrait compte de l'existence de huit unités raciales originelles.

du juif Ballin, pour sa création de la flotte marchande allemande, les idées de Gobineau avaient une autre allure que chez un docteur Haupt ou, pis, chez un Gœbbels. On « pensait » encore dans les milieux politiques du *premier Reich*. Quoi qu'il en soit, une question préalable se pose qui doit couper court au seul énoncé du problème.

Avant de se demander si Gobineau a raison lorsqu'il pose comme *loi naturelle*, donc scientifique, l'inégalité des hommes par leur « race » ; lorsqu'il affirme l'existence de « surhommes » et de « surpeuples », ou encore : « l'évolution des peuples est l'évolution des races » — ce qui légitimerait l'application de la force par l'impérialisme de la race aryenne dont l'Allemagne serait le conservatoire le plus pur — il convient de se demander si la « race » est un *fait* biologique.

Or, nous pouvons, aujourd'hui, démontrer que le « fait » race perd de sa précision à mesure qu'on s'élève dans l'échelle de l'évolution des êtres, pour devenir un véritable contresens lorsqu'on atteint le sommet de cette évolution : l'humanité prise dans sa forme actuelle.

La race a une « limite » biologique : l'espèce

Un banc de sardines, une horde de loups, un troupeau de buffles, une ruche d'abeilles

sont des « sociétés » biologiques qui pourraient, de toute évidence, définir le « fait » race — puisque tout individu étranger à ces agglomérations leur est *indésirable*. Mais alors le mot « race » fait double emploi avec le mot « espèce » dont il n'est qu'une particularité, de même qu'espèce n'est qu'un terme restrictif du « genre ».

Rappelons que les divisions du règne animal sont généralement conçues selon six échelons. L'exemple que nous donnons pour chacun d'eux permet de suivre les ramifications successives qui conduisent du règne animal, dans toute sa généralité, à l'espèce humaine actuelle *homo sapiens* : 1° L'EMBRANCHEMENT (p. ex. : Vertébrés) ; 2° LA CLASSE (p. ex. : Mammifères) ; 3° L'ORDRE (p. ex. : Primates) (1) ; 4° LA FAMILLE (p. ex. : Hominidés) ; 5° LE GENRE (p. ex. : *Homo faber*) ; 6° L'ESPÈCE (*Homo sapiens*) (2). Cette classification « simplement » ramifiée, si l'on distingue 10 embranchements originels, et si l'on admet que ce degré de « variation » persiste, aboutit aussitôt à :

(1) L'ordre des *primates*, groupe les lémuriens, les mammifères que l'on désigne couramment sous le nom de singes, et les espèces humaines.

(2) Toutes les races humaines *actuelles* paraissent se rapporter à une seule espèce (*homo sapiens*). Mais on a cru mettre en évidence des espèces *fossiles* telles entre autres que l'homme de Néanderthal (*Homo neanderthalensis*) ou le pithécantrophe de Java (*Pithecanthropus erectus*).

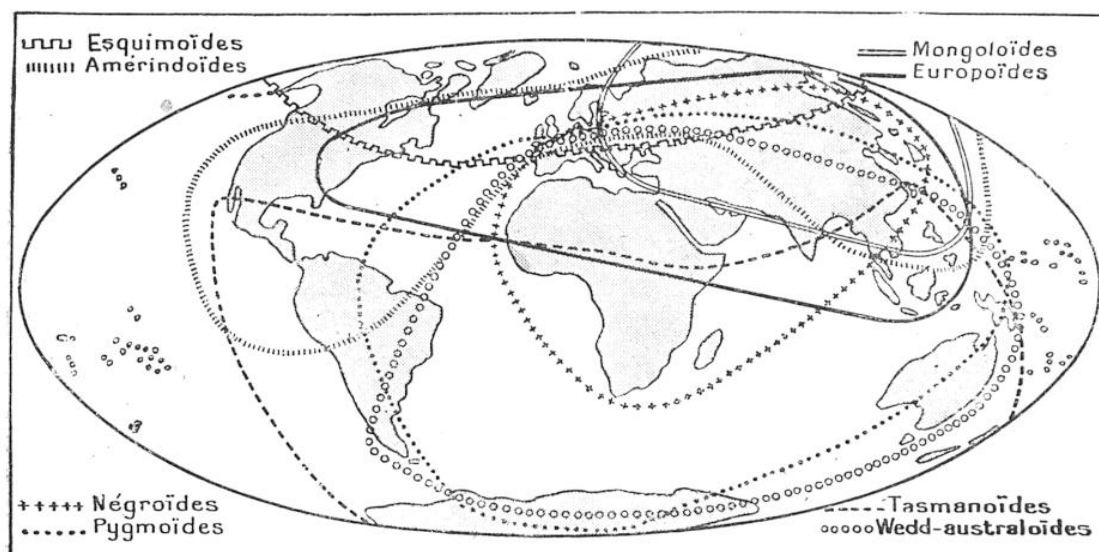


FIG. 2. — L'HYPOTHÈSE « OLOGÉNISTE » DU PEUPLEMENT DU GLOBE

Dans cette autre conception, la plus probable, l'espèce humaine serait née, sporadiquement et quasi simultanément, un peu partout sur la Terre, en huit types raciaux caractérisés : « esquimoïdes » ; « amérindoïdes » ; « mongoloïdes » ; « europeoïdes » ; « négroïdes » ; « pygmoïdes » ; « tasmanoïdes » ; « wedd-australoides ». Les déplacements migrateurs de ces types raciaux se chevaucheraient alors, comme l'indiquent les tracés reportés sur la carte ci-dessus.

100 classes, 1 000 ordres, 10 000 familles, 100 000 genres et 1 000 000 d'espèces.

Peut-être — qui le saura exactement ? — les premiers groupes humains de Néanderthal, du Moustier, de la Chapelle-aux-Saints, se fondaient sur les mêmes affinités — strictement biologiques — qui rassemblent les animaux. Mais déjà, à l'époque magdalénienne la plus évoluée, la société humaine avait adopté d'autres bases. A preuve, le crâne de Cro-Magnon ne diffère absolument pas de ceux de certains habitants actuels des bords de la Vézère. Et ces derniers vivent à côté de « crânes » dont l'état civil, si on pouvait l'établir sans lacune en remontant jusqu'à la bataille de Poitiers, comporterait certainement des ancêtres sarrazins. Un de mes amis, séjournant, blessé, dans un hôpital militaire de la guerre précédente, fut repéré par un médecin-major passionné d'ethnologie comme possédant l'un des caractères « mongoliques » les plus accusés : il avait le cheveu à section elliptique ! Il est vrai que cet ami porte un nom polonais, qui serait depuis un siècle français, si le patronyme suivait la généalogie par les femmes. Et, justement, il est né assez près de Cro-Magnon, dans le département du Lot !

Tel est l'un des « produits » les plus élevés de l'« évolution » : ce blessé est, de son métier,

professeur agrégé de philosophie. Comment le gorille ancestral en est-il venu là ? Du point de vue de Gobineau, rigoureusement accepté, ce serait une déchéance.

Que la « société biologique » gorille ait fait place à la tribu pour laquelle, on ne le sait que trop, l'axiome de Hobbes, *homo homini lupus*, est encore valable, c'est possible et même probable. Que la tribu ait ensuite fusionné en peuplades émigrant, la hache au poing, telles que celles des Vikings, des Vandales, des Wisigoths, des Huns, des Normands, c'est certain. Que ces peuplades (barbares) soient devenues des peuples géographiquement confinés, c'est-à-dire des « nations », l'existence côte à côte des Hongrois fils d'Attila, et des Grecs autochtones byzantins, des Arabes d'Arabie et des Turcs de Tamerlan, eux-mêmes venus du centre de l'Asie, ce n'est pas moins certain. Et cette « fixation » géographique comporte toujours la fusion des envahisseurs avec les autochtones. On se bat, mais on se marie. Ce qui contredit essentiellement la thèse de Gobineau, d'après laquelle l'envahisseur aurait dû non pas « être assimilé » par les premiers occupants géographiques, mais, au contraire, détruire les peuples subjugués.

C'est, en effet, ce qui est arrivé, mais à un certain degré seulement, à l'origine.

Les Normands et Guillaume le Conquérant ont commencé par éliminer les Saxons déjà installés ; mais bientôt ils ont dû fraterniser avec eux, comme ceux-ci avaient dû le faire avec les Anglais. Les Francs germaniques, tout de même, fusionnèrent avec les Gaulois ; les Slaves avec les Germains et les Sarrazins avec les Ibères, eux-mêmes déjà « mariés » aux Wisigoths, etc. Quant aux traces « racistes » normandes, par exemple, des habitants actuels de la Sicile, il serait impossible de les retrouver, tant elles ont été fondues dans le va-et-vient incessant qui caractérisa les rivages de ce que M. Gœbbels, avant l'« axe » italo-germanique, appelait dédaigneusement « le marécage méditerranéen ». La circulation circumméditerranéenne n'en reste pas moins le phénomène clé de la civilisation.

On le voit, depuis la tribu primitive gorille ou moustérienne (1), jusqu'à la naissance d'Athènes, au carrefour de l'Ionie asiatique, de l'Égypte africaine, de la Crète minoenne et des Seythes nordiques, l'évolution « humaine » s'explique. Elle est un phénomène de « socialisation » sans cesse perfectionnée. Comment ? Par la disparition progressive du « caractère biologique » étiqueté : *race*, et dont les marques originelles sont maintenant dispersées chez les individus égaillés dans le monde.

Ne poussons pas plus avant l'étude de cette évolution sur le plan social. Cela nous conduirait, en entrant dans le vif du sujet, à examiner les facteurs essentiels de la « science de l'humanité », facteurs qui sont : la religion, la langue, les mœurs, les coutumes aboutissant finalement au « droit codifié » — juste l'inverse de la force ! A quoi, nous

(1) On désigne sous le nom de période moustérienne une phase de l'ère quaternaire pendant laquelle l'homme (*Homo Neanderthalensis*) utilisait des instruments en silex taillé tels qu'on les a retrouvés dans la grotte du Moustier (Dordogne) en 1908.

devrions ajouter, ce que les sociologues n'ont fait, jusqu'à présent, qu'avec parcimonie : la technique.

Les trois « groupes » essentiels : noir, jaune et blanc

Si l'évolution se trouve ainsi justement présentée, le problème biologique des races humaines ne peut être qu'un problème

critique, strictement négatif, consistant à démontrer que le fait racial, loin de s'accuser dans l'espèce, tend, au contraire, à se disperser dans les individus, s'y estomper au point d'être devenu parfois quasi « insaisissable » au sein d'une « nation » très civilisée.

Mais il faut s'entendre, si la « race » est insaisissable d'une rive à l'autre du Rhin ou d'une rive à l'autre de la Manche, il n'en va pas de même de continent à continent.

Actuellement, les ethnographes sont contraints de considérer quatre grands groupes humains : a) le groupe *pygmée*, le plus primitif ; b) le groupe *noir* ; c) le

groupe *jaune* ; d) le groupe *blanc* (1). Tels sont les « résidus d'évolution » auxquels aboutit l'étude systématique de l'espèce humaine.

Les quatre groupes en question constituent effectivement une classification assez bien démarquée. Mais l'évolution biologique continuant « en veilleuse », il n'est pas besoin de guerres d'extermination pour laisser se résorber définitivement, par exemple, les derniers « îlots » de la race évidemment inférieure qu'est la race pygmée déjà tellement disséminée en Afrique qu'il

(1) Les Indiens d'Amérique ou Amérindiens présentent entre eux des divergences notables qui rendent malaisé leur classement. On s'accorde aujourd'hui, avec le professeur Montandon, à les faire rentrer dans le groupe jaune en distinguant quatre races : l'Indien des plaines et des forêts de l'Amérique du Nord, l'Indien de la côte nord-ouest du Pacifique, l'Indien de l'Amérique centrale et de l'Amérique du Sud (avec une grande variété de types), le Patagon.

Nordiques		
Latins	Alpins	Slaves
Méditerranéens		

FIG. 3. — TABLEAU A DOUBLE ENTRÉE

Ce tableau de trois lignes et trois colonnes, imaginé par le docteur George Montandon, montre à merveille l'arbitraire suivant lequel on peut classer les peuples européens. Soit dans une classification « raciste » : Nordiques, Alpins, Méditerranéens ; soit dans une classification « linguistique » coïncidant avec les « mœurs », avec des types de civilisation : Latins, Germains, Slaves.

faut sauter du Sud-Ouest africain (race boshimane) aux forêts équatoriales (race négrière) pour en situer les échantillons au sein du « groupe noir » proprement dit. Tout de même, les pygmées asiatiques (négrites) sont dispersés dans les îles du Pacifique, de l'Insulinde à Bornéo.

Dans le groupe noir, la race la plus inférieure, *tasmanienne*, comptait 20 000 individus en 1777, quand Cook débarqua en Tasmanie. Son dernier représentant mâle est mort en 1869 ; sa dernière femme en 1877. Cette précision montre quel soin fut apporté à leur conservation : on les a soignés presque à l'égal de l'*ornithorynque* (1) du Zoo de Londres. Simplement dégénérée, mutilée à l'« humanité », la race tasmanienne a disparu comme telle, sans éclat.

La race *mélanésienne*, un peu mieux armée, isolée elle aussi dans les grandes îles (depuis la Nouvelle-Guinée des « Papous » jusqu'à leurs cousins des îles Fidji) aura le même sort, mais elle aura contribué, avant de s'éteindre, à peupler Madagascar des magnifiques spécimens qui habitent aujourd'hui la Grande Ile, où sont venus se croiser avec eux les noirs supérieurs du Grand Continent, ceux qui, du Soudan au Sénégal, ont fourni ses effectifs à l'armée de Mangin.

Avec la race *dravidienn*e (noirs de l'Inde) et la race *éthiopienne*, le groupe noir a

(1) Curieux mammifère australien dont les mâchoires sont façonnées en bec de canard et qui constitue en quelque sorte, de multiples points de vue (pieds palmés, mode de reproduction), l'intermédiaire entre les mammifères et les oiseaux.

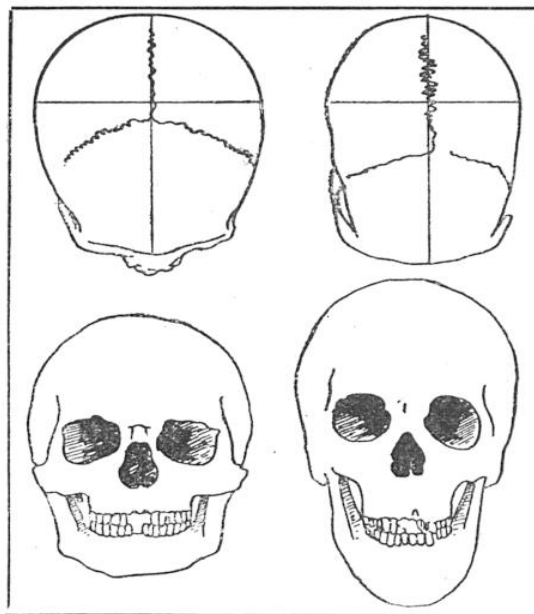


FIG. 5. — INDICES CRANIENS FONDAMENTAUX. On aperçoit ici la fameuse opposition d'un « brachycéphale », (à gauche), et d'un « dolichocéphale », le premier étant de la race ghiliak, le second, de la race amon. Ces mesures se rapportent aux diamètres transverses et antéropostérieurs de la boîte crânienne. En bas : deux spécimens analogues, mais caractérisés d'après les mesures faciales ; à gauche : la tête « brachyprosopique » (face large) d'un Russe ; à droite, la tête « dolichopsopique » (face étroite) d'un Suisse.

souvent atteint, au cours des siècles, un niveau de civilisation très élevé.

L'histoire de Salomon et de la reine de Saba ; les fouilles récentes de sir Ernest Marshall, dans la vallée de l'Indus, qui ont mis à jour des villes « dravidiennes », rivalisant avec celles bien postérieures de l'empire romain, suffisent à le montrer.

Le groupe jaune est d'une complexité qui, déjà, met aux prises les ethnographes pour sa division en sous-groupes. Les Indiens d'Amérique (vulgairement appelés *Peaux-Rou-*

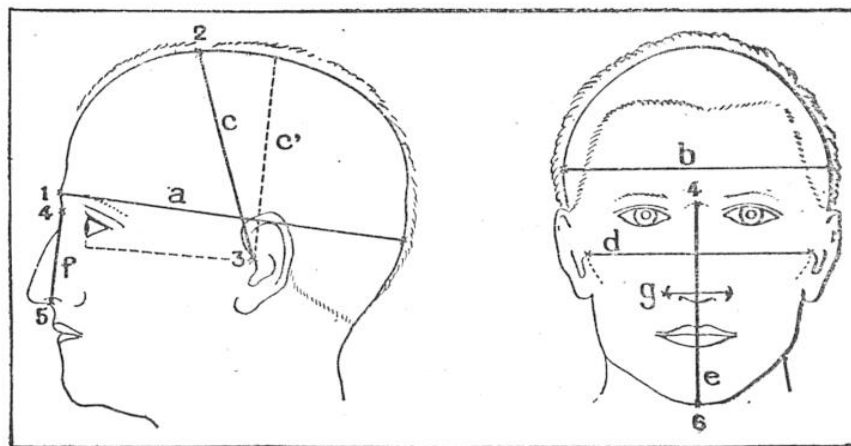


FIG. 4. — GÉOMÉTRIE DES INDICES FACIAUX

Les principales mensurations de la tête humaine sont indiquées ci-dessus, de profil (à gauche) et de face (à droite). Elles prennent comme origines les points fixes numérotés sur les schémas et dénommés : 1, glabella ; 2, bregma ; 3, tragion ; 4, nasion ; 5, naso-spinal ; 6, gnathion. Les « diamètres » correspondants se nomment : a, longitudinal ; b, transversal ; c, pseudo-vertical ; c', vertical ; d, bizygomatique ; e, naso-mentonnier ; f, de hauteur du nez ; g, de largeur du nez.

ges) en sont des représentants américains, tandis que les *Mongols* de l'Asie centrale en sont les figurants asiatiques. Se ramifiant en rejets sans avenir vers le Nord, dans les races *paléosibérienne* et *eskimo*, le groupe jaune aboutit au contraire, dans le Sud, à la race *touranienne*, qui vient elle-même, avec les *Tures*, rejoindre, en un « dégradé » caractéristique, la race nettement « blanche ». Leurs cousins, les *Tatars*, de Crimée, ne sont-ils pas les habitants de ce qu'on pourrait appeler la Côte d'Azur de la Russie ?

Avant de passer à la race blanche, insistons sur la difficulté croissante de préciser la « race » au sein de chaque groupe.

Chaque groupe a ses « frères inférieurs » : les *Pygmées* chez les noirs ; les *Eskimos* chez les jaunes. Chacun a ses peuples « nobles » : *Dravidiens* et *Ethiopiens* noirs, *Mongols* et *Tures* jaunes. Or, toujours, dans tous les cas, c'est l'habitat géographique qui détermine la supériorité historique.

Si le facteur géographique domine à ce point le facteur « racial » biologique, c'est que, contrairement aux idées racistes, le sol prime le sang.

La race blanche et son habitat « de départ », l'Europe

Ouvrons un paragraphe spécial en l'honneur du quatrième groupe, le nôtre.

La race blanche ? Ce mot évoque aujourd'hui une aire géographique immense : l'Europe et ses « annexes », les deux Amériques, peuplées d'émigrants espagnols, portugais, anglais, hollandais, français, que les Allemands, les Scandinaves et les Slaves sont venus rejoindre avec tant de retard !

Ici encore, la graduation se révèle en fonction du facteur géographique.

La *race blanche lapone* est brun jaunâtre, comme la *race jaune eskimo*, mais elle en diffère par les caractères physiques. Par contre, ces deux « races » sont voisines, de même habitat, et, forcément, de mêmes mœurs.

Descendons : voici la race nordique scandinave. La navigation les a civilisés. Ce ne sont plus des « isolés », des « autarciques » forcés.

Mais, cependant, après les glaces et les îles, il y a la montagne comme facteur « isolant ». Aussi bien, les ethnographes ont dû distinguer une *race alpine* au sein de la race blanche.

La race blanche possède ses racines (si vraiment le mot « race » a son étymologie dans *radix*), en Asie, en Afrique, en Océanie, comme en Europe. De la *Laponie* jusqu'à

l'Afrique *berbère* et du pays des *Aïnou*, au Japon septentrional, jusqu'aux *Maoris* de *Polynésie*, en passant par l'*Indonésie* (Malacca), la race blanche peut être suivie sans discontinuité. Nous venons de nommer, observez-le, les cinq sous-groupes extrêmes de la race blanche : ils sont aux « quatre coins du monde », relativement à l'Europe. Celle-ci, qui héberge la race *nordique*, la race *alpine* et la *méditerranéenne*, termes essentiels du groupe blanc, l'Europe, constitue donc, *a priori*, un foyer de dispersion, non de concentration, de la race blanche. Si l'on admet que les Aryens sont venus de l'Asie pour peupler l'Europe, il faut avouer qu'ils y ont trouvé un tel habitat d'élection que la maison paternelle est à jamais abandonnée, à supposer qu'elle ait existé. Les Aryens auraient été des « pasteurs », non des guerriers (1), le contraire, par exemple, de ces *Wisigoths* dont la horde mit une trentaine d'années pour envahir le Midi de l'Europe, en sorte que les hommes âgés de trente ans quand ils étaient aux Balkans, en avaient soixante quand ils arrivèrent en Espagne. Mais si ce n'étaient pas les mêmes ? Si, au fur et à mesure qu'ils trouvaient à s'installer, les « pères » se fixaient et expédiaient au loin des fils conçus sur place ? Et c'est justement ce qui a dû se passer. L'invasion aryenne aurait été alors plus invisible encore.

En tout cas, la péninsule européenne, aussi ingénieusement découpée dans l'Atlantique que l'Hellade antique dans la Méditerranée, a fourni, à ses hôtes anciens ou nouveaux venus, des habitats tellement diversifiés, que les peuples ont fait comme les chevaux. Le sol du Perche a créé des « limoniers », aux squelettes ultracalcifiés, bâtis « à chaux et à sable » ; la Normandie, de son côté, engendrait ces curieuses montures (aujourd'hui disparues pour cause d'inutilité) à petite tête et à poitrail élégant, mais sans force, qui font, sur les peintures de Van der Meulen, les trois quarts de la majesté de leurs cavaliers : un Louis XIV ou ses maréchaux. Et puis, l'« invasion » de la Normandie chevaline par la race anglaise (juste revanche de Guillaume le Conquérant) aboutit à nos chevaux de course, nourris aux pâturages de la Vallée d'Auge — bien différents de ceux du Perche. Le « métabolisme » de l'animal se moule sur l'aliment local. Voilà une première illustration biologique de l'influence d'un habitat permanent sur des générations animales sédentaires.

(1) Voir, à ce sujet, *La race dans la civilisation*, par Franck H. Hankins (Payot, édit.).

Quant aux humains, ceux qui ont choisi la montagne ont fourni la *race alpine* ; ceux qui ont persisté dans la rude navigation des mers du nord ont donné la *race nordique* ; ceux qui ont choisi d'habiter les rivages ensoleillés de la Méditerranée ont formé la *race méditerranéenne*.

Les trois types : *nordique*, *alpin*, *méditerranéen*, se reconnaissent par leur taille moyenne, leurs indices céphaliques, la nuance colorée de la peau, la couleur des yeux et des cheveux... Mais, sitôt que l'on entre dans l'étude de ces caractères pris isolément, on est obligé d'accorder à des Illyriens de race « alpine » la taille moyenne de 1 m 72, revendiquée par les « Nordiques » ; l'indice crânien « dolichocéphale » (tête allongée) n'est pas davantage le lot exclusif des blonds du nord ; il y a des dolichocéphales bruns dans le sud méditerranéen. Quant à la *brachycéphalie* (tête carrée), je ne crois pas que la Bavière aryenne le cède à l'Auvergne celtique sur ce caractère « têtue » des montagnards de tous les pays du monde.

Nous considérons, par conséquent, le problème des races comme un faux problème — à moins qu'on ne le pose « à rebours », ainsi que nous venons de faire. La race n'est définissable que dans le *passé* d'un individu.

Si nous avions un peu plus d'exercice à penser dans la *durée* (c'est-à-dire dans

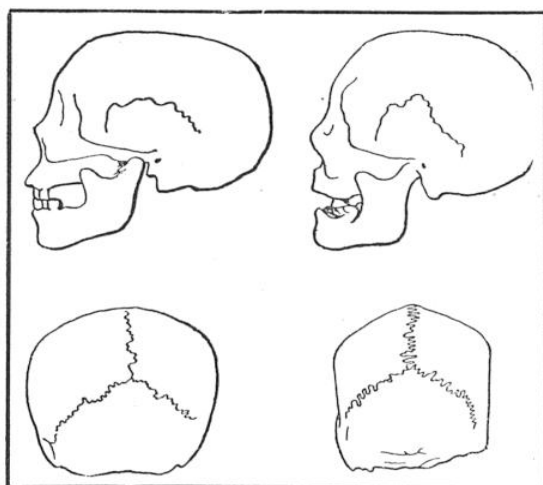


FIG. 6. — AUTRES TYPES CRANIENS

En haut, à gauche : un crâne mongoloïde dit « chamæocrâne » c'est-à-dire bas vu de profil. En haut, à droite : Mongol « hypsicrâne », c'est-à-dire élevé vu de profil. En bas, à gauche : ghiliak « tapeinocrâne », c'est-à-dire à crâne bas vu d'arrière. En bas, à droite : Ainou « acrocrâne », c'est-à-dire à crâne élevé vu d'arrière.

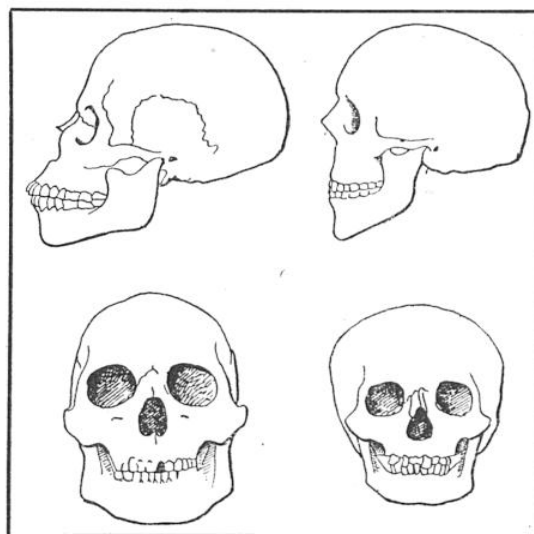


FIG. 7. — CRANES CARACTÉRISÉS PAR LA MACHOIRE

En haut : à gauche, Hottentot prognathe ; à droite, Suisse orthognathe. En bas : à gauche, Esquimau à mâchoire massive et, à droite, Ligure au crâne harmonieusement développé.

l'évolution créatrice) et non dans l'étendue (qui nous incite à classer les êtres par « groupes » et à les parquer par « régions »), cette constatation qu'un « caractère racial » ne peut être défini qu'en tant de « résidu » actuel d'une évolution accomplie, loin de nous surprendre, nous paraît rationnelle.

Ainsi l'évolution vivante n'est pas l'évolution de la matière : elle ne peut s'étudier que par des traces *déjà périmees*, du seul fait qu'on les saisit. L'histoire de Cuvier reconstituant un animal préhistorique d'après ses empreintes, reste vraie pour l'homme. Des traces « raciales », dont notre personne est criblée, on peut tenter de retrouver la lignée ancestrale, mais à la façon dont un escargot, parti de la feuille extrême d'un arbre, peut retrouver le sol originel, en suivant d'abord de fines branchioles ; puis, des branches de plus en plus grosses, à mesure qu'il s'éloigne du sommet seul épanoui *en vie actuelle* et qu'il se rapproche du tronc lignifié, fossilisé, dirons-nous, de l'arbre généalogique. Ainsi le processus d'analyse est inverse de celui par lequel s'est créé l'objet analysé.

Les anthropologues et ethnographes, qui traitent des races, ne peuvent, tout de même, retrouver leurs caractères qu'en remontant l'évolution passée.

Les « caractères » raciaux qualitatifs

Les mots « blanc », « jaune » et « noir » nous ont déjà servi à étiqueter les trois principaux groupes humains. Mais que de nuances dans ces colorations, qui sont dues à la présence dans l'épiderme (exactement dans la couche de Malpighi) de petits grains de pigment (1). De l'Anglais, blanc, pâle, à l'Italien, basané ; des nègres « brun rougeâtre » du Soudan (Peuls), aux noirs Sénégalais en passant par le chocolat des Aus-

blir de véritables gammes colorées. C'est ce qu'a fait Broca, avec ses *échelles chromatiques* numérotées.

La couleur intervient d'une façon autrement singulière dans la « tache mongolique » due à une concentration de pigment non plus dans l'épiderme, mais dans le *derme*, au niveau des lombes — et cela durant les premiers mois seulement de l'existence. Bleuâtre chez les Japonais, ardoisée chez les Chinois et les Annamites, noirâtre chez les noirs d'Afrique et les Eskimos, verdâtre

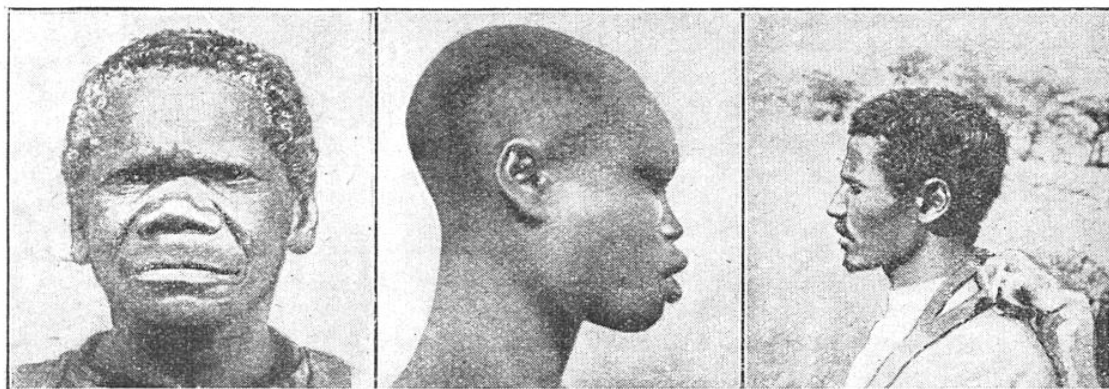


FIG. 8. — CES TROIS TÊTES MARQUENT LES DEUX RACES EXTRÊMES ET LA RACE MOYENNE DU « GROUPE NOIR »

A gauche : tête de Tasmanien, la plus primitive des races négroïdes. A droite : un Ethiopien dankali, dont les formes crâniennes se retrouvent parmi les blancs. Au centre : un noir de Soudan égyptien (vallée du Nil).

traliens ; des Chinois jaune froment, aux Indiens d'Amérique du Sud « jaune épais » et aux Malais « jaune-brun », on peut éta-

(1) Comme l'a fait remarquer M. Millot, ce qui donne à la peau diverses colorations, ce n'est pas, comme on pourrait le croire, la présence de substances colorées *différentes* ; toutes renferment un *même pigment*, la *mélanine*, dont seule la quantité varie. La mélanine absorbe les radiations ultraviolettes ; c'est pourquoi les nègres, protégés contre les rayons ultraviolets, sont beaucoup moins sujets que les blancs aux insulations ; par contre, ils se trouvent plus exposés au rachitisme que les autres races lorsqu'ils sont transplantés dans des pays où la lumière est plus faible. Il en est de même, d'ailleurs, pour toutes les races à tégument pigmenté, à des degrés variables. Ce serait cependant une erreur de croire que l'écran mélanique des noirs a pour *but* de les protéger contre l'éclairage trop intense des contrées équatoriales. Il est, en effet, paradoxal que ce soient les êtres humains dont la peau est la plus foncée, c'est-à-dire qui absorbent le plus de radiations qui vivent sous les climats les plus chauds. Les nègres devraient, de ce fait, souffrir davantage de la chaleur et leur température interne devrait être plus élevée. Il n'en est rien car le nègre élimine la chaleur beaucoup plus rapidement que le blanc, grâce au réseau remarquablement serré de capillaires sanguins très dilatables qui s'étend dans sa peau et au nombre de ses glandes sudoripares, nettement plus élevé que chez les blancs. (Voir, à ce sujet, *Les races humaines*, de Lester et Millot.)

chez les Indiens d'Amérique, bleu pâle chez les Européens ; de *forme et de dimensions variables*, ce stigmate est l'un des caractères raciaux ancestraux les plus significatifs. Sa diffusion jusqu'en Europe jalonnerait de vastes émigrations océaniques (centrées sur la Malaisie) vers l'Amérique, d'une part, vers la Méditerranée, de l'autre.

Le *cheveu* ne donne pas moins de « fil à retordre », si l'on ose dire, aux anthropologues en tant que caractère racial. J'ai cité un cas qui m'est venu par hasard. Mais, si l'on distingue les cheveux *droits* et *rudes* du Mongol ; les cheveux *lisses*, tendant à onduler, des Européens ; les cheveux *frisés*, des Australiens ; les cheveux *crépus* des noirs d'Afrique ; si l'on adjoint à ces caractères (qu'il faudrait encore nuancer, eux aussi) la section, *circulaire ou ovale*, du cheveu ainsi que sa *couleur* : noire, brune, châtain, blonde, l'on a de quoi étiqueter bien des fiches individuelles dans tous les coins du monde, indifféremment. Sans parler de la couleur *rousse*, qui n'a rien de racial, mais constitue une simple anomalie.

La *forme de l'œil* intervient à son tour :



FIG. 9. — CES TROIS TYPES DE « JAUNES » MARQUENT ÉGALEMENT LES RACES EXTRÊMES ET LA MOYENNE DU GROUPE

A gauche : un Koriak, de race paléosibérienne très primitive ; à droite : un Chinois du Nord ; au centre : un « bouriate » de la Transbaïkalie. Tous sont des « Mongols ».

la fente des paupières est *horizontale* chez l'Européen, mais *oblique* chez les Mongols, avec, chez ces derniers, un repli de la paupière supérieure, qui, parfois, masque les cils. Puis vient la *pigmentation* de l'iris : bleu, gris, vert, brun, noir. Autant de caractères et, naturellement, gradués eux aussi par échelles chromatiques.

La *forme du nez*, le *prognathisme* (1), l' des lèvres, la *grandeur* de l'oreille ; qui de nous n'a diagnostiqué, par ces caractères, l'origine d'un inconnu compagnon de voyage, en bateau, dans le train...

(1) Caractérisé par l'inclinaison de la ligne qui joint le front à la partie la plus saillante des mâchoires. Le prognathisme est très accusé chez les nègres.

Nous avons peut-être raison en jugeant qu'il venait d'Égypte ou d'Extrême-Orient ou d'Afrique — à cela près que c'était *par l'intermédiaire d'une très longue file d'ancêtres*. Quant à l'individu proprement dit, il rentrait peut-être, comme nous, à Paris, rejoindre un foyer paternel déjà séculaire.

Les caractères raciaux mesurables

Passons aux mesures des divers « indices » géométriques pouvant être prélevés sur le squelette, seul corps solide de référence géométrique. Mais, sachons d'avance, avec le professeur Rivet, qu'ils ne font que confirmer ce qu'un « œil exercé » pourrait déduire « à première vue ».

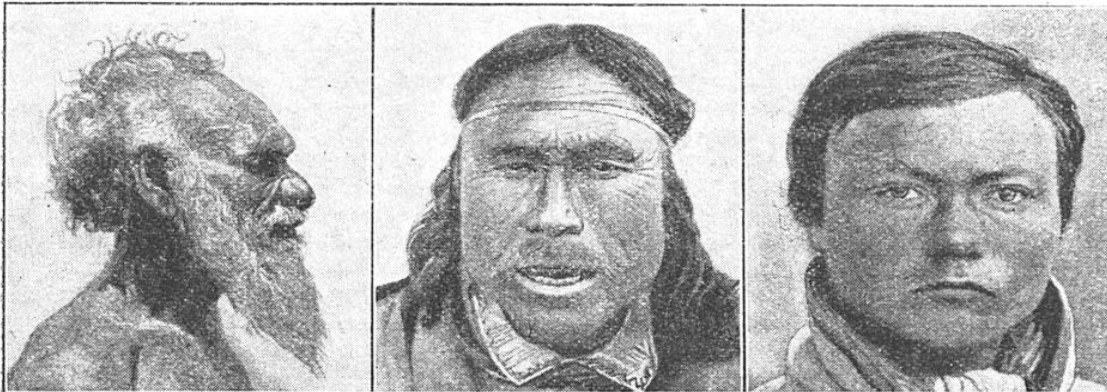


FIG. 10. — TROIS PROTOTYPES DE RACES « INFÉRIEURES » PRIS DANS CHACUN DES TROIS GROUPES : BLANC, JAUNE ET NOIR

Un Lapon blanc (à droite) n'est certes pas « dégénéré » au même titre que cet Australien noir (à gauche) ou que cet Esquimien jaune du Groenland oriental (au centre). Dégénérescence doit être entendu au sens de « stabilisation ». Plus le niveau de stabilisation est « primitif » et plus est marqué le « défaut d'évolution », ce que nous appelons du mot impropre (et même à contresens) de dégénérescence.

Le plus fameux, sinon le plus pédant de ces indices géométriques, est le *pourcentage du rapport* du « diamètre transverse de la tête » à son « diamètre antéro-postérieur » (1).

Sur cette base, on appelle :

Dolichocéphale, tout crâne d'indice inférieur à 77 ;

Mésocéphale, tout crâne d'indice compris entre 77 et 82 ;

Tous ces indices géométriques, et d'autres, prélevés sur le squelette entier, sont précieux, surtout en paléontologie : ils constituent, en effet, les seuls repères caractéristiques des races disparues, aux restes fossilisés.

Les parties molles du corps donnent également lieu à de curieuses constatations métriques. Savez-vous que Okamoto a trouvé comme longueur moyenne de l'intestin grêle :

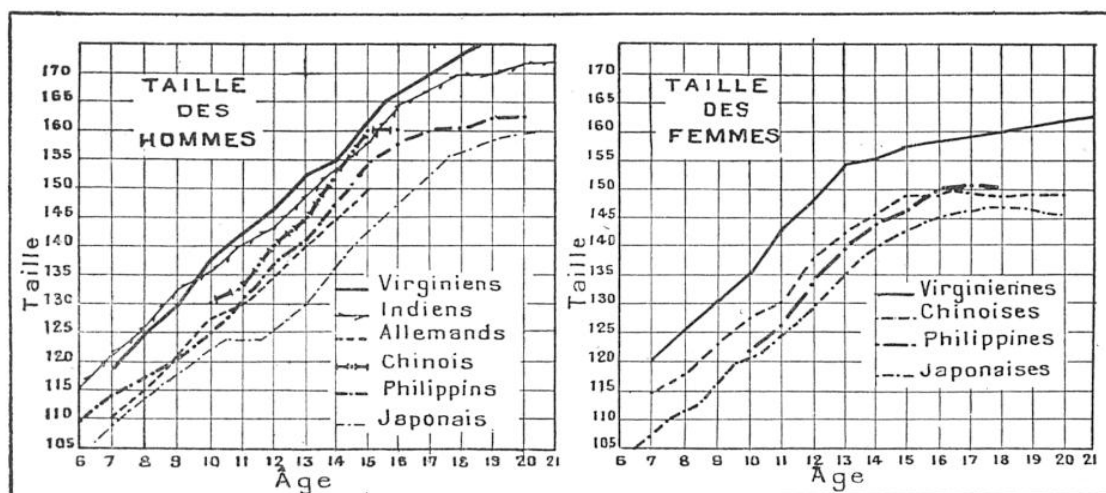


FIG. 11. — COURBES DE CROISSANCE DE QUELQUES RACES : A GAUCHE, HOMMES ; A DROITE, FEMMES. Ces vitesses de croissance (taille en ordonnées) en fonction de l'âge (en abscisses) constituent de curieuses précisions relatives, on le voit, à des habitants d'une contrée donnée, mais non à une « race » proprement dite.

Brachycéphale, tout crâne d'indice supérieur à 82 (2).

Ceci posé, le « dolichocéphale blond » nordique, cher à Arthur Gobineau, trouve un concurrent marqué dans les « dolichocéphales noirs » peuplant le Soudan et constituant la majorité raciale nègre. Tandis que les Lapons glaciaires le disputent, en brachycéphalie, aux Auvergnats de la douce France.

Mais l'indice céphalique ne suffit pas à caractériser un crâne. L'*indice facial* (rapport centésimal de la largeur de la face à sa hauteur) ; l'*indice nasal* (même rapport localisé au nez) ne sont pas moins caractéristiques — et même davantage puisqu'ils font intervenir le facteur géométrique de *similitude* par excellence qui est l'*angle* et non le rapport de mesures linéaires, son succédané.

(1) Cet indice céphalique se calcule ainsi :

$$I. C. = \frac{\text{diamètre transverse}}{\text{diamètre antéro-postérieur}} \times 100.$$

(2) *Dolichocéphale* veut dire à tête allongée ; *brachycéphale*, à tête courte ; *mésocéphale* qualifie les types intermédiaires.

777 mm chez 240 Japonais ; tandis que son collègue finnois Walleniers trouvait, sur 212 de ses compatriotes, une moyenne de 760 mm. Cent Chinois, examinés par Oppenheim, ont accusé une longueur moyenne de 747 mm, et 550 Américains blancs offrirent une moyenne de 630 mm, tandis que 144 Indiens, non moins Américains, ne dépassèrent pas 600 mm.

Le *gros intestin*, l'*appendice vermiforme* ont donné lieu à des mesures statistiques du même ordre, que l'on a rapportées à la taille.

Le *poids du foie* et celui de la *rate*, comparés entre Asiatiques et Européens, montre que nous sommes les plus lourds, ce qui n'est peut-être pas un motif d'orgueil.

Qu'a-t-on tiré *pratiquement* de ces indications et des précédents caractères pour classer les races ? La méthode des *corrélations* (1) peut et doit évidemment aboutir à des classements d'individus en fonction des mesures prises. Qu'est-ce que cela prouve ? Que, dans ces conditions, la « race » d'un individu dépend uniquement

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 243, page 197.

de la définition qu'on s'en est donnée lorsqu'on a choisi arbitrairement les mesures auxquelles on allait procéder.

Ah ! si l'on découvrait sur terre une île où se seraient conservés purs, durant des millénaires, divers types humains, leur définition raciale aurait un caractère « naturel ». Mais, justement, cela n'existe pas. Depuis longtemps, « tout le monde voyage ». Et, par « depuis longtemps », il faut entendre « depuis les époques préhistoriques ». Il faudrait beaucoup de crânes fossiles pour caractériser ces « races » humaines primitives — les plus proches de l'animalité — qui, seules, mériteraient « à la limite » le nom absolu de race, comme nous l'avons montré. Mais alors nous retrouvons l'espèce.

Caractères raciaux physiologiques

S'il est exact que le sang, ce « milieu interne » (Claude Bernard), conserve la plus haute mémoire de ses origines (René Quinton soutenait que celui des mammifères à sang chaud a gardé jusqu'à aujourd'hui la température, environ 37° C, de l'océan primaire ancestral), il est évident que le « groupe » sanguin des individus peut être considéré comme un témoin racial de première valeur. C'est le caractère le plus essentiel de l'être, son « chimisme » que nous atteignons là.

Nous avons déjà expliqué (1) ce qu'était la réaction d'agglutination par laquelle on détermine auquel des quatre groupes sanguins principaux appartient un individu. En dernière analyse, c'est des substances agglutinogènes contenues dans les globules rouges que dépend le phénomène d'agglutination. Il n'y a que deux agglutinogènes A et B qui peuvent être soit tous deux présents, soit tous deux absents, soit l'un présent et l'autre absent dans le sang d'un homme donné ; ce qui fournit bien quatre groupes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 118.

Deux savants français, L. et H. Hirsfeld, attachés au service médical de l'armée d'Orient, eurent, en 1916-1918, l'idée d'enregistrer statistiquement, en fonction de leur « race » (en réalité d'après leur nationalité !) la fréquence des agglutinogènes A et B chez les divers sujets dont ils eurent à connaître : *La fréquence, loin d'être constante, variait de manière très marquée.*

Ces travaux, datés de 1918, furent repris (1) et on a pu dégager des groupes ethniques sanguins bien caractérisés. Mais il y a de curieuses concordances qui ne s'expliquent guère : comment les Sénégalais seraient-ils apparentés aux indigènes de Sumatra ?

Quoi qu'il en soit, les groupes séroethniques apportent l'élément peut-être seul valable pour déterminer le degré de parenté « raciale » des individus humains.

Les ethnographes ont également étudié la physiologie comparée des races quant à leur métabolisme respiratoire et aussi leur métabolisme concernant des substances constitutives importantes telles que le

calcium ou le sucre. D'autres ont recherché des caractères raciaux dans la *régulation thermique* ou réaction de l'organisme au climat. Le nègre absorbe plus de chaleur que le blanc, mais il se refroidit plus vite. Heureusement ! Car on ne comprendrait pas, sans cela, que l'humanité noire habite sous le soleil tropical — les lois physiques d'absorption du rayonnement accuseraient la nature d'être paradoxale... Ce qu'elle n'est jamais.

Le temps de réaction du système nerveux, la force musculaire, la pathologie comparée des races ont été étudiés en tant que caractères raciaux — ainsi, du reste, que la fécondité et le sex-ratio, en tant que facteurs d'extinction ou de prolifération.

(1) Voir, à ce sujet, l'ouvrage *Les races humaines*, par P. Lester et J. Millot (A. Colin, édit.), auquel nous empruntons beaucoup de données techniques.

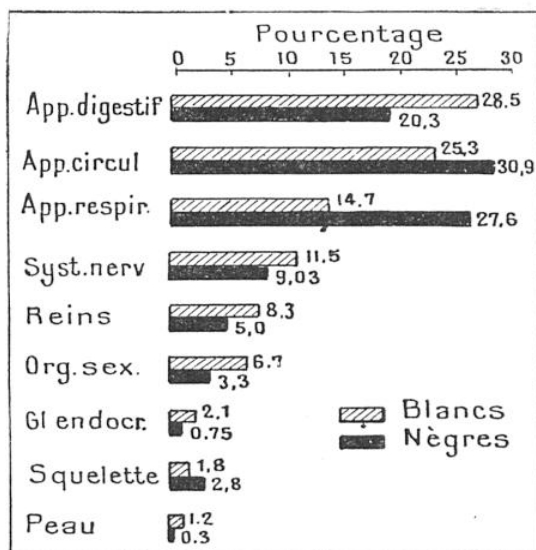


FIG. 12. — LA FRAGILITÉ COMPARÉE DE CERTAINS ORGANES CHEZ LES BLANCS ET LES NÈGRES

Cette curieuse statistique a été prélevée au Johns Hopkins Hospital (Etats-Unis). Elle se rapporte à la mortalité survenue en raison d'affections touchant les principaux organes, pour un même nombre de sujets soignés (blancs et nègres).

Tant d'éléments variés pour définir la race, cela ne prouve-t-il pas que la « race » d'un homme actuel est un caractère de plus en plus « individualisé » ; de moins en moins « isolable » en tant que type définitif d'un « groupe » ?

Née du conflit racial, la civilisation a transposé le conflit sur le plan spirituel.

On a écrit des volumes sur les races et la civilisation (1). Ce sont des échappatoires philosophiques au problème anthropologique proprement dit.

Pour nous, une conclusion est évidente, si l'on a pris son parti de ne pas mêler les diverses disciplines scientifiques. Ce n'est pas avec la mensuration des crânes, ni par les statistiques morphologiques ou physiologiques les plus ingénieuses qu'on remplacera jamais les données « sociologiques » spécifiques. La *sociologie* est une science qui domine la *biologie*, ainsi que la *psychologie* individuelle. Le problème de la civilisation fut et reste celui d'une *psychologie collective*.

Aussitôt, *par-dessus les facteurs* biologiques et géographiques dont l'examen est indispensable, il va sans dire (il n'y a pas de « purs esprits » ni d'individus, ni de peuples), la civilisation apparaît comme dirigée par : 1^o les religions ; 2^o les mœurs (donc les morales) et 3^o la technique s'épanouissant en science.

De ce point de vue, qu'apercevons-nous ?

Que, dans une agglomération ethnique de 360 millions d'habitants, l'Inde, la

(1) *Les races et la civilisation*, par Hankins (Payot, édit.).

religion a créé des *castes* avec 60 millions de *parias* « intouchables » aux yeux de leurs frères de race.

Que si la religion prêche, au contraire, l'égalité humaine (christianisme), cela donne la *civilisation occidentale*. C'est un fait historique, donc réel, donc scientifiquement vrai — avec cette confirmation que les scissions européennes les plus graves ont commencé avec les « guerres de religion », dont les premières ne sont pas celles de la Réforme. L'Occident s'est battu *défensivement* contre les Sarrasins et puis *offensivement* par les Croisades. La civilisation des Etats-Unis débute par le débarquement des pèlerins, proscrits religieux, du *May Flower* au xvii^e siècle.

Qu'aujourd'hui, le facteur religieux de « coordination » (*religio* = *religere*, relier) soit rompu en Occident, c'est, hélas ! un fait. Il faudra reconstituer probablement ce lien ou son équivalent pratique sur un plan nouveau, supérieur au dogme écrit. Et c'est précisément ce besoin de *renouvellement* du plus essentiel des facteurs « sociologiques » qui a donné naissance aux « idéologies » contemporaines, aussi absurdes que virulentes.

La seule réalité sociale tangible est maintenant devenue *économique* — donc liée au sol, elle aussi, à ses ressources et à la technique de ses habitants. Tel est le facteur matériel dont l'élucidation commandera désormais le maintien ou l'affaiblissement de la civilisation occidentale.

VICTOR JOUGLA

La capacité de production de l'Allemagne en sous-marins de divers tonnages peut être évaluée d'une manière assez précise en examinant, d'une part, le nombre de cales de construction disponibles, d'autre part, les possibilités des ateliers de construction mécanique spécialisés dans la construction des moteurs Diesel. En prévision du conflit actuel, et sans doute sur l'ordre de leur gouvernement, les chantiers allemands se sont efforcés, depuis le printemps de 1939, de maintenir le plus grand nombre possible de cales libres, afin, le cas échéant, de pouvoir procéder à la construction accélérée de bâtiments de guerre, en particulier de sous-marins. A la déclaration de guerre, sur un total de 95 cales, il s'en trouvait une cinquantaine disponible, ce qui autorisait la mise en chantier simultanée d'une centaine de sous-marins, à raison de deux unités par cale. La revue technique britannique *The Motorship*, qui donne ces chiffres, évalue à neuf mois la durée de construction d'un sous-marin de 750 t (type de haute mer). Sur ces bases, elle estime que, dès à présent, l'Allemagne peut sortir chaque mois 6 sous-marins de 500 à 750 t, ce chiffre devant être porté à 8 en avril prochain, 15 en juillet et 20 en décembre 1940, au fur et à mesure que de nouvelles cales deviendront libres. Quant à la question vitale des moteurs, le Reich a déployé pour la résoudre un effort industriel considérable. Les firmes spécialisées, Krupp, Deutz, M. A. N., etc., sont organisées pour la production en grande série de moteurs standardisés. Mais la marine allemande trouvera-t-elle aussi facilement les équipages nécessaires ? La formation des officiers et techniciens d'élite est certes plus ardue que la multiplication précipitée des coques et des moteurs.

L'OXYGÉNOTHÉRAPIE, TRAITEMENT SPECIFIQUE DE GUERRE

Par Jean LABADIÉ

Au Service de Santé de l'Armée, comme dans la pratique médicale civile, les méthodes spécialisées sont appelées logiquement à se multiplier. Des formations mobiles, comportant un matériel perfectionné, manipulé par des spécialistes en vue d'une tâche précise, doivent être équipées en conséquence. Dans ce domaine, l'oxygénothérapie vient tout récemment d'être reconnue indispensable, et ses services mobiles sont actuellement en voie d'organisation. Dans une récente communication faite à l'Académie de Médecine, le médecin-général Maisonnnet et le professeur Léon Binet ont exposé les principes adoptés à ce sujet par les Services de l'Armée, en même temps qu'ils ont annoncé leur mise en pratique sur les premiers camions destinés à dispenser l'oxygénothérapie aux blessés et gazés du front (1). Parallèlement, le ministre de la Santé publique décidait, de son côté, l'organisation de l'oxygénothérapie mobile par ses propres services et chargeait le docteur J.-M. Le Mée, chef de service à l'hôpital Necker, de constituer les centres et services mobiles de cette thérapeutique nouvelle. Voici, rationnellement exposées, les origines et la raison d'être de ce traitement par l'oxygène auquel la guerre est venue conférer un caractère d'urgence très spécial.

Qu'est-ce que l'« anoxémie » ?

EN quoi l'oxygène, facteur essentiel de la fonction respiratoire et, par conséquent, de la vie en ce qu'elle a de plus élémentaire, peut-il être considéré comme un médicament ?

Pour reconnaître les effets thérapeutiques de l'inhalation d'une atmosphère artificiellement « suroxygénée » — en quoi consiste l'oxygénothérapie, dans sa forme « respiratoire », la seule retenue aujourd'hui, d'un commun accord, par les cliniciens du monde entier — il nous faut exposer, en quelques mots, ce qu'il faut entendre par l'« anoxémie ».

Ce mot (étymologiquement : « privation d'oxygène ») que d'aucuns simplifient encore en celui d'*anoxie*, définit l'état pathologique auquel l'oxygénothérapie doit précisément remédier.

A proprement parler, l'*anoxémie* est un état d'asphyxie des tissus. Car si l'asphyxie, au sens courant du mot, est l'absence (ou l'entrave) de la respiration pulmonaire, il ne faut pas oublier que la respiration pulmonaire n'est que le « gros » phénomène macroscopique. Le phénomène physiologique réel intéresse, en fin de compte, les cellules tissulaires elles-mêmes. Et c'est la *respiration des tissus* qui demeure le fait essentiel à la vie.

Mais si la respiration des tissus est évidemment subordonnée à la respiration pul-

monaire normale, il ne s'ensuit pas que celle-ci, toujours nécessaire, soit toujours suffisante. Si, pour diverses causes (intoxication, choc opératoire, inaptitude du sang à fixer l'oxygène), les éléments tissulaires ne reçoivent pas leur ration d'oxygène, la respiration pulmonaire est impuissante à empêcher l'*anoxémie* des tissus.

Dans ces conditions, il est bien évident que le sang, véhicule naturel de l'oxygène pulmonaire, représente le « tissu » dont l'*anoxémie* plus ou moins prononcée entraîne l'asphyxie générale de l'organisme. Ce qui n'empêche pas tel tissu particulier d'être exposé à une « asphyxie locale » par suite d'accidents spécifiques (intoxication, choc opératoire).

Nous commençons à entrevoir ainsi la puissance de l'oxygène inhalé au-dessus de sa teneur atmosphérique normale — laquelle est d'environ 21 %.

Pour bien comprendre comment la suroxygénation peut et doit devenir une méthode thérapeutique, il nous faut rappeler encore quelques principes élémentaires concernant le transport de l'oxygène à travers l'organisme *par le sang* — et prendre connaissance des expériences indiquant les réactions de l'organisme vivant à l'excès ou à l'insuffisance de l'oxygène dans ce véhicule naturel. Nous utiliserons à cet effet, autant que notre métier de vulgarisateur le permet, l'ouvrage récemment présenté par le professeur Léon Binet, à l'Académie de Médecine : *L'anoxémie*

(1) Les trois premiers camions ont été construits avec l'aide financière de M^{me} Henry de Jouvenel.

et l'oxygénothérapie (1), ainsi que les articles publiés par le docteur J.-M. Le Mée.

La très grande complexité du problème de la « respiration »

Ceux de nos lecteurs qui ont lu l'étude parue, ici même, sur la *bioénergétique humaine* (2) connaissent ce qu'est le *quotient respiratoire*. Considérons le volume V de l'air inspiré et puis expiré. Le premier comporte un taux d'oxygène (O_2) évidemment supérieur au second, puisqu'une partie de l'oxygène atmosphérique a été retenue par le sang. Le second comporte un taux de gaz carbonique (CO_2) plus élevé que le premier, puisque les poumons ont restitué, à l'expiration, ce produit de la « combustion » énergétique de l'organisme. Le rapport en volume de CO_2 expiré à O_2 inspiré constitue le quotient en question.

Toute la chimie respiratoire réside dans l'étude de ce rapport. A première vue, elle paraît simple. En réalité, elle est des plus complexes.

L'organisme vivant est si peu assimilable à une machine physique qu'il prend toutes les initiatives nécessaires à son bon fonctionnement. Le physiologiste peut seulement étudier leur mécanisme afin de les aider, s'il en trouve le moyen.

Un physicien qui se bornerait à constater, d'après le quotient respiratoire, un fléchissement de l'absorption d'oxygène par la « machine vivante » penserait : il n'y a qu'à forcer le taux de l'oxygène dans l'atmosphère inspirée. Mais voici que les expériences effectuées par Paul Bert sur divers animaux, celles-là même qu'ont reprises le professeur Binet et ses collaborateurs en s'aidant des progrès acquis, montrent que l'excès d'oxygène, quand il est administré très longtemps, aboutit à l'asphyxie.

Inversement, le même physicien pourrait être tenté d'éliminer le gaz carbonique dans l'air inspiré afin de mieux assurer la combustion respiratoire. Malheureusement, une expérience non moins classique que les précédentes (Mosso) démontre que le départ de gaz carbonique dans l'air alvéolaire (atmosphère pulmonaire) et dans le sang (où il se dissout) aboutit à une autre forme d'asphyxie : l'*acapnie*. C'est que le gaz carbonique est l'excitant naturel du centre nerveux respiratoire (bulbe). En sorte que, dans le « mal des montagnes » (auquel sont d'abord exposés aujourd'hui les aviateurs), lequel n'est autre que ladite « acap-

nie », le premier remède à administrer est une inhalation de CO_2 , non d'oxygène — en réalité un mélange convenablement dosé de l'un et de l'autre. On a déjà dit que le gaz carbonique agissait sur le centre nerveux respiratoire à la manière dont les hormones (1) excitent, elles aussi, les divers centres organiques.

D'autre part, l'excès de CO_2 dans l'atmosphère respirée provoque la perturbation opposée : l'*hypercapnie* avec respiration oppressée parce que inefficace. L'*anoxémie* tissulaire est alors concomitante de l'*hypercapnie*.

Les réactions de l'organisme à la privation d'oxygène, à l'*anoxie*, sont très variées. Il se produit, en l'espèce, une réaction que permettrait de prévoir le principe si général de l'équilibre » (H. Le Chatelier) classique en physique et chimie : toute action tendant à provoquer un déséquilibre provoque une réaction tendant à rétablir l'équilibre.

En biologie, les réactions sont du même ordre, mais, cela va de soi, sur d'autres plans : physiologique et biochimique.

Physiologiquement, l'appauvrissement en oxygène de l'atmosphère respirée, provoque l'accélération du rythme respiratoire ainsi que des battements cardiaques. Telle est la façon dont l'organisme s'efforce de rétablir l'équilibre », c'est-à-dire le taux normal de ses échanges respiratoires. Inversement, l'enrichissement en oxygène provoque le ralentissement des deux fonctions circulatoire et respiratoire.

Si nous passons à la physiologie du tissu sanguin lui-même, les expériences conduites par le professeur Binet nous montrent que les *hématies* (globules rouges) croissent en nombre (le comptage se fait par mm^3) quand on raréfie l'oxygène inspiré — tandis que ce même nombre décroît pour une atmosphère enrichie. L'explication est, ici encore, rationnelle suivant la loi de l'équilibre transposée : les globules rouges sont constitués en presque totalité par l'hémoglobine dont l'oxydation au niveau pulmonaire et la réduction au niveau des tissus, constitue le véhicule chimique de l'oxygène dans le *circulus sanguin*. L'abondance d'oxygène rend donc inutile leur prolifération. Sa raréfaction provoque, tout au contraire, cette prolifération. Dans le premier cas, il y a « hypoglobulie » et « polyglobulie » dans le second.

Descendons encore plus profondément dans le phénomène vital, jusque sur le plan

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 214, page 301.

(1) Masson et C^{ie}, éditeurs, Paris.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 265, page 10.

« biochimique ». Ici, nous touchons aux phénomènes moléculaires et d'abord à l'état d'alcalinité du sang exactement mesuré, comme on sait, par le *pH* (1). Le gaz carbonique dissous dans le plasma sanguin se fixe proportionnellement à sa pression (c'est-à-dire à sa concentration dans ledit plasma) sur le carbonate de sodium contenu dans le sang, formant ainsi du bicarbonate. Si la concentration de CO_2 baisse dans

tion régulatrice de ce *pH*. Effectivement, pendant la respiration en air sous-oxygéné, les animaux expérimentés par le professeur Binet accusaient une baisse du CO_2 *plasmatiche*, baisse considérable capable de déterminer des troubles moteurs (*tétanie*).

Nous bornerons là ces aperçus ; ils suffisent pour montrer la complexité du problème de la respiration en atmosphère *suroxygénée*.

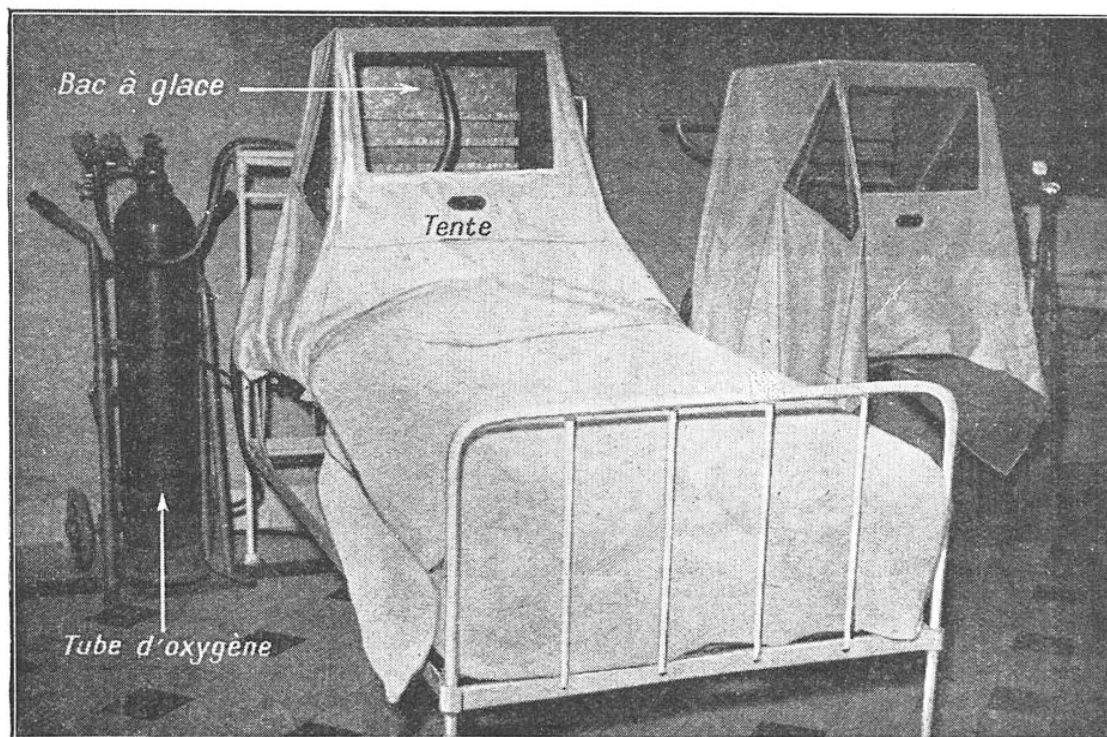


FIG. 1. — LA TENTE A OXYGÈNE DU PROFESSEUR BINET (HOPITAL NECKER) (50 525)

A gauche : l'obus à oxygène comprimé avec ses détenteurs classiques. Au centre : la tente mise en place sur le lit du malade. A droite : une tente prête à servir.

le sang, le bicarbonate se décompose à nouveau en carbonate, avec libération de gaz carbonique. Voilà donc un nouveau phénomène d'« isoéquilibre ». Tant et si bien que, l'alcalinité du sang (*pH*) dépendant de l'équilibre « bicarbonate $\rightleftharpoons$ carbonate », sa constance se trouve par là même suspendue à la teneur en CO_2 et, par suite, au *quotient respiratoire*.

Si l'on se souvient que la *constance du pH sanguin* reste, à très peu de dixièmes près, une condition *sine qua non* de la vie, on voit que la respiration peut être considérée comme étant, *avant tout*, une fonc-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95.

L'oxygénothérapie est le traitement tout indiqué contre les chocs post-opératoires et les intoxications par les gaz de combat, sans oublier les atteintes du poumon, par blessures ou par infections

Cependant, l'effet thérapeutique de cette dernière ne saurait faire l'objet du moindre doute. Seul le dosage en oxygène peut prêter à discussion — plus exactement à *étude clinique*, celle-ci ne pouvant être faite, en dernier ressort, que sur l'homme et dans un esprit strictement « médical », c'est-à-dire d'observation intelligente au-

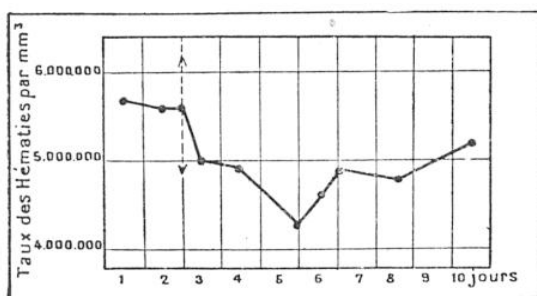


FIG. 2. — SURVIE D'UN COBAYE EN ATMOSPHÈRE SUROXYGÉNÉE A 60 %. TAUX DES HÉMATIES (GLOBULES ROUGES DU SANG)

tant que d'expérimentation méthodique.

L'expérimentation méthodique ne saurait comporter, en effet, qu'une sorte de sujets : les animaux. Cobayes, souris, lapins, oiseaux sont les témoins ordinaires de ce genre d'études. Aussi bien, les expériences de Binet ont-elles prélevé, par ce moyen, des repères de premier intérêt. Alors que Paul Bert étudia les effets de la suroxygénation et de la sousoxygénation en atmosphères comprimées (jusqu'à 5 atmosphères) ou déprimées (pour correspondre aux grandes altitudes, ainsi qu'il se pratique aujourd'hui même, à grande échelle, dans les caissons d'épreuve des aviateurs), le professeur Binet a surtout étudié les réactions des animaux à la teneur en oxygène d'une atmosphère respirée à 760 mm de mercure. En d'autres termes, la tension propre de l'oxygène figurant dans le mélange aérien normal étant de 159,6 mm de mercure (soit 20 %), l'expérimentateur

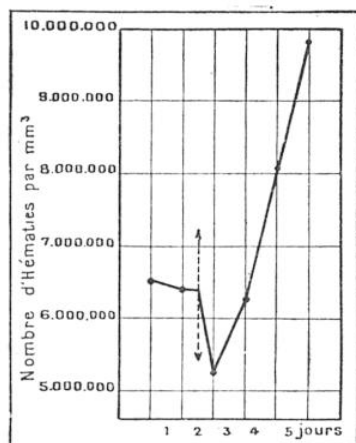


FIG. 3. — SURVIE D'UN COBAYE EN ATMOSPHÈRE SUROXYGÉNÉE AU MAXIMUM. TAUX DES HÉMATIES

faisait progressivement descendre cette tension en observant les *points de réaction* (diversifiés ainsi que nous l'avons montré) à l'*anoxémie*, croissante dans ces conditions.

Puis, opérant inversement, il suroxygénait l'atmosphère respirée (toujours à la

pression normale) jusqu'à porter sa teneur à 96 à 98 %. Les réactions correspondant à cette dose ont toutes accusé une véritable toxicité de l'oxygène quand l'inhalation est prolongée *des jours entiers*. La réaction hémato-logique d'un cobaye, par exemple, est assez curieuse : le nombre des hématies au mm³, après avoir décliné pendant deux jours et demi, de par la loi exposée plus haut, s'est mis à croître « en chandelle » jusqu'à monter à 10 000 000 (contre 6 500 000, chiffre normal) en fin d'expérience où l'animal est mort.

Au taux de 80 %, les souris blanches survivent durant plusieurs semaines.

A 60 % d'oxygène, un cobaye accuse un ralentissement respiratoire (fréquence 40 au lieu de 90 par minute), ainsi qu'une

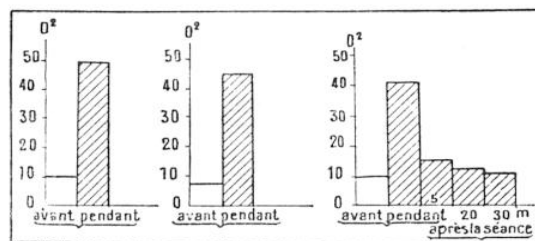


FIG. 4. — POURCENTAGE D'OXYGÈNE DANS L'AIR ALVÉOLAIRE DE PLUSIEURS MALADES AVANT, PENDANT ET APRÈS SÉJOUR DANS LA TENTE A OXYGÈNE

diminution des globules rouges (réaction normale) et l'*animal survit sans manifester aucun trouble pendant plus d'un mois*.

Ces résultats de laboratoire ont amené le professeur Binet à conclure que le taux de 60 % est indiqué dans un traitement d'*oxygénothérapie continue*. Il reste bien entendu — et tous les auteurs sont d'accord sur ce point — que la dose d'oxygène pur (à 95 et 98, voire 100 %) ne saurait être contre-indiquée comme traitement passager, notamment à basse pression dans les hautes altitudes aujourd'hui fréquentées par les aviateurs. A la suite de la catastrophe du *Zénith* (1875) où Croce-Spinelli et Sivel périrent, à 10 000 m d'altitude, pour n'avoir pu retenir, de leurs mains paralysées, la tubulure à oxygène, tandis que Tisandier survivait grâce à ladite tubulure, Paul Bert démontra effectivement l'innocuité de l'oxygène pur, inhalé dans ces conditions, passagères, ou à basse pression.

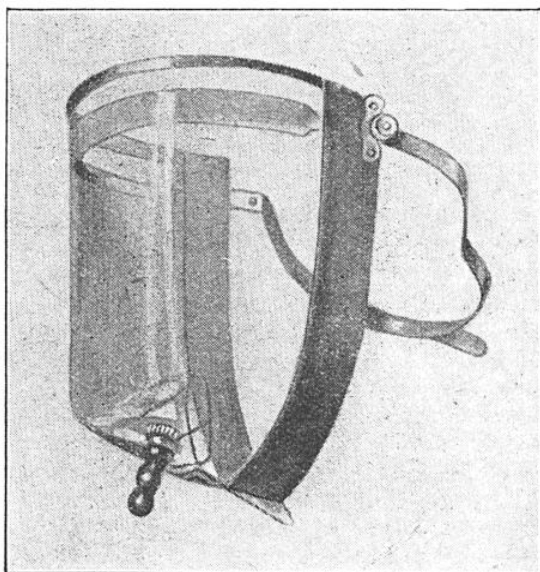
Un exemple particulièrement caractéristique de l'efficacité de l'oxygène pur est celui de la désintoxication des « asphyxiés » à l'*oxyde de carbone*. La cause de cette asphyxie

est que l'hémoglobine combinée à l'oxyde de carbone ne peut plus s'oxyder en « oxyhémoglobine », dans une atmosphère normalement oxygénée. Par contre, la suroxygénation très poussée (fût-ce à 100 %) parvient à déplacer l'oxyde de carbone et, par conséquent, à libérer l'hémoglobine en lui restituant sa fonction normale.

L'oxyde de carbone a été envisagé comme « gaz de combat », encore que sa faible densité le rende tactiquement peu efficace. Mais les troubles strictement « respiratoires » occasionnés par tous les autres gaz — les lésions étant mises à part — relèvent de semblable oxygénothérapie intensive.

Les chocs postopératoires (notamment en chirurgie crânienne) appellent également le secours de l'oxygénothérapie.

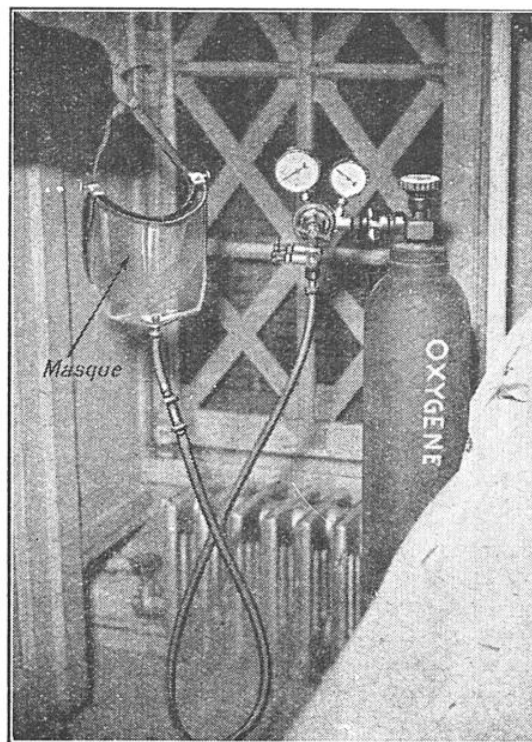
Ne parlons pas aujourd'hui des maladies ordinaires telles que la pneumonie, la broncho-pneumonie, les complications pulmonaires, les défaillances cardiaques, ou, encore, les simples affections respiratoires telles que l'œdème de la glotte, la laryngite diphtérique, l'œdème aigu du poumon, la bronchite capillaire, l'asthme suffocant. Tous ces maux relèvent de l'oxygénothérapie. Les circonstances présentes attirent surtout notre attention sur l'oxygénothé-



(50 527)

FIG. 5. — LE MASQUE A OXYGÈNE DU PROFESSEUR LÉON BINET

Le masque est conçu de telle manière que l'oxygène s'évade par l'interstice ménagé par l'applique frontale du masque (maintenue sans pression exagérée par la ligature supérieure sur le front du patient).



(50 526)

FIG. 6. — INSTALLATION DU MASQUE A OXYGÈNE DU PROFESSEUR BINET

On aperçoit (suspendu à gauche) le masque prêt à servir. À droite, l'obus à oxygène et ses deux manomètres indiquent : celui de droite, le volume d'oxygène encore disponible ; celui de gauche, la pression du courant gazeux envoyé au masque.

rapie appliquée aux « gazés » qu'il faut envisager comme pouvant être civils autant que militaires.

La mise en pratique de l'oxygénothérapie

Il va de soi que la respiration en atmosphère suroxygénée exige des équipements spéciaux et que les dispositifs essentiellement mobiles réclamés par les besoins de l'armée, doivent répondre à des conditions encore plus spéciales.

Un bref rappel historique montre que si, de nos jours, l'oxygénothérapie a acquis sa plus grande extension pratique aux États-Unis, où elle constitue, entre autres applications, une technique post-opératoire devenue absolument courante, cette méthode est véritablement née en France. Dès 1887, Brown-Sequard exposait, dans une lettre à A. d'Arsonval, sa conception d'une « chambre à oxygène » (que Charles Richet réalisa plus tard à l'hôpital Tenon). J.-P. Langlois montra, de son côté, tous les bien-

faits que l'oxygénothérapie pouvait apporter dans le traitement de la diphtérie.

Mais, dès l'apparition des gaz de combat, 1916-1918, les médecins belges et français Nolf, Legendre, Nicloux, etc., appliquèrent l'oxygénothérapie aux gazés, soit au moyen de *sondes nasales* (Nolf), soit au moyen de masques spéciaux. Ces dernières années, divers auteurs dans le domaine de la médecine civile, militaire, maritime, Magne, Dautrebande, Héderer, Cot, Genaud et d'autres encore ont imaginé d'ingénieux dispositifs oxygénothérapiques. Madeleine Bochet, assistante du professeur Binet, se spécialisa dans le traitement des nourrissons (bronchopneumonie) par la méthode de la « cloche à oxygène ».

Les dispositifs actuellement les plus utilisés sont : le masque et la tente.

Le masque à oxygène ne saurait ressembler ni au masque à gaz assurant la respiration en circuit fermé utilisé contre les gaz de combat, ni au masque respiratoire des salles de chirurgie. Il doit être léger et transparent de tous côtés, afin d'être aisément supporté par le malade, en cas de traitement prolongé : le malade doit « l'oublier », une fois qu'il en est affublé. C'est à ces conditions que répond le masque réalisé par le professeur Binet et M^{lle} Bochet. Nous en donnons (fig. 5) la photographie accompagnée d'une description détaillée. L'atmosphère intérieure au masque peut atteindre, avec un débit de 8 litres par minute, une concentration de 60 à 65 % en oxygène et de 1,4 % en gaz carbonique. Cet appareil semble répondre aux besoins de tout traitement d'urgence : il peut être utilisé instantanément en tous lieux.

La *tente à oxygène* est, au contraire, destinée aux traitements *de fond*, de durée

prolongée. Le modèle imaginé par le professeur Binet évoque la « conduite intérieure » d'un cabriolet (fig. 1). Le tissu imperméable est muni de larges fenêtres transparentes. La tente se dispose au chevet du malade, même à un lit-brancard, au moyen d'un cadre pliant réglable dans tous les sens. La capacité de la tente est réduite à la partie supérieure du corps du patient, afin d'éliminer le plus possible de la chaleur animale.

Une des conditions de réussite du traitement est le *bien-être* du patient. Il faut donc « climatiser » l'intérieur de la tente, c'est-à-dire rafraîchir l'atmosphère suroxygénée et assurer la condensation de l'humidité en excès. Le professeur Binet a obtenu cet effet par le moyen d'un *bac à glace* disposé à l'intérieur de la tente (fig. 7) de manière que le seul effet de détente de l'oxygène provenant de l'*obus-réservoir* assure la circulation-ventilation — sans pompe auxiliaire — en même temps que la réfrigération. Avec une dépense de 8 litres d'oxygène par minute, la ventilation d'air suroxygéné atteint 150 à 180 litres par minute, et l'atmosphère intérieure se trouve renouvelée 40 fois par heure. D'autre part, l'arrivée d'air frais est orientée par un manchon flexible pourvu d'une coquille orientable à la sortie de la trompe à gaz.

Données numériques observées dans une récente application : tandis que la température extérieure était de 19° 2, l'intérieur de la tente accusait 15° 5 au thermomètre sec et 11° 5 au thermomètre mouillé. Le degré hygrométrique restait inférieur à 60 %.

Naturellement, la température est réglable de manière à satisfaire à certains cas thérapeutiques spéciaux. Mais, en général, pour que la sensation de « respirer librement »

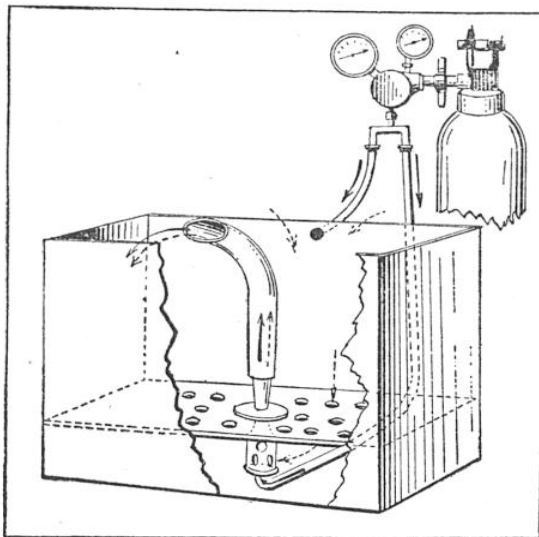


FIG. 7. — DISPOSITIF DE CONDITIONNEMENT DE L'ATMOSPHÈRE DE LA TENTE

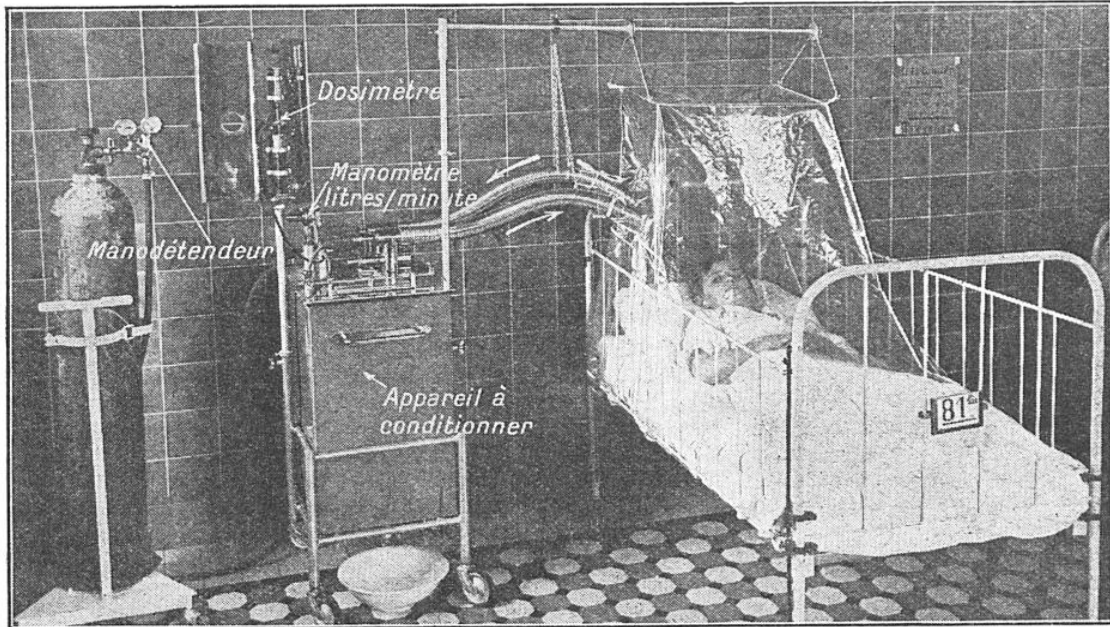
Le bac est divisé en deux compartiments par une cloison perforée. Le compartiment supérieur reçoit la charge de glace. Le manodétendeur de la bouteille d'oxygène est relié au bac par deux canalisations ; la première aboutit au raccord d'une trompe dans le compartiment inférieur. L'oxygène traverse à ce niveau un étroit pointeau et, par sa vitesse d'entraînement, produit un appel de l'air de la tente à travers toute la hauteur de la couche de glace. La canalisation supérieure fait pénétrer à volonté une partie du débit d'oxygène directement dans la tente sans réfrigération.

soit assurée au malade, il convient que la différence de température entre l'extérieur (contenant en principe la plus grande partie du corps) et l'intérieur soit de 4 à 5° C. C'est le principe même de la « cure d'air » en sanatorium, dans laquelle le malade, soigneusement enveloppé, respire librement l'air frais.

Reste à éliminer le gaz carbonique expiré par le malade. Certains modèles utilisent la *chaux sodée* comme absorbant de CO_2 . Mais il en résulte des émanations désa-

et Enfants-Malades, nous trouvons à l'essai comparé divers modèles d'appareils, les uns d'origine américaine, les autres construits en France, comme l'appareil de Le Mée et Louis Baudère (fig. 8).

Tous sont fondés sur le même principe, celui du « circuit fermé » qui permet d'utiliser tout l'oxygène fourni par la bouteille; d'où diminution de consommation; seul varie le dispositif destiné à éliminer la vapeur d'eau de la respiration et à régler la tempé-



(50 531)

FIG. 8. — INSTALLATION D'OXYGÉNOTHÉRAPIE DE LE MÉE ET BAUDÈRE

Le renouvellement du contenu gazeux de la tente est assuré, soit par le moteur-pompe, soit par la trompe à air. Le débit d'oxygène (de 4 à 12 litres par minute) et le pourcentage sont variables à volonté. La teneur en oxygène dans l'air de la tente est contrôlée par le dosimètre.

gréables, parfois contre-indiquées. Le professeur Binet élimine donc ce facteur d'absorption en se fiant au grand pouvoir de diffusion du gaz carbonique qui est 25 fois plus grand que celui de l'oxygène. Il suffit de ne pas imposer à la tente une étanchéité rigoureuse. La perte d'oxygène est négligeable.

Ces divers dispositifs ont pris place dans des automobiles, et récemment, le médecin général Maissonnet et le professeur Léon Binet présentaient à l'Académie de médecine une formation de huit camions à oxygène, actuellement sur le front de nos armées.

L'oxygénothérapie dans le service du docteur Le Mée

Si nous passons maintenant dans le service du docteur Le Mée, à l'hôpital Necker

rature, conditions indispensables, comme nous le disions plus haut, pour que le patient éprouve le bien-être nécessaire.

La « machine à oxygène » de Le Mée se compose de trois parties : une tente ou cellule dans laquelle se trouve le malade, un appareil à conditionner et une bouteille d'oxygène.

La cellule a une contenance de 200 litres. Elle peut être en toile caoutchoutée, mais considérant que les toiles caoutchoutées sont d'un prix prohibitif (le caoutchouc est une matière réquisitionnée en premier rang par temps de guerre), le docteur Le Mée a imaginé de faire confectionner des tentes cellulaires en « pliofilm », matière peu coûteuse, légère, transparente et souple, avec laquelle on confectionne aujourd'hui para-

pluies et imperméables-libellules. Sous un tel abri, le patient n'a plus aucune sensation d'isolement.

D'autre part, quand le traitement individuel d'un malade est terminé, au lieu d'avoir à « désinfecter », comme il est nécessaire, mais difficile, pour les tentes en toile caoutchoutée, la cellule en pliofilm est simplement brûlée. Son prix économique l'autorise.

La bouteille d'oxygène est celle communément employée dans l'industrie avec son mano-détendeur: un premier manomètre indique par sa chute continue la masse de gaz utile demeurant en réserve; un deuxième indique le taux de la détente par laquelle l'oxygène se transvase de l'obus à la machine.

L'appareil à conditionner est un coffre métallique divisé en deux compartiments: l'un est une glacière à double paroi, l'autre contient à sa partie supérieure des paniers-filtres pour chaux sodée, sels de silice ou charbons activés aux gaz toxiques, en particulier aux gaz de guerre, et à sa partie inférieure un moteur-pompe, genre ventilateur ordinaire.

Deux gros tuyaux de caoutchouc plissés en accordéon le relient à la cellule.

Le fonctionnement de la machine à oxygène est très simple: grâce au moteur-pompe, le contenu gazeux de la cellule qui est aspiré, passe à travers les paniers-filtres, arrive à la partie inférieure de la glacière qu'il parcourt en entier, se débarras-

sant de son excès de gaz carbonique et de la vapeur d'eau, comme dans la machine de Barach-Thurston employée à l'Hôpital Américain de Paris, pour aboutir, refroidi, à la partie supérieure où se trouve le tube d'arrivée d'oxygène pur.

Le mélange est alors envoyé dans la cellule par le deuxième tuyau de caoutchouc.

La quantité d'oxygène en « litres par minute » se règle par la vis du manomètre qui est fixé sur le couvercle de l'appareil, de même que la vitesse de la ventilation dépend du rhéostat annexé au groupe moto-pompe. En cas de panne de ce dernier ou d'absence de source électrique, la ventilation est assurée automatiquement par l'arrivée de l'oxygène dans un petit cylindre de métal jouant le rôle d'une trompe à air. C'était uniquement ce mode d'aspiration qui était employé lors des premiers essais, mais le docteur Le Mée

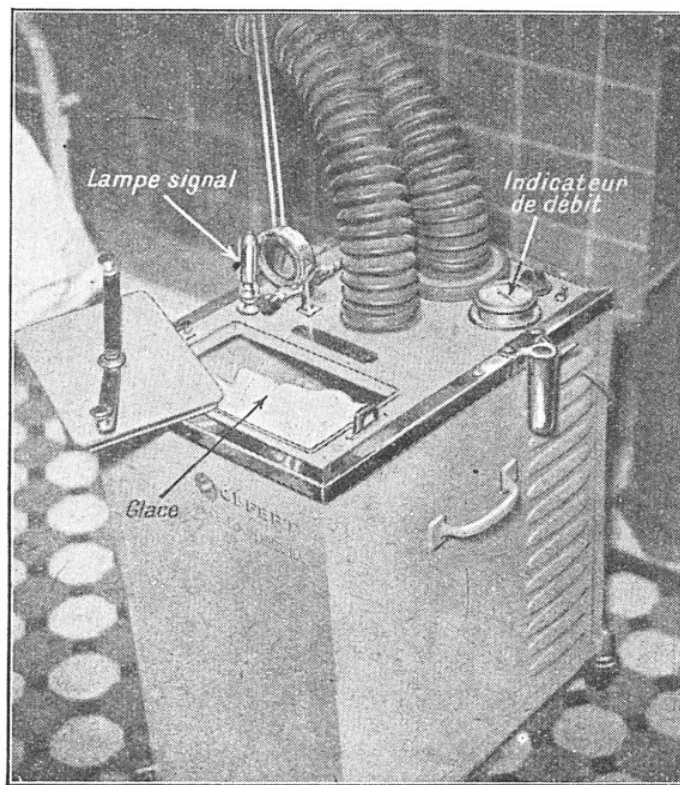


FIG. 9. — LA MACHINE A OXYGÈNE DU SERVICE LE MÉE
On aperçoit ici l'ouverture supérieure de la machine à oxygène qui permet son garnissage en glace. Le cadran horizontal indique le débit. A gauche, près des tubulures d'entrée et de sortie, une lampe-signal dont le fonctionnement indique l'arrêt éventuel de la distribution gazeuse.

et ses collaborateurs le considèrent maintenant comme un moyen de secours, car ils se sont aperçus que le renouvellement d'air doit varier de vitesse suivant les cas cliniques et le degré de la température extérieure.

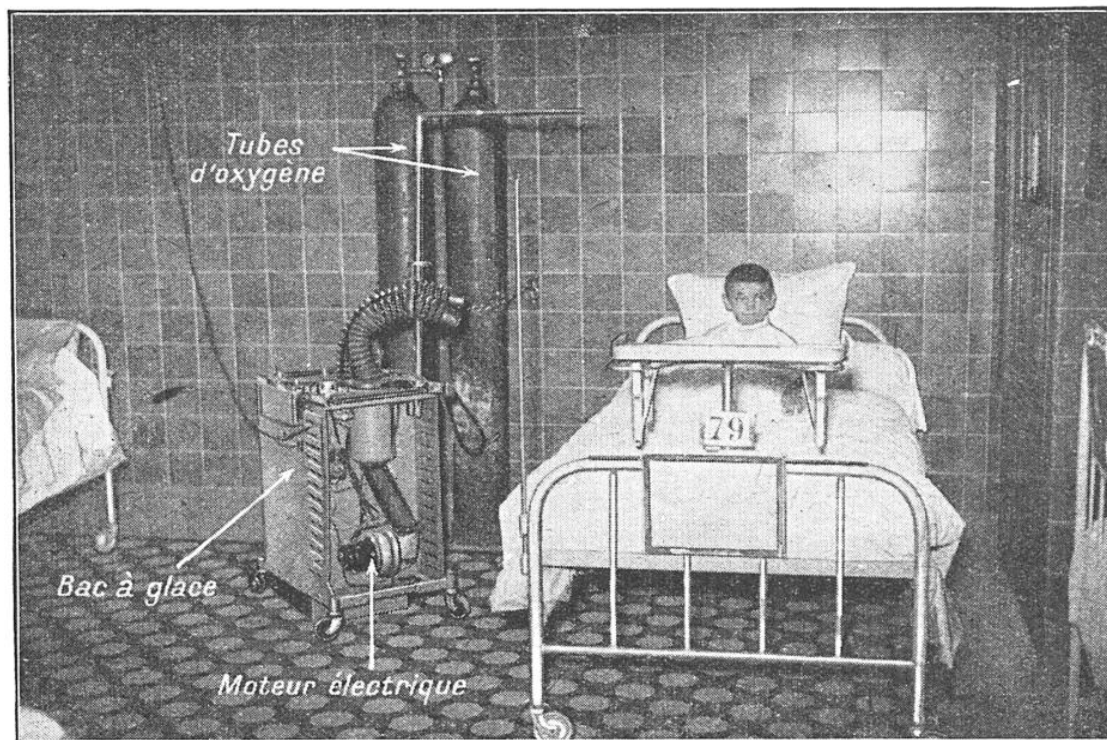
Quelles que soient les variantes, la machine à oxygène, par son étanchéité, permet d'obtenir à volonté le taux de concentration désiré jusqu'à 95 % et un *dosimètre*, fixé à l'appareil, donne à tout instant le pourcentage de l'oxygène dans l'air de la cellule.

Une autre de ces installations fixes est

celle créée par Mac Lure, au Ford Hospital, à Detroit (E.-U.). L'appareil à oxygène de Mac Lure se compose essentiellement d'un évaporateur d'oxygène liquide ; celui-ci est versé dans une bouteille métallique à double paroi, genre thermos (fig. 13).

Cette manipulation est encore inconnue en France, malgré que notre pays soit celui

reculer les techniciens — malgré l'exemple donné par Georges Claude lui-même — cela peut se défendre. Mais ni l'oxygène, ni l'air liquide ne sont en eux-mêmes dangereux. Par contre, leur immense avantage est de représenter des masses gazeuses incommensurablement plus grandes que celles dont sont capables les cylindres-obus,



(50 524)

FIG. 10. — UNE DES MACHINES A OXYGÈNE UTILISÉE DANS LE SERVICE DU DOCTEUR LE MÉE (HOPITAL NECKER)

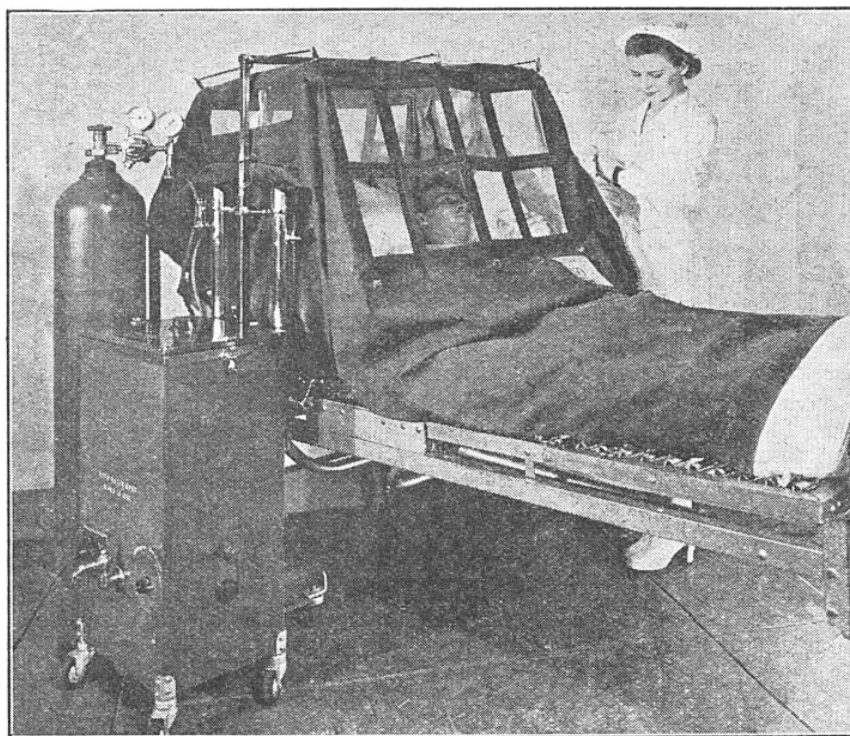
La machine est présentée ici du côté du moteur électrique (visible au bas). L'oxygène détendu, provenant des obus verticaux (accolés au mur), passe par un réfrigérant à glace, est refoulé dans l'une des deux conduites souples aboutissant à la tente recouvrant le lit du malade (non figurée ici). L'autre conduite ramène l'atmosphère viciée dans la machine où le gaz carbonique est absorbé et dissous dans l'eau de fusion de la glace. La tente peut être conçue soit en toile caoutchoutée avec fenêtres de celluloid, soit en forme de pavillon entièrement transparent (en pliofilm), ainsi que le préconise le docteur Le Mée.

où Georges Claude a créé l'industrie de l'air liquide. C'est regrettable, car, transportés par citernes, l'air et l'oxygène liquides subissent des déperditions d'évaporation bien moins importantes que dans un transport par faibles quantités. On se souvient qu'au cours de la précédente guerre, Georges Claude avait imaginé, créé et expérimenté des bombes composées de charbon pulvérisé mélangé à de l'oxygène liquide, ce qui mettait un explosif d'une puissance terrible au service de notre aviation. Que la manipulation d'un tel mélange ait fait

fussent-ils comprimés à 200 kg/cm². La condition idéale de l'oxygénothérapie serait, en effet, que l'oxygène n'eût pas à être économisé.

L'oxygénothérapie pose encore bien des problèmes

Ainsi que nous venons de le voir, si l'oxygénothérapie n'a pas encore acquis, en France, la grande popularité dont elle jouit dans certaines cliniques américaines, on ne saurait dire ni que le problème a échappé à nos cliniciens, ni que ceux-ci aient manqué



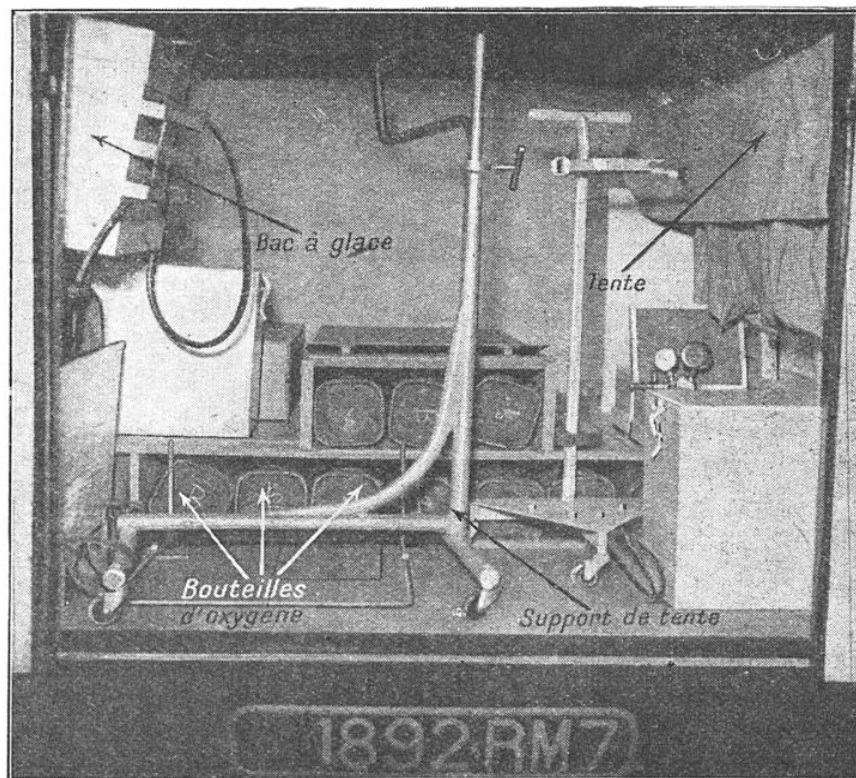
(50 532)

FIG. 11. — APPAREIL DE TRAITEMENT PAR INHALATION D'OXYGÈNE DU DOCTEUR A. L. BARACH (BARACH-THURSTON OXYGENATENT) EMPLOYÉ A L'HOPITAL AMÉRICAIN DE PARIS

d'initiative pour la mise en marche de cette technique thérapeutique.

Peut-être la pratique clinique de l'oxygénothérapie a-t-elle donné aux praticiens américains une assurance que nous n'avons pas quant aux dosages. L'oxygénothé-

FIG. 12. — L'INTÉRIEUR D'UNE VOITURE A OXYGÉNOTHÉRAPIE CONTENANT TOUT L'ATTIRAIL NÉCESSAIRE POUR MONTER UNE TENTE A OXYGÉNOTHÉRAPIE



(50530)

rapie à 100 % est fréquente aux Etats-Unis. En France, on conseille volontiers un *traitement d'assaut* avec un taux d'oxygène élevé et un *traitement d'entretien* avec 60 %.

Ainsi que le professeur Binet le fait observer au début de son étude sur l'anoxémie, l'oxygénothérapie est avant tout « un problème de clinique : elle exige une attention médicale et elle appelle l'interprétation d'un esprit médical ». C'est donc la clinique et non le laboratoire qui peut décider des doses.

La variation des doses dites « toxi-

ques » avec les diverses espèces animales n'est-elle pas un signe d'incertitude quant à ce qui est possible et ce qui ne l'est pas, dans un traitement humain? Le point d'intoxication à l'oxygène est de 40 % pour les chats, mais de 70 % chez les lapins. C'est pourquoi, loin de conclure de l'animal à l'homme, le docteur Evans ne craint pas de préconiser des taux élevés à l'homme, surtout en cas d'asphyxie, pouvant aller à 100 % d'oxygène.

« L'extension de la méthode peut seule trancher la question des concentrations, par la multiplicité des observations cliniques », écrit notamment à ce propos le docteur Le Mée au sujet du masque de Boothby, Lovelace et Bulbulian (mask B. L. B.) qu'il expérimente depuis quelque temps et qui permet d'atteindre des concentrations de 95 et de 100 %. Les travaux qui viennent d'être publiés aux Etats-Unis montrent que ce haut pourcentage est indiqué dans les états de choc, dans le traitement des plaies gangréneuses et comme complément dans les cas de transfusion de sang conservé. Il peut être également d'un grand secours en chirurgie abdominale ; en voici un exemple typique : un intestin frappé d'occlusion est littéralement « asphyxié » au niveau de l'occlusion. Le chirurgien, qui ouvre l'abdomen, se trouve en présence d'un tissu « cyanosé » (1) dont l'aspect est celui d'une

(1) Le mot cyanosé est classiquement employé pour désigner l'asphyxie cellulaire, par analogie

« feuille morte ». Cette asphyxie locale est-elle irrémédiable? En d'autres termes, faut-il sacrifier cette « tranche » du tube intestinal comme étant incapable de retourner à la vie normale? La décision est grave. Avant de la prendre, le chirurgien va faire subir une « respiration artificielle » forcée, au tissu examiné. Pour cela, il fait donner à l'opéré, pendant trois à quatre minutes, une dose

d'oxygène à 100 %. Pour peu que la circulation sanguine soit encore « possible » dans le tissu cyanosé, celui-ci, devant l'apport intensif d'oxygène (par le sang lui-même suroxygéné grâce à l'inhalation pulmonaire) reprend sa couleur naturelle, rosâtre. Il est encore vivant ! Le chirurgien n'opérera pas la résection. Si le test était négatif, la résection, tout au contraire, serait indiquée : le tissu enlevé ne pouvait, en aucun cas, reprendre vie. Son « asphyxie » était définitive.

Si la physiologie a fort bien dépisté la fonction du gaz carbonique et le rôle du pH dans les échanges respiratoires, il n'est que trop évident que, jusqu'à présent, le rôle de l'azote lui échappe. Il est de plus en plus probable que l'azote atmosphérique n'est pas un gaz inactif, dans les échanges respiratoires. Un « catalyseur » ? a-t-on déjà avancé. L'avenir le dira...

A égale distance de la témérité comme de la timidité, nos grands spécialistes doivent aller de l'avant.

JEAN LABADIÉ.

avec l'effet toxique du cyanure qui, lui aussi tue l'organisme par asphyxie des cellules. (Paul Bert).

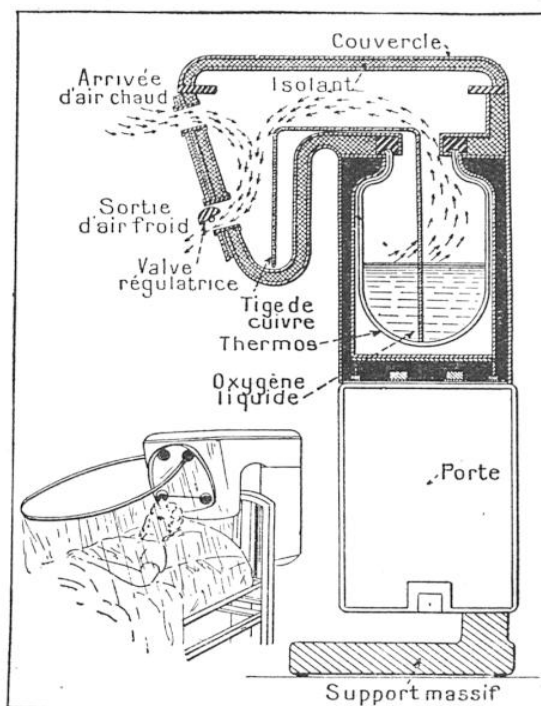


FIG. 13. — LA MACHINE A OXYGÈNE LIQUIDE DE MAC LURE (FORD HOSPITAL DE DETROIT)

La machine utilise audacieusement l'oxygène à l'état liquide, dont l'hôpital est approvisionné tous les jours. Elle se compose d'un vaste récipient calorifugé (vase à double paroi argentée du type « thermos »), enfermé dans un caisson hermétique dont la porte de fermeture (type frigidaire) assure encore l'étanchéité par pression du col du thermos sur une collerette de caoutchouc. L'évaporation du liquide fournit une atmosphère relativement froide qui descend par le seul effet de densité, à travers une valve réglable, dans l'enceinte respiratoire du malade, tandis que l'air respiré, chaud et chargé de vapeurs (eau + gaz carbonique) monte et rentre dans l'antichambre supérieure de la machine où il se mélange aux gaz évaporés. L'eau et le gaz carbonique se condensent et même se gèlent dans la rigole inférieure, et la circulation continue ainsi jusqu'à épuisement de la provision d'« oxygène+air » liquides. L'ensemble, monté sur un lourd support à roulettes, s'adapte quasi instantanément à n'importe quel lit de la salle de traitement.

CANONS ET PROJECTILES ETRANGES

Par Paul CHAVILLE

Chaque guerre voit surgir les projets les plus étranges, que leurs inventeurs croient, généralement, être « nouveaux ». Or, la nouveauté, dans le domaine de l'artillerie, est chose peu courante. D'ailleurs, le progrès résulte, avant tout, d'efforts continus et persévérants, et il est rare qu'une idée plus ou moins originale donne, immédiatement, des résultats tangibles. Lorsqu'on relit l'histoire de l'artillerie, on voit que toutes les commissions, chargées d'examiner les « inventions » qui leur étaient soumises, les ont classées, plus ou moins explicitement, en inventions « à faire », et « à ne pas faire » ; ces expressions — particulièrement typiques — sont celles qu'employait, à la fin de la dernière guerre, le major général américain W. Black (1), en passant en revue, lors d'une conférence, un certain nombre d'inventions. Sauf quelques rares exceptions, les catégories de canons et projectiles examinés au cours du présent article rentrent dans la catégorie des « inventions à ne pas faire », car le problème a déjà été soigneusement étudié, sous toutes ses formes, par des spécialistes ; et l'intérêt pratique ne saurait rebondir que si des moyens véritablement inédits de réalisation venaient bouleverser leurs conclusions.

AVANT de décrire un certain nombre de canons et projectiles étranges, il est une remarque qu'il importe de faire : c'est que, dans la majorité des cas — et sauf lorsque leurs auteurs étaient de véritables génies — ces « inventions » s'inspiraient elles-mêmes d'autres découvertes, généralement assez récentes, et sur lesquelles s'était portée toute l'attention des chercheurs. Ainsi, ce fut au XIX^e siècle — siècle de la vapeur et de l'électricité — qu'on voulut surtout construire soit le canon électrique, soit le canon à expansion de fluide.

L'utilisation de toute « force » nouvelle fait naître des espoirs ; or, le problème balistique n'est pas seulement un problème de force, mais encore un problème de « puissance », ce qui est tout différent. Par exemple, avant de remplacer un canon de 155 actuel par un canon fondé sur un autre principe, il faut voir si le moyen mis en œuvre permet de développer

(1) Conférence faite le 27 Juin 1918 à l'Américain Institute of electrical engineers.

une puissance de 14 000 ch ou de 10 000 kW... sans tenir compte des pertes inévitables, dues, en grande partie, aux frottements de toute nature ; abordant la question sous cet angle, il est assez rare qu'on n'ait pas vite des déceptions lorsqu'on essaie de « chiffrer » les prévisions.

Quant aux projectiles, un grand nombre de lois générales, telles que les lois de résistance de l'air, sont maintenant suffisamment bien connues pour qu'on puisse rejeter *a priori* toute invention qui n'en tiendrait aucun compte.

Par ailleurs, ce serait une grave erreur de vouloir traiter d'une façon entièrement séparée les problèmes qui concernent le projectile et le canon ; et, contrairement à ce qu'on pourrait croire, c'est souvent par l'étude du projectile (et non par l'étude du canon) qu'il convient de commencer. Ceci vient, avant tout, de ce que le canon n'est pas un « instrument » destiné à produire principalement un effet moral. Le canon est un instrument à « tuer » ou à « défoncer »,

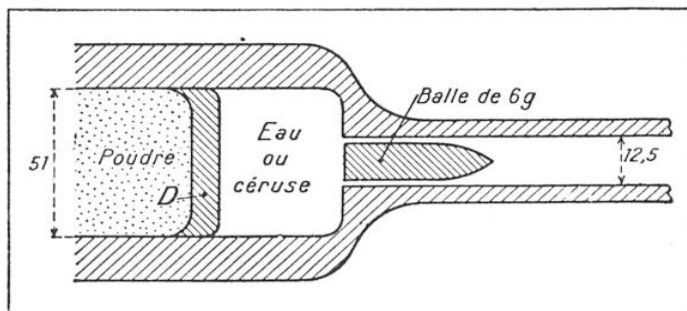


FIG. 1. — SCHÉMA DU CANON DE ÉDOUARD HAYLE

Les gaz provenant de la combustion de la poudre doivent chasser vers l'avant le diaphragme D, lequel comprime l'eau ou la cêruse. Avec 180 g de poudre de chasse, la vitesse de la cêruse serait de 280 m/s, ce qui correspondrait à une vitesse initiale de la balle de 4 500 m/s !

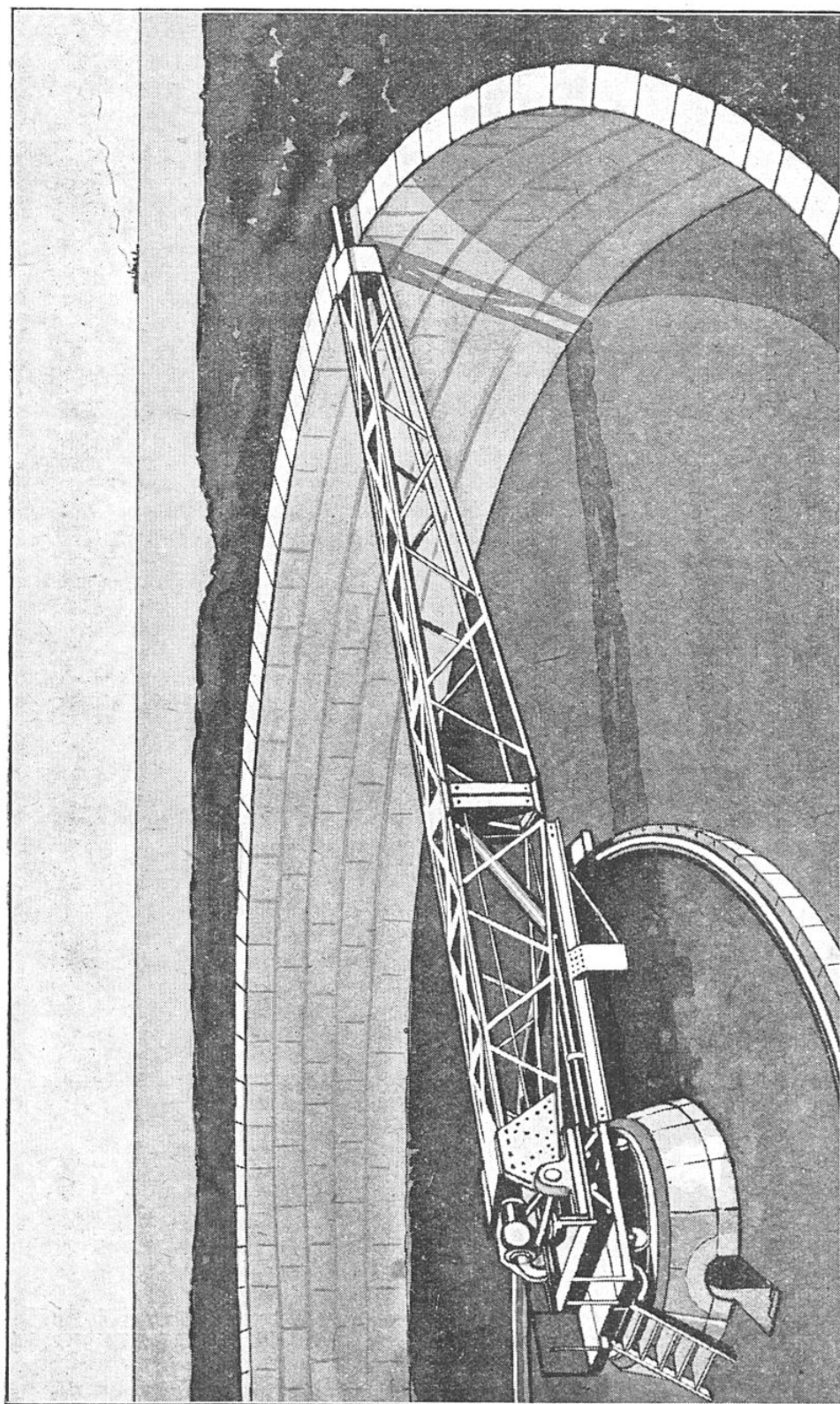


FIG. 2. — LE PREMIER MODÈLE DU CANON AMÉRICAIN A AIR COMPRIMÉ ZALINSKI POUR LA DÉFENSE DES CÔTES, MONTÉ SUR POUTRE ARMÉE. Ce canon était en fer forgé à parois minces du calibre 203 mm et mesurait 18 mètres de long. Il communiquait par un tuyau avec un réservoir d'air comprimé d'une contenance de 4 m³. La valve d'admission, commandée par un levier, se refermait automatiquement avant que le projectile fût sorti de l'arme. Suivant la portée que l'on voulait donner au projectile, on admettait à volonté plus ou moins d'air dans le tube. La portée limite avec un projectile pesant 63 kg, était de 3 700 mètres. La vitesse du tir était d'un coup par minute.

et c'est le projectile qui remplit ce but. Or le projectile ne doit pas se mouvoir ni tomber « au hasard » ; à l'arrivée, il doit exploser au moment précis voulu et avec le maximum d'effets. Combien de projectiles « étranges » ont été (et seront toujours !) incapables de donner une satisfaction suffisante à cet égard ! Ils se trouvent donc condamnés d'avance à être abandonnés.

Les canons « à eau »

S'il est un fluide qui paraît peu apte à exercer brusquement, par expansion, une pression élevée, c'est bien l'eau, ou les liquides analogues ; d'ailleurs, on considère souvent l'eau comme pratiquement incompressible. Cependant, lorsqu'on réalise des « autofrettages » de bouches à feu (1), on est bien obligé de changer d'avis ; on constate également que la décompression rapide des gaz dissous est susceptible de produire des effets d'explosion. Aussi, nous fondant sur ces principes, nous avons réalisé, en 1920,

un petit canon à eau. Fonctionnant sous 8 000 kg/cm² de pression, il pouvait projeter de petits projectiles, en forme de capsule, capables de pénétrer dans des pièces de bois voisines à des profondeurs de 3 à 5 cm. Bien entendu, il s'agissait là, en quelque sorte, d'une expérience de laboratoire ; car, même si des effets plus puissants étaient possibles, il n'en demeurerait pas moins que des installations importantes (comme celles qui servent aux autofrettages) seraient à peine concevables pour des canons « siège et place »... et non pour des canons de campagne.

Dans un ordre d'idées un peu différent, avec des possibilités d'application théoriques plus grandes, l'ingénieur anglais Ed. Hayle a proposé, en 1900, un système de canon « mixte », comprenant : d'une

(1) L'autofrettage est un procédé de traitement qui permet d'obtenir un tube de canon où les diverses couches du métal se superposent automatiquement, de sorte que le tube est constitué par un nombre très grand d'éléments très minces travaillant chacun au taux maximum. C'est le procédé conférant au tube la plus grande résistance. (Voir *La Science et la Vie*, n° 221, page 367).

part, la déflagration d'une charge de poudre suivant les procédés ordinaires ; d'autre part, un système de presse hydraulique, le projectile se trouvant jouer le rôle de « piston » du côté de la pression maximum (voir fig. 1). La vitesse de déplacement du projectile doit être, par rapport à la vitesse de l'eau, dans le rapport inverse des carrés des diamètres ; c'est-à-dire, si l'on adopte les cotes indiquées par l'inventeur, 16 fois plus grande. Ed. Hayle a prétendu, avec un canon de 1,50 m de longueur, et du calibre de 12,5 mm, avoir traversé une plaque de tôle de 10 mm, placée à 2,40 m ; dans cette expérience, l'eau était remplacée par de la céruse. Cependant, malgré ces résultats, nous n'avons pas trouvé trace d'essais ultérieurs de ce genre.

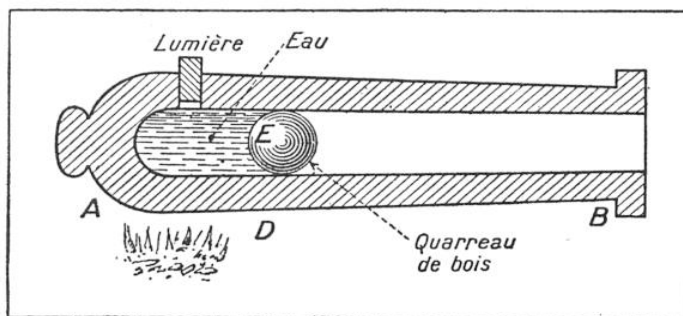


FIG. 3. — COUPE DU CANON A EAU DE RIVAULT (1608)

Les canons pneumatiques

Le canon pneumatique a connu des heures plus glorieuses, il y a une cinquantaine d'années. En 1885, M. Zaliniski construisit un 203 mm, en fer forgé de 3 mm, garni entièrement d'un cylindre de laiton de même épaisseur (fig. 2). Son poids était de 2 t, sa longueur de 18 m. L'affût et le châssis pesaient 17 t. Le réservoir à air comprimé était de 4 m³. Ce canon lançait un projectile cylindro-conique, en cuivre mince, muni d'une queue à hélice, pesant 63 kg, et pouvant contenir jusqu'à 45 kg de gélatine explosive. De nombreux tirs furent effectués ; les plus réussis donnèrent 3 700 m de portée, sous l'angle de 33°, avec 70 kg/cm² de pression : ce n'était pas particulièrement sensationnel. Mais, le 20 septembre 1887, un vieux schooner en bois, le *Sullivan*, placé à 1 700 m de la côte, fut détruit en quatre coups de canons. Il n'en fallut pas davantage pour que toutes les gazettes du monde commentent l'événement, et que les gouvernements s'en émeuvent. Immédiatement, les Etats-Unis mirent en commande un contre-torpilleur avec 3 canons pneumatiques de 15 pouces (379 mm), et l'Italie envisagea de mettre un canon analogue dans les fortifications de Spezia. Cependant, lorsque les nouveaux essais faits en Amérique, au fort Hamilton, ne purent donner

que 1 600 m de portée à un projectile de 241 kg... le canon pneumatique Zalinski fut abandonné.

A la même époque, M. Mekarski, ingénieur civil à Nantes, et créateur des tramways à air comprimé, voulut faire un canon composite : l'air comprimé aurait été envoyé dans la chambre à poudre, au départ du coup d'un canon tirant par les procédés ordinaires. « L'air, disait-il, agirait comme tampon de choc pour limiter la pression développée, et il rendrait, plus tard, l'énergie produite, en y ajoutant la sienne. » Le système était théoriquement transportable, puisqu'il fallait moins d'air comprimé que dans le système purement pneumatique ; des récipients chargés à l'avance auraient suffi. Cependant, le système Mekarski ne vit pas le jour.

L'étude théorique du système « pneumatique », en général, a été faite en France en 1889. Elle a montré qu'on devrait, avec un canon de 30 calibres (1), arriver à lancer un projectile de 6 calibres, à 7 à 9 km de portée. La pression de tir serait relativement faible : donc les obus pourraient être à paroi mince et fortement chargés en explosifs. Mais ne fait-on pas au moins aussi bien, par les procédés ordinaires, sans chercher à emmener des installations qui devraient comprimer l'air à 1 000 atmosphères, à raison de plus de 200 litres à l'heure ?

Les canons à vapeur

Le canon à vapeur est un vénérable ancêtre... si, du moins, nous en croyons Léonard de Vinci, qui décrivit un canon *architonitro*, inspiré, disait-il, d'Archimède. L'idée, cependant, n'était pas tellement répandue puisque, en 1608, David Rivault de Flurance énonçait un « théorème », comportant démonstration faite suivant toutes les règles :

« ... *Théorème XV* : Avec de pure eau, on peut faire tirer un canon.

« *Hypothèse* : Soit le canon *AB* (fig. 3) qui soit rempli d'eau depuis *A* jusques en *D* (il faut bien fermer le trou de lumière) sur laquelle soit coulé un quarré de bois *E*, qui soit bien du calibre du canon, sans qu'il y aye aucun vent ny jour. Soit après mis le bout du canon *AD* au feu, tant que *AD* s'eschauffe, et l'eau qui est dedans.

« *Conclusion* : Je dis que le canon tirera.

« *Démonstration* : Car le feu est plus rare que l'eau ; par conséquent, le feu agissant

en l'eau, l'estend par la chaleur. Or la pénétration des dimensions est impossible. Donc, pour donner à l'eau raréfiée lieu où s'estendre, il faut que *E* s'enfuye, voire avec violence. Donc le canon tire... »

Cependant, l'auteur ne tira jamais. Il faut attendre 1750 pour trouver les premiers essais sérieux, repris ensuite par Watt, en 1805, peu de temps d'ailleurs, car le célèbre ingénieur n'obtint pas les résultats escomptés. En France, jusqu'en 1814, le général Gérard dépensa des sommes importantes, sur ses propres deniers, pour construire sans succès un canon à vapeur.

Mais en 1825, en Angleterre, l'ingénieur américain Perkins réussit, dit-on, à tirer, avec un fusil à vapeur de son système, 1 080 coups à la minute. Mues par une pression de vapeur de 40 à 50 atmosphères, ses balles auraient traversé 11 planches de sapin, de 1 pouce (25 mm) d'épaisseur, placées à 1 pouce l'une de l'autre. Puis il serait parvenu à traverser une plaque de fer de 1/4 de pouce d'épaisseur, dans des conditions telles (dit-on alors) que la poudre à canon n'aurait pas fait mieux, alors que le prix du coup « était 250 fois plus faible !... »

Grosse émotion en France, où l'on ne tarda pas à passer un marché avec Perkins pour un canon de 4 (1), avec ses accessoires, au prix de 1 000 livres (soit 25 000 f). Dans le plus grand secret, les essais eurent lieu à Vincennes, fin 1828. Le feu fut allumé à midi 17. Ce ne fut qu'à 1 h 40 qu'on obtint les 60 atmosphères nécessaires pour le tir. 40 coups furent tirés un à un, avec des portées de 280 à 1 200 m. Puis on fit sept séries de tir, à la cadence de 16 à 19 coups minute. En somme, le système « marchait » à peu près. Cependant, les conclusions de la Commission, qui avait constaté une consommation de 352 kg de charbon, 100 kg de bois, 1 150 litres d'eau, etc., ne furent guère favorables : « La Commission est d'avis que la complication des accessoires du canon à vapeur du calibre de 4, leur poids considérable (l'ensemble pesait 10 t environ), le soin qu'exige la conservation de la machine, le peu de mobilité de celle-ci et les médiocres effets auxquels se réduit sa puissance, rendent cette invention, dans l'état où elle est présentée, impropre au service de la guerre. »

Désormais, on ne trouve guère plus trace du canon à vapeur qu'en 1872, où Bessemer (qui toucha à tant de choses... un peu au hasard d'ailleurs) envisagea de reprendre la question. Mais ce fut tout.

(1) Boulet pesant quatre livres.

(1) Un canon est dit de 30 calibres lorsque la longueur de son tube est égale à 30 fois son diamètre intérieur (calibre de la pièce).

Les canons « centrifuges »

Tout le monde connaît les dégâts importants que peuvent produire les morceaux d'un volant qui éclate en service ; la projection violente est due à la force centrifuge.

Le 10 septembre 1871, un inventeur, M. Durand, proposa la mitrailleuse à force centrifuge. Les balles contenues dans le réservoir *R* (fig. 4) sont versées une à une par un distributeur ayant la forme d'un cylindre, percé de trous hémisphériques disposés en hélice. Sortant par *O'*, les balles rencontrent la règle verticale *S*, fixée sur le plateau tournant *P*. En décrivant une spirale, elles s'échappent lorsqu'elles rencontrent le bord du plateau. Si l'on calcule la durée totale du parcours des balles, depuis la sortie de l'orifice, de façon à ce qu'elle soit inférieure à une durée de révolution du plateau (et en modifiant, en conséquence, le centrage de l'entonnoir), on doit arriver à tirer dans une direction bien déterminée.

L'idée fut reprise, en 1901, par M. James Judge, à Newcastle-on-Tyne, qui — si l'on en croit un chroniqueur de l'époque ! — aurait tiré 18 000 obus de 75 mm, animés de la vitesse initiale de 610 mètres par seconde, à la cadence de 3 000 coups par minute ! Pour obtenir ce résultat, l'inventeur aurait utilisé un disque métallique de 1,50 m de diamètre, pesant 226 kg, actionné par une machine électrique qui l'aurait fait tourner à 12 000 tours par minute. Malgré ces précisions, nous demeurons sceptiques sur la réalité des « exploits » de la machine ; à notre connaissance, aucun procès-verbal officiel n'en fait foi.

Récemment, il y a eu mieux au point de vue réalisation originale : les machines précédentes ne lançaient que des projectiles normaux.

Vers 1925, un Russe, M. Bessobrasoff, proposa de lancer des projectiles en forme de « tore » (1), non pas, comme on aurait pu le croire, pour « encercler » l'ennemi ! Sa machine à force centrifuge fut construite, et « naturellement » (pourrions-nous dire !) elle manqua, dès le premier coup, de tuer ses servants, le projectile n'ayant nullement pris la direction attendue. Le calcul montre, en effet, qu'il ne faut pas d'erreur de plus de 1/1 000 000^e de seconde environ dans le déclenchement du coup. C'est encore beaucoup, avec les moyens actuels dont nous disposons.

Les canons à « âme variable »

Dans sa séance du 29 avril 1872, le Comité de l'Artillerie examina l'invention d'un M. Prou, ingénieur civil à Paris, concernant un « canon à âme conoïde, destiné à lancer un projectile téloïde ».

Le calibre était de 87 mm côté culasse, 55 mm côté bouche. Le projectile de 55 mm

portait à l'avant des tenons et, à l'arrière, une ceinture obturante au calibre du canon à sa position de chargement. Pendant le parcours dans l'âme, le métal moins dur des tenons et de la ceinture s'écoulait dans les cavités préparées dans le corps d'obus pour les recevoir. Le projectile pouvait prendre une grande vitesse, tout en ayant un poids convenable par unité de section.

L'idée fut reprise en Allemagne. Le « système Carl Puff » vise à donner une grande vitesse initiale, sans dépasser la pression maximum admise. Pour le fusil de 7,7, le diamètre au fond des rayures est tout d'abord de 9,2 mm sur 550 de long ; puis il y a réduction progressive jusqu'au diamètre de 7,9 à la bouche. La balle est bi-

(1) Le tore est la surface engendrée par une circonférence tournant autour d'un axe situé dans son plan et ne passant pas par son centre.

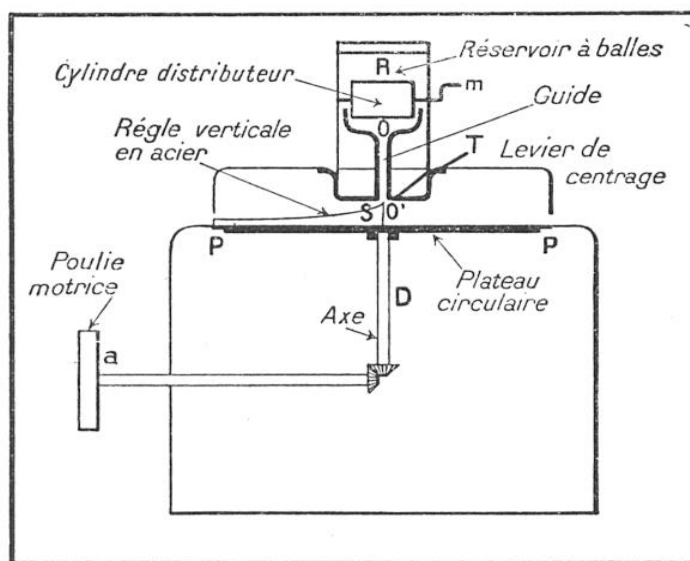


FIG. 4. — SCHÉMA DE LA MITRAILLEUSE A FORCE CENTRIFUGE CAPABLE DE LANCER 400 BALLE A LA MINUTE

ogivale, avec ceinture et gorge circulaire, dans laquelle est refoulé le métal de la ceinture en excédent, par suite de la diminution de profondeur des rayures. A l'arrière de la balle se trouve, en outre, une ceinture obturatrice qui se fragmente et se sépare de la balle à la sortie.

Les essais furent arrêtés en 1910, et l'on ne semble pas avoir tiré des projectiles de ce genre au cours de la dernière guerre. Mais des perfectionnements ont été apportés depuis et nous croyons que le canon conoïde n'a pas dit son dernier mot.

Les canons « électriques »

En 1884, M. La Lauze, avocat à Dax, proposa un canon électrique utilisant les forces magnétiques mises en jeu par un courant électrique traversant un solénoïde. Les « armes » présentées nécessitaient des installations électriques très pesantes ; c'était, à proprement parler — ainsi que le constate la Direction de l'Artillerie de Bayonne — des appareils de laboratoire, donnant d'assez faibles résultats.

En 1901, le consul général de France en Norvège signala l'existence d'un canon électrique Birkeland, « capable de lancer des projectiles de 1 t ». L'anticipation était hardie. En fait, on avait seulement pu lancer 8 kg à la vitesse de 150 m/s. Le projectile avait la forme d'une bobine autour de laquelle était enroulé un fil constituant un circuit fermé, traversé par un courant électrique obtenu par induction. Sur l'armature du canon était enroulé un fil dans lequel circulait un courant à haute tension. Les ruptures, sans manifestation d'« extra-courants », étaient obtenues (paraît-il), par un « appareil secret ».

En 1906, invention analogue de M. Nodon. Le Comité de l'Artillerie, en l'examinant, concluait :

... « Un canon électrique, constitué par un seul électroaimant, ne peut donner au plus qu'une vitesse de 38 m/s, quels que soient le canon et le projectile. Et, pour

obtenir des vitesses initiales de 500 à 1 000 m/s, il faudrait des longueurs de canon comprises entre 500 et 1 100 calibres. »

Des conclusions aussi précises n'empêchaient pas, néanmoins, le journaliste Emile Gautier de présenter, dans le *Journal*, en 1908, le projet de M. Alf. Pontoux « susceptible de tirer 1 000 à 1 200 coups à la seconde. Ce canon n'est d'ailleurs pas dangereux ; il pourrait être en *celluloïd* ! »

Au cours de la dernière guerre, M. Fauchon-Villeplée proposa quelque chose de plus sérieux et d'un peu plus nouveau (fig. 5). Le projectile se déplacerait à la manière d'un induit de dynamo. Le courant passait dans un circuit dont faisait partie le projectile, et autour duquel on créait un champ magnétique dont les lignes de force lui étaient perpendiculaires.

Avec ce système, on put lancer des fléchettes de 50 g à la vitesse de 200 m/s. A 25 m, la fléchette traversait 8 cm de bois. Un plus grand modèle était en préparation, quand la Section de l'Artillerie abandonna le projet avant l'armistice (3 novembre 1918).

Quelques projectiles « spéciaux »

Pour terminer, nous dirons un mot de quelques projectiles ayant présenté un intérêt « spécial ».

Tout d'abord, il faut citer les boulets ronds « à trajectoire relevée ». On sait, en effet, que le boulet rond ne céda pas la place au projectile cylindro-conique sans lutter sérieusement. L'un des derniers perfectionnements du boulet rond fut le boulet « à culot latéral », connu d'une façon plus générale sous le nom de « boulet excentré », permettant d'accroître la portée des pièces. Par exemple, lorsque le boulet ordinaire donnait, sous 30°, la portée de 3 500 m, le boulet excentré allait jusqu'à 4 200 m. Ceci provenait d'un phénomène physique, dit de Magnus (1), qui peut s'expliquer comme

(1) Le phénomène de Magnus a été aussi utilisé à la propulsion des bateaux au moyen de cylindres tournants. (Voir *La Science et la Vie*, n° 130, p. 295).

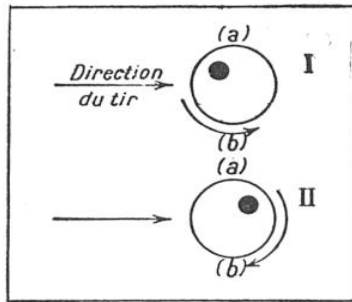


FIG. 6. — SCHEMA DE PRINCIPE DE BOULETS EX-CENTRÉS

Pour un projectile tournant, comme l'indique le schéma I, la vitesse de la région a (résultante de la

vitesse de rotation du boulet, et de la vitesse de translation due au tir) est inférieure à la vitesse de la région b. Comme la résistance de l'air croît avec la vitesse, on voit que la région a est en « dépression » par rapport à la région b, et le projectile tend à s'élever. C'est le contraire pour un projectile tournant comme l'indique le schéma II. Le boulet tend alors à tomber.

l'indique le schéma ci-joint (fig. 6). Bien qu'en 1841-42 le général Paixhans se fût occupé personnellement de la mise au point de ces obus, ils ne furent jamais adoptés en France. Par contre, on s'en servit en Allemagne, où ils furent même pendant quelque temps réglementaires.

Il y eut mieux et plus extraordinaire. En 1857, le balisticien Paul de Saint-Robert, lieutenant-colonel d'artillerie piémontaise, proposa l'adoption d'un « canon coudé »... qui n'était cependant pas destiné à tirer dans les coins, mais, avant tout, à faire tourner le projectile. L'auteur comptait sur la force centrifuge pour augmenter la portée par une composition de vitesse analogue à celle qui vient d'être décrite. La forme du projectile était elle-même singulière : c'était une sorte de disque lenticulaire, particulièrement apte à vaincre la résistance de l'air (voir fig. 7). L'âme du canon avait une section correspondante.

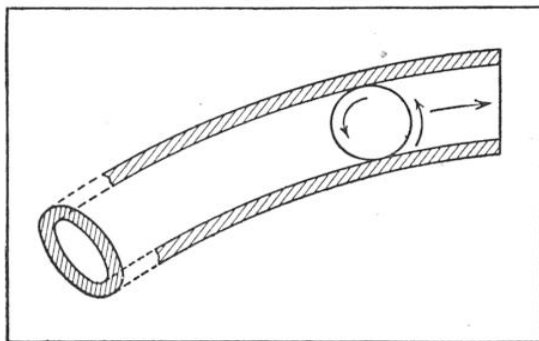


FIG. 7. — COUPE DU CANON COUDÉ PROPOSÉ PAR P. DE SAINT-ROBERT

On conçoit cependant que la réalisation pratique d'un tel matériel n'était pas aisée... et le canon « coudé » ne fut jamais construit.

Ne quittons pas les projectiles *discoïdes*, sans citer ceux du capitaine Gras (1855), du capitaine Chapel (1880), qui prévoyait, de plus, un canon à revers, « permettant d'atteindre des ennemis abrités, en revenant en arrière, par un mouvement rétrograde en un point convenable de la trajectoire ». C'était le boomerang « perfectionné ».

Comme autres projectiles qui devaient vaincre avant tout la résistance de l'air (mais qui ne l'ont guère prouvé !) citons : la balle *tubulaire* du lieutenant Lepidi (1886) ; la vitesse initiale était un peu améliorée... mais l'avantage ne se conservait guère et les possibilités de pénétration étaient très diminuées ; le projectile à *vide central*, essayé sans succès vers 1930 ; il n'avait rien de particulièrement « aérodynamique » (voir fig. 8), etc.

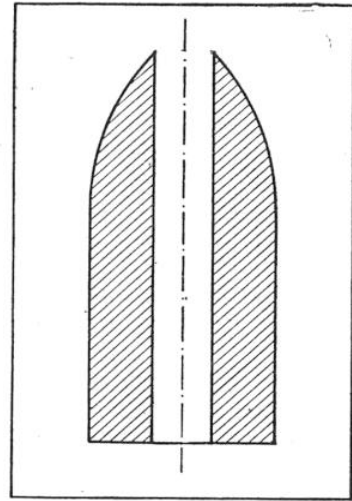


FIG. 8. — SCHEMA D'UN PROJECTILE A VIDE CENTRAL

Certes, les inventeurs peuvent toujours penser qu'il s'en est fallu de peu qu'ils n'obtiennent un progrès certain ; on peut citer, dans cet ordre d'idées, le cas des obus « Olry », dont trois types furent essayés comparativement en 1872 (fig. 9). Les obus à culot sphérique furent certainement les moins bons. Mais les obus allongés, à culot rétréci — ancêtres incontestables des obus D (si employés pendant la dernière guerre) — auraient été fatalement mis en vedette si les positions des ceintures et les répartitions de poids avaient été un peu modifiées par l'inventeur.

Nous dirons un mot maintenant des boulets « ramés »... et de leurs dérivés. Les obus jumelés, inspirés plus ou moins du canon Baron (voir fig. 10), avaient pour but principal de « démâter les navires ». Les obus à *fragmentation préparée* ont visé plus récemment à mettre en péril les avions, en s'attaquant aux points faibles, tels que les hélices.

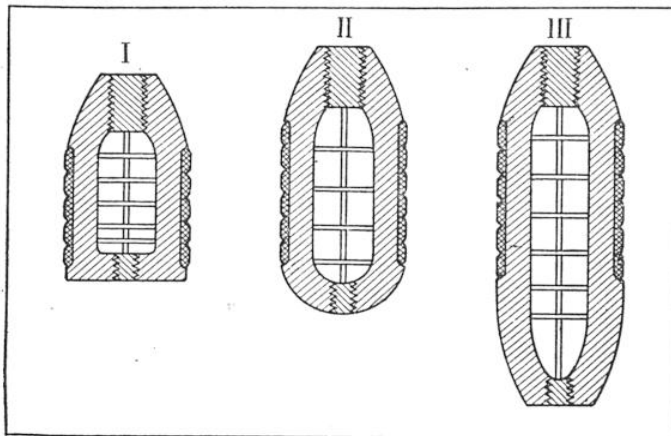


FIG. 9. — SCHÉMA DE PROJECTILE DU CANON « ORLY »
Le type III est l'ancêtre de l'obus D, à culot rétreint, dont l'utilisation fut très grande pendant la guerre 1914-1918. Aux essais de 1872, le type III fut supérieur au type I comme portée, mais inférieur en précision.

La figure 11 montre le schéma d'un projectile conçu dans ce but. Après l'explosion, les morceaux tournoient, en restant unis deux à deux par un filin de fer, qui doit s'enrouler autour de toute pièce tendant à l'arrêter. On pourrait être tenté de faire un rapprochement entre le rôle de ce filin et le rôle du câble retenant une « saucisse » de protection ; ce serait assez inexact.

La figure 12 représente un autre type d'obus à filin, inventé et expérimenté, en 1917, par M. Passet ; dans ce système, il n'y a plus

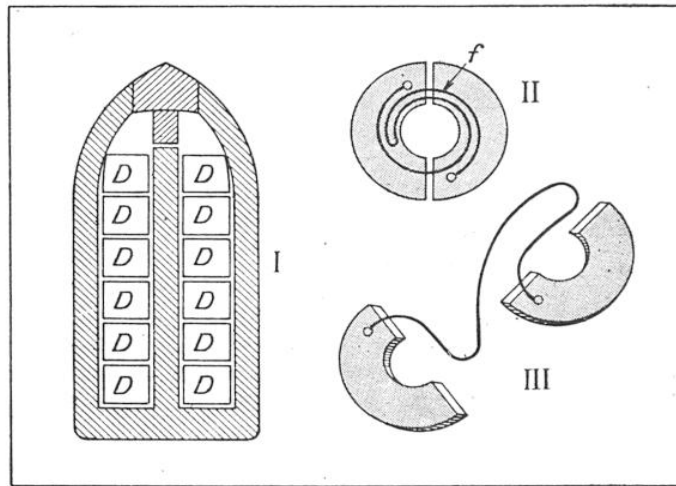


FIG. 11. — SCHÉMA D'UN PROJECTILE A FRAGMENTATION POUR LE TIR CONTRE AVION

Sur le schéma d'ensemble I, on voit en grand D les piles de disques ; sur la vue en plan II, les deux demi-disques apparaissent réunis par le fil f enroulé. En III, l'obus ayant éclaté, les deux demi-disques se séparent et partent en tendant le fil.

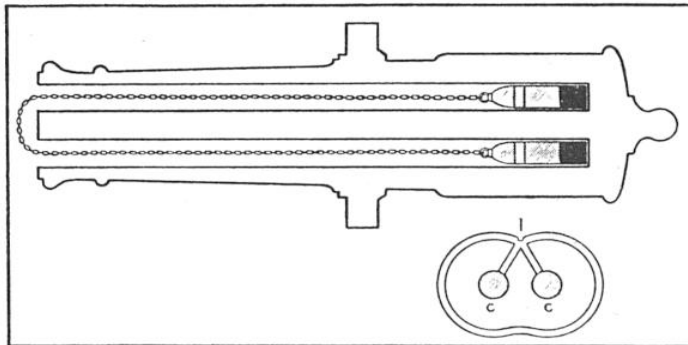


FIG. 10. — PRINCIPE DU CANON A OBUS JUMELÉS
Cette pièce se compose de deux canons jumeaux légèrement divergents. Les deux projectiles sont réunis par une chaîne longue de 8 m 50 dont le départ en synchronisme est assuré par la mise à feu à l'aide d'une seule lumière.

que de tels projectiles ne donnaient aucun éclat qui, par sa chute, pourrait blesser les habitants des villes ou les troupes concentrées.

Nous terminerons par l'obus-fusée, celui qui — à notre avis — reste, parmi toutes les inventions déjà anciennes, la plus susceptible d'un avenir immédiat. Rappelons que les premiers essais

sérieux datent de juillet 1863. Les obus tirés à Vincennes éclatèrent, il est vrai, la plupart d'une façon assez intempestive. Mais ceux qui purent fonctionner sans incidents donnèrent une portée plus grande que les obus normaux tirés dans les mêmes bouches à feu. Ceci eût dû encourager à persévérer. Pourtant, ce n'est qu'assez récemment que l'idée est parue revenir à l'ordre du jour; les conceptions de 1887, du capitaine de Place, n'avaient eu aucune suite à l'époque.

Il n'en est plus de même aujourd'hui, étant donné l'attention toute spéciale que l'on attache aux tirs à grande distance. D'après Ananoff, Goddard aurait envoyé des fusées à 300 km, en réalisant une vitesse de 1 185 km à l'heure. Le succès des engins de cette sorte apparaît d'autant plus certain que l'on envisage des tirs dans les régions stratosphériques. En effet, la fusée « vole » mieux dans le vide que dans l'air; c'est, actuellement, le seul propulseur connu qui fonctionne sans point d'appui extérieur, utilisant les effets de ce qu'on appelle, en mécanique, le théorème de la « quantité de mouvement ». Les essais actuels de fusées à « oxygène liquide » semblent montrer que celles-ci sont susceptibles de se suffire à elle-même, c'est-à-dire de partir vers la stratosphère sans projection initiale au moyen d'une « Bertha ». Cependant, il ne paraît pas impossible qu'une « combinaison » des deux systèmes donne de meilleurs résul-

tats au point de vue de la précision du tir.

Dans un ordre d'idées un peu voisin, l'augmentation possible de portée, due à la fusée, pourrait intéresser également les tirs avec canons de très gros calibres — (400, 420, 520 mm et plus !) On sait que ces mortiers, destinés à la destruction de bétonnages et de cuirassements, péchaient trop souvent, lors de la dernière guerre, par une portée insuffisante (17 km au maximum). Un projectile autopropulsé — et peut-être même radiogoniométré — permettrait de réaliser le maximum de puissance, à distance suffisante, avec le maximum de précision.

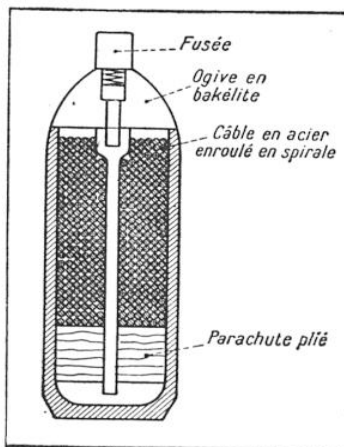


FIG. 12. — SCHÉMA D'UN OBUS PASSET A PARACHUTE PROPOSÉ POUR LA DÉFENSE CONTRE AVION

Il va de soi que, dans le présent article, nous n'avons rien décrit qui ne soit bien connu des « spécialistes en artillerie », dans les pays étrangers. Au cours de la présente guerre, l'effet de « surprise » pourra peut-être venir de certaines réalisations que nous avons passées sous silence, car elles correspondent à des recherches gardant un caractère secret. Mais, sans qu'il soit nécessaire de sortir telle ou telle nouveauté « sensationnelle », des perfectionnements judicieux de procédés connus peuvent parfaitement accroître les résultats matériels et « moraux », d'une manière assez notable, pour contribuer efficacement à la victoire finale. Et, pour reprendre le mot d'un savant célèbre, nous conclurons que le génie de l'artilleur est, et restera encore, « une longue patience ». P. CHAVILLE

Les applications pratiques des ondes ultracourtes, de quelques centimètres de longueur d'onde, sont à l'ordre du jour. On sait que, depuis quelques mois, sont en service aux Etats-Unis des *altimètres radioélectriques* à ondes ultracourtes qui permettent aux pilotes d'avions de mesurer instantanément leur hauteur au-dessus du sol. L'onde émise par l'avion est modulée en fréquence (1), l'interférence de l'onde réfléchie par le sol avec l'onde émise se traduisant par un « battement », fonction de l'altitude. C'est sur des principes analogues qu'est fondée la *télégraphie radioélectrique* ou *radiotélégraphie* (2). Des ondes centimétriques, modulées en fréquence par l'emploi de condensateurs tournants entraînés par des moteurs, sont dirigées dans une direction déterminée. L'écho, dû à un obstacle, est décelé par le battement entre l'onde émise et l'onde réfléchie, la hauteur de la note de battement donnant immédiatement la distance de l'obstacle. Les applications possibles de la radiotélégraphie à la marine et à la défense contre avions sont évidentes.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 270, page 475.

(2) *Journal des Télécommunications*, janvier 1940.

POUR LE RAVITAILLEMENT DES ARMÉES MOTORISÉES, VOICI LES PARCS MODERNES D'HYDROCARBURES

par André CHISSEY

Le développement de la motorisation des armées soulève un problème capital pour la conduite de la guerre : celui du ravitaillement en carburant. Bien que la situation des Alliés apparaisse à cet égard plus que satisfaisante à l'heure actuelle, les incertitudes de la guerre sous-marine qui menace nos communications maritimes, et le nombre relativement peu élevé de bâtiments spécialisés dans le transport du pétrole (tankers) font aux gouvernements responsables une obligation de prévoir des réserves importantes de combustibles liquides, capables de satisfaire les besoins soudainement accrus des armées lorsque viendra la phase vraiment active des opérations militaires. C'est pourquoi ont été constitués, dans tous les grands pays d'Europe, des parcs d'hydrocarbures judicieusement disséminés sur tout le territoire des Etats, enterrés ou camouflés pour les soustraire aux attaques des avions ennemis dont le rayon d'action est tel aujourd'hui qu'aucun point du territoire national ne peut être considéré comme hors d'atteinte des raids de l'adversaire.

D'APRÈS les experts les plus autorisés, la consommation en produits pétroliers de la France s'élèvera approximativement entre 15 et 18 millions de tonnes par année de guerre. Celle de l'Allemagne se monterait à un chiffre beaucoup plus important, soit 20 à 25 millions de tonnes, à cause de sa motorisation plus développée. A elle seule, la campagne de Pologne a entraîné pour l'armée allemande une dépense d'au moins un million de tonnes d'essence pendant le mois de septembre (1). Il suffirait d'une offensive de grand style se prolongeant pendant quelques semaines pour amener chaque grand pays belligérant à consommer, dans cette seule période, quelque 2 millions de tonnes d'essence et de gasoil. Par ces estimations, on se rend compte que la constitution de parcs d'hydrocarbures de grande capacité, largement pourvus d'engins de manutention, mis à l'abri

des pertes par évaporation et protégés tant contre les bombardements par avions que contre les incendies, présente une importance considérable pour la défense nationale. Il est nécessaire aussi de connaître les moyens dont on dispose pour transporter, par mer, les pétroles.

Le transport maritime des pétroles

Comme le montre la carte de la figure 1, due à M. Pizanty, les Etats-Unis, l'Amérique Centrale, la partie nord de l'Amérique du Sud, l'Irak, l'Iran et les Indes Néerlandaises constituent les principaux centres de ravitaillement de l'Europe en produits pétroliers. Ceux-ci sont acheminés vers l'Angleterre et la France, leurs principaux consommateurs européens (10 millions de tonnes pour l'une et 7 millions de tonnes pour l'autre en 1938), par de grandes routes maritimes, à trafic intense, traversant la

de pouvoir être suivis par les organes de ravitaillement.

Mais, après avoir enregistré ces difficultés, les Allemands semblent avoir pris des dispositions pour en éviter la répétition. Ils se disent d'abord que, pendant un certain temps, au moins, la guerre sur le front occidental n'aura pas le même caractère qu'en Pologne et que le ravitaillement sera plus aisé.

Il n'est pas sans intérêt d'ajouter que, durant leur retraite, les armées polonaises n'ont pas toujours réussi à détruire les dépôts d'essence et qu'en conséquence, certaines quantités de carburants et d'huiles ont été consommées sur place par les armées envahissantes. »

(1) Suivant M. Dichter (*la Revue pétrolière*), un témoin de la guerre germano-polonaise aurait fait les constatations suivantes :

« L'aviation, bien entendu, n'a jamais souffert du manque de carburants ; mais il est souvent arrivé à des motocyclistes de chercher vainement à se ravitailler dans les bourgs et les villages ; quant aux camions et aux formations blindées, des arrêts prolongés leur ont été imposés, par suite de la disette d'essence.

Tout ce que les armées envahissantes ont pu trouver sur leurs routes a été confisqué, mais il est arrivé, malgré cela, que des véhicules ou des chars d'assaut se sont trouvés complètement isolés, faute

partie moyenne de l'Atlantique et la Méditerranée. En raison de l'échec de la guerre sous-marine allemande et de la destruction du croiseur corsaire *Admiral-Graf-Spee*, ainsi que de la neutralité italienne, les navires citernes ou tankers circulent, aujourd'hui, librement en Atlantique et en Méditerranée.

Les tankers, qui assurent le transport du pétrole, constituaient, en août 1939, une flotte de 1731 unités groupant, au total, 14 millions de tonnes de jauge dont 28,5 % appartenaient à l'Angleterre et à ses possessions ; 24,5 % aux Etats-Unis et 18,5 % à la Norvège. La France possédait 50 unités représentant 346 000 t. Le plus souvent, la jauge d'un tanker est comprise entre 8 000 et 12 000 t. Il n'y en avait qu'un seul de 21 000 t. Les tankers sont eux-mêmes d'importants consommateurs de combustibles liquides, puisque, pour assurer leur déplacement et les services du bord, il faut installer entre 0,4 et 1,1 ch par tonne de jauge. Afin de réduire les durées de rotation de ces navires et leurs frais de port, on les dote d'engins puissants de transvasement. Un tanker moderne dispose de pompes lui permettant de décharger 1 000 t de pétrole par heure.

On doit d'autant plus accélérer ces opérations de manutention qu'un navire pétrolier appelle un amortissement rapide. En effet, malgré l'emploi de peintures spéciales et quelquefois aussi d'aciers à base de nickel, les tôles de ses réservoirs se corrodent avec une rapidité extrême sous l'action des composés acides que le pétrole brut renferme.

Quand on remarque qu'un tanker, tout compte tenu des réparations et des parcours maritimes plus ou moins longs, n'effectuait, en temps de paix, que 8 à 9 rotations par an, ce qui correspondait au transport de 80 000 à 90 000 t de pétrole, on conçoit la nécessité de disposer de parcs d'hydrocarbures d'une capacité élevée convenablement répartis sur l'ensemble du territoire, destinés à jouer le rôle de régulateurs des fabrications en raffineries et du marché.

L'importance des centres de consommation de produits pétroliers varie dans une large mesure avec le développement des différentes armées dans chaque pays.

En raison du développement de leurs flottes de guerre, l'Empire britannique et le Japon consacrent à leur armée de mer la majeure partie de leur consommation de pétrole. Par contre, l'Allemagne et l'U. R. S. S., dont les forces aéronautiques sont puissantes, leur réservent la plus grande part

des produits pétroliers destinés à leurs armées. Evidemment, il ne s'agit là que d'indications valables pour les années qui ont précédé la guerre. Ces données se modifieront profondément au cours des hostilités.

Les difficultés d'aménagement d'un parc d'hydrocarbures

Envisagé sous le seul angle d'une exploitation en temps de paix, l'aménagement d'un parc d'hydrocarbures pose une série de problèmes délicats dont voici les principaux :

L'évaporation. Ce phénomène, qui se produit suivant un mécanisme que nous expliquerons plus loin (respiration, expulsion d'air carburé au cours du remplissage d'un réservoir), cause aux Etats-Unis une perte annuelle d'essence évaluée à un million de tonnes, soit un peu plus que le quart des besoins de la France et de son empire d'outre-mer pour l'année 1938 ;

Le choix de la capacité et des dimensions des réservoirs, lesquels influent sur les frais de premier établissement et d'exploitation. Un réservoir de faible section donne lieu, évidemment, à des pertes moindres par évaporation, mais sa construction risque de devenir irréalisable si ce vaisseau répond à une capacité élevée. Or, aux Etats-Unis notamment, des magasins de 5 000, 10 000, voire même 15 000 m³ ne sont nullement exceptionnels. Le choix de la capacité devient encore plus difficile quand il s'agit de stocker plusieurs qualités d'essence (essence éthylée ou non) ;

La formation de « gommes ». Ce phénomène correspond à une oxydation de composés, tels que les « dioléfines » contenus dans les essences. S'il est accentué, il risque de rendre cette essence inutilisable, spécialement quand on la destine à l'aviation. On peut alors être obligé de procéder à un nouveau raffinage ;

Le choix du matériau de construction : tôle ou béton armé. Dans ce dernier cas, il convient de se servir, comme nous le verrons, d'un paroi hydraulique ou autrement dit d'une chemise d'eau continue sur le pourtour extérieur de la cuve contenant l'hydrocarbure.

Enfin, en prévision d'attaques aériennes, comment convient-il de disséminer les réservoirs et doit-on les disposer à la surface du sol ou en caves ? On préconise fréquemment les réservoirs souterrains, estimant qu'ils sont les moins vulnérables à une attaque par voie aérienne. Cet avantage évident est compensé par de graves inconvénients. En particulier, on observe des corrosions de la

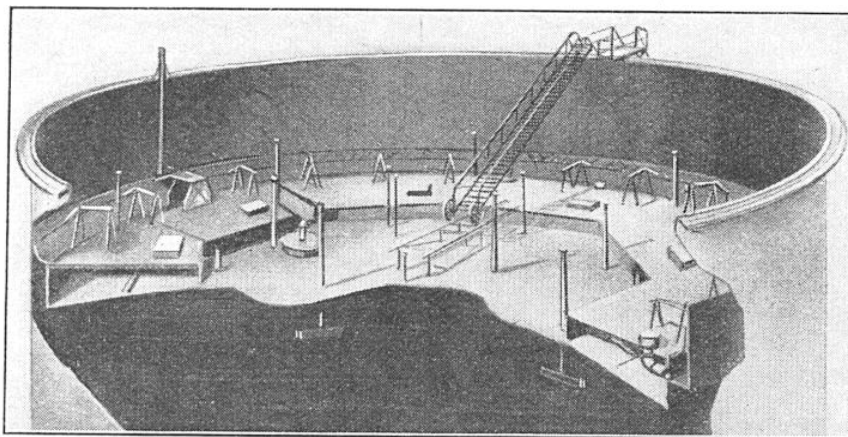


FIG. 2. — COUPE SCHÉMATIQUE D'UN RÉSERVOIR A ESSENCE POURVU D'UN TOIT FLOTTANT « WIGGINS » (VOIR FIG. 3)

tôle des réservoirs ainsi disposés dans de véritables souterrains, toujours humides. Il en résulte des fuites de pétrole difficiles à décèler, ce qui cause des risques d'incendie ou d'explosion. On peut y remédier en employant des tôles en acier inoxydable, mais ce mode de construction coûte très cher. En outre, si l'on tient compte de la capacité des réservoirs, laquelle varie couramment entre 1 000 et 5 000 m³, on conçoit que l'aménagement des parcs souterrains à hydrocarbures est délicat et entraîne à des investissements considérables, d'autant plus que la reprise des stocks oblige à employer des pompes noyées et des vannes spéciales.

Suivant M. de Boulard, le coût des réservoirs souterrains peut atteindre dix fois celui de réservoirs en plein air. Dans ces conditions, il peut paraître préférable, même au point de vue militaire, de construire dix réservoirs en plein air plutôt qu'un seul enterré.

Parcs d'hydrocarbures en France et en Angleterre

En 1937, on avait envisagé de constituer, dans le Royaume-Uni, une réserve de 5 millions de tonnes d'essence correspondant aux besoins d'une année normale. Ce stock aurait été réparti entre 250 parcs renfermant chacun 20 000 t de produits pétroliers.

Tous ces réservoirs

devaient être raccordés à des canalisations formées de tubes en acier de 250 ou 300 mm constituant, pour l'ensemble du territoire britannique, un réseau de pipes-lines comprenant cinq artères: Est, Nord-Est, Nord-Ouest, Sud-Est et Sud-Ouest convergeant vers le centre du pays. Un pareil projet aurait coûté, en août 1939, 20 millions de livres, soit près de 3,5 milliards de francs, ce qui correspondait à près de 800 f par tonne d'essence stockée. Les frais de stockage et de distribution de l'essence à la sortie de ces grandes artères seraient ressortis à un minimum de 15 pence par tonne, soit près de 13,50 f. Cependant, cette estimation nous paraît inférieure à la réalité. Nous estimons qu'elle aurait dû être proche de 20 f.

En France, la capacité des parcs de stockage de produits pétroliers était, en août 1939, voisine de 6 millions de tonnes. Pleinement utilisée, elle représentait environ la consommation d'une année de paix.

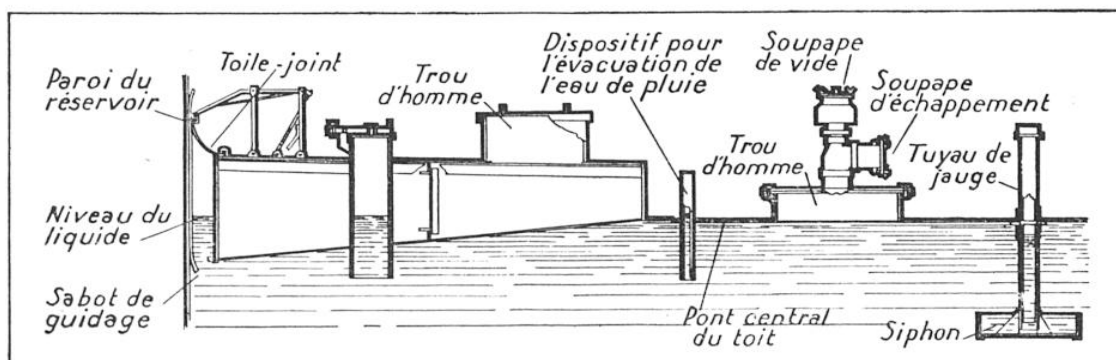


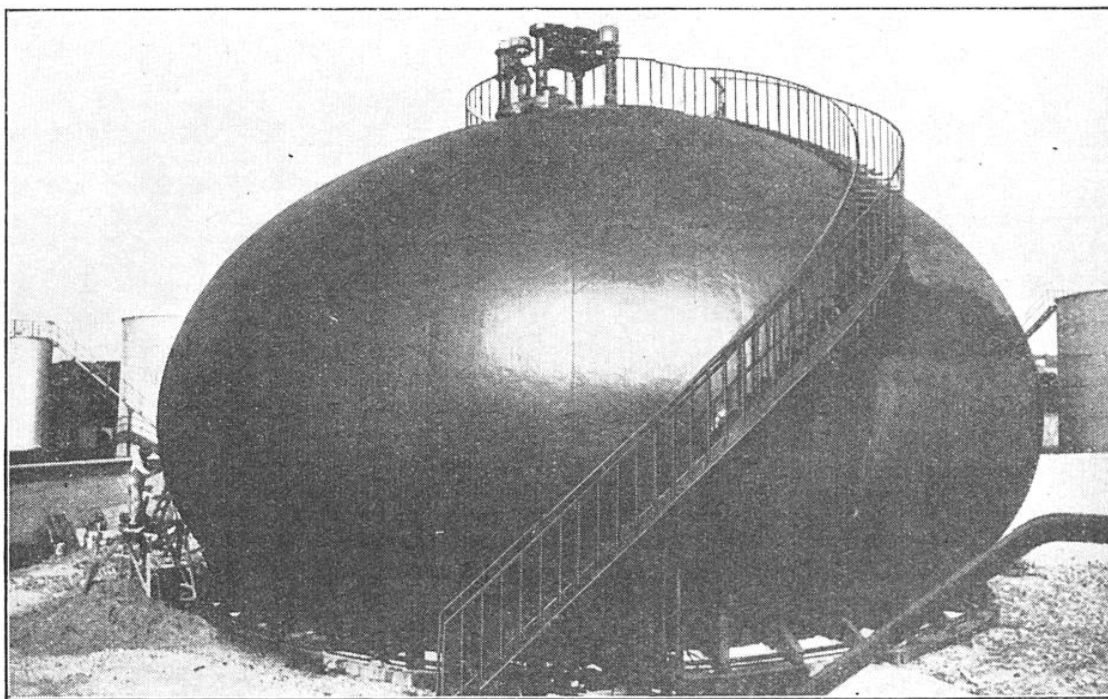
FIG. 3. — ÉQUIPEMENT DE LA PARTIE SUPÉRIEURE D'UN RÉSERVOIR « WIGGINS » A TOIT FLOTTANT DE GRAND DIAMÈTRE

Individuellement, ces dépôts renferment généralement entre 12 000 et 20 000 t de produits pétroliers. A ce point de vue, notamment, les compagnies pétrolières françaises ont amplement satisfait à l'obligation qui leur a été faite par le législateur, de conserver à tout moment des stocks représentant 45 % au minimum des quantités livrées ou autorisées annuellement. Cette obligation correspond à 2,5 millions de tonnes de pétrole et de ses dérivés, ce

D'où proviennent les pertes d'essence par évaporation ?

Deux causes majeures déterminent les pertes d'essence par évaporation :

1° L'évacuation, à chaque opération d'emplissage du réservoir, d'un volume d'air carburé sensiblement équivalent à celui du liquide dont on charge ce réservoir. Cette perte est proportionnelle au degré d'utilisation du réservoir ;



(53 801)

FIG. 4. — RÉSERVOIR SPHÉROÏDE « WIGGINS » DE 1 500 m³ DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE DE PÉTROLE

qui nécessite 3 millions de mètres cubes de réservoirs. Or, la capacité totale des réservoirs installés s'élevait à 6 millions de mètres cubes, comme nous venons de le voir.

La Commission interministérielle des dépôts d'hydrocarbures a élaboré des règles de dispersion, d'implantation et de construction des dépôts. En particulier, elle a précisé les principes essentiels relatifs à l'isolement des réservoirs, leur éloignement, la ventilation des locaux, les moyens de protection contre l'incendie, etc... Elle a fixé, d'autre part, des règles de dissémination, de construction (réservoirs enterrés) et de camouflage, notamment à l'aide d'appareils fumigènes et de filets métalliques maintenus en suspension dans l'atmosphère par des ballonnets.

2° La « respiration » de ce réservoir ou autrement dit l'évacuation partielle d'une certaine quantité d'air carburé, suivie de l'introduction d'une certaine quantité d'air frais, chaque fois que la température s'élève, puis s'abaisse. Le rythme de ce phénomène est grossièrement périodique.

A cause de ce phénomène de respiration, sur un réservoir de 1 000 m³ de capacité, contenant en moyenne 500 m³ d'essence, la perte d'essence peut varier entre 12 et 16 m³ par an, soit, approximativement, en valeur, entre 12 000 et 60 000 f, suivant les conditions climatiques, la stabilisation plus ou moins poussée de l'essence, la nature et l'état des peintures, le remplissage plus ou moins complet des réservoirs, etc...

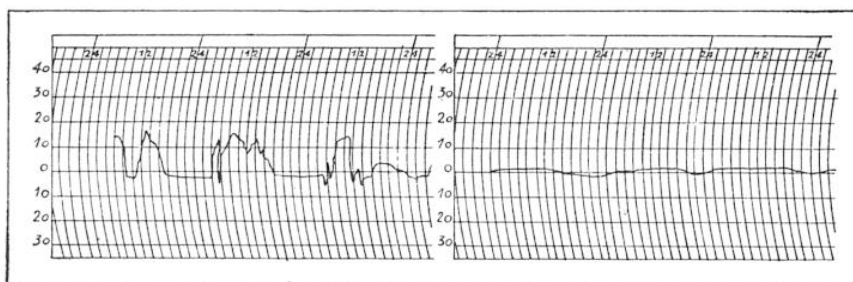


FIG. 5. — DIAGRAMMES COMPARATIFS DE LA PRESSION DES VAPEURS D'ESSENCE DANS UN RÉSERVOIR A PAROIS MÉTALLIQUES ET DANS UNE CUVE « BRICE » A PAROIS HYDRAULIQUES

Evidemment, il n'y aurait aucune perte si l'air ne se renouvelait pas à l'intérieur du réservoir, suivant l'un des deux mécanismes énoncés plus haut, mais on peut atténuer cette perte en agissant sur les facteurs qui la régissent.

Quatre facteurs influent sur la perte par évaporation dans un réservoir :

La surface du liquide exposée à l'action de l'air ;

Le volume d'air se déplaçant à cette surface du liquide ;

Le degré de saturation de l'air sortant de ce réservoir ;

La conductibilité calorifique de l'enveloppe.

Comment réduire les pertes d'essence par évaporation

Les pertes par évaporation se produisent, comme nous l'avons vu, par « respiration » et par déplacement de l'air, au cours d'une opération d'emplissage du réservoir. On atténue largement cette seconde cause de pertes en faisant passer l'air carburé dans un poste de « dégazolinage ». Il y est soit lavé avec de l'huile, soit mis en contact avec du charbon actif. L'une et l'autre de ces techniques sont classiques. Par contre, des dispositions remarquablement ingénieuses permettent d'atténuer ou même d'empêcher la « respiration ».

On recourt, pour empêcher la « respiration », à l'un des trois moyens que voici :

« Etouffement » de la respiration en maintenant une pression de 1,5 à 7 atmosphères dans le réservoir. Au point de vue de la résistance mécanique, ceci oblige à lui donner une forme sphérique, évidemment coûteuse de construction. On n'y recourt, par suite, que pour le stockage de produits chers et très volatils : propane, butane, généralement appelés « gaz liquéfiés ».

Suppression de l'espace vide entre le

toit du réservoir et la surface du liquide que contient celui-ci, quelle que soit la quantité d'hydrocarbures qu'il renferme. Pour résoudre ce problème, insoluble *à priori*, la cuve comporte un toit qui flotte constamment à la surface de l'essence. C'est le réservoir « Wiggins », lequel supprime entièrement la perte au remplissage et atténue sensiblement la perte par respiration.

Etablissement d'une chemise d'eau autour du réservoir, lequel est en béton armé, suivant le dispositif « Brice ». Le phénomène de respiration ne se produit plus à cause, d'une part, de l'inertie calorifique de cette masse de maçonnerie, que la paroi hydraulique tient froide d'ailleurs, puis, d'autre part, de son inaptitude à s'échauffer sous l'action des rayons solaires. Evidemment, cette inertie calorifique n'existe pas pour les réservoirs à paroi métallique. On ne peut que se borner à limiter leur échauffement par les rayons calorifiques solaires en les revêtant d'une peinture réfléchissante. Celle-ci est ordinairement à base d'aluminium.

Les réservoirs métalliques « Wiggins » pour hydrocarbures

Jusqu'à ces dernières années, on se servait à peu près uniquement de réservoirs mé-

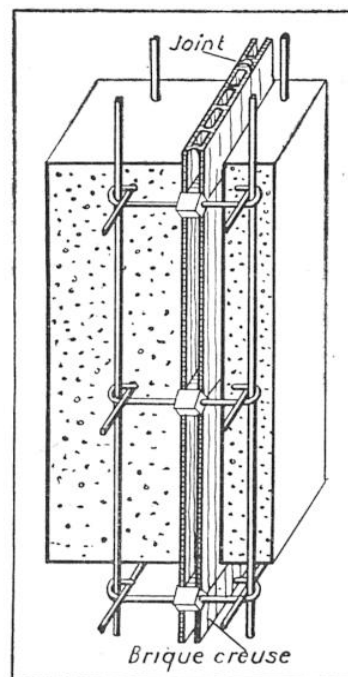


FIG. 6. — COUPE DE LA PAROI D'UN RÉSERVOIR EN BÉTON, SYSTÈME « BRICE », MONTRANT LA DISPOSITION DES JOINTS

taliques, dits coniques, à cause de la forme de leur toit, qui correspond à celle d'un cône fortement aplati.

Les réservoirs métalliques Wiggins comportent eux-mêmes diverses variantes : à toit flottant, dits aussi à ponton ; hortonsphère ou réservoir sphérique ; à toit respirant ; à toit ballon.

Le réservoir à toit flottant a reçu des applications très importantes. On en compte actuellement 127 en France et dans notre domaine colonial (Port-Jérôme, Marti-

constitue est maintenue, par l'intermédiaire d'un sabot, contre la paroi intérieure de la cuve. Ces éléments tendeurs du joint d'étanchéité sont uniformément répartis sur la plate-forme annulaire du ponton (ils sont écartés de 1,80 m) ; le ponton comporte, sur sa face immergée, des béquilles qui lui servent de point d'appui quand la cuve est vide.

Le toit flottant doit présenter une stabilité élevée. Il ne doit pas s'immerger sous l'action de surcharges accidentelles, telles que celle de l'eau pluviale ou de la neige.

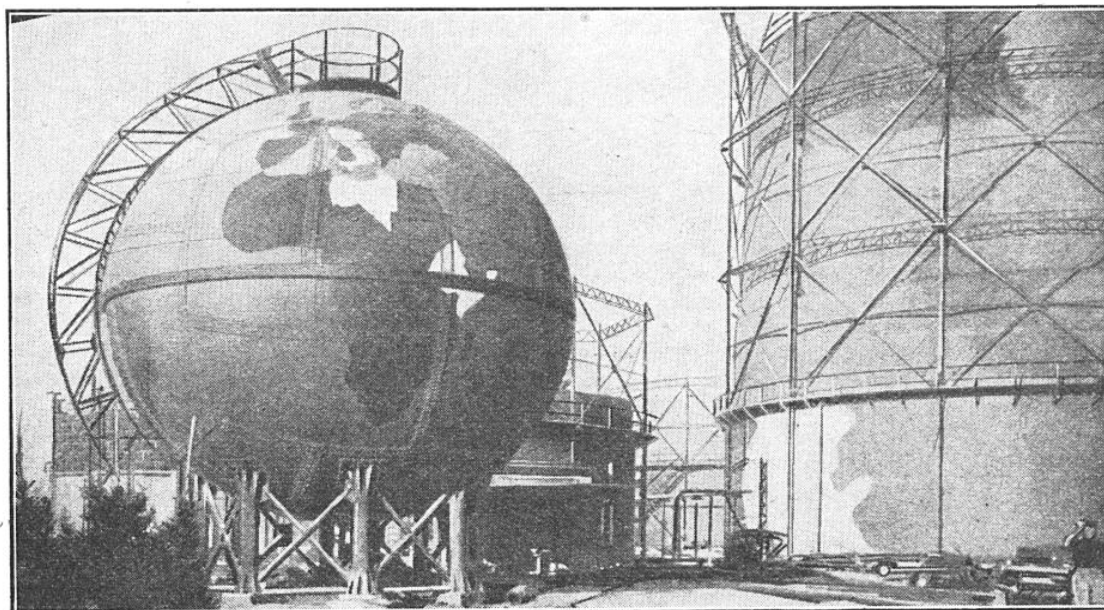


FIG. 7. — HORTONSPHÈRE « WIGGINS » POUR LE STOCKAGE SOUS PRESSION DU BUTANE DANS UNE USINE D'ESSENCE SYNTHÉTIQUE

gues. etc...). Aux Etats-Unis, certains de ces réservoirs peuvent contenir jusqu'à 10 000 t d'essence.

Dans le réservoir à toit flottant ou à ponton, que représente la figure 2, un ponton flotte à la surface de l'hydrocarbure et en suit toutes les variations de niveau dans la cuve du magasin. Construit en tôle de 5 mm d'épaisseur et comportant une section annulaire subdivisée en un certain nombre de compartiments, ce ponton couvre environ 95 % de la surface du liquide. Ce dernier ne peut, en aucune façon, entrer en contact avec l'atmosphère à cause, d'une part, de son recouvrement par le toit flottant et, d'autre part, d'un joint s'étendant sur toute la périphérie de la cuve. Celui-ci (fig. 3) est fixé à l'une de ses extrémités sur le toit flottant, tandis que la bande qu'il

En général, on l'établit de façon qu'il puisse supporter une couche d'eau de 0,50 m d'épaisseur, ce qui correspond à environ 1,20 m de neige et à une surcharge de 600 t quand il s'agit d'un réservoir de 40 m de diamètre.

L'hortonsphéroïde « Wiggins », que montre la figure 4, se prête au maintien d'une pression intérieure de 60 % plus élevée que si on fait usage de cuves cylindriques. Cette pression peut varier entre 0,14 et 1 atmosphère, suivant la volatilité de l'hydrocarbure stocké, ainsi que la température à laquelle celui-ci est exposé.

La capacité d'un hortonsphéroïde peut varier de 400 à 15 000 t. Dans ce dernier cas, on lui donne 42 m de diamètre et 13 m de hauteur.

Les applications de l'hortonsphéroïde de

grande capacité se sont notablement développées au cours de ces deux dernières années. On cite le cas d'un réservoir de cette forme qui mesure 42 m de diamètre et peut contenir environ 15 000 t d'essence. Il est construit en tôles assemblées par soudure.

Enfin, la figure 7 correspond à une hortonsphère « Wiggins » pouvant contenir 1 500 m³ de gaz liquéfiés. Elle a 14,60 m et elle est construite en tôle d'acier Martin, les tôles ayant, suivant leur emplacement, 21 ou 24 mm d'épaisseur. L'ensemble de la sphère vide pèse 182 t. Avant la mise en service, ce réservoir est soumis à une pression hydraulique de 7 atmosphères, soit le double de la pression maximum d'exploitation.

Aux Etats-Unis, où l'essence tourisme valait à peine 50 centimes le litre en août 1939, les frais de stockage ressortaient, par litre, entre 1,8 et 0,8 centime, selon que l'on disposait soit de réservoirs, dits coniques, laissant libre jeu aux pertes par évaporation, dues au remplissage et à la respiration des bacs, soit de réservoirs « Wiggins ». Dans ces conditions-là, il suffisait aux Etats-Unis de vingt à vingt-quatre mois pour amortir les frais supplémentaires consécutifs à l'emploi de ces réservoirs perfectionnés. Ces délais d'amortissement eussent été plus courts en France parce que, en août 1939, l'essence y valait quatre fois plus cher qu'aux Etats-Unis. Ces délais s'abrègeraient encore si le cours de l'essence croît, comme c'est inévitable, en raison de la guerre.

Les réservoirs « Brice » en béton armé à paroi hydraulique

Depuis fort longtemps, on a essayé de construire en béton armé les cuves pour hydrocarbures. On arrive, en effet, de cette façon, à des constructions moins onéreuses et plus rapides, spécialement en temps de guerre, où l'on éprouve de grandes difficultés pour se procurer des tôles. D'autre part, le béton armé permet évidemment de résister beaucoup mieux à l'action des bombardements que les tôles dont on s'est servi communément jusqu'ici. En revanche, on n'avait pas réussi, jusqu'à ce jour, à obtenir une étanchéité convenable des réservoirs en béton armé, en raison de la porosité des bétons, même les mieux constitués.

Le principe du réservoir « Brice », en béton armé et à paroi hydraulique, permet, tout en assurant l'étanchéité, et grâce à la

qualité isolante du béton armé vis-à-vis de la chaleur et à son inertie calorifique, de s'opposer aux pertes d'essence par « respiration ».

Quant à l'étanchéité, elle est assurée par une loi physique, car l'hydrocarbure — ou plus généralement tout liquide non miscible à l'eau — ne peut pénétrer à l'intérieur du béton humidifié, ni traverser la nappe d'eau qu'il contient. L'eau ne saurait être chassée du béton par la pression du liquide du réservoir, la pression de l'eau étant toujours supérieure, à niveau égal, à celle de l'hydrocarbure.

Le mode de réalisation de ce modèle de cuve est le suivant : la paroi du réservoir est traversée par un réseau de canaux suffisamment serré pour former, sur toute son étendue, une nappe d'eau et d'humidité, et pour créer, en tous ses points, les pressions hydrostatiques nécessaires. Ces canaux sont constitués par des briques creuses et poreuses, de forme et de structure spéciales, placées bout à bout et enrobées lors du coulage du béton. Les canaux longitudinaux sont reliés par des canaux transversaux, afin d'écarter le risque d'une obturation pour une cause quelconque d'une partie des canaux.

Ce dispositif n'étouffe pas la respiration, comme le font les divers modèles « Wiggins », de forme plus ou moins sphérique, mais il en diminue l'amplitude. On s'en rend compte par les variations de pression à l'intérieur de ce réservoir quand il est hermétiquement clos. C'est ainsi que le diagramme de la figure 5 fait ressortir l'uniformité de la pression à l'intérieur du réservoir à « paroi hydraulique » comparativement à celle qui règne dans un réservoir métallique. Ceci se conçoit aisément. L'eau contenue dans la double paroi augmente d'une façon considérable l'inertie calorifique de la paroi, et les variations de température ne sont transmises, d'une face à l'autre, qu'avec un retard et une réduction considérable.

Par ailleurs, les courbes de variations de la pression à l'intérieur de deux caves voisines, l'une à paroi hydraulique et l'autre en tôle, montrent des différences très sensibles dans les deux réservoirs ; alors que la pression est presque constante dans la cuve à paroi hydraulique, elle présente des variations journalières importantes dans la cuve métallique. Ceci signifie que le phénomène de respiration est nul ou insignifiant pour les cuves à paroi hydraulique, mais toujours sensible pour les réservoirs métalliques.

CH. BERTHELOT.

LES CHARS DE COMBAT A TRAVERS LES OBSTACLES DU CHAMP DE BATAILLE

par Victor RENIGER

Les méthodes de défense contre les chars de combat et les engins spécialisés dans ce but, à peu près inexistantes en 1918, se sont considérablement perfectionnées depuis lors. Les armes antichars mises au point dans de nombreux pays comportent des mitrailleuses lourdes à balles perforantes, des canons automatiques ou semi-automatiques, des minenwerfer légers à trajectoire tendue et même des fusils antichars. Sur le champ de bataille, pour se protéger contre la surprise et ralentir la progression des engins blindés de l'adversaire, ces armes actives sont complétées par de très nombreux obstacles passifs, naturels ou artificiels, renforcés par des champs de mines. Ces derniers engins détonent lorsqu'ils sont foulés par un véhicule et leur explosion peut, en brisant une partie de la chenille, mettre le char hors de combat. Les récentes opérations de Finlande ont démontré l'efficacité de tels barrages passifs lorsqu'ils sont soutenus judicieusement par le feu des armes antichars des défenseurs qui peuvent mettre à profit l'arrêt ou le ralentissement du char devant l'obstacle pour ajuster leur tir.

La progression des engins blindés sur le champ de bataille peut être considérablement gênée et même rendue impossible par divers moyens, pour peu que le terrain ait été convenablement aménagé

constitué par la mine antichar (fig. 1). Elle comporte essentiellement un corps aplati en acier à parois minces, rempli d'explosif et muni d'un percuteur susceptible de s'enfoncer sous une charge supérieure à 200 kg

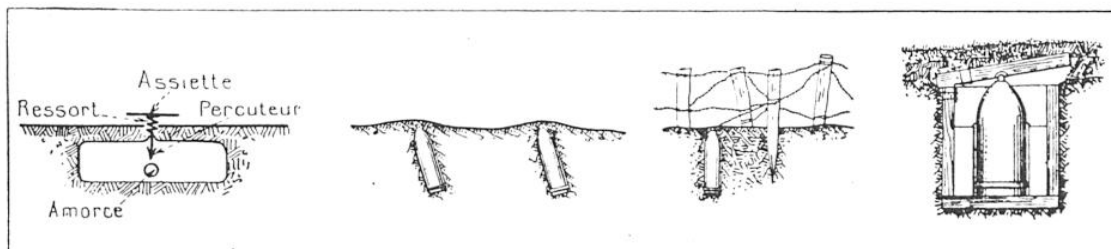


FIG. 1, 2, 3, 4. — TYPES DIVERS DE MINES ANTICHARS

De gauche à droite: schéma d'une mine antichar à parois minces et trois dispositions de mines constituées par des obus d'artillerie pendant la guerre 14-18 fonctionnant par compression ou par arrachement d'une goupille.

par le défenseur avant l'attaque. Les obstacles les plus divers ont été imaginés pour ralentir ou même arrêter l'avance des chars en les soumettant à l'action des armes antichars convenablement disposées sur le terrain en fonction précisément de ces obstacles et de ces particularités naturelles.

Les champs de mines antichars

Le plus efficace de tous ces obstacles est

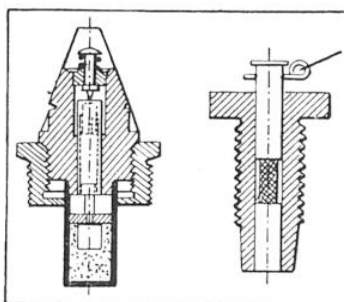


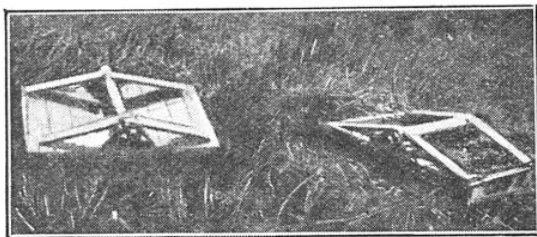
FIG. 5 ET 6. — TYPES DE FUSÉES POUR MINES ANTICHARS DE 1918

A gauche, fusée fonctionnant par compression; à droite par arrachement de la goupille.

environ. La mine est enterrée à faible profondeur de manière que la tête élargie du percuteur, appelée assiette, soit au ras du sol.

Lorsque les chenilles du char enfonce le percuteur, la mine explose et occasionne des avaries plus ou moins graves aux chars et des blessures à son personnel.

Il existe plusieurs variantes de mines, mais leur principe de fonctionnement est généralement celui



(54 600)

FIG. 7. — MINES ANTICHARS ALLEMANDES DE 1918 RÉCUPÉRÉES PAR LES PIONNIERS AMÉRICAINS

qui vient d'être décrit (fig. 2, 3 et 4).

La charge explosive varie entre 1 à 5 kg et le poids total de la mine entre 3 et 9 kg.

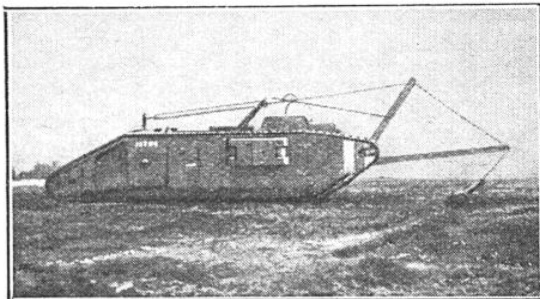
On a constaté aux essais qu'une charge de 1 à 1,5 kg d'explosif, correspondant à un poids de mine de l'ordre de 5 kg, brise à coup sûr les chenilles du char qui provoque sa détonation.

Sur le terrain, les mines antichars sont disposées en quinconce sur plusieurs lignes, leur espacement étant calculé d'après les dimensions des chars qu'utilise l'ennemi, de manière que la probabilité de fonctionnement des mines au passage des chars soit aussi grande que possible.

Les premières mines antichars utilisées pendant la guerre de 1914 étaient constituées par des projectiles d'artillerie enterrés verticalement et munis de fusées fonctionnant soit par compression (fig. 2, 4 et 5), soit par arrachement d'une goupille (fig. 3 et 6).

La figure 7 représente les mines antichars allemandes de l'année 1918 récupérées par les troupes américaines. On reconnaît le corps aplati de la mine rempli d'explosif.

L'adversaire cherche évidemment à rendre



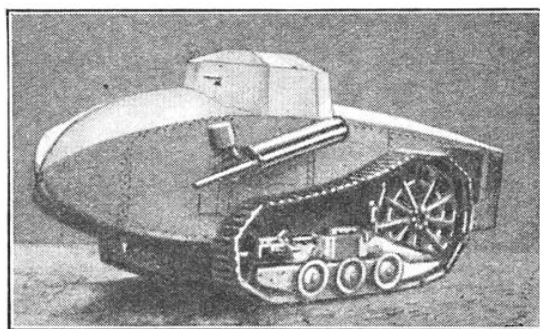
(54 601)

FIG. 8. — CHAR LOURD ANGLAIS MARK V UTILISÉ COMME CHERCHEUR DE MINES (1918)

Le char traînait à l'avant un lourd rouleau qui provoquait l'éclatement des mines. Ce char pouvait également recevoir un équipement lui permettant de poser des passerelles sur les trop larges fossés.

les mines du défenseur inoffensives, et c'est pourquoi ce dernier doit apporter un soin particulier au camouflage des champs de mines qu'il installe. L'alignement que constitue un tel champ le rend facilement repérable, en particulier par l'aviation. C'est pourquoi on cherche à utiliser les lignes existantes du terrain, tel que le bord des chemins ou les sillons des terres labourées. Un champ de mines, repéré par l'assaillant, pourrait être facilement neutralisé par son artillerie.

En outre, des dispositifs originaux ont été imaginés pour provoquer la détonation des mines avant le passage des chars ; tel est celui que représente la figure 8, où l'on voit un gros char de 1918 traînant devant lui un lourd



(54 602)

FIG. 9. — CHAR CHERCHEUR DE MINES JAPONAIS A TÉLÉCOMMANDE PAR ONDES COURTES

cylindre d'acier dont la pression sur le sol était supérieure à celle des chenilles. On faisait ainsi sauter les mines avant qu'elles n'arrivassent au contact des chenilles.

Obstacles naturels, obstacles artificiels

Pour ralentir la progression des chars adverses, on est conduit évidemment à utiliser, dans toute la mesure du possible, les obstacles naturels existants en les renforçant ou les aménageant s'il y a lieu. Les obstacles naturels que le char ne peut franchir, sont, par exemple, les cours d'eau, les étangs, les marais, les forêts, et les escarpements. Bien souvent, il suffira de quelques travaux simples pour rendre infranchissable un accident de terrain primitivement insuffisant.

Les obstacles artificiels exigent, en général, de gros travaux. Ils sont constitués soit par des fossés, des fosses camouflées, des réseaux de fils de fer, de rails, de pieux en bois, de dents de béton, etc.

Pour arrêter la progression des chars légers (poids total 7 t environ), on peut

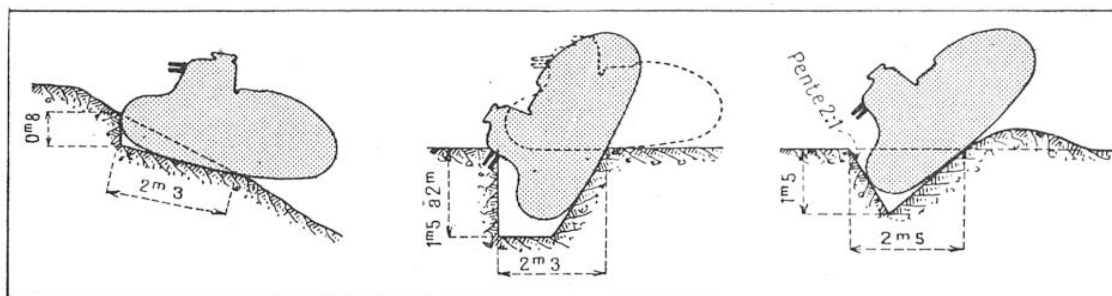


FIG. 10, 11 ET 12. — EXEMPLES D'ESCARPEMENTS ET DE FOSSÉS CAPABLES DE S'OPPOSER A LA PROGRESSION DES CHARS LÉGERS

prévoir, soit un escarpement vertical (fig. 10), soit une tranchée (fig. 11 et 12). Pour la plupart des chars légers, un champ de rails inclinés (fig. 14) est un obstacle infranchissable. Les rails, lors qu'ils sont enfoncés verticalement sont espacés de 1 m environ sur la même rangée, et les rangées sont distantes de 2 m 25. L'émergence des rails est variable, généralement comprise entre 0 m 70 et 1 m 50.

Les réseaux de fils de fer constituent également des obstacles qui gênent beaucoup la progression du char, car les fils s'enroulent autour des chenilles et provoquent assez rapidement leur coincement. Enfin, la figure 13 montre schématiquement un nouvel obstacle imaginé par les Allemands et constitué par des fers profilés formant des cadres de formes appropriées posés simplement sur le sol.

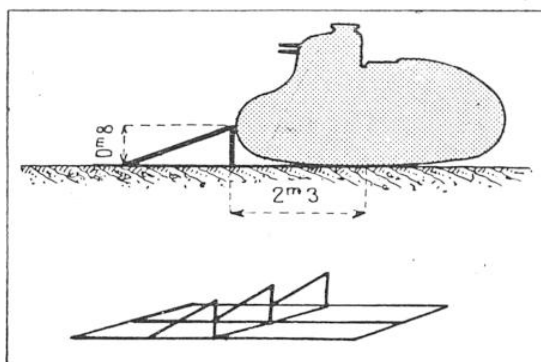


FIG. 13. — SCHÉMA D'UN CADRE MÉTALLIQUE ANTICHARS POUR CHARS LÉGERS

Tous ces obstacles doivent naturellement, pour conserver toute leur efficacité, être soutenus par les feux des mitrailleuses et des canons antichars.

Le franchissement des fossés

Pour augmenter la capacité de franchissement des chars, l'ingéniosité des techniciens s'est donnée libre carrière. On voit sur la figure 15 un dispositif imaginé en vue d'accroître la largeur de tranchée qu'un char est capable de franchir. Le char commence par laisser tomber, au fond de la tranchée, un corps cylindrique dont le diamètre est suffisant pour qu'à la remontée, il ne prenne pas une inclinaison exagérée et ne reste pas en panne au fond du fossé.

Un autre dispositif a été imaginé, le système Vickers-Straussler, que la figure 20 montre adapté aux chars légers Vickers de

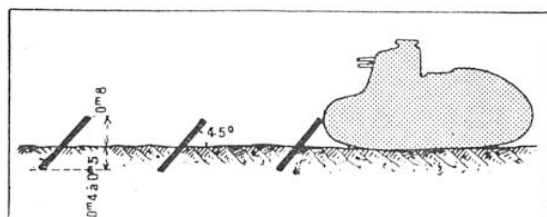


FIG. 14. — SCHÉMA D'UN CHAMP DE RAILS INCLINÉS TRÈS EFFICACE CONTRE LES CHARS LÉGERS

Pour la plupart des chars légers, d'un poids total inférieur à 7 tonnes environ, un tel champ de rails constitue un obstacle infranchissable.

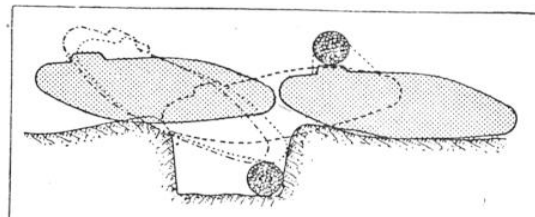
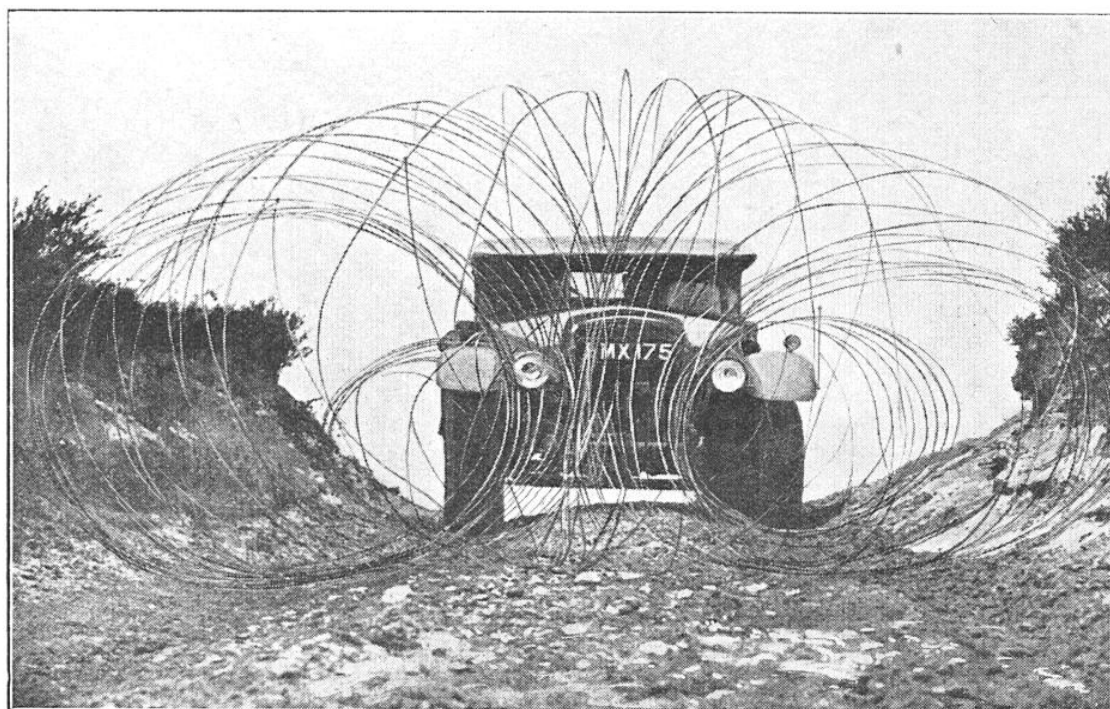


FIG. 15. — SCHÉMA DU FRANCHISSEMENT D'UN FOSSÉ PROFOND ET LARGE PAR UN CHAR AIDÉ D'UNE FASCINE

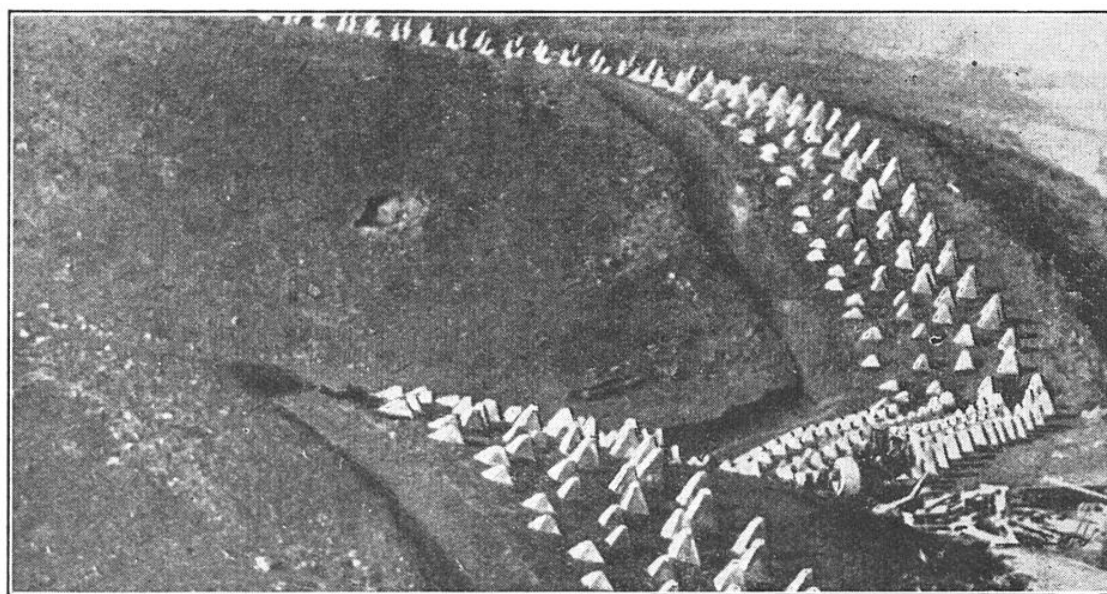
Le dessin en pointillé montre les positions successives du char; la fascine l'empêche de prendre à la remontée une inclinaison trop forte.



(54 606)

FIG. 16. — BARRAGE ANTICHAR CONSTITUÉ PAR DES FILS DE FER SOUPLES

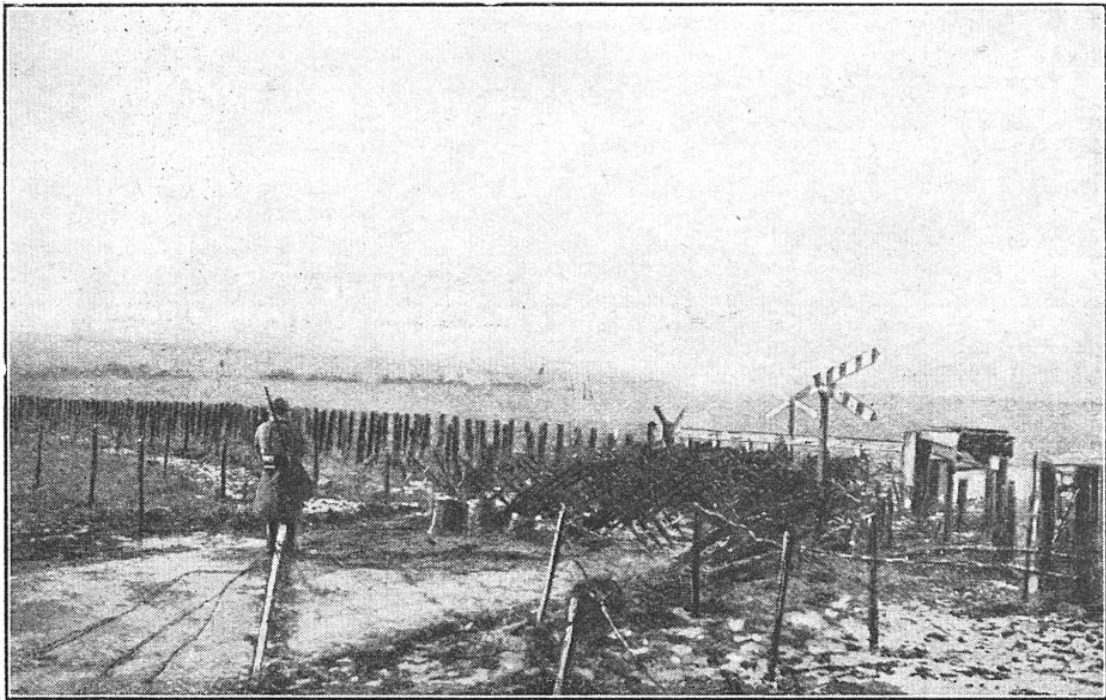
Livré sous forme d'une spirale facile à transporter, cet agencement de fil de fer se place aisément en écartant les extrémités de la spirale. En s'enchevêtrant sous la partie mécanique du véhicule, le fil de fer arrive rapidement à bloquer les roues.



(54 607)

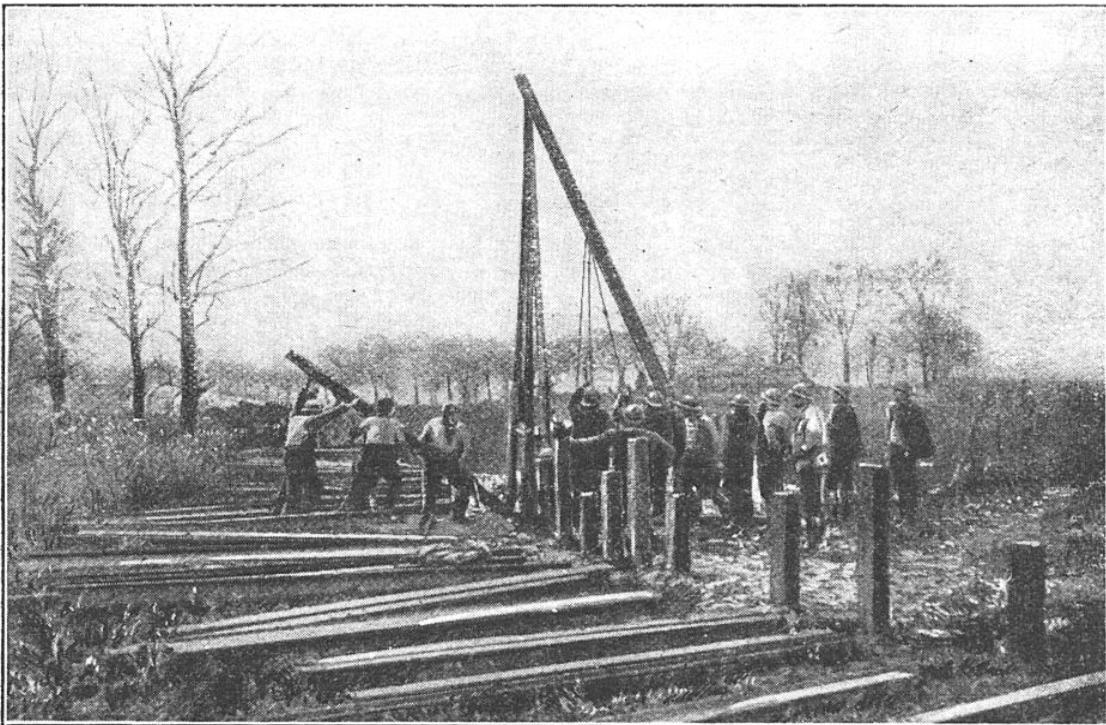
FIG. 17. — BARRAGE ANTICHARS EN DENTS DE BÉTON DE LA LIGNE SIEGFRIED

Par leurs hauteurs inégales, ces dents compromettent la stabilité des chars, qui deviennent un objectif facile à atteindre par les armes antichars.



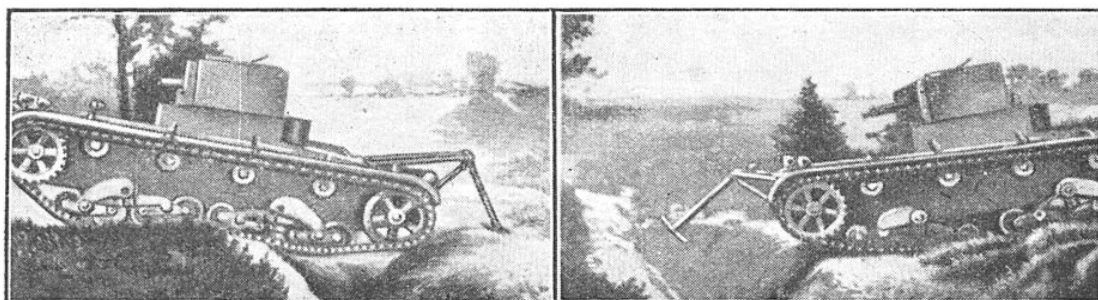
(54 603)

FIG. 18. — UN BARRAGE ANTICHARS COMPOSE DE RAILS, DE BARBELÉS ET DE CHEVAUX DE FRISE



(54 604)

FIG. 19. — LA CONFECTION D'UN BARRAGE DE RAILS ANTICHARS PAR LES SAPEURS DU GÉNIE
A L'AIDE D'UNE « SONNETTE » A BRAS



(54 605)

FIG. 20 ET 21. — LE DISPOSITIF DE FRANCHISSEMENT VICKERS-STRAUSSLER EN ACTION
Ce dispositif porte la capacité de franchissement du char de 1 m 83 à 3 m 20. Il comporte, à l'avant et à l'arrière, un système d'appuis articulés (a et c, leviers; b, patin), grâce auquel le char ne peut tomber dans le fossé, comme le montre la figure 22.

6 t. Il permet d'accroître la largeur franchissable de 1 m 83 à 3 m 25. Il comporte un appui articulé à l'avant et un deuxième appui articulé à l'arrière. L'appui avant est poussé jusqu'à la butée vers l'avant par un ressort et soutient le char lors du basculement vers l'avant. Lorsque le char progresse, l'appui arrière est poussé à son tour jusqu'à la butée vers l'avant et soutient le char tout en pivotant vers l'arrière.

L'attaque des chars par l'infanterie

Un certain nombre de moyens de défense inédits ont été inaugurés pendant la dernière guerre d'Espagne.

C'est ainsi qu'ayant remarqué que les parties les plus vulnérables du char pour les armes des fantassins étaient l'emplacement des réservoirs et les fentes de visée, on disposait à 150 m environ en avant de la position de résistance des groupes de trois ou quatre hommes bons tireurs et particulièrement courageux, qui devaient se tenir dissimulés jusqu'à ce que le char parvienne à portée de leurs armes, et alors ouvrir le feu en visant en particulier les fentes d'observation.

Il importe de noter que dans la méthode d'instruction des unités de défense antichars de l'armée japonaise (1), l'attaque directe des chars par l'infanterie a été particulièrement étudiée. C'est

(1) La défense antichars, par le commandant Lelagret, *Revue d'infanterie*, juillet 1939.

ainsi notamment que l'on préconise la concentration de feux d'infanterie à 300 m de distance sur les fentes de visée des chars en vue d'infliger aux équipages des pertes, bien que l'on ne puisse songer à perforer les blindages à cette distance avec des armes d'infanterie. Dans les compagnies de fusiliers voltigeurs japonais, il est prévu des groupes de destruction de chars, dont chaque homme, spécialement entraîné, possède une mine antichars, une charge d'explosif, une grenade fumigène et éventuellement d'autres moyens d'aveuglement. Le soldat, utilisant les accidents de terrain, doit se rapprocher du char à

très faible distance et lancer sa mine avec grande précision sous la chenille du char. D'autres fois, deux hommes tendent entre eux une corde d'une cinquantaine de mètres à laquelle sont fixées plusieurs mines qu'ils s'efforcent de placer sous le char au moment de son passage. Quant à la grenade fumigène, elle est prévue pour être reliée par une cordelette à un lest et lancée sur le char de manière qu'elle reste accrochée à lui et que la nappe fumigène suive ainsi le déplacement du char.

Il est prévu même que ces équipes de destruction peuvent procéder à l'attaque directe du char, les hommes sautant sur lui et, à l'aide d'outils appropriés, détériorent son armement pour rendre impossible sa manœuvre de rotation. Dans certains cas, pour arrêter le char ou dété-

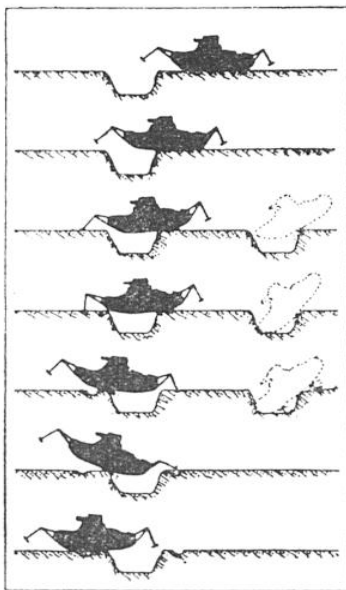


FIG. 22. — LES PHASES SUCCESSIVES DU FRANCHISSEMENT D'UN FOSSÉ PAR UN CHAR MUNI DU DISPOSITIF VICKERS-STRAUSSLER

riorer sa chenille, les équipes de destruction utilisent des perches en bois ou des barres métalliques qu'elles engagent dans l'engrenage d'entraînement de la chenille en vue d'immobiliser le char. Ces procédés de combat audacieux illustrent bien l'habileté et l'esprit de sacrifice du soldat japonais.

Dans la guerre d'Espagne, certains groupes avancés lançaient également contre les chars des grenades explosives et des bouteilles remplies d'essence. Les grenades étaient reliées en paquet afin de former une charge explosive suffisante pour endommager à coup sûr les chenilles. L'une de ces grenades était percutée au moment du lance-

ment, et les autres explosaient par influence.

Les bouteilles étaient garnies d'un morceau d'étoffe dont l'une des extrémités trempait dans l'essence. Au moment du lancement, on allumait ce morceau d'étoffe dont la combustion communiquait le feu à l'essence répandue sur les parois extérieures du char après la rupture de la bouteille au choc. L'incendie pénétrait à l'intérieur du char par les fentes de visée et y était entretenu par l'huile et la graisse répandues sur les parois intérieures, obligeant ainsi l'équipage à abandonner le char.

ANDRÉ CHISSEY.

Les usines allemandes de construction aéronautique travaillent fébrilement à la construction en très grande série des types d'appareils retenus par le haut commandement, tant pour la chasse que pour le bombardement, et la coopération avec les forces de terre et de mer (1). Mais l'activité des bureaux d'étude pour la mise au point de prototypes réalisant des performances supérieures encore à celles des appareils en service n'a pas été moins grande au cours des mois d'hiver. D'après des informations parues dans la presse technique italienne, les techniciens allemands termineraient actuellement plusieurs types nouveaux d'appareils, parmi lesquels un « Junkers 88 K » et un « Heinkel 119 ». Le « Junkers 88 K » serait un avion de bombardement, équipé de deux moteurs « Jumo 211 », capable d'atteindre une vitesse maximum de 515 km/h, avec une vitesse de croisière de 425 km/h. Son plafond serait de 9 000 m et son autonomie de 2 100 km. Il serait armé de trois mitrailleuses et sa charge utile s'élèverait à 3 800 kg. Le « Heinkel 119 » serait également un appareil de bombardement, et constituerait une version améliorée du « Heinkel 111 », qui n'est autre lui-même que la version militaire du bimoteur commercial pour dix passagers « Heinkel 111 ». Il serait équipé de deux moteurs Daimler-Benz X, d'une puissance totale de 2 275 ch. Alors que la vitesse maximum du « Heinkel 111 K » peut être estimée, en l'absence de tout chiffre officiel, à 490 km/h, celle du « Heinkel 119 » serait portée à 560 km/h. Dans le domaine de l'aviation de chasse, on signale également que les trois firmes Messerschmitt, Heinkel et Focke-Wulf achèvent la mise au point d'un nouvel appareil chacune. Ces trois prototypes, qui seront aussi équipés de moteurs Daimler-Benz X, pourraient atteindre une vitesse maximum de l'ordre de 700 km/h.

Les bureaux d'études alliés ne sont évidemment pas restés sans travailler de leur côté. On comprendra qu'il soit impossible de donner la moindre précision sur les résultats obtenus. C'est pourquoi nous nous bornerons à relever les informations parues dans la presse aéronautique italienne, en particulier dans *Le Vie dell'Aria*, concernant l'aviation britannique. D'après ces sources, les constructeurs anglais auraient mis au point plusieurs prototypes d'avions de chasse de performances nettement supérieures à celles des « Hurricane » et « Spitfire » actuels. En particulier, le biplace monomoteur *Boulton and Paul « Defiant »* (2) serait déjà en service dans de nombreuses escadrilles. Ses performances sont tenues secrètes, et l'on sait seulement qu'il est doté, derrière le poste du pilote, d'une tourelle spéciale armée de plusieurs mitrailleuses. D'autre part, le *Blackburn Roc*, biplace de combat de hautes performances, équipe déjà de nombreuses formations de l'aéronautique navale.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 273, page 166. (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 272, page 86.

ACROBATIES AÉRIENNES VOLTIGE ET HAUTE ÉCOLE

Par Edmond BLANC

Il est possible de distinguer, parmi les figures désormais classiques de l'acrobatie aérienne, trois grandes catégories : l'acrobatie élémentaire, complément obligatoire du pilotage, qui permet à tout pilote de sortir sans dommage des positions de vol anormales où il peut se trouver involontairement placé ; l'acrobatie de chasse, indispensable au pilote du monoplace rapide pour se dérober à l'attaque de l'adversaire et placer son propre appareil dans la position la plus favorable au tir de ses armes automatiques ; enfin, l'acrobatie de haute école, réservée à quelques pilotes particulièrement doués et qui comporte l'exécution de figures en vol inversé (vol sur le dos), au ralenti et évolutions combinées complexes. Voici un exposé général des principes de la voltige aérienne et de leurs applications tant aux figures spectaculaires des vedettes de meetings d'aviation qu'aux évolutions audacieuses des chasseurs dans les combats aériens.

ENTRE le pilotage élémentaire limité aux manœuvres strictement indispensables pour un prudent voyage et le pilotage intégral, il y a toute une épopée cinématique.

Deux leviers, trois gestes

Les manœuvres essentielles du vol sont à la portée du premier venu.

Pour monter, il suffit de tirer à soi le manche à balai, et de le pousser pour descendre. En le portant vers la droite (ou en tournant à droite le volant adapté au manche), on incline à droite l'appareil (fig. 1).

L'action du manche s'accorde avec les déplacements du corps.

Le changement de direction résulte de l'action du palonnier (ou des pédales). On tourne à droite en poussant le palonnier du pied droit. Encore que ce mouvement semble en contradiction avec le « pilotage » d'une bicyclette et moins instinctif que celui du manche, il aboutit très vite, par association avec le geste de la main, à un réflexe pour le virage correct.

Pour virer correctement, tout véhicule doit, en effet, s'incliner vers l'intérieur de sa trajectoire courbe. Le pilote d'avion devra donc agir simultanément avec le pied pour changer de direction (palonnier) et avec la main (manche latéral ou volant) pour incliner la machine par le jeu des ailerons, en faisant en sorte que l'avion ne glisse (vers l'intérieur du virage) ni ne dérape (vers l'extérieur). Le dosage de ces manœuvres conjuguées s'obtient aisément au bout de quelques leçons, et le débutant accomplira ainsi un virage correct à faible inclinaison, dans un vol sans ambition.

Mais si le pilote, au lieu de virer largement à allure modérée, veut virer court, plus court sera le virage, plus forte devra être l'inclinaison. Celle-ci permet, en effet, de faire équilibre à la force centrifuge qui varie proportionnellement au carré de la vitesse et en raison inverse du rayon de virage. Quand un avion de course tourne autour des pylônes qui fixent son circuit, il exécute un virage bref où l'inclinaison des ailes peut atteindre 90°. C'est le virage à la verticale, qui constitue la première évolution acrobatique.

L'inversion des gouvernes

Considérons les gouvernes. Celle de la « profondeur » par exemple, qui assure montées et descentes. C'est une surface mobile autour d'un axe horizontal dans le vol rectiligne normal, tandis que la « direction » présente un axe vertical (fig. 2).

Dans l'inclinaison de l'avion, ces axes tournent avec lui, autour de l'axe du fuselage. Au cours de cette rotation, chacune de ces deux gouvernes disposées en croix empiète sur les effets de l'autre, puisque l'axe de chacune d'elles se rapproche de la position normale de l'autre axe, en vol horizontal. Lorsque l'inclinaison de l'avion atteint 45°, cet empiètement devient du partage : la profondeur et la direction présentent leurs axes suivant un X aux barres perpendiculaires, et il apparaît que la rotation d'une des gouvernes autour de son axe intéresse à la fois la direction et la profondeur, et sensiblement autant l'une que l'autre. Là se trouve la frontière du virage normal, dit « à faible inclinaison ». Au delà,

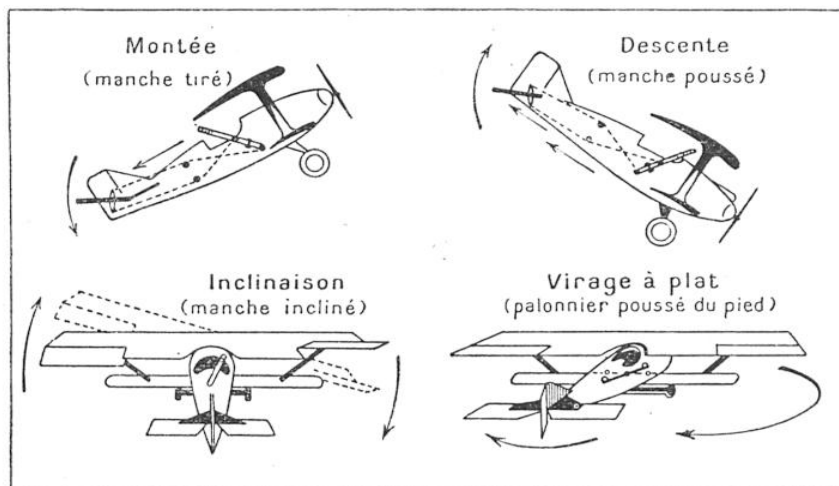


FIG. 1. — LES MANŒUVRES ESSENTIELLES DU PILOTAGE

le rôle des gouvernes est *inversé*, et, en particulier aux approches du virage à la verticale, le gouvernail de profondeur devient gouvernail de direction et vice versa. Comme les leviers de commande restent les mêmes, il advient que la *main* se substitue en quelque sorte au *pied* et que les réflexes acquis doivent se trouver eux aussi inversés. Seule la commande de l'inclinaison (par les ailerons) au volant continue de jouer de la même façon. On conçoit ainsi la nécessité d'une éducation particulière, d'un perfectionnement du pilotage, puisque, suivant l'*assiette* de l'avion, les commandes changent de destination. Dès l'instant où deux commandes doivent agir à la fois, il faut pour ainsi dire des *réflexes tordus*, et c'est pourquoi le virage fortement incliné est le prototype des manœuvres acrobatiques.

Voltige et virtuosité

Avant de pousser plus avant cette analyse qui nous donnera la clef de cet « art du pilotage », il importe de préciser le sens des vocables qui dominent toute cette étude.

Le mot « acrobatie » désignait, avant la naissance de l'aviation, les exercices périlleux des gymnastes du cirque. Il évoquait, pour ceux-ci, des *positions* inhabituelles du corps et des évolutions ou des *trajectoires* à proprement parler anormales. On pouvait ainsi admettre que ce vocable désignât pour l'avion tout un ensemble de mouvements extraordinaires. Son sens a pourtant été distendu jusqu'à envelopper aussi les exercices *spectaculaires* de ces mêmes gymnastes du cirque, équilibristes ou trapézistes accrochés par les mains, les dents ou les pieds, à

un appareil volant. De la sorte, il vaudrait mieux désigner par le mot « voltige » (qui rappelle l'idée de *volte*, exercice tournant) l'ensemble des manœuvres qui sortent du pilotage élémentaire. L'équitation qui, par ailleurs, nous permettrait avec l'aviation des rapprochements suggestifs, a réservé la dénomination de « voltige » au travail de perfectionnement accompli sur

un cheval galopant en cercle, et sur lequel le cavalier se livre à des exercices inaccoutumés.

Tout homme peut monter à cheval. Il ne méritera le titre de *cavalier* que s'il a confirmé sa maîtrise par la pratique de la voltige. Il deviendra *écuyer* quand il aura pratiqué la « haute école » à Saumur.

Nous retrouverons ces étapes lors de l'éducation du pilote. Pour lui, la voltige comprend deux classes : l'*acrobatie élémentaire* qui le confirmera sans lui attribuer une spécialité, et l'*acrobatie de chasse*, plus précise, plus complète, qui le rendra apte au combat offensif.

Quant à la *haute école*, qui exige un don et correspond à une maîtrise absolue et personnelle (au point qu'on peut parler du *style* des « écuyers de l'air »), elle laisse la virtuosité embrasser tout le domaine de la fan-

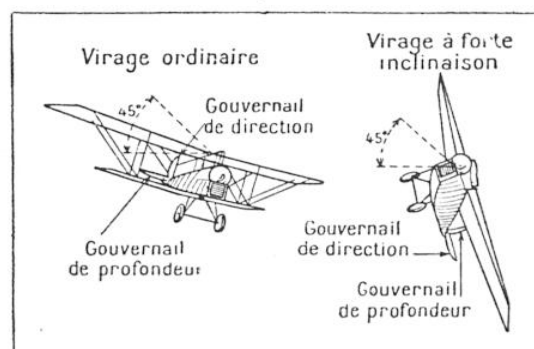


FIG. 2. — L'INVERSION DES GOUVERNES QUAND ON PASSE D'UN VIRAGE ORDINAIRE A UN VIRAGE A FORTE INCLINAISON

taisie, dans l'exécution de figures nombreuses, souvent *complexes*, et dont certaines, accomplies au *ralenti*, portent à l'extrême limite la finesse de pilotage.

Piqués et engagements

L'aérobie élémentaire comprend d'abord trois évolutions qui résultent, en quelque sorte, de l'exagération de manœuvres simples : montée, descente ou virage (ainsi que nous venons de l'indiquer).

Un incident grave (blessure, commencement d'incendie, tempête) peut contraindre le pilote à descendre dans le minimum de temps. La descente devient alors le *piqué*, manœuvre acrobatique en ce sens qu'elle accroît considérablement la vitesse de l'avion et que celui-ci court le risque de l'*engagement* ou d'efforts brutaux accompagnant le redressement brusque ou *ressource*, dont nous parlerons plus loin (fig. 3).

Lorsqu'un avion de chasse veut foncer sur un ennemi qu'il survole, pour un combat rapproché, il « pique à mort », suivant une expression de métier, en poussant fortement le manche à balai vers l'avant. Sa vitesse peut alors atteindre 600 à 700 km/h ou même plus avec les appareils modernes.

Le bombardier de jour, qui se maintient au-dessus des nuages ou à une altitude raisonnable pour échapper au tir de la D. C. A. ou à l'attaque des chasseurs, utilisera, lui aussi, le *piqué* pour lancer ses bombes avec une précision accrue.

Le pilote d'essais, enfin, pour éprouver l'appareil nouveau, le soumettra à une plongée quasi verticale. L'Américain Doolittle a atteint plusieurs fois 800 km/h et fait littéralement éclater les cellules, avant de s'évader en parachute. A Buffalo, Lloyd

Shild aurait atteint en piqué 925 km/h. Dans une descente aussi accentuée, l'avion peut acquérir une vitesse telle que, composée avec celle du vent, elle donne une

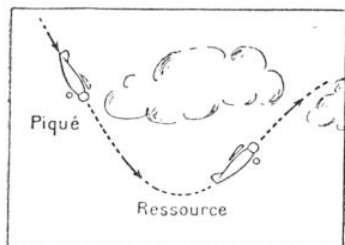


FIG. 3. — LE PIQUÉ ET LA RESSOURCE

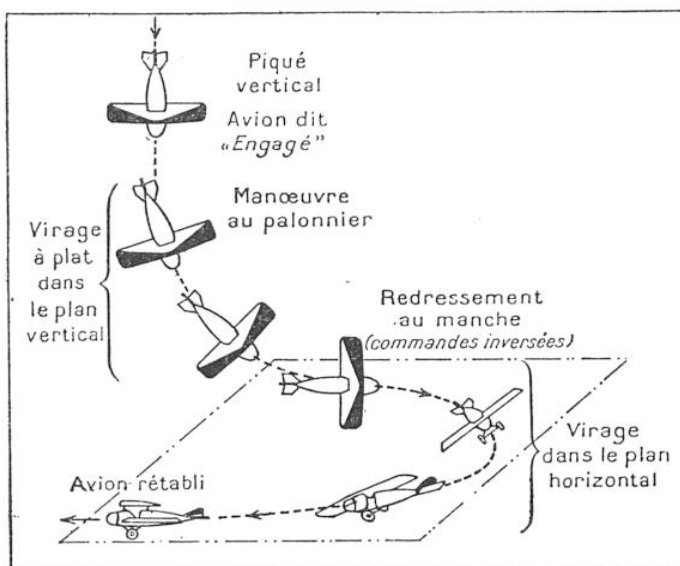


FIG. 4. — LE REDRESSEMENT D'UN AVION « ENGAGÉ » DANS UN PIQUÉ VERTICAL

Sur ce dessin, comme sur ceux qui suivent, le dessus de l'aile est représenté mi-partie blanche, mi-partie noire.

résultante considérable attaquant l'aile par-dessus, d'où une sustentation négative aggravant la chute et empêchant le redressement au manche : l'avion est dit *engagé*, en ce sens que les forces extérieures le stabilisent sur sa trajectoire. Il devient impossible de l'en sortir par les manœuvres opposées à celles qui l'y ont placé (c'est-à-dire ici en tirant sur le manche).

Le pilote doit alors user d'un artifice. La « profondeur » restant bloquée, il usera du palonnier, et, virant à plat dans un plan quasi vertical, ramènera ainsi le fuselage à une position horizontale. Il lui suffit de « rétablir » au manche, par action sur les ailerons ou par un second virage à très forte inclinaison (fig. 4).

Ressources et chandelles

Généralement, le piqué a comme suite volontaire dans une manœuvre de combat, ou comme conséquence (en raison de l'approche du sol) une manœuvre de redressement (fig. 3),

Cette manœuvre prend le nom de *ressource*, car l'avion, en effet, *surgit* vers le ciel (comme l'eau d'une source). Après une descente paisible et de pente modeste, un tel redressement, prudemment accompli, reste dans le cadre des mouvements du pilotage élémentaire.

Après un piqué, qui exige une remontée

assez marquée (pour l'attaque en dessous par un chasseur, par exemple), il importe de réaliser sans brutalité cette ressource, par une action progressive, quoique assez énergique, car un facteur particulièrement important entre en jeu, comme dans tout virage à grande vitesse (ici la courbe est dans le plan vertical) : c'est la *force centrifuge* qui accable à la fois l'avion et l'homme.

On admet, en effet, que la vitesse en piqué peut dépasser 4 fois celle du maximum de portance, ce qui inflige à l'appareil des fatigues 15 ou 20 fois supérieures aux fatigues normales. Dans ces conditions, une ressource brutale est aussi redoutable qu'un atterrissage percutant, et c'est pourquoi il faut, au pilote, dans cette manœuvre, une main *très douce et très sûre* pour arrondir convenablement la ressource aux grandes vitesses.

Un bref piqué plein moteur avec ressource précède généralement la montée rapide, presque verticale, appelée « chandelle » et

qui peut atteindre 400 m. Cette acrobatie, élément de nombreuses figures de virtuosité, appartient, en outre, aux méthodes de la chasse et du bombardement en piqué. Le bombardier, qui a plongé au travers de la couche de nuages pour « voir » ou pour lancer ses bombes, se dérobe aussitôt aux vues terrestres par une montée en flèche dans ces mêmes nuages.

Virages serrés et spirales

Le virage « serré » (de faible rayon) exigeant une forte inclinaison, nous avons vu, au fur et à mesure de cette inclinaison, se révéler l'*inversion des commandes*, totale quand l'aile devient verticale. Dans leur « Art du Pilotage », deux excellents moniteurs, Monville et Costa, affirment qu'« un beau virage serré est plus difficile à exécuter que certaines acrobaties ». Il importe donc d'analyser cette difficulté (fig. 2).

Lorsque l'inclinaison de l'aile dépasse 45°, tirer sur le manche fait *tourner* plus que monter. Pour monter, il faudrait agir, au pied, sur la gouverne de direction. On fait, en somme, passer les réflexes du pied

dans la main, et inversement. Cette transposition caractérise le virage serré. Elle exige des *réflexes asservis* par une éducation complémentaire affinant les perceptions et les gestes.

Alors que le virage ordinaire n'en appelle qu'à deux gouvernes, ailerons et direction, le virage serré impose dans l'usage inversé des pieds et des mains, le *dosage* harmonieux de *trois actions*, car le gouvernail de profondeur est mêlé à l'aventure. Tel est le secret fonceur du pilotage acrobatique. On conçoit alors qu'il exige un entraînement méthodique, en double commande, puis seul à bord, jusqu'à ce que le « dosage » soit atteint dans le virage serré.

Il faut quelquefois deux ou trois semaines

pour apprendre à exécuter impeccablement un virage serré.

Dans le virage « à la verticale », où les ailes sont rigoureusement perpendiculaires au sol, on recommande de ne pas mettre le moteur au plein régime,

car on fatiguerait outre mesure l'appareil, placé alors dans les mêmes conditions qu'au cours d'une ressource.

Ainsi intervient, à la manière d'un troisième levier, la *manette des gaz*, levier de puissance, de telle sorte que le dosage des manœuvres du vol acrobatique fait intervenir quatre variables, et, par suite, met à belle épreuve le discernement et la décision du pilote. Il n'en sera point embarrassé s'il a acquis, au prix d'un labeur patient, une sorte d'instinct supérieur du vol, instinct qui dépasse le domaine des réflexes.

Ceci apparaît d'autant plus nécessaire qu'il aura parfois à se défendre contre certaines illusions et à faire abstraction du sol pour ne mesurer que les réactions mutuelles de l'oiseau mécanique et du fluide qui lui prête (ou lui refuse) son appui. Ainsi dans le virage brusque, qui caractérise cet aller et retour rapide, connu sous le nom d'*épingle à cheveu*, si le pilote commence son virage avec le vent debout, il aura l'illusion de *glisser*, en dépit d'un pilotage parfait, et de *déraper* s'il a, au contraire, le vent dans le dos. A ce moment-là, le sol n'est qu'un faux

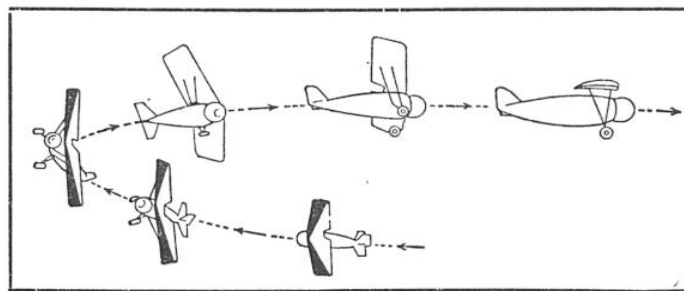


FIG. 5. — UN VIRAGE A LA VERTICALE, ROUES EXTÉRIEURES (VU PAR-DESSOUS, L'AVION SE RAPPROCHANT)

témoin. Nous verrons, en d'autres occasions, qu'il faut savoir *oublier le sol*.

Aux virages acrobatiques, il faut associer les *spirales*, virages serrés, circulaires, mais prolongés par la descente, moteur réduit, suivant une trajectoire hélicoïdale. Les manœuvres sont les mêmes.

Glissades et feuilles mortes

Après ce premier groupe de figures, en général volontaires et contrôlées par le pilote pendant toute leur durée, se place un second groupe d'acrobaties qui peuvent être involontaires et où l'avion se dérobe à l'autorité de son maître. Ce sont la *glissade*, l'*abatée* et la *vrille*, qui résultent d'une situation particulière : celle de la *perte de vitesse*.

Lorsqu'un avion se trouve en perte de vitesse, ses gouvernes, frappées par un vent

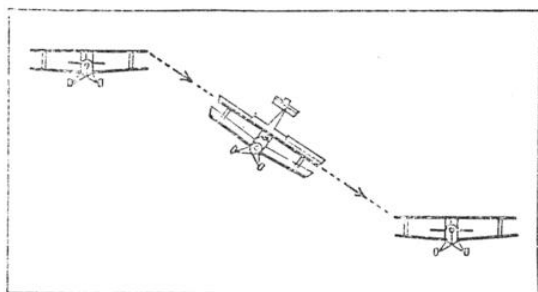


FIG. 6. — UNE GLISSADE

relatif trop faible, deviennent indifférentes. On dit qu'elles ne « répondent plus » aux sollicitations du pilote, qui agit en vain sur des commandes molles, voire même flottantes. La sustentation devient insuffisante, et l'appareil *tombe*, suivant diverses modalités.

L'appareil se trouve-t-il, à ce moment-là, légèrement incliné sur l'aile ? Sa chute prendra l'allure d'une *glissade* sur cette aile.

On pourra donc provoquer une glissade en réduisant le régime du moteur et en inclinant le manche (avec un peu de pied à l'opposé pour éviter de tourner). On arrêtera cette glissade en « piquant dans le trou » pour reprendre la vitesse qui rendra aux gouvernes leur efficacité. Il suffit pour cela de « donner du pied » du côté vers lequel on glisse, le moteur étant au ralenti, bien entendu, car l'hélice n'a rien à faire d'utile tant que la machine va « de travers ».

En ce qui concerne le manche à balai qui, au départ de la glissade, se trouvait porté d'un côté, il convient de le laisser où il est. En ramenant ce levier au milieu, on im-

poserait inutilement à la voilure une sorte de *ressource sur le côté*. Cependant, cette façon de procéder peut devenir opportune si l'on veut accomplir la trajectoire brisée, dite « en feuille morte », à droite

et à gauche, jadis fort en honneur, et dont usa notamment, le 21 avril 1918 (jour de sa mort), le « Corsaire rouge », von Richthofen, as des as allemands, pour se *dégager* de l'attaque de deux de ses plus tenaces adversaires.

L'avion peut d'ailleurs glisser d'autre façon, et notamment sur le côté, mais en *excès de vitesse*, procédé familier aux pilotes qui veulent raccourcir leur prise de terrain lorsqu'ils se présentent trop haut aux abords de celui-ci.

L'avion peut enfin, en perte de vitesse, glisser vers l'arrière, si son profil d'aile s'y prête. La plupart des virtuoses de l'air considèrent plutôt cela comme un enfoncement au cours de la *bascule*, examinée plus loin.

Abatées et vrilles

Les abatées résultent toujours d'une perte de vitesse (au sommet d'une chandelle, par exemple), ce qui les différencie des glissades. Considérons donc de nouveau l'avion ralenti au delà du « régime de vitesse minimum ». La sustentation devient insuffisante et il sera contraint de tomber. A cet instant délicat, qui devance de peu la rupture d'équilibre, l'avion peut conserver parfois sa ligne de vol, soit que des dispositifs spéciaux (hypersustentateurs) retardent la rupture d'équili-

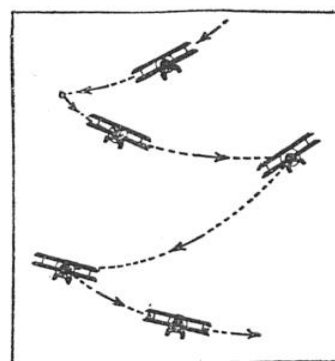


FIG. 7. — UNE DESCENTE PENDULAIRE EN « FEUILLE MORTE »

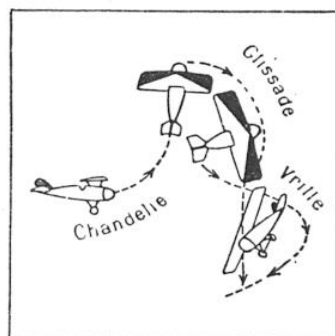


FIG. 8. — UNE ABATÉE

bre, soit que l'habileté du pilote et sa finesse de main lui permettent de prévoir les oscillations d'une machine presque morte, et d'y parer *in extremis* en utilisant le reste de « vie » des gouvernes. Il y a alors *enfoncement*. Mais, généralement, la perte de vitesse prolongée d'un avion bien réglé volant horizontalement en air calme, toutes commandes dans leur situation normale, le conduira à une abattée.

Il tombera alors « sur le nez », comme entraîné par le poids du moteur, et d'autant plus brutalement que ce poids est plus grand et plus à l'avant. Ce sera la chute presque verticale.

Cependant, si l'avion mort se trouvait en amorce de virage, ou déséquilibré par un remous, ou avec des commandes de direction et d'inclinaison contrariées (*commandes croisées*), l'appareil, tout en s'abattant, basculera sur l'aile et se mettra « en vrille » du côté où il est sollicité.

La vrille, qui peut ainsi résulter d'une faute de pilotage, d'une panne brutale de moteur ou d'un désordre atmosphérique, peut se présenter comme un incident dangereux ou comme une acrobatie volontaire. Pour se mettre en vrille il suffit de réduire les gaz, de tirer le manche en arrière, puis d'amorcer un virage. La vrille sera d'autant plus violente que l'inclinaison donnée, grâce aux ailerons, sera plus marquée.

Pour la faire cesser, il convient de ramener les commandes à la position neutre, puis de pousser le manche en avant pour « piquer dans le trou » et regagner de la vitesse, moteur réduit ou arrêté.

Un débutant, non instruit de cette méthode, et surpris par cette vrille *indépendante de sa volonté*, lui opposerait *instinctivement* une manœuvre désastreuse en tirant sur le manche, pour redresser, et en poussant le palonnier vers l'extérieur, pour s'arracher à cette rotation infernale. En réalité, il s'agit d'une *autorotation*, beaucoup plus despotique dans une vrille dite « à plat ». Cette autorotation donne au problème de la vrille un aspect particulier, qui nous invite à distinguer deux *catégories* d'acrobaties, en apparence semblables, mais profondément distinctes dans leur nature.

Acrobaties commandées ou déclenchées

Telles sont ces deux catégories d'acrobaties. Dans les premières, le pilote anime, à tout instant, les gouvernes ou perçoit leurs réactions. *L'avion ne fait rien sans lui*. Tel est le cas du virage. Mais, si le pilote met son

avion en perte de vitesse, la machine cesse de lui obéir. Elle devient la proie des *forces extérieures* (pesanteur, résistance de l'air, force centrifuge) et accomplit alors *d'elle-même* une acrobatie. Certes, dans l'instant qui l'a précédé, le pilote a pu, par d'ultimes gestes, *choisir* et déterminer telle ou telle figure, mais il n'a fait que la *déclencher*, et elle s'accomplit ensuite comme s'il n'était plus à bord. Ainsi font, par exemple, ces jouets volants en forme de flèches, que les enfants lancent dans l'air où elles accomplissent d'étonnantes cabrioles. L'avion se comporte de même lors d'une abattée ou d'une vrille.

Le profane, la plupart du temps, ne voit dans la vrille qu'une sorte de spirale serrée à l'extrême limite jusqu'à réduire le cylindre virtuel sur lequel elle s'inscrit, à un axe vertical. Or, la spirale, résultante d'un virage et d'une descente, est, comme ces figures, une acrobatie *commandée*, dont le pilote peut instantanément s'affranchir, les commandes demeurant obéissantes, l'appareil restant *tangent* à sa trajectoire.

Toute différente est la vrille, que le pilote ne peut faire cesser instantanément et qui se montre parfois rebelle. Dès qu'il s'y applique, il lui faut encore *subir* un ou deux tours de vrille, suivant les types d'appareils. Il arrive même, enfin, que la vrille prenne une allure particulière désignée sous le nom de *vrille à plat* (parce que le fuselage fait avec l'horizon un angle plus faible), et où l'autorotation, plus marquée, soustrait presque totalement l'appareil aux manœuvres de défense du pilote. Celui-ci, d'autre part, reste la proie d'effets centrifuges plus importants qui rendent plus malaisées à la fois les manœuvres et l'évasion en parachute. Cette *autorotation* dans la vrille donne à l'acrobatie déclenchée un caractère implacable. *L'avion n'est plus tangent à sa trajectoire*. Il ne vole plus. Il est le jouet des forces extérieures.

Certains avions peuvent d'eux-mêmes passer de la vrille normale (ou vrille *sur le nez*) à cette vrille *sur le ventre*, dont l'effet le plus grave est de rendre *définitive* l'inefficacité de la gouverne de direction placée alors dans *l'ombre aérodynamique* du gouvernail de profondeur, *soufflé par-dessous*. Question de disposition des gouvernes et de centrage. Il appartient donc au constructeur de réduire cette fâcheuse tendance, pour aider le pilote dans sa difficile libération de la vrille à plat. En cette aventure, il voit l'horizon tourner *autour de lui* et il se sent violemment plaqué sur son dossier

par la force centrifuge. Dans la vrille sur le nez, il voit *devant lui* le sol tourner comme une cuvette sur un pivot. Il fera cesser cette situation comme il a été dit. Si la vrille se met « à plat », il pourra user du *moteur* ou de l'intervention d'un *parachute de queue*, qui, relevant la queue de l'avion, modifiera les conditions de ce redoutable équilibre des forces extérieures.

L'acrobatie obligatoire

Ce qui précède suffirait déjà à imposer l'acrobatie élémentaire comme complément obligatoire du pilotage, non seulement en tant que perfectionnement, mais encore du point de vue de la sécurité.

On doit, en effet, remarquer que la voltige trouve sa raison d'être, non seulement dans des *trajectoires* inhabituelles, dont l'intérêt n'est pas seulement sportif ou spectaculaire, mais encore dans des *positions de vol* anormales. Le pilote peut se trouver placé involontairement dans ces positions : vrilles, glissades, ou vol sur le dos, qui renversent ses réflexes ou les intervertissent. La voltige, en le plaçant volontairement dans ces *positions fâcheuses*, l'affranchira de leur surprise et lui apprendra à en sortir.

Elle lui donnera un sens absolu de l'*assiette*, en développant en lui la confiance et la finesse de pilotage. Il fera corps avec son avion, et, quels que soient les incidents ou les circonstances, il développera ses gestes de défense avec autant de sûreté que les gestes habituels d'un voyage sans histoire.

Le virage serré et la spirale, la perte de vitesse et ses conséquences : glissades et vrilles, et enfin le renversement qui en appelle au virage « à la verticale », constituent le programme volontaire des acrobaties que le brevet militaire impose.

Renversements, retournements

Ces deux figures appartiennent à une autre série d'acrobaties qui font suite aux « positions de vol », à savoir, les *figures fon-*

damentales. Le *renversement*, figure de voltige élémentaire et obligatoire, n'est qu'un changement de direction rapide, un *aller et retour* de l'espèce « épingle à cheveu », mais où l'avion bascule sur le côté pour virer à la verticale (fig. 10).

Le renversement commence par un palier en excès de vitesse, une montée à 30° environ, puis une inclinaison vigoureuse au manche tiré ensuite en arrière, tandis que le palonnier sera poussé du même côté, gaz réduits. L'avion, abandonné à son élan, bascule. Acrobatie déclenchée. Il suffit alors de remettre les gaz en ramenant les leviers en position de descente.

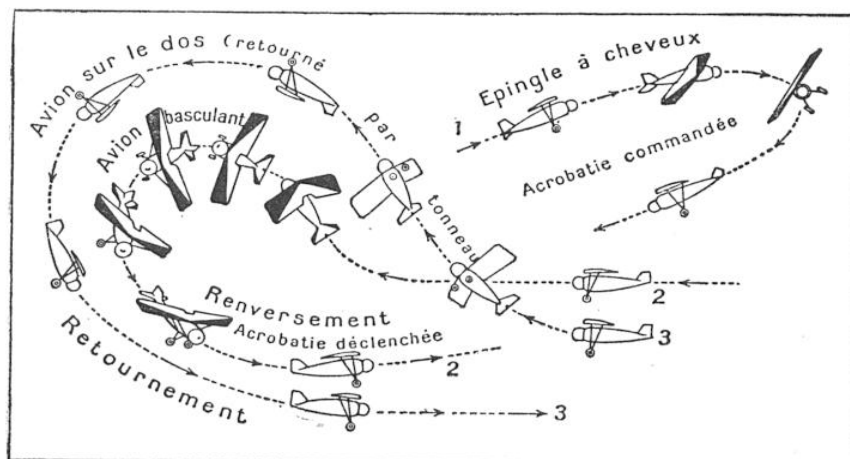


FIG. 10. — TROIS ALLER ET RETOUR RAPIDES : ÉPINGLE A CHEVEU (1), RENVERSEMENT (2) ET RETOURNEMENT (3).

Le *retournement* est aussi un aller et retour rapide, mais l'avion passant *sur le dos* (après une montée plus vive), c'est-à-dire *retourné*, ce qui maintient la trajectoire dans le même plan vertical, tandis que, dans le renversement, l'avion se renverse et vire.

Vues du sol, obliquement, ces diverses figures prêtent aisément à confusion. Le retournement est une acrobatie de chasse, ce qui n'empêche point les chasseurs d'user du renversement après leur première rafale, pour se dégager et reprendre l'attaque.

Loopings et tonneaux Immelmann

Le looping, ou boucle, figura dans les programmes du cirque avant la naissance de l'avion. La bicyclette, l'auto l'accomplirent, avec l'aide d'une piste spéciale. Le mot *tonneau* dit bien ce qu'il veut dire et évite au profane l'assimilation de ce mouvement à une vrille à axe horizontal. Là, l'avion

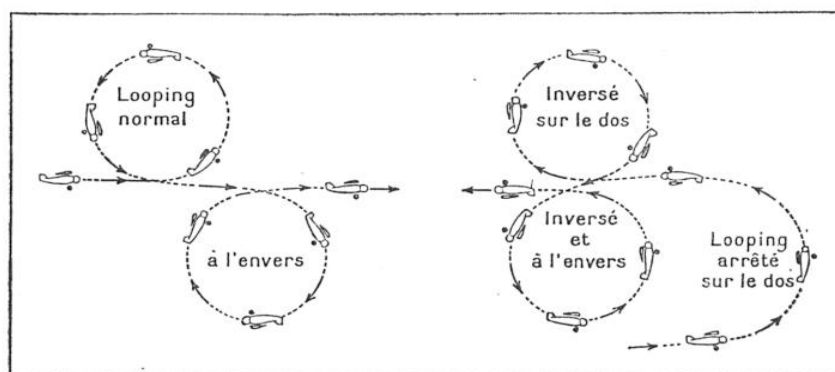


FIG. 11. — LES CINQ LOOPINGS DE HAUTE ÉCOLE

roule sur lui-même, comme un tonneau, à cela près qu'il est emporté en même temps sur sa trajectoire par sa vitesse propre. Le retournement, que nous venons d'examiner, nous fournit un exemple d'une association du tonneau et de la boucle. Il commence par un demi-tonneau montant, et s'achève par une demi-boucle descendante.

Le tonneau normal résultera donc de la même manœuvre que le début du retournement, à cela près qu'il faut cabrer beaucoup moins. Le tonneau correspond à un tour complet autour de l'axe du fuselage, gaz réduit. Il importe de l'amorcer par une légère montée (15°), car, dans sa seconde moitié, l'appareil perd de la hauteur (30 à 40 m).

Pour accomplir un looping, il convient de disposer d'un excédent de vitesse, à la suite de quoi on tirera progressivement le manche en arrière, à demi, puis à fond plus rapidement. En même temps, il importe d'éviter toute inclinaison latérale en usant, au besoin, du palonnier. De la sorte, le pilote voit devant lui le ciel et vole un bref instant sur le dos avant de commencer le demi-cercle de descente. Il revoit de nouveau le sol à l'envers, à ce moment (au-dessus de sa ligne d'horizon). Il faut alors fermer les gaz qu'on ne remettra qu'en fin de boucle, sans brutalité. La manœuvre ne présente point de difficulté. Si la première moitié de la boucle est continuée par un demi-tonneau, on réalise la figure favorite de l'as allemand Immelmann, qui lui a laissé son nom, figure qui rappelle un retournement dont on intervertirait les deux temps.

Les « créateurs » de ces acrobaties, dont le vol sur le dos est

un élément important, sont le capitaine Aubry et le sous-lieutenant Pégoud. En 1913, en effet, le premier se trouva *malgré lui* la tête en bas au retour d'un vol sur monoplane Deperdussin. Une violente bourrasque avait retourné le léger aéroplane. Quelques mois plus tard, Pégoud exécuta *volontairement*

la première boucle, conformément à l'annonce qu'il en fit dans le *Temps* du 21 août.

Le premier tonneau revient à Chevillard, qui l'accomplit le 9 novembre, à Juvisy, à 300 mètres de hauteur seulement, avec un biplan de grande envergure, ce qui témoignait d'une belle audace. Le même mois vit Maurice Rost accomplir la première vrille, *involontaire*, au cours d'un record d'altitude. Vraisemblablement en cherchant son « plafond » et en accentuant plus que de raison la montée, l'appareil s'était mis en perte de vitesse. Il en résulta, dit-on, 50 tours de vrille.

Acrobatie de chasse

Quand un pilote, après un « piqué à mort », remonte en flèche vers le ciel et accomplit une « chandelle », quand il exécute un retournement, un looping, ou un Immelmann, il aborde la seconde étape du perfectionnement : l'acrobatie de chasse. Le travail essentiel du pilote de chasse en escadrille consiste, en effet, dans les *simulacres de combat* en monoplace. Ce genre d'appareil, rapide et maniable à l'extrême, se présente comme une *arme volante* : mitrailleuses et canon ont leur axe de tir lié à

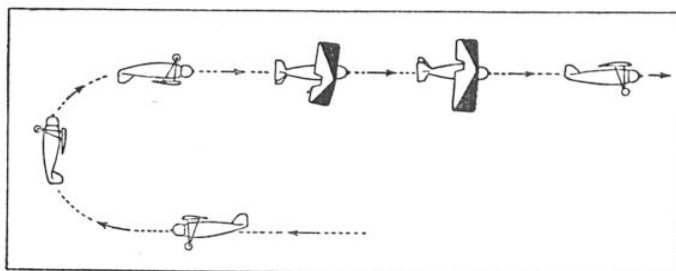


FIG. 12. — LE RETOURNEMENT « IMMELMANN » (DEMI-TONNEAU HORIZONTAL APRÈS DEMI-LOOPING NORMAL)

l'avion, et parallèle à son axe longitudinal.

Le chasseur doit ainsi viser avec son avion, ce qui lui impose une action très précise sur ses gouvernes, en même temps qu'une réelle virtuosité dans l'évolution, pour se placer en position d'attaque et, au besoin, contraindre l'adversaire au combat. Il ne suffit donc point, pour un tel rôle, d'être un pilote confirmé. Il faut encore apprendre à tirer dans toutes les positions et acquérir une maîtrise permettant simultanément le tir et le pilotage, tout en associant étroitement sa manœuvre aux mouvements de l'adversaire et en oubliant totalement l'horizon. Evoluer, tirer, et voir vite, et cela au travers de toutes les formes de combat, y compris le *vol rasant* pour l'assaut et l'attaque au sol.

Le coup d'œil doit être d'autant plus rapide que l'avion est plus puissant. Déjà, dans les combats de 1916-1918, les adversaires risquaient souvent la collision, et il arriva à Fonck, comme à Guynemer, après la rafale de la première attaque, de sauter littéralement par-dessus l'appareil ennemi. On nota d'ailleurs de fréquents accrochages.

Le combat exige aussi, à certains moments, des *dérobades*. Le virage serré permet un dégagement rapide. La spirale et le renversement mettent l'adversaire dans l'impossibilité de tirer. Dorme et Fonck usaient fréquemment du renversement. Plus manœuvriers que Guynemer, ils rentraient des bagarres sans que leur appareil porte la trace d'une balle.

La vitesse des avions modernes a, évidemment, changé les aspects du combat et réduit sans conteste l'utilisation de la virtuosité dans la rencontre. L'attaquant dispose d'un temps extrêmement court pour tirer, et tout de suite les adversaires se trouvent projetés dans l'espace à grande distance l'un de l'autre. Les virages doivent s'accomplir sur des courbes à grand rayon (500 à 1 000 m), mais l'éducation acrobatique garde tout son prix pour la possession

totale de l'appareil : le chasseur doit en connaître avec précision toutes les caractéristiques d'évolution, les durées des manœuvres et le maintien de l'altitude. Une acrobatie bien faite ne doit pas faire perdre de hauteur.

La haute école

Troisième stade du perfectionnement, cette classe de « voltige supérieure » où chaque pilote apporte un art personnel, comprend :

1° L'exécution des figures fondamentales en *vol sur le dos* (appelé aussi *vol inversé*) et à l'envers (exemple, looping plongeant vers l'avant) ;

2° L'exécution de certaines figures *au ralenti* (acrobaties commandées) ;

3° L'exécution de figures *combinées*.

On peut, par ailleurs, envisager, avec Michel Détroiyat, deux cas, suivant qu'on dispose d'un avion *normal* d'acrobatie qui permet le *tonneau lent* (au moins dix secondes), le *vol sur le dos*, le *looping inversé*, la *perte de vitesse sur le dos...* ou d'un avion spécial, pour le *vol prolongé sur le dos*, la vrille et le looping sur le dos, et toutes les figures inversées ou exécutées à l'envers, l'S vertical, le 8 horizontal, les nœuds de Savoie, pirouettes et bascules.

Il va sans dire, en effet, qu'un avion quelconque se prête mal à la voltige. L'accident retentissant survenu, en 1934, à un Boeing prouva qu'un avion de transport, même rapide, ne peut faire de *virage serré*

sans perdre beaucoup de hauteur. En raison même de leur pureté de dessin, certaines cellules ne présentent, pour ainsi dire,

aucune résistance latérale et, dans un virage à la verticale, l'appareil glisse sur le côté avec une accélération voisine de celle de la pesanteur.

Avions spéciaux

Dans le vol sur le dos (vol inversé), qui domine en haute école, un avion ordinaire

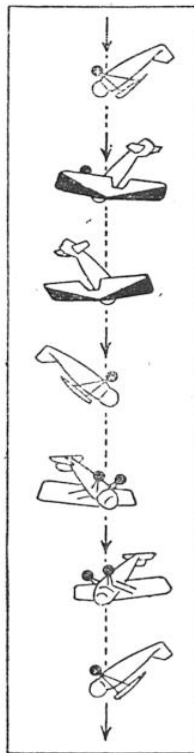


FIG. 13. — UNE VRILLE SUR LE DOS

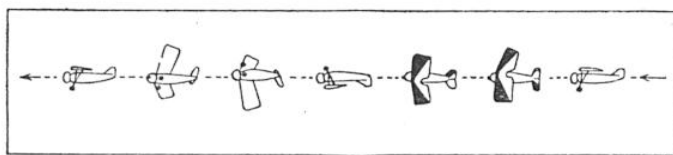


FIG. 14. — UN « TONNEAU » AU RALENTI

vole mal. Le profil est affligé d'un angle d'attaque négatif et, par suite, d'un mauvais rendement. Le pilote doit alors cabrer plus que d'ordinaire, ce qui l'expose davantage à l'*autorotation* (vrille) et place mal la gouverne de profondeur par rapport au sillage de l'aile. D'où la quasi-nécessité, pour la voltige, des profils *biconvexes* affranchis de ces inconvénients, et précieux autant pour les ailes que pour l'empennage. Remarquons aussi que le *dièdre des ailes*, élément de stabilité, se trouve retourné dans l'occurrence,

tions, à de rares exceptions près, seuls les moteurs en étoile permirent une alimentation et un graissage corrects. Des dispositions spéciales assurent le fonctionnement du carburateur si le moteur n'est pas doté de carburateurs conçus pour le vol inversé et, notamment, d'injecteurs d'essence. Il importe, en effet, au plus haut point, que les *reprises* du moteur soient franches, quelle que soit sa position dans l'espace.

Ainsi pourrait-on définir en peu de mots la haute école aérienne.

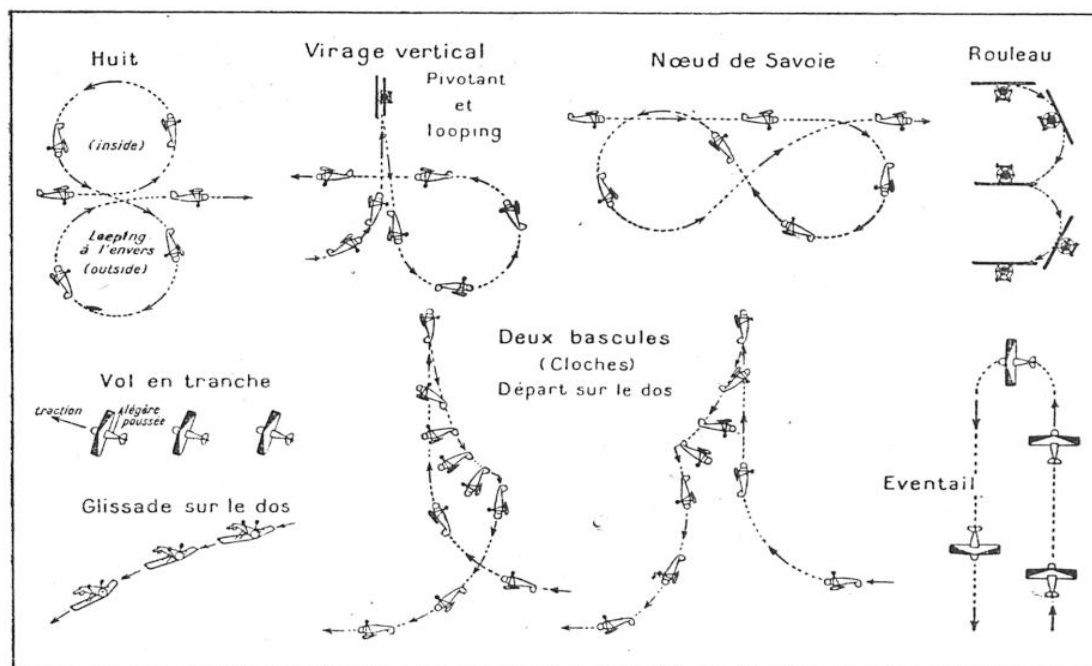


FIG. 15. — QUELQUES EXEMPLES DE FIGURES COMBINÉES ET ACROBATIES DE MEETINGS

ce qui influe sur l'effet des ailerons à fentes, par exemple.

En dehors des profils symétriques précités, les vrilles normales et les vrilles sur le dos seraient dangereuses. Ainsi que le faisait remarquer Détrouat : « On peut forcer un avion à faire ce qu'il ne *veut* pas, mais point l'obliger à faire ce qu'il ne *peut* pas. »

Les biplans restent très en faveur, comme de moindre inertie transversale, et, partant, plus maniables. La possibilité de deux jeux d'ailerons lui confère de plus une réelle souplesse.

Les monoplans, en revanche, disposent d'une plus grande vitesse et d'un champ visuel plus dégagé.

Il faut enfin penser que le moteur peut, lui aussi, se trouver retourné. Dans ces condi-

Le vol sur le dos

Le vol sur le dos en est l'élément principal. Il place le pilote dans une situation physiologiquement anormale, car il n'a pas, lui, comme l'avion, la possibilité d'être « construit » avec le souci de la symétrie des organes essentiels.

La commandé de profondeur exige du manche des mouvements en sens contraire : pour monter, il faut pousser sur le manche à balai, et la manœuvre habituelle de montée fait descendre l'avion quand le pilote a la tête en bas. Cette position exige d'abord du pilote une *décontraction* absolue, c'est-à-dire une sérénité parfaite des muscles et des nerfs, assurant l'indépendance des gestes. Pour manœuvrer la tête en bas, il

faut *se laisser aller* dans les bretelles et non se cramponner au manche à la manière d'un néophyte surpris.

Il est alors interdit au pilote de donner un sens aux mots « haut, bas, droite, gauche ». Il n'y a plus d'homme ni d'avion, il y a un pilote soudé à ses ailes, qui doit *oublier le sol*. Ainsi, pour virer, il poussera le manche du côté opposé au palonnier, faisant jouer à l'envers ses propres réflexes, et se permettant tout au plus un regard vers la ligne de séparation de la terre et du ciel pour apprécier la position de sa machine par rapport à la verticale (ce qui est utile pour l'exécution correcte d'un tonneau).

Le vol sur le dos, de quelque durée, entraîne une accumulation assez désagréable de sang à la tête, mais, du point de vue de la fatigue consécutive aux accélérations (1), il ne détermine point d'inconvénients propres. Il semble même, d'après certains rapports, que les *troubles visuels*

fréquents dans la ressource (où la force centrifuge chasse le sang vers les membres inférieurs et anémie la tête) sont plus rares dans la même évolution en vol inversé. Les médecins estiment d'ailleurs que, dans le sens *tête vers pieds*, un sujet normal supporte bien une accélération centrifuge de 4 à 5 fois celle de la pesanteur, tandis que, dans le sens *pieds vers tête*, elle ne saurait dépasser 2,5 g. Les troubles les plus sérieux résultent d'accélérations se succédant à de rapides intervalles, tantôt dans un sens, tantôt dans un autre, comme dans le looping à l'envers.

La pratique suivie de la haute école pourra, d'ailleurs, amender ces effets, comme si les artères y gagnaient une nouvelle *élasticité* par entraînement, cependant qu'une contention volontaire, plus marquée, de toute la musculature abdominale, établit, avec l'habitude, une *régulation* purement nerveuse de la circulation du sang.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 269, page 383.

Acrobatie lente

Si, d'une part, la rapidité des réflexes (directs ou intervertis) est une des conditions de la virtuosité, on ne saurait contester que la maîtrise fait admirablement ses preuves dans la lenteur volontaire d'une évolution acrobatique. Une évolution lente est, en effet, une acrobatie *commandée*, qui exige d'autant plus de finesse et de sûreté qu'elle révèle le moindre à-coup et qu'elle expose aux pertes de hauteur. Le *tonneau normal* dure de deux à quatre secondes, et certains pilotes de meeting l'exécutent dès le départ, à quelques mètres du sol. Il

serait imprudent de tenter dans les mêmes conditions un tonneau lent qui dure de dix à douze secondes.

Aussi à l'Ecole d'Etampes, « Saumur de l'aviation », l'acrobatie lente est-elle contrôlée par les instructeurs. Un pilote apprécie difficilement ses fautes par lui-même,

et cependant il est aisé d'en commettre : dans un simple renversement, le juge averti peut en reprocher *six* à l'exécutant, et *neuf* dans un retournement. Nul ne s'étonnera donc que la méthode ait évolué pour former les pilotes de chasse ou de haute école. Jadis, on leur faisait acquérir la promptitude de manœuvre en vue du combat par des actions brusques sur les commandes. L'école actuelle, où s'illustrèrent Amoureux, Lecarme, Dumas, Fleurquin, Carlier, et d'autres, prend comme règle d'enseigner d'*abord* l'acrobatie lente. Puis la maîtrise ainsi acquise, le pilote-élève apprend à exécuter les mêmes figures de plus en plus vite pour s'habituer à se dégager promptement et à revenir aussitôt à la meilleure position d'attaque. L'acrobatie lente, enfin, ajoute à la possession acquise au cours de la voltige où le pilote apprend à « sentir » sa monture et à ne faire qu'un avec elle, comme le cavalier avec son cheval. Elle apprend à la *présentir* et à prévoir la dérobade des gouvernes.

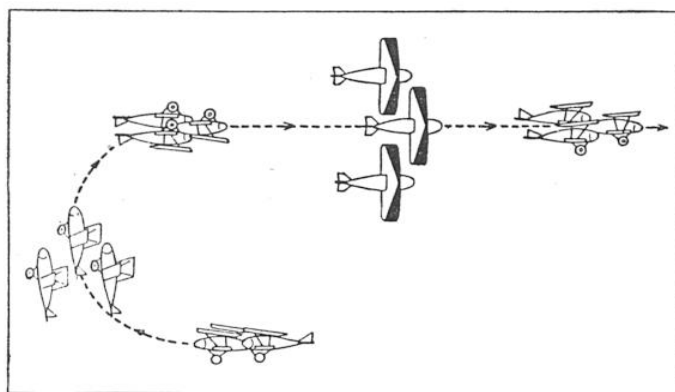


FIG. 16. — PELOTON DE CHASSE EFFECTUANT UNE ACROBATIE D'ENSEMBLE

Figures combinées

Les trajectoires que pourra tracer dans l'azur un pilote ainsi éduqué, résultent alors des nombreuses combinaisons issues des figures fondamentales, et exécutées en *force*, à grande vitesse, ou en *souplesse* avec une progression savante ou un ralenti impressionnant.

Cet ensemble devient alors particulièrement spectaculaire. Au cours des grands tournois aériens de 1933 à 1938, il aboutit à un « catalogue » comprenant près de quatre-vingt-dix figures différentes. Cela s'explique aisément si on part des dix figures classiques que l'on peut exécuter rapidement ou au ralenti, en montant ou en descendant en position normale ou sur le dos, avec les roues extérieures ou intérieures, dans les courbes (c'est le cas des virages et des cercles), ou enfin en les commençant de diverses façons, car une figure à l'envers diffère de la même figure *inversée* et peut être accomplie à la fois à l'envers et en vol sur le dos.

A tout ce qu'on peut ainsi obtenir s'ajoutent les pirouettes et les fantaisies plus particulières aux meetings. Ainsi défilent sous nos yeux, dans ce catalogue de la virtuosité aérienne, les cercles et les vrilles en tous genres, puis les huit, les S et les nœuds de Savoie, qui peuvent être horizontaux ou verticaux, et agrémentés, par-ci, par-là, d'un demi-tonneau, les *potences* issues de l'accouplement de la chandelle et du tonneau, les *cloches* ou *bascules* que le croquis décrit mieux qu'une formule, les *éventails* et ces fantaisies qui font la joie des foules, comme le *vol en tranche* ou en *opposition de fuselage*.

Fantaisies de meetings

L'éventail est un virage pivotant vertical. La bascule, *déclenchée* par une perte de vitesse au sommet d'une chandelle verticale, détermine un *enfoncement vers l'arrière* (fig. 15).

Le vol en tranche place l'avion dans une position qui déconcerte les profanes, car les ailes demeurent dans un plan vertical, l'avion volant en ligne droite, et l'on se demande quelles forces maintiennent l'appareil en équilibre, puisque la *poussée* est horizontale.

En vérité, le vol en tranche n'est possible que pendant un temps très court, car les forces qui assurent son équilibre résultent de l'excédent de vitesse préalablement acquis, de la sustentation légère due à l'action de l'air sur le flanc du fuselage et de la traction oblique de l'hélice vers le haut. Il faut donc un avion fin à fuselage un peu porteur

sur le côté, l'avion volant « en crabe » dans le plan vertical de sa voilure.

Ce passage s'exécute près du sol, sous les yeux des spectateurs. Il importe de ne pas perdre de hauteur. On ne pourrait donc utiliser un avion de faible puissance sans aboutir à une glissade verticale.

Quant à l'*opposition de fuselage*, parfois improprement appelée *shimmy*, elle donne l'image d'un avion ivre, à quelques mètres du sol. Son pilote donne de vigoureux coups de pieds à droite et à gauche, ce qui *oppose* tantôt le flanc gauche, tantôt le flanc droit, au vent et freine l'appareil qui a l'air de tituber.

Les Anglais mirent jadis à la mode le *rouleau* (roll), qui dérive de la glissade.

On a enfin quelquefois parlé de *tire-bouchon*. Ce vocable ne semble pas avoir cours, encore que Fieseler l'ait appliqué à ce que devient le vol en cercle à la verticale quand on réduit le moteur, soit une spirale brutale, avec les ailes verticales.

Patrouilles d'acrobatie

Telle est la haute école, raffinement de la voltige, dans les centres de perfectionnement ou au cours des meetings ou des championnats.

Elle n'est point à la portée de tout le monde et ne s'impose pas pour confirmer la valeur d'un pilote. On connaît des cavaliers excellents qui n'ont jamais passé par Saumur, mais il serait puéril de contester l'intérêt de cet enseignement qui apprend littéralement à dessiner dans l'azur une trajectoire, comme avec un crayon tenu d'une main sûre. Cette perfection exige, d'ailleurs, des années de travail, et le métier de virtuose n'est point sans fatigues.

Dans les escadrilles, l'amour de cet art a fait naître les « patrouilles », dont celles d'Etampes et de Dijon furent les plus célèbres, et qui pratiquèrent l'acrobatie de groupe. Trois années d'apprentissage sévère aboutirent à la réussite de ces manœuvres qui présentent des conditions particulières de vol. Ainsi, dans le tonneau d'ensemble de trois appareils, celui qui est au milieu exécute un tonneau, mais les deux autres doivent tourner autour de lui dans un mouvement double. On conçoit ainsi qu'en *formation*, les acrobaties doivent toujours être *commandées* et non *déclenchées*.

Cet art prestigieux, que codifièrent Auge-reau et Amoureux, créa une discipline supérieure, un « esprit de patrouille » qui, dans le plus grandiose spectacle, infligea la plus humiliante défaite aux lois de la pesanteur.

EDMOND BLANC.

LE TIR CONTRE AVION A GRANDE ET A PETITE DISTANCE

Par Victor DAVRAY

La vitesse élevée des appareils de bombardement modernes rend très malaisée la tâche des batteries antiaériennes, pour lesquelles la durée d'un tir vraiment efficace est souvent inférieure à une minute. La conduite du tir de D. C. A. constitue, peut-on dire, le triomphe de la technique et de la précision mécaniques, avec les appareils de repérage au son (1), les projecteurs, les télémètres à coïncidence ou stéréoscopiques (2) et les postes directeurs de tir (fire directors). Ces derniers calculent automatiquement, et d'une manière continue, les éléments (dérive et hausse) transmis électriquement aux pièces, compte tenu des corrections balistiques les plus diverses, ainsi que l'« évent » de la fusée, fonction de la durée de trajet du projectile entre la bouche de la pièce et l'éclatement de l'obus au voisinage de la cible. Par des simplifications successives, la méthode générale du tir contre avion a pu être adaptée à la défense rapprochée par des armes automatiques lourdes et légères. Celles-ci, malgré leur appareil de pointage rudimentaire, conservent aux faibles distances une efficacité certaine contre les avions volant bas et attaquant directement les formations terrestres en déplacement ou au combat.

LA difficulté principale du tir contre avion réside dans le fait que le but se déplace dans un espace à trois dimensions et à une grande vitesse.

Considérons, pour fixer les idées, un avion volant à 540 km/h — vitesse normale d'un avion de chasse moderne — soit 150 m/s, et se trouvant au départ du coup à 8 000 m du canon. En admettant une vitesse moyenne du projectile de 500 m/s, la durée de trajet sera de 16 secondes pendant lesquelles l'avion fera 2 400 m. On voit donc que, pour toucher l'avion, il faut viser un point

de sa trajectoire situé à 2 400 m en avant de la position qu'il occupe au départ du coup (appelée « avion actuel ») ou, plus exactement, il faut viser un point de sa trajectoire appelé « avion futur », situé en avant

et choisi de telle sorte que la durée de trajet du projectile jusqu'à ce point soit égale au laps de temps que mettra l'avion après le départ du coup pour atteindre le point visé.

Il va de soi que la fusée doit être réglée (« débouchée ») pour la même durée de trajet, afin de faire exploser le projectile au point de rencontre précis.

Le problème se complique du fait que, par suite du mouvement rapide

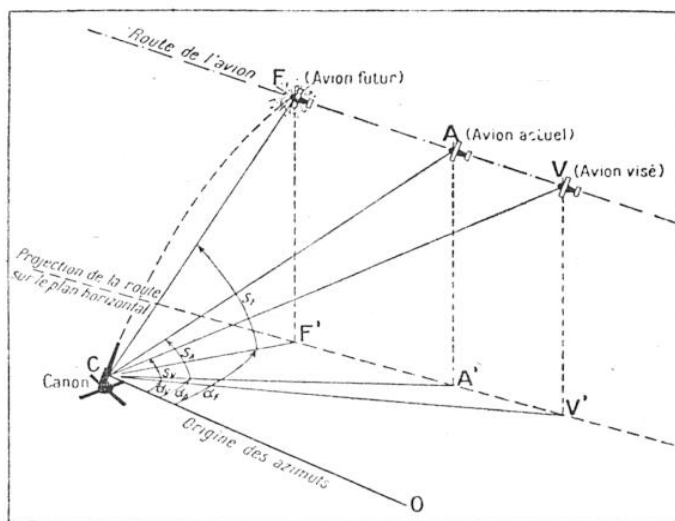


FIG. 1. — REPRÉSENTATION SCHEMATIQUE DES ÉLÉMENTS A CONSIDÉRER LORS D'UN TIR CONTRE AVION

La position de l'avion visé est définie par son azimut α_V et son site s_V . Celle de l'« avion actuel » (position de l'avion au départ du coup) par les éléments correspondants : α_A et s_A . Celle, enfin, de l'« avion futur » (position de l'avion au moment où il rencontre le projectile) par α_F et s_F . Il faut remarquer que l'azimut de l'« avion futur » α_F définit la direction à donner au tube lors du pointage (dérive).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 272, page 115.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 265, page 3.

de l'avion, la durée de trajet du projectile et la position de l'« avion futur » par rapport à l'« avion actuel » changent constamment, de sorte qu'il est difficile de régler le tir d'après les points d'éclatement observés en établissant « une fourchette », comme dans le tir sur terre ou sur mer. Ce réglage est d'ailleurs rendu d'autant plus difficile qu'à partir d'une distance de 450 m environ, il est impossible d'apprécier à l'œil nu l'éloignement-

passant par l'avion et par le canon et le plan vertical pris pour l'origine ;

le *site* ou angle entre la droite reliant le canon à l'avion (ligne de mire) et le plan horizontal.

Au lieu de la distance, on considère souvent l'*altitude*, ce qui présente un certain avantage, puisque, pendant le pointage, l'altitude de l'avion reste souvent constante.

Lors du pointage, ces trois grandeurs, qui

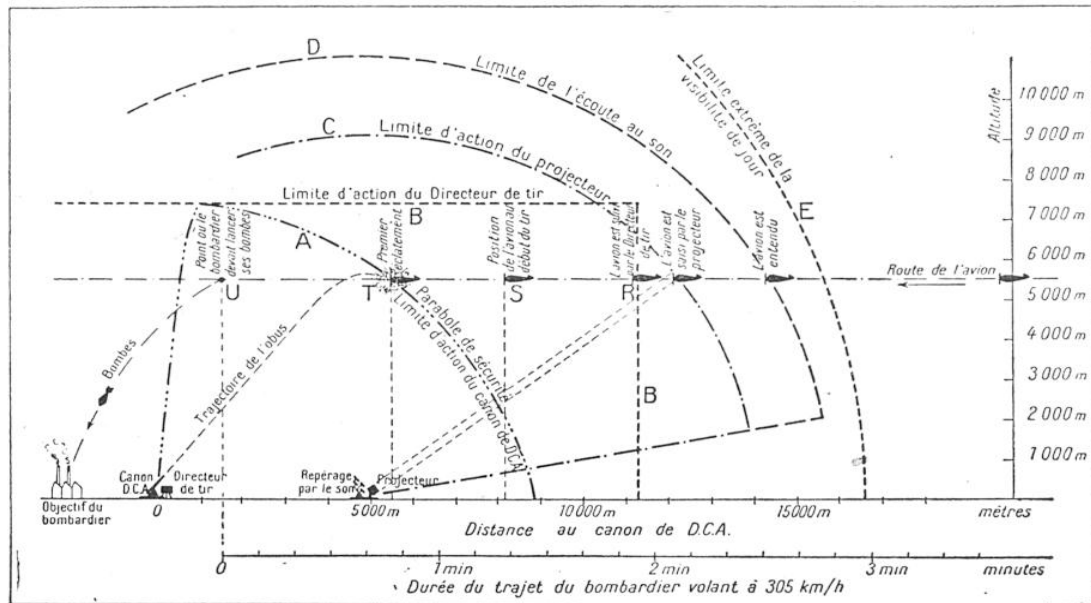


FIG. 2. — DISPOSITION SCHÉMATIQUE DES APPAREILS DE D. C. A. POUR LA DÉFENSE D'UN OBJECTIF CONTRE LES AVIONS DE BOMBARDEMENT VENANT DE LA DROITE

La courbe A limite la zone d'action du canon (canon de D. C. A. de 76,2 mm). De même, B marque l'extrême rayon d'action du poste directeur de tir ; C, celui du projecteur pour le tir de nuit, et D, celui de l'appareil de repérage par le son. E marque la limite extrême de la visibilité de jour. Le bombardier est supposé naviguer à 5 500 m ; dans ces conditions, le lancement des bombes contre l'objectif est prévu en U. Le directeur de tir saisit le bombardier en R et le tir commence lorsque celui-ci se trouve en S ; la rencontre avec le premier projectile a lieu en T.

ment du flocon d'éclatement par rapport au but, à moins que les deux ne se recouvrent ; de plus, le laps de temps pendant lequel l'avion reste dans le champ de tir du canon est relativement faible et ne dépasse généralement pas une minute.

Les éléments d'un poste de tir contre avion

La figure 1 représente schématiquement les éléments à considérer lors d'un tir contre avion. A chaque instant, la position de l'avion par rapport au canon est définie par les trois grandeurs suivantes :

la *distance* en ligne droite ;

l'*azimut* ou angle entre le plan vertical

varient avec le mouvement de l'avion, sont mesurées d'une façon continue à l'aide d'un appareil spécial appelé « directeur de tir » — véritable machine à calculer qui contient les tables de tir du projectile matérialisées par des cames profilées ou par des cylindres portant des courbes — et qui indique d'une façon également continue l'angle de hausse et l'angle en direction du tube, ainsi que le débouchage de la fusée.

La figure 2 représente la disposition générale des appareils de défense et les laps de temps disponibles pour repérer l'avion et l'abattre.

Dans l'exemple choisi, on a supposé que l'avion bombardier vole dans le plan vertical

passant par la batterie et par l'objectif à bombarder à une altitude de 5 500 m et à une vitesse de 305 km/h.

L'appareil de repérage au son et le projecteur sont placés à 4 700 m en avant de la batterie qui, elle-même, se trouve à 1 800 m en avant de l'objectif à protéger. De jour, l'avion est repéré à vue par le directeur de

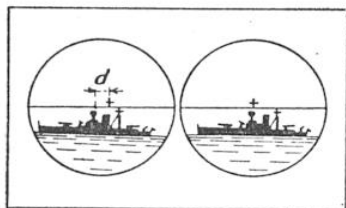


FIG. 3. — CE QUE L'ON VOIT DANS UN TÉLÉMÈTRE A COINCIDENCE

A gauche : l'image du but avant le réglage ; la partie supérieure du mât avant est décalée d'une quantité d d'autant plus grande que l'objet visé est plus rapproché ; à droite : l'image du but après réglage.

que l'avion ne pénètre dans le champ de tir de la batterie ; il ne reste ensuite que 46 secondes pour abattre l'avion avant qu'il n'arrive en position de lancement.

Télémètres et altimètres

La distance de l'avion à la batterie ou l'altitude de l'avion est mesurée à l'aide d'un télémètre ou d'un altimètre qui est généralement séparé du directeur de tir et dont les indications sont transmises électriquement à ce dernier.

Le site et l'azimut sont mesurés chacun au moyen d'une lunette spéciale du directeur de tir.

On sait qu'un télémètre comporte essentiellement deux objectifs placés aux extrémités du corps tubulaire horizontal de l'appareil qui mesure plusieurs mètres de longueur ; ils permettent de mesurer l'angle entre les deux droites allant des objectifs au but. Cet angle est très petit, de l'ordre de quelques minutes, de sorte que, pour avoir des mesures précises, la fabrication de ces appareils doit être particulièrement soignée.

tir, à 16,5 km de la batterie. De nuit, il est repéré au son à 15,5 km de la batterie et devient visible dans le faisceau lumineux du projecteur à 13,5 km de la batterie. Dans ce cas, le plus défavorable, on a 80 secondes pour préparer le tir avant

Au point de vue de la précision de la mesure, on a intérêt à augmenter l'écartement des deux objectifs, dit base optique de l'appareil.

Pendant la guerre 1914-1918, on utilisait des télémètres à coïncidence dont la base ne dépassait guère 1,50 m.

Les télémètres de ce type ne comportent

qu'un oculaire et le champ de vision est partagé par un trait horizontal en deux parties : dans l'une apparaît l'image du but provenant de l'un des objectifs ; dans l'autre, l'image provenant de l'autre objectif. Lorsque le bouton

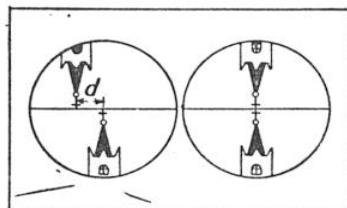


FIG. 4. — CE QUE L'ON VOIT DANS UN TÉLÉMÈTRE A COINCIDENCE A IMAGES INVERSÉES

A gauche : image du but avant réglage ; le décalage d est d'autant plus grand que l'objet visé est plus rapproché ; à droite : après réglage, l'image du but coïncide exactement avec son image renversée.

de réglage est au repère « infini », les deux images sont décalées l'une par rapport à l'autre, d'autant plus que le but est plus rapproché. En faisant tourner le bouton de réglage, on amène les images en coïncidence et la distance est lue sur la graduation de l'appareil.

La figure 3 représente le champ de vision d'un télémètre à coïncidence avec deux moitiés de l'image du but, qui se complètent ; la figure 4, le champ de vision d'un télémètre à images inversées.

Les télémètres de ce genre ne conviennent pas au tir antiaérien, car il n'est pas commode d'amener en coïncidence et d'y maintenir les images d'un but dont la distance varie rapidement.

La base de 1,50 m était, de plus, insuffisante pour mesurer les distances de plus en

plus grandes se présentant en tir antiaérien avec toute la précision voulue, nécessaire pour un tir efficace.

L'insuffisance du télémètre à coïncidence a amené la mise au point du télémètre stéréoscopique beaucoup plus pratique pour

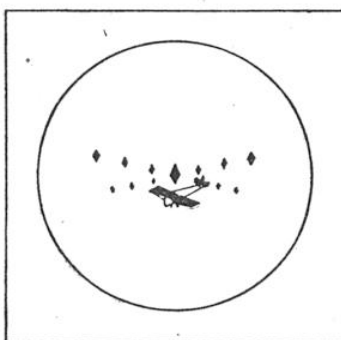


FIG. 5. — CE QUE L'ON VOIT DANS UN TÉLÉMÈTRE STÉRÉOSCOPIQUE

Le repère principal est au centre. En avant et en arrière, apparaissent des repères auxiliaires destinés à faciliter l'appréciation des distances.

suivre un but qui se déplace rapidement, puisqu'on utilise, pour le réglage, la faculté que possède l'œil d'apprécier l'égal éloignement dans l'espace de deux objets ; l'un est l'image de l'avion, l'autre celle d'un repère que l'on peut déplacer en profondeur.

La figure 5 représente le champ de vision d'un télémètre de ce genre. Pour faciliter l'appréciation des distances, il y a plusieurs repères dont une partie apparaît en avant et l'autre en arrière du repère principal.

Les bases des télémètres modernes pour tir antiaérien vont jusqu'à 4 mètres.

L'altimètre ne diffère du télémètre que

Le directeur de tir ou « fire director »

Le directeur de tir proprement dit se présente sous forme d'une grande boîte montée sur un support approprié (fig. 7) et munie, sur ses quatre faces latérales, d'un certain nombre de volants, de cadrans et d'indicateurs commandés et observés par plusieurs servants (fig. 8).

Pour déterminer l'« avion futur », c'est-à-dire le point de rencontre de l'avion avec le projectile, connaissant la position de l'avion actuel, il y a lieu de déterminer d'abord la vitesse de l'« avion actuel » et de faire ensuite une hypothèse sur son mouvement pendant le trajet du projectile.

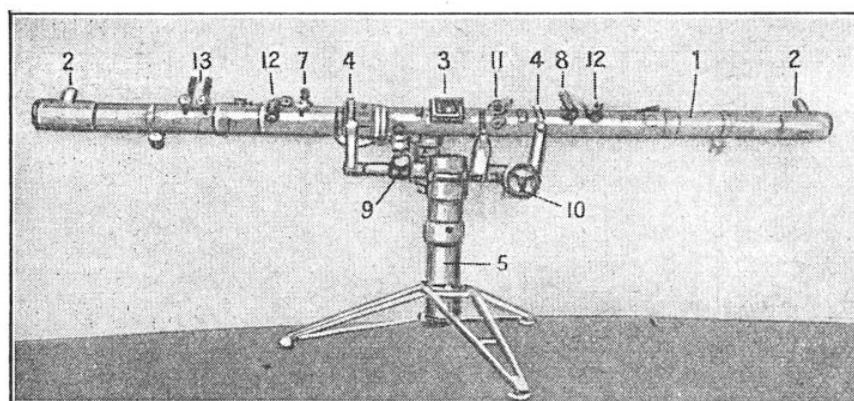
Le plus souvent, on peut admettre que, pendant ce laps de temps, l'avion conservera sa vitesse en volant en ligne droite, prolongeant la trajectoire suivie jusque là. Ce sont, en effet, les conditions de vol qui assurent la précision maximum de lancement. Le point cherché sera alors situé en avant de l'avion actuel à une distance que l'on ob-

tient en multipliant la vitesse de l'avion par la durée de trajet du projectile.

Cette opération se fait automatiquement dans le directeur de tir. Selon la façon dont elle a lieu, on distingue des appareils à coordonnées rectilignes et des appareils employant les vitesses angulaires.

Les premiers reproduisent à petite échelle, de l'ordre de 1/50 000 à 1/100 000, la trajectoire de l'avion à l'intérieur de l'appareil. Le mouvement est décomposé suivant trois axes rectangulaires et, à chaque instant, la vitesse de l'avion est représentée à l'échelle réduite par la vitesse d'un point se déplaçant à l'intérieur de l'appareil ; en partant de là et compte tenu de la durée de trajet du projectile, calculée par l'appareil d'autre part, on obtient la position de l'« avion futur ».

Dans le directeur de tir américain, type M_3 , par exemple, ces diverses opérations se



(54 609)

FIG. 6. — ALTIMÈTRE CARL ZEISS, DE 4^m DE BASE, VU DU CÔTÉ OBSERVATION

1, corps de l'appareil ; 2, objectifs ; 3, oculaires ; 4, paliers ; 5, support ; 7, lunette d'orientation en site ; 8, lunette d'orientation en azimut ; 9, volant de site ; 10, volant d'azimut ; 11, bouton de réglage ; 12, lunette chercheuse ; 13, lunette binoculaire d'observation.

par l'addition d'un dispositif mécanique transformant automatiquement la distance en altitude, compte tenu du site, et c'est l'altitude qui est lue sur la graduation de l'appareil. Cet agencement simplifie l'opération de mesure dans le cas des avions volant à altitude constante, ce qui arrive le plus souvent.

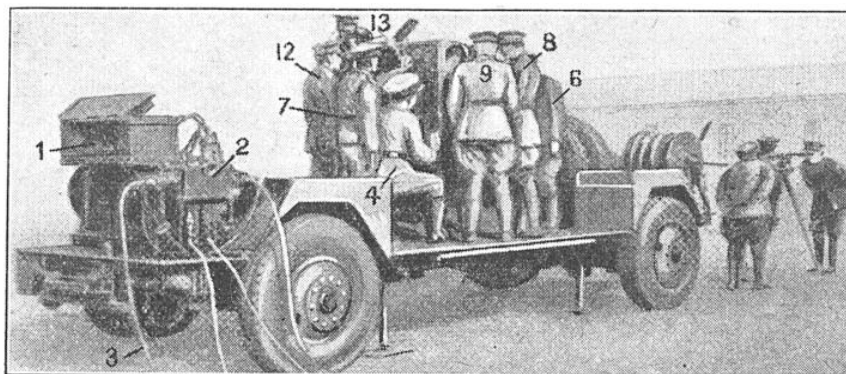
La figure 6 représente l'altimètre stéréoscopique Carl Zeiss (Iena), ayant une base de 4 m. Cet appareil est servi par trois hommes : un pour le site, un pour l'azimut et un pour l'altitude.

La précision de la mesure des distances est limitée, d'une part, par le pouvoir d'évaluation d'égalité des éloignements que possède l'œil humain ; d'autre part, par la qualité de fabrication de l'appareil.

La valeur absolue de l'erreur commise croît avec la diminution de la longueur de la base et avec le carré de la distance.

font comme suit :

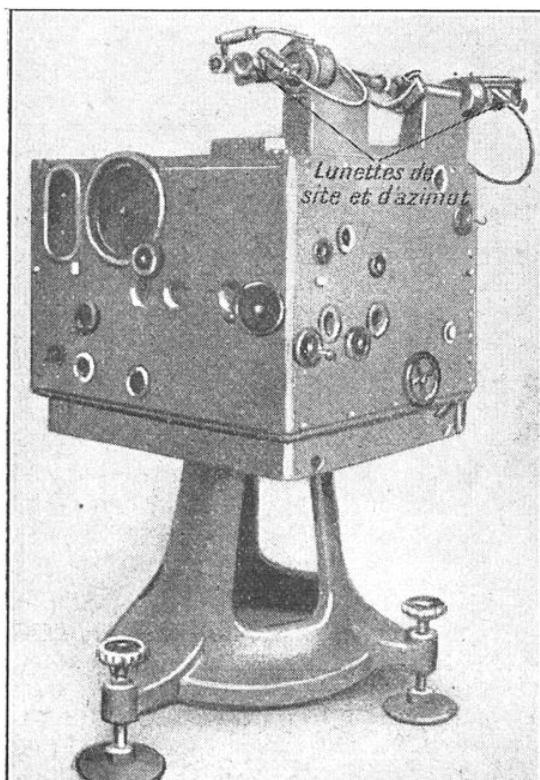
Le déplacement de la projection horizontale du but est décomposé suivant deux axes rectangulaires, dont l'un est orienté est-ouest et l'autre, nord-sud (fig. 9). La rotation du disque supérieur situe la tige (matérialisant la projection horizontale du but) en azimut ; la rotation du disque inférieur, muni d'une spirale à inclinaison constante (spirale d'Archimède), place la tige à la distance horizontale. Ces mouvements déplacent, en conséquence, les deux coulisseaux dont l'un se meut suivant est-ouest et l'autre, sui-



(54 615)

FIG. 8. — DIRECTEUR DE TIR AMÉRICAIN SUR REMORQUE

A gauche, au premier plan sont groupés les accessoires : 1, instruments de contrôle ; 2, boîte de distribution des câbles 3 aux canons. Derrière 1 et 2 se trouve un groupe électrogène à moteur à essence. Au milieu se trouve le directeur de tir proprement dit, avec : 4, servant de l'azimut ; 5, servant du site (invisible) ; 6, servant de la composante est-ouest de la vitesse ; 7, servant de la composante nord-sud de la vitesse ; 8, servant de l'altitude (l'altimètre est séparé) ; 9, servant de la durée de trajet du projectile ; 10, servant de l'azimut de l'« avion futur » (invisible) ; 12, servant de la distance horizontale de l'« avion futur » ; 13, chef de l'appareil. A droite, on aperçoit l'appareil d'observation et de pointage du chef de batterie.



(54 614)

FIG. 7. — DIRECTEUR DE TIR AMÉRICAIN WILSON-SPERRY (DIRECTEUR M3)

vant nord-sud. L'avion étant suivi d'une façon continue, les mouvements des coulisseaux sont également continus et on peut déterminer leurs vitesses. Dans l'appareil américain, on y arrive en faisant engrener les coulisseaux avec de petits pignons solidaires de tachymètres. Les cadrans de ceux-ci sont gradués en valeur de la vitesse. Les vitesses ainsi mesurées sont introduites dans le mécanisme déterminant les coordonnées de l'« avion futur », en faisant tourner les volants appropriés.

La figure 10 représente schématiquement la cinématique de cette opération pour l'axe nord-sud. Le servant tourne le volant de façon à maintenir le repère entraîné par le volant en coïncidence avec l'aiguille du tachymètre. Cette rotation déplace un écrou d'une certaine quantité proportionnelle à la composante de vitesse considérée ; l'écrou fait pivoter un levier et celui-ci, à son tour, déplace un coulisseau engrenant avec un petit pignon dont l'angle de rotation est, par conséquent, proportionnel à la composante de vitesse considérée.

La position du point d'entraînement du coulisseau par le levier est déterminée par un coulisseau transversal entraîné par la came des durées de trajet des projectiles. Plus la durée du trajet est grande, plus le point d'entraînement s'éloigne du point de pivotement, et plus grand est le déplacement du coulisseau. On voit donc que la rotation

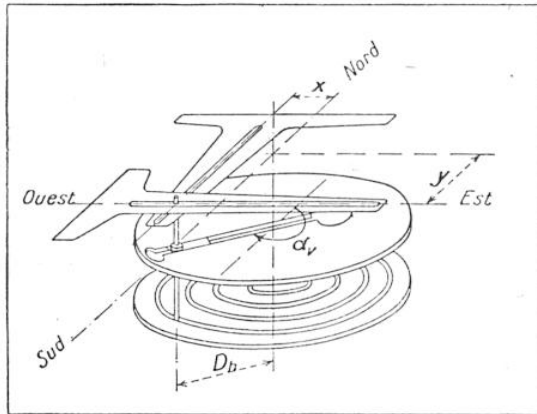


FIG. 9. — REPRODUCTION A L'ÉCHELLE RÉDUITE DU MOUVEMENT DE LA PROJECTION HORIZONTALE DU BUT A L'INTÉRIEUR DU DIRECTEUR DE TIR AMÉRICAIN TYPE M₃. α_v , azimut de l'avion visé ; D_h , distance horizontale de l'avion visé ; X et Y, déplacement des coulisseaux suivant les deux axes rectangulaires est-ouest et nord-sud.

du petit pignon est proportionnelle au produit de la composante nord-sud de la vitesse par la durée de trajet du projectile, donc proportionnelle à la coordonnée nord-sud de l'« avion futur », par rapport à l'« avion actuel ». De la même façon, on obtient la coordonnée est-ouest. Ces coordonnées sont additionnées mécaniquement à celles de l'« avion actuel » et on obtient ainsi la position de l'« avion futur » par rapport au canon. Les coordonnées rectangulaires sont transformées automatiquement en coordonnées polaires : distance horizontale et azimut à l'aide d'un mécanisme similaire à celui représenté figure 9.

Le calcul des éléments de tir : dérive et hausse

La position de l'avion futur étant matérialisée à l'intérieur de l'appareil, il s'agit maintenant de déterminer les éléments de tir, c'est-à-dire l'angle de hausse et la direction du canon ainsi que l'évent pour la fusée. Ces éléments sont donnés dans l'appareil américain par des came appropriées, dont le déplacement axial est proportionnel à l'altitude et dont l'angle de rotation est, de son côté, proportionnel à

la distance horizontale de l'avion futur.

Chaque came comporte un coulisseau qui reste au contact de la came et dont les déplacements sont proportionnels à la hausse (fig. 11) ou à la durée de trajet du projectile.

Pour terminer, on introduit encore les corrections suivantes :

- 1) Correction de dérive, comme correction de l'azimut destinée à compenser la dérive du projectile sous l'effet de sa rotation ;
- 2) Correction de densité d'air, comme fonction de la vitesse initiale ;
- 3) Correction de la vitesse initiale, comme variation de l'altitude de l'avion ;
- 4) Correction du vent, comme correction de la vitesse du but.

L'appareil comporte enfin, sur sa face arrière, des volants permettant d'introduire des corrections suivant l'appréciation du chef de batterie et compte tenu des éclatements observés.

Le directeur de tir américain, que nous venons de décrire, est servi par neuf hommes, sans compter trois servants de l'altimètre

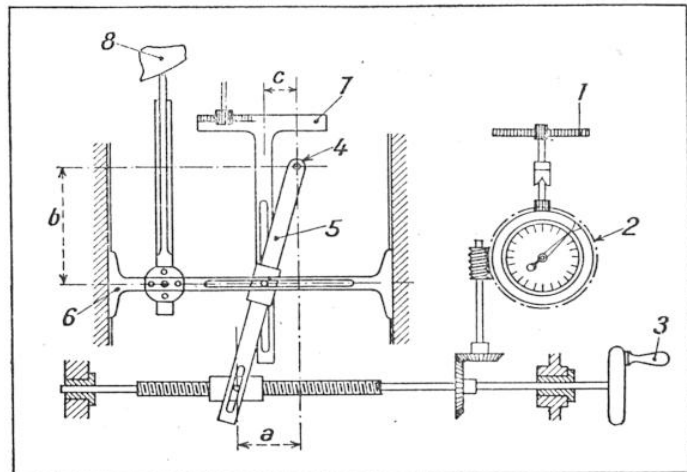


FIG. 10. — DISPOSITIF DÉTERMINANT MÉCANIQUEMENT LA COORDONNÉE NORD-SUD DE L'« AVION FUTUR » PAR RAPPORT A L'« AVION ACTUEL »

La crémaillère 1 est solidaire du coulisseau nord-sud de la figure 9. Elle entraîne le tachymètre 2, qui mesure ainsi la composante de la vitesse de l'avion dans la direction nord-sud. Le volant 3 permet de maintenir en coïncidence le repère et l'aiguille du tachymètre, de sorte que la distance a représente la composante nord-sud de la vitesse. Le levier 5 pivote autour du point 4 et entraîne le coulisseau 7, lequel donne les coordonnées nord-sud de l'« avion futur ». La came 8 introduit dans le calcul la durée de trajet du projectile, mesurée par b , en faisant varier, au moyen du coulisseau 6, le point d'entraînement du coulisseau 7. La coordonnée nord-sud de l'« avion futur » cherchée est donnée par la distance c .

(fig. 8). Un autre appareil américain plus récent est servi par quatre hommes seulement. L'appareil hongrois Gamma-Juhasz, entièrement automatique, ne demande que trois hommes : un pour le site, un pour l'azimut et un pour les corrections.

Le principe des directeurs de tir utilisant les vitesses angulaires

Dans les directeurs de tir employant les vitesses angulaires pour déterminer l'avion futur, on mesure les vitesses angulaires de variation du site, de l'azimut et la vitesse de variation de la distance de l'avion actuel. Ces vitesses sont généralement variables, de sorte que, pour calculer la position de l'avion futur, il faut considérer leurs vitesses de variation ou, en langage mathématique, leurs « premières dérivées » par rapport au temps. On aurait obtenu une meilleure précision en considérant également leurs « deuxièmes dérivées », mais on y renonce à cause de la grande complication de l'appareil.

La figure 12 représente schématiquement la cinématique d'un appareil de ce genre. Le volant commandant la lunette de visée, par exemple la lunette de site, entraîne en même temps un tachymètre qui donne de la sorte, à chaque instant, la vitesse angulaire de variation du site. Un autre volant, commandant un repère mobile, permet de le maintenir en coïncidence avec l'aiguille du tachymètre. La vitesse de rotation de ce volant est donnée à chaque instant par un tachymètre spécial; on obtient ainsi la

vitesse de variation cherchée de la vitesse angulaire du site.

Alors que les appareils en coordonnées rectilignes donnent la solution exacte du problème, ceux employant les vitesses angulaires ne peuvent donner qu'une solution approximative dont le degré de précision dépend de l'orientation de la trajectoire de l'avion.

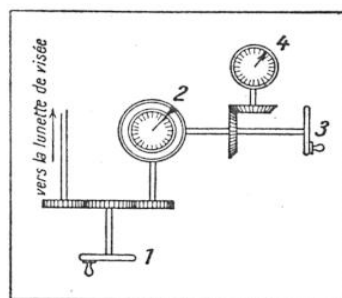


FIG. 12. — PRINCIPE DES APPAREILS DIRECTEURS DE TIR EMPLOYANT LES VITESSES ANGULAIRES DE DÉPLACEMENT DE L'AVION

Le volant 1 commande la lunette de visée (site ou azimut) et entraîne en même temps le tachymètre 2; le volant 3 permet de maintenir en coïncidence le repère qu'il entraîne et l'aiguille du tachymètre 2; le tachymètre 4 indique la vitesse de rotation du volant 3 et, par conséquent, la vitesse de variation de la vitesse du volant 1.

Le pointage des pièces, le réglage des fusées

Les éléments de tir donnés par le directeur, c'est-à-dire l'angle de hausse, l'angle en direction et l'évent de la fusée, sont transmis électriquement aux canons où ils sont matérialisés, soit par l'allumage d'une lampe électrique, soit par l'orientation d'une aiguille. Le rôle des servants consiste uniquement à agir sur les volants commandant les mouvements de pointage de la pièce, de façon à maintenir en coïncidence les repères ou aiguilles entraînés par ces volants avec les aiguilles déplacées électriquement par le directeur de tir. Il en est de même pour l'appareil de débouchage de la fusée muni d'un volant permettant de maintenir en coïncidence le repère avec l'aiguille; de cette façon, l'appareil se trouve toujours dans la position voulue pour le débouchage de la fusée que l'on y introduit avec la cartouche immédiatement avant l'introduction de la cartouche dans le tube.

Un appareil de ce genre, de fabrication anglaise, Vickers, est représenté figure 13.

La figure 14 montre un canon moderne de D.C.A., suédois (Bofors). D'un calibre de 75 mm, ce matériel tire un obus explosif de 6,5 kg avec une vitesse initiale de 850 m/s à 16 800 m horizontalement et à 10 000 m verticalement, à la cadence de 25 coups/mn.

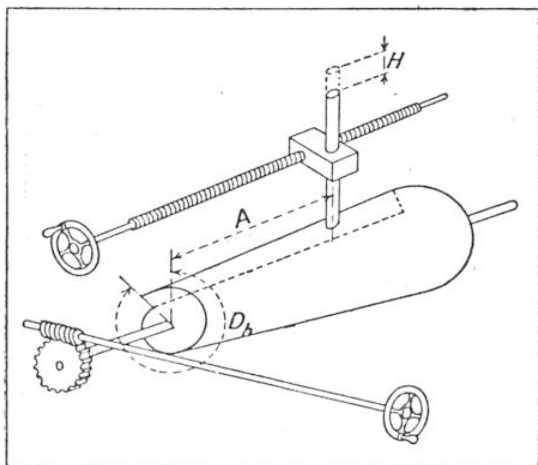
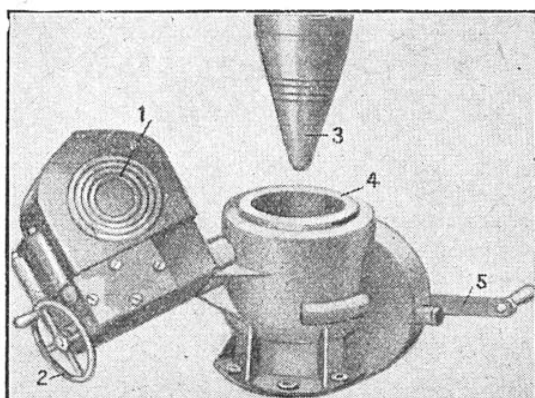


FIG. 11. — COMMENT FONCTIONNE LA CAME DONNANT LA HAUSSE DU CANON

D_h , distance horizontale de l'avion futur; A , altitude de l'avion futur; H , hausse cherchée.



(54 618)

FIG. 13. — DÉBOUCHOIR VICKERS POUR LE RÉGLAGE DES FUSÉES

Le cadran de réception 1 est relié électriquement au directeur de tir. Grâce au volant 2, on assure la coïncidence des deux repères. La fusée 3 est introduite dans l'entonnoir 4 du débouchoir, dont la lame est actionnée par le levier 5.

Le tir au son

La nuit, ou lorsque le mauvais temps empêche de voir l'avion, on pointe au son. La disposition générale des appareils est représentée figure 15. L'« avion actuel » est situé d'une façon continue par deux appareils de repérage au son éloignés l'un de l'autre d'une certaine quantité connue appelée « base acoustique ». Le triangle formé par les droites reliant l'avion aux appareils de

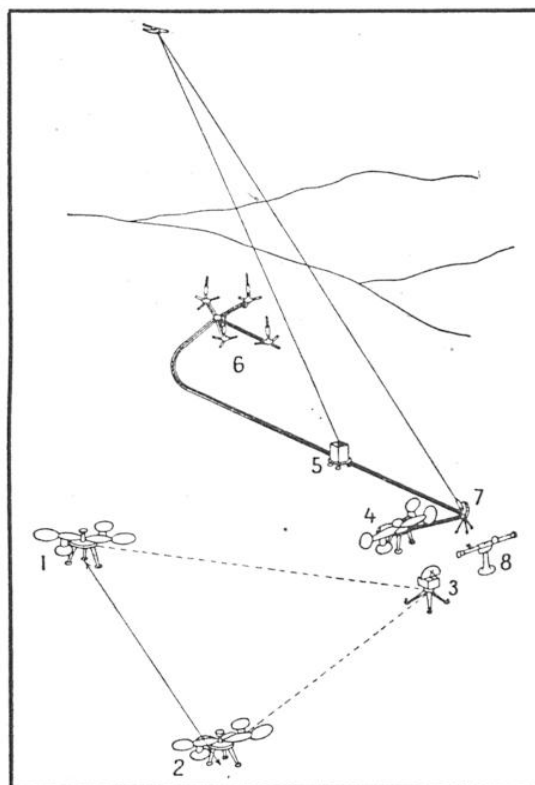
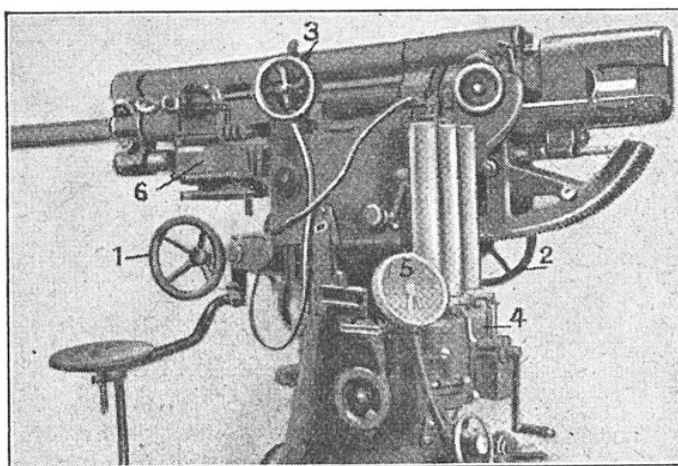


FIG. 15. — DISPOSITION GÉNÉRALE DES APPAREILS SUR LE TERRAIN POUR LE TIR AU SON (APPAREILLAGE GÖRZ)

Les appareils de repérage par le son, 1 et 2, aux extrémités de la base acoustique, fournissent les éléments nécessaires à l'altimètre 3. L'écouteur 4 est lié au directeur de tir 5, lui-même en liaison avec la batterie 6 ; le directeur de tir tient compte de la distance qui sépare 5 et 6, et l'appareil à calculer la parallaxe 7 tient compte de la distance entre 4 et 5. En 8 se trouve l'altimètre utilisé lorsque le but est visible.



(54 613)

FIG. 14. — CANON DE D. C. A. MODERNE DE 75 MM (BOFORS, SUÈDE)

1, volant de pointage en direction ; 2, volant de pointage en hauteur ; 3, récepteur pour l'azimut ; 4, débouchoir avec trois cartouches ; 5, récepteur pour le débouchoir ; 6, appareil de pointage pour tir direct.

repérage et son orientation dans l'espace étant connus, on peut facilement calculer la distance ou l'altitude de l'« avion actuel ». Cette opération se fait mécaniquement dans un appareil spécial relié électriquement aux deux appareils de repérage, d'une part, et au directeur de tir, d'autre part.

Le site et l'azimut sont mesurés d'une façon continue à l'aide d'un troisième appareil relié au directeur de tir. Celui-ci reçoit donc les trois coordonnées de

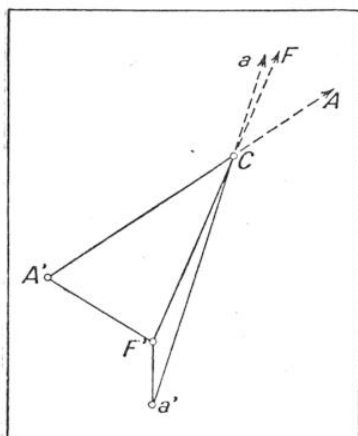


FIG. 16. — PRINCIPE DE L'APPAREIL DE POINTAGE DES MITRAILLEUSES LOURDES

A' A, ligne de mire ; F' F, vers l'avion futur ; a' a, axe du tube ; les côtés a' C, A' C et A' F sont proportionnels respectivement à la distance de l'« avion futur », à la distance de l'« avion actuel » et à la distance entre l'« avion actuel » et l'« avion futur ». F' a' est la correction de hausse.

Comme ce dernier n'a qu'une vitesse de 330 m/s environ, c'est-à-dire une vitesse inférieure à la vitesse moyenne des projectiles de D. C. A. qui est de l'ordre de 500 m/s — la durée de trajet de l'avion entre sa position localisée au son au départ du coup (qui est dans ce cas particulier, l'« avion actuel ») et l'« avion futur » est 2,5 fois environ supérieure à la durée de trajet du tir à vue exécuté dans les mêmes conditions.

Or, pendant cette durée de trajet, le pilote peut s'écarter de la trajectoire rectiligne que l'on admet généralement pour le calcul de l'« avion futur » ; il peut également modifier sa vitesse. On démontre que la probabilité d'atteinte diminue avec la quatrième puissance de la durée de trajet précitée, de sorte qu'en l'augmentant de 2,5 fois, la probabilité d'atteinte diminue près de 40 fois. A ceci, il y a lieu d'ajouter une nouvelle diminution de la précision due à la variation de la vitesse du son sous l'effet des conditions atmosphériques et

l'« avion actuel » et, en partant de là, donne, d'une façon continue, les éléments de tir transmis électriquement aux pièces. La différence fondamentale par rapport au tir à vue consiste dans le fait que, pour déterminer les coordonnées de l'« avion futur », il y a lieu de tenir compte, non seulement de la durée de trajet du projectile, mais, également, de celle du son.

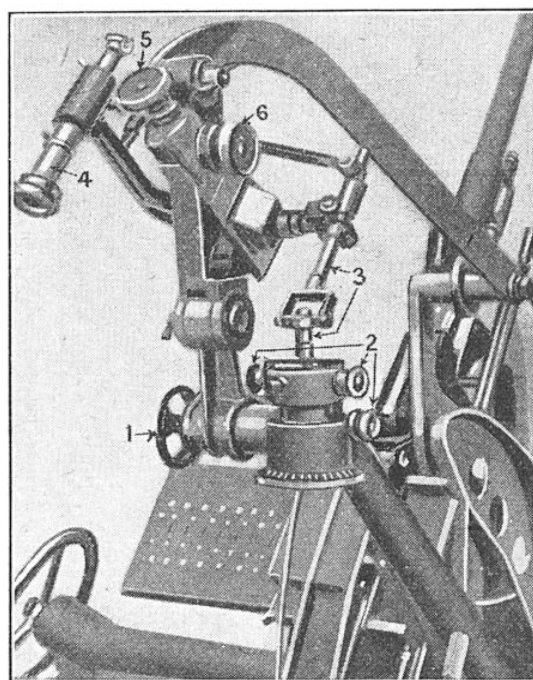


FIG. 17. — APPAREIL DE POINTAGE BRÉDA POUR CANON DE D. C. A.

1, volant des distances ; 2, bouton de la direction et de la vitesse du vol ; 3, transmission à la cardan ; 4, lunette de visée ; 5 et 6, boutons pour corrections.

plus particulièrement sous l'effet du vent. La distance de l'avion peut également

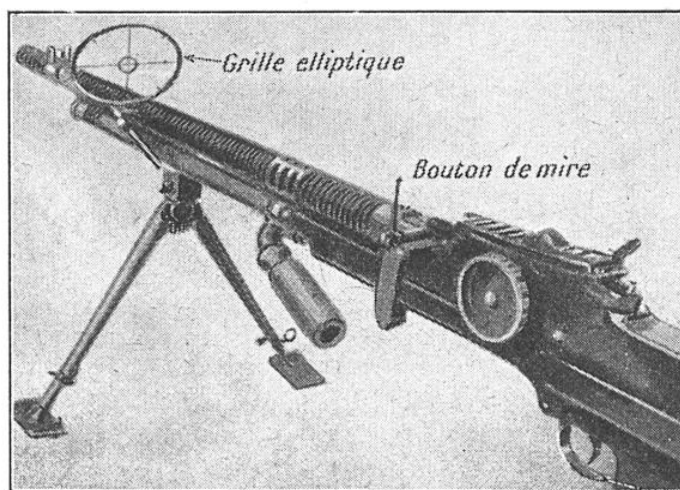


FIG. 18. — MITRAILLEUSE LÉGÈRE MUNIE D'UNE GRILLE ELLIPTIQUE

A l'intérieur de la grille elliptique se trouve une grille circulaire. La grille elliptique porte quatre saillies et son axe principal, deux repères.



FIG. 19. — LA DÉFENSE CONTRE AVIONS RAPPROCHÉS
PAR UNE MITRAILLEUSE ANTIAÉRIENNE BRITANNIQUE

être évaluée à l'aide d'un seul appareil de repérage, mais avec moins de précision, d'après la nature du son perçu permettant d'identifier le type de l'avion.

Le tir à distance moyenne par mitrailleuses lourdes

Dans le cas des mitrailleuses lourdes employées pour combattre les avions à moins de 3 000 mètres pour les calibres de 40 mm à 25 mm, à moins de 2 000 m pour le calibre de 20 mm et à moins de 1 000 m pour la mitrailleuse de 13,2 mm, on se sert d'appareils de pointage simplifiés faisant partie du matériel.

Il en existe plusieurs modes de réalisation, mais leur principe est essentiellement le même et consiste à reproduire à l'échelle réduite le triangle (fig. 1) formé par l'avion actuel, par l'avion futur et par l'arme de façon que, lorsque la ligne de mire passe par la position de l'avion actuel, l'axe du

tube pointe vers l'avion futur. La figure 16 représente le triangle à échelle réduite, tel qu'il est matérialisé dans les appareils de pointage. La vitesse de l'avion en grandeur et en direction est introduite dans l'appareil au jugé. La correction de hausse est faite approximativement en admettant qu'elle varie en fonction du site comme l'angle $F'Ca'$ du triangle $F'Ca'$ dont le côté $F'a'$ reste fixe dans l'espace. On voit que, dans ces conditions, la correction de hausse diminue au fur et à mesure que le site augmente pour devenir zéro à 90° .

Un appareil de pointage de ce genre de fabrication italienne Bréda est représenté figure 17. Le calcul de la position de l'avion futur se fait mécaniquement à la partie inférieure à partir de la distance et de la vitesse de l'avion introduites à l'aide d'un volant et de boutons appropriés. Le résultat de ce calcul apparaît comme le déplacement latéral de la partie C transmis à la lunette par le levier 3 suspendu à la cardan. Les corrections de hausse et de direction peuvent être introduites à l'aide de boutons 5 et 6. Le parallélogramme de monture assure le pivotement de la lunette en fonction de la hausse.

Il y a toutefois une différence fondamentale entre le tir des canons antiaériens et

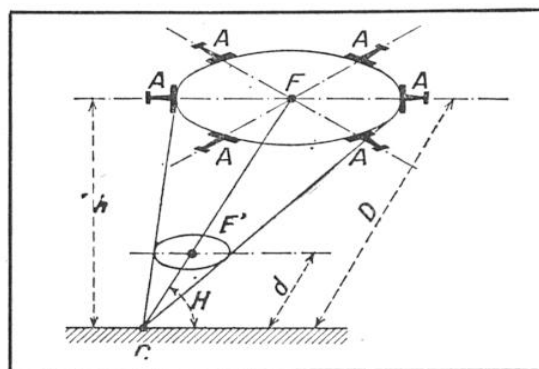


FIG. 20. — PRINCIPE DE LA GRILLE POUR LE TIR CONTRE AVION

F, « avion futur » ; F', centre de la grille ; A, « avion actuel » ; C, emplacement de l'arme ; h' , altitude ; D, distance ; d, distance de la grille au bouton de visée ; H, angle de hausse.

celui des mitrailleuses lourdes contre avions.

Les canons ont un calibre d'au moins 75 mm et tirent des obus explosifs munis de fusées réglables provoquant l'explosion du projectile au moment voulu. Le projectile agit sur l'avion par ses éclats et par son souffle dont l'effet croît avec l'altitude. La zone dangereuse augmente avec le calibre du projectile. Les obus, généralement encartouchés, sont introduits dans le canon à la main, et la cadence de tir avec des culasses semi-automatiques ne dépasse généralement pas 20 coups/mn. Dans la culasse semi-automatique, l'introduction de la cartouche déclenche automatiquement la fermeture de la culasse, la percussion et l'éjection de la douille.

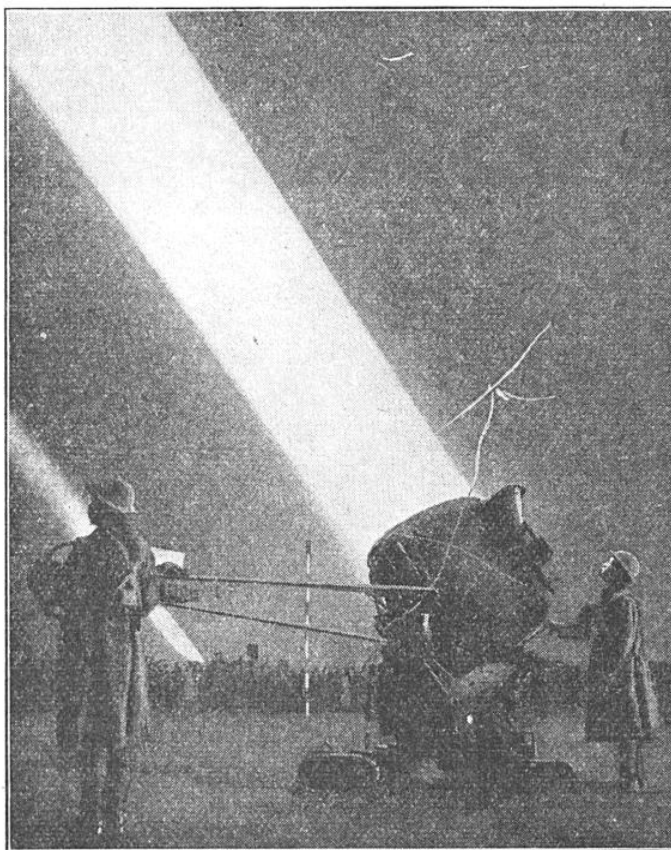
Les mitrailleuses lourdes accusent un calibre égal ou inférieur à 40 mm et tirent des projectiles explosifs munis de fusées percutantes extrasensibles. Le projectile n'explose que lorsqu'il rencontre l'avion : grâce à sa fusée, la percussion se fait même sur la toile. L'absence de l'opération de débouchage est favorable à la précision. On comprend aisément que les projectiles d'un calibre inférieur à 40 mm sont trop petits pour endommager sérieusement l'avion lors d'un éclatement au voisinage de l'appareil ; seule la fusée percutante permet de réaliser un effet suffisant. Généralement, lors de l'impact sur une aile métallique d'un projectile de 20 mm, malgré la faible charge d'explosif (10 g environ), le trou pratiqué mesure près de 50 cm.

Le vent qui s'engouffrera dans ce trou, arrachera probablement les parties de tôle voisines et l'avion sera contraint d'interrompre sa mission.

Le tir des mitrailleuses est entièrement automatique et se fait à une cadence nettement plus élevée que celle des canons : 140 coups/mn pour le calibre de 40 mm, 280 coups/mn pour 20 mm et 450 coups/mn pour 13,2 mm.

Le tir des mitrailleuses légères : grilles elliptiques et circulaires

L'introduction au jugé de la vitesse de l'avion rend évidemment le tir moins précis, mais, grâce à l'emploi des projectiles traceurs rendant visible la trajectoire, on peut le diriger sur l'avion comme on dirige le jet d'eau d'une lance. Cette façon de tirer convient plus particulièrement aux mitrailleuses légères tirant des balles pleines et dont l'appareil de pointage est encore plus simple ; il est constitué



(54 610)

FIG. 21. - UNE BATTERIE DE PROJECTEURS DE LA DÉFENSE ANTIAÉRIENNE BRITANNIQUE

essentiellement par une grille et par un bouton de mire (fig. 18).

La figure 20 illustre le principe de ce pointage simplifié. En admettant que l'avion vole à l'altitude constante H et à une vitesse connue, si F est la position de l'avion futur, le lieu géométrique des avions actuels sera une circonférence ayant pour rayon AF , distance égale au produit de la vitesse de l'avion par la durée de trajet du projectile.

En prévoyant, à l'extrémité du canon, un cercle homothétique, on voit aisément que, pour toucher l'avion, il suffit de pointer de

façon que l'avion apparaisse se dirigeant vers le centre du cercle appelé aussi « grille », et d'ouvrir le feu à l'instant où l'avion apparaît traversant le pourtour de la grille. Pratiquement, on remplace la grille théorique dont l'angle avec l'axe du tube varie avec le site du but par une grille elliptique obtenue en coupant le cône de pointage de la figure 20 pour un site moyen par un plan normal au tube.

La grille elliptique de ce genre, représentée figure 18, fut établie dans l'hypothèse d'une vitesse du but de 90 m/s, soit 324 km/h et d'une distance de tir de 500 m sous 45°. Le petit cercle intérieur sert pour pointer sur avions volant dans le plan vertical passant par l'arme.

Enfin, dans une dernière simplification, on remplace la grille elliptique par une grille circulaire. Dans ce cas, le pourtour ne sert qu'à titre indicatif pour faciliter l'appréciation de l'instant où il y a lieu d'ouvrir le feu. On pointe de façon que l'avion apparaisse se dirigeant vers le centre de la grille; on ouvre le feu au moment où l'avion touche le cercle extérieur et on cesse de tirer au moment où l'avion atteint

le petit cercle intérieur; on rectifie alors le pointage et on recommence.

Le tir contre avion est-il efficace ?

Alors que pendant la guerre 1914-1918, même vers la fin, le pourcentage d'atteinte était très faible, de l'ordre de 0,02 %, d'après les statistiques allemandes, l'efficacité du tir contre avion, dans l'état actuel de sa technique est beaucoup plus grande.

Avec les matériels modernes pointés à l'aide de directeurs de tir et dans les conditions moyennes de combat, on peut fixer la probabilité d'atteinte entre 6 et 10 %. Ce pourcentage dépend de bien des facteurs. Il est influencé par le degré d'habileté des servants du directeur de tir plus particulièrement dans le cas d'appareils à commande mécanique. Il dépend de la nature de la trajectoire : il est plus élevé lorsque celle-ci est rectiligne et il diminue lorsque l'avion suit une trajectoire irrégulière.

Pour les matériels modernes de calibre moyen de 75 à 88 mm ayant une cadence de tir de 20 coups/mn, on peut raisonnablement escompter 1,2 à 2 coups au but par minute.

V. DAVRAY.

Dans une conférence prononcée récemment devant la Société Française des Electriciens, un éminent technicien français (1), M. Béthenod, examinant le rôle de l'inventeur devant les problèmes techniques et industriels de l'heure présente, a montré que l'on pouvait répartir les « idées » proposées à l'attention des bureaux d'études en quatre catégories : 1° celles qui sont à la fois nouvelles et bonnes ; c'est une catégorie très restreinte, qui comprend à peine 5 % des nombreux brevets d'invention déposés en tous pays ; 2° celles qui ne sont ni nouvelles ni bonnes : exemple le mouvement perpétuel. Dans cette catégorie rentrent peut-être 35 % des brevets ; 3° celles qui sont nouvelles mais qui ne sont pas bonnes ; elles comptent pour 20 % des brevets ; 4° celles qui sont bonnes, mais qui ne sont pas nouvelles, catégorie la plus nombreuse puisqu'elle représente 40 %, et la plus intéressante du point de vue industriel, car ces inventions émanent soit des bureaux d'étude eux-mêmes, soit d'inventeurs persévérants que ne rebute point une mise au point sérieuse. En temps de guerre, l'invention joue un rôle important, comme le montre l'étude de l'histoire. Sans remonter jusqu'à Archimède, il est certain que la prise de Constantinople, en 1453, par les Turcs fut obtenue par la mise en œuvre de procédés que n'auraient pas désavoués les ingénieurs modernes, tels que les tirs plongeants et surtout l'effet de surprise obtenu par le transport de nuit sur terre et sur des glissières en bois de toute une flotte qui apparut ainsi le lendemain à flot dans une zone où on ne l'attendait pas. La déclaration de guerre a eu pour conséquence un regain d'activité de la part des inventeurs dont le classement, tel qu'il est esquissé ci-dessus, correspond assez sensiblement à celui du temps de paix. Dans ce domaine cependant on peut dire que, depuis septembre, d'excellente besogne a été faite, tant par des inventeurs isolés que par les laboratoires officiels de recherche.

(1) Revue Générale de l'Électricité, Tome 46, n° 26.

LA GUERRE MICROBIENNE : SES ARMES, SES PARADES

par Charles BRACHET

La guerre microbienne est-elle réalisable et quelle serait son efficacité? Posée — et pour cause — avant même que ne fût close la guerre de 1918, examinée à diverses reprises par la Société des Nations, la question ne pouvait manquer de reprendre aujourd'hui toute son actualité. Nous l'allons voir, elle est de celles qu'il faut traiter à égale distance d'un optimisme naïf comme d'un pessimisme exagéré. L'arme infectieuse ne saurait être un facteur déterminant dans une guerre moderne; elle ne saurait même rivaliser en malfaisance avec les gaz toxiques. Cependant, il convient d'en examiner les moyens techniques, les possibilités et les parades autant défensives qu'offensives — celles-ci devant être, il va sans dire, immédiates.

La guerre bactérienne a été essayée, en 1914-1918, contre les chevaux

“ON sait, à la vérité, ce qu'est une épidémie spontanée, mais on ne connaît rien d'une épidémie provoquée”, écrivait, voilà quelques années, le professeur Meyer, du Collège de France. Le danger caractéristique d'une guerre microbienne réside effectivement dans l'éclatement multiple de foyers d'infection inattendus, mais, hâtons-nous de le dire, nullement imprévisibles, pour peu que les spécialistes y portent leur attention.

Depuis longtemps, les épizooties artificiellement provoquées font partie de la technique de destruction des animaux nuisibles. C'est ainsi que d'Hérelle a réussi l'infection contagieuse des criquets ravageurs de l'Afrique du Nord : les nuages de sauterelles peuvent être anéantis par certain microbe préparé à leur intention, pour peu que les insectes soient servis à temps. Tout de même, Pasteur avait préconisé, avec succès, l'épizootie du « choléra des poules » inoculé aux lapins, dont le pullulement était devenu un fléau dans les caves champenoises. En Amérique, les insectes nuisibles de toutes sortes sont soumis à des études d'infection méthodique. Mais, justement, l'animal ainsi attaqué par l'homme, à l'arme microbienne, ne dispose d'aucun moyen de défense. Ces exemples de « contagion » ne sauraient donc être probants en ce qui concerne l'homme.

Arrêtons-nous toutefois, un instant, aux épizooties artificiellement allumées par malveillance dans les troupeaux d'animaux utiles

et même indispensables à la Défense nationale — tels que la cavalerie ou le cheptel de boucherie.

Ici, le problème présente des antécédents. La guerre microbienne a été essayée, dans ce sens, dès 1916.

« Une note du 21 mars 1917, du G. Q. G. français, avisait les Services qu'un agent allemand, arrêté dans la zone des armées et trouvé porteur d'un matériel suspect, avait avoué qu'il était chargé de provoquer une épidémie de morve dans notre cavalerie. Une nouvelle note du 6 juin 1917 faisait connaître que des faits du même ordre avaient été constatés en divers points de notre territoire. En août 1916, au moment de l'entrée en guerre de la Roumanie, la légation allemande de Bucarest abandonnait, avant de se retirer, des caisses suspectes qui furent l'objet d'une enquête. La police y découvrit des ampoules contenant des cultures de charbon et de morve, avec une notice sur la manière de s'en servir. En 1918, au moment de la retraite allemande, sur le front français, du matériel bactérien fut retrouvé, abandonné en plusieurs points du front, comme l'a signalé la note du G. Q. G. n° 43 137, du 30 octobre. »

Nous empruntons le texte précédent au médecin-colonel Voizard (1), dont la position constituait un excellent observatoire. C'est donc un fait : la guerre bactériologique, sous forme « épizootique », c'est-à-dire restreinte aux animaux utiles, a été bel et bien utilisée par l'ennemi dans la précédente guerre.

(1) Bulletin de l'Union des Médecins de réserve (avril 1936).

Quels ont été ses effets ?

La réponse compétente du médecin-colonel Voizard nous renseigne encore. Des cas de morve d'origine suspecte furent découverts parmi notre cavalerie, *mais ils ne donnèrent pas lieu à épizootie expansive*. L'armée d'Orient fut plus sérieusement touchée, mais sans que les épizooties observées et rapidement combattues aient aucunement retenti sur la conduite des opérations.

En résumé, du point de vue restreint, encore que significatif comme « test », de l'épizootie, il apparaît que l'arme microbienne a fait « long feu ». Et pourtant, n'en doutons pas, elle fut maniée avec compétence. Retenons seulement que les tentatives d'infection reconnues ont toutes eu lieu par l'office d'espions.

Il n'est pas arrivé que des avions ennemis aient, par exemple, tenté d'infecter des paquets au moyen de spores charbonneuses, puisqu'il était beaucoup plus efficace de vider, si possible, une ampoule de cultures morveuses dans un stock d'avoine de l'Intendance. Dans ce cas, l'« agent pathogène » ne relève plus de la microbiologie mais de la police.

C'est donc la *voie nutritive* qui fut choisie dans ces tentatives. Aisée à protéger quand elle visait des animaux, elle l'eût été encore plus s'il s'était agi d'hommes, *préalablement alertés*.

L'infection microbienne par les denrées alimentaires serait vite barrée

En effet, quelles denrées alimentaires, d'usage populaire, pourraient infecter des agents ennemis ? Les farines ? Mais ici se pose le problème technique du « bouillon de culture ». Sous forme de culture liquide répandue dans un stock de meunerie, la contamination prendrait aussitôt une forme tellement visible qu'elle ressortirait des simples précautions de propreté. A moins de découvrir une bactérie se développant au sein même des farines, l'aspersion de celles-ci par un bouillon microbien même pulvérisé (ce qui exigerait un outillage peu dissimulable sans parler d'inadvertances bien improbables de la part du personnel) désignerait aussitôt l'intervention suspecte aux manutentionnaires français.

Inutile d'aller plus loin dans cette voie de la contamination des aliments solides. Il n'est guère que l'eau potable qui puisse offrir quelque chance en tant que véhicule bactérien infectieux.

Le choléra, le bacille typhique d'Ebert peuvent, c'est certain, être véhiculés par

l'eau des canalisations urbaines. Mais nous nous trouvons, de ce fait, en présence d'un « sabotage » contre lequel nos services ordinaires d'hygiène sont alertés en permanence dès le temps de paix, en tant « qu'accident possible ».

Le véhicule infectieux ne pouvant être (au moins dangereusement), ni solide, ni liquide, il ne reste plus qu'une voie : l'atmosphère.

Et ce serait là tout le problème technique de l'offensive bactérienne, la diffusion des germes par la voie atmosphérique, si l'on ne devait encore tenir compte des moyens d'infection *les plus naturels* pour certaines épidémies : leurs véhicules parasitaires. Sans le pou, il n'y aurait pas de typhus ; sans la puce, pas de peste noire ; sans moustique, pas de fièvre jaune, etc... On oublie trop souvent que la microbiologie est, avant tout, de la biologie et que les bactéries ont *leurs mœurs spécifiques*, ce qui est le droit et même, dirons-nous, le devoir de tout être vivant qui prétend se faire identifier et traiter, comme tel, au laboratoire de la Science. Le « microbe » n'a pas l'inertie d'une molécule physicochimique. Aussi bien, c'est là ce qui rend tellement différentes les possibilités respectives de la guerre des gaz et de celle des microbes. Pour présenter notre pensée en raccourci, nous ne craignons pas de dire que la présence d'un seul pestiféré inconnu dans une foule est plus dangereuse pour elles que l'éclatement, par exemple, au milieu de cette foule, d'une ampoule contenant un bouillon du bacille de Yersin. Contre le pestiféré porteur de germes, nulle précaution n'est possible tant qu'il n'est pas repéré. Contre la « boule puante », évidemment malfaisante, les précautions d'hygiène, souvent les plus élémentaires, sont efficaces. Ceci nous laisse prévoir à quelles conclusions nous aboutirons : la guerre bactérienne d'un ennemi ne saurait différer beaucoup dans la forme, sinon dans l'intensité, de celle que nous a déclarée la nature depuis qu'il y a des épidémies qui déciment l'humanité.

Toutefois, il est capital d'analyser d'abord toutes les possibilités de contagion *physique* en épuisant les hypothèses concernant la diffusion des épidémies par la voie atmosphérique, *la seule à retenir*, disons-nous.

Les « poussières » et les « brouillards » microbiens

L'étude de l'atmosphère en tant que véhicule microbien restera l'œuvre d'un bactériologiste français, de l'Institut Pasteur, M. A. Trillat.

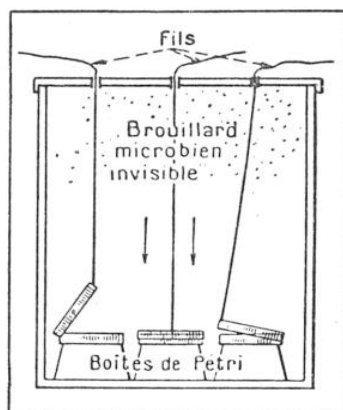


FIG. 1. — QU'EST-CE QU'UN BROUILLARD MICROBIEN ET COMMENT « DIF-FUSE-T-IL » ?

Chaque microbe (ou chaque poussière infectée) est le centre d'une gouttelette d'eau de condensation. Les gouttes, d'inégale grosseur, « tombent »

dans l'atmosphère où elles sont projetées avec une vitesse d'autant plus faible que la goutte est plus petite. On conçoit donc que si l'atmosphère remplit les conditions « météorologiques » d'une condensation rapide, les gouttelettes grossissent rapidement et tombent en conséquence. L'étude de ces vitesses de chute s'effectue dans l'appareil ci-dessus par la fermeture successive de trois « boîtes de Petri », dont la gélose décèle la contamination en fonction du temps d'exposition sous le brouillard microbien « lâché » du plafond du bocal.

Déjà, Pasteur lui-même, si préoccupé de l'asepsie de ses récipients et de tous les « contacts matériels » (au sens vulgaire du terme) n'a jamais caché qu'il tenait comme secondaire la voie infectieuse aérienne. C'est la même opinion que l'on retrouve aujourd'hui chez d'éminents chirurgiens tels que le docteur Thierry de Martel, qui préconise de laisser ouverte une plaie crânio-cérébrale, durant plusieurs jours, s'il le faut (donc au contact aérien) plutôt que de courir le risque d'œdème intérieur, beaucoup plus grave que celui de l'infection extérieure. Cependant, nul d'entre ces chirurgiens ne songerait à laisser les poussières s'accumuler dans sa salle d'opérations. Nul d'entre eux ne consentirait à se démunir, tandis qu'il opère, du masque qui filtre sa propre respiration. Poussières sèches ou brouillard (tel celui qui sort des poumons) sont, en effet, les seules formes que puissent adopter les « nuages microbiens » dont on nous menace.

Les conditions d'existence d'abord et, ensuite, de prolifération, de semblables nuages infectieux ont donc fait l'objet des études méthodiques de M. Trillat.

Si l'on se borne à imiter les processus naturels de la contagion atmosphérique (et comment les perfectionner ?), il faudrait donc constituer la poussière pathogène par des cultures consistantes et d'abord hu-

mides, que l'on dessécherait ensuite pour les broyer : la poussière obtenue pourrait être pathogène. Les crachats, les matières fécales donnent l'exemple d'une telle préparation spontanée. Mais encore ce n'est pas le bacille tuberculeux de Koch, qui, dispersé de cette manière, peut figurer une « arme de guerre » — et, du reste, peu de microbes pathogènes se plient à une telle préparation sèche. Le mucus des voies respiratoires, absorbant les poussières, reste le moyen de défense tout naturel déjà bien « en place » contre ce mode offensif.

Tout au contraire, un brouillard microbien, constitué par des bactéries enrobées dans de minuscules gouttelettes, pénètre beaucoup plus aisément jusqu'aux alvéoles pulmonaires. Des cobayes soumis à l'inhalation de bacilles de Koch, offerts suivant les deux méthodes, sèche et humide, n'ont pas contracté de tuberculose, même après plusieurs heures d'inhalation forcée de poussières sèches, tandis qu'il suffisait de quelques minutes d'inhalation en atmosphère humide pour atteindre le but désiré.

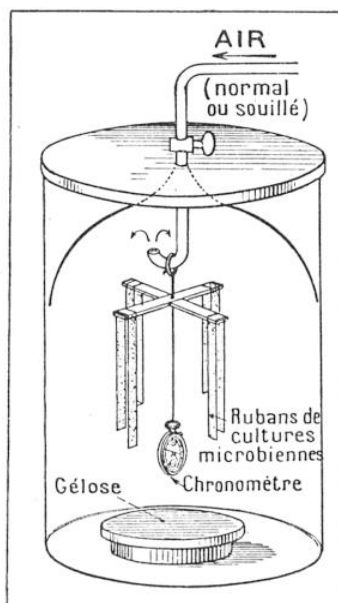


FIG. 2. — UNE ATMOSPHÈRE « CONFINÉE » PEUT NOURRIR DES MICROBES PAR DES « GAZ-ALIMENTS »

Voici un bocal où l'on peut, à volonté, insuffler de l'air normal ou de l'air souillé (par respiration ou toute autre excrétion gazeuse). Des films recouverts de cultures microbiennes sont suspendus dans l'atmosphère expérimentée. Au-dessous un plat de gélose est prêt

à recevoir les germes qui pourraient quitter les films et « voyager » à travers l'atmosphère en question. On constate que, tant que l'atmosphère est constituée d'air normal, les microbes ne quittent pas leur « film » alimentaire ; mais si l'atmosphère est souillée (ne fût-ce que par la respiration d'une souris), les microbes des films se répandent dans le gaz, qui devient, en effet, nourricier. Et la gélose-témoin s'infecte au bout d'un certain temps (que fournit le chronomètre) en fonction de la proportion des gaz-aliments (organiques) introduits.

La peste pulmonaire, l'influenza, la diphtérie se propagent très bien par la voie humide tout au moins dans l'atmosphère confinée d'une chambre. Même parlant « à voix basse », le malade projette devant lui des germes en quantité impressionnante. La question reste de savoir combien de temps ces germes restent virulents ou simplement vivants, et si le mécanisme de la projection respiratoire peut être reconstitué par des moyens artificiels et, naturellement, à grande échelle. Sinon, il est bien inutile de parler d'offensive microbienne de grand style.

Les conditions « météorologiques » que réclament les microbes pour leur diffusion

Il est certain que la fabrication rapide, en quantités industrielles, de bouillons de cultures pathogènes, est aujourd'hui réalisable.

Le choix des germes, dont nous dirons quelques mots, pour finir, est également fait d'avance — les contre-indications majeures n'étant ignorées d'aucun homme de l'art.

Terminons-en, auparavant, avec les conditions physiques indispensables à une diffusion microbienne massive. Quel que soit le microorganisme à diffuser, il faut tenir compte des conditions atmosphériques de pression et de température nécessaires à la formation du nuage microbien.

Que la diffusion se fasse par brouillards microbiens ou au moyen de poussières contaminées, il faut que les particules deviennent ou restent (si elles le sont déjà) des centres de condensation atmosphérique afin que la descente dispersive du nuage s'effectue à la vitesse voulue. Si le temps est trop humide et la température ou la pression trop basses, la condensation accroît le poids de la poussière au point que celle-ci tombe trop vite. Si le temps est trop sec, la pression ou la température trop élevées, la poussière ou la gouttelette (qui s'amenuise à l'extrême) flottent indéfiniment.

La réunion des circonstances météorologiques optima ne se fera, comme toujours, qu'au hasard, et, pour qu'un aviateur ennemi puisse profiter des circonstances favorables, il lui faudrait être informé par l'*Office National météorologique* du pays qu'il se propose d'attaquer !

Ainsi, du seul point de vue « physique », rien ne serait plus naïf que de pulvériser des germes pathogènes dans le ciel (même urbain) de l'ennemi sans s'occuper de leur avenir. Et, surtout, il serait absurde de confier au lendemain ou au surlendemain le

soin de constituer le « brouillard » de diffusion au moyen des poussières dispersées dans l'air la veille ou l'avant-veille à des altitudes plus ou moins hautes. Le vent les aura chassées du seul fait que la météo aura varié.

En plus des conditions physiques de formation des nuages microbiens, il reste les conditions d'entretien. Un microbe qui ne prolifère pas perd de sa virulence. Or, pour proliférer, un microbe doit se nourrir. Où trouvera-t-il, dans l'atmosphère, son aliment ? Celui-ci devrait donc être « gazeux ».

Avant les études de M. Trillat, on ne soupçonnait pas la fonction des « aliments gazeux » microbiens. On avait envisagé et observé la formation de certains microbes à l'état « sporulé » qui leur permet d'attendre, en sommeil, l'instant favorable à une reviviscence. Mais on n'envisageait pas la prolifération (bref, la culture) microbienne en milieu gazeux. Les travaux en question ne laissent plus aucun doute : certains microbes se nourrissent de « gaz-aliments » à formule organique, naturellement.

Une expérience caractéristique le démontre : plusieurs récipients, graduellement saturés d'humidité, accusent, pour une culture donnée, une prolifération nettement progressive. Mais un dernier récipient apportant comme facteur nouveau la seule respiration d'une souris, accuse une prolifération accélérée. Des graphiques dénombrant la multiplication relative de diverses cultures en atmosphère pure et en atmosphère souillée ne sont pas moins caractéristiques. Ces expériences démontrent que l'*air confiné*, dans lequel respirent beaucoup de personnes, devient un excellent milieu de conservation et de propagation microbiennes. C'est le cas d'une salle de théâtre ou de cinéma, des galeries du Métro. Ce serait, en effet, dans le Métro de Paris et le *tube* de Londres, que les agents allemands auraient procédé, en 1934, à ces essais de diffusion d'un bacille inoffensif — *micrococcus prodigiosus* — qui motivèrent à l'époque un article retentissant de Wickham Steed.

Le plus grave, d'après les expériences de M. Trillat, serait qu'il ne suffit pas d'une ventilation, même soutenue, pour purifier une atmosphère confinée. Le savant spécialiste a réalisé, en effet, la curieuse expérience suivante : établissant, entre un récipient *aseptique* et un récipient à *culture microbienne*, un courant d'air permanent et assez puissant pour éteindre une bougie, on constate, au bout de quelques heures, que des germes microbiens ont réussi à passer

dans le récipient aseptique, à l'encontre du courant d'air.

De ces études, il résulte bien trois choses :
1° L'infection microbienne généralisée d'une atmosphère urbaine est chose pratiquement irréalisable ;

2° La contagion devrait être recherchée dans l'infection d'atmosphères confinées (et, dès lors, l'agent criminel se trouverait lui-même exposé, à moins d'utiliser des engins automatiques à retardement) ;

3° L'infection microbienne des denrées alimentaires serait encore plus malaisée à organiser.

Le matériel microbien

Considérons d'abord ce qui peut-être éliminé : les protozoaires et les virus.

Rappelant la grande classification des germes pathogènes en *virus* (invisibles, filtrants) ; en *bactéries* (microbes végétaux) et en *protozoaires* (microbes animaux), il convient d'éliminer tout de suite ces derniers.

A propos de la chimiothérapie (1), nous avons

bien souligné que les protozoaires ne se cultivent pas hors d'un milieu « vivant », le corps du sujet infecté. En conséquence, si vous entendez dire quelque jour (ainsi qu'il est arrivé voilà deux ans en Espagne nationaliste) que des agents ennemis sont en train de propager la maladie du sommeil, dormez, en effet, tranquilles. Ce seraient là des héros qui auraient poussé l'esprit de sacrifice jusqu'à se faire d'abord infecter eux-mêmes.

Les *virus* filtrants les plus dangereux seraient ceux de la scarlatine, de la *polymyélite*, de la *grippe*, de la *psittacose*, du *typhus exanthématique*, de la *fièvre jaune*, de la *variole*, de la *rage*.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 262, page 287.

Ils n'ont qu'un défaut (pour les stratèges « microbiens »), c'est qu'ils ne cultivent pas en milieux artificiels. Ils échappent donc à la condition préalable de fabrication massive, industrielle. Il faudrait, en conséquence, que les organisateurs de l'invasion « virulente » accumulassent des kilogrammes et des kilogrammes de squames scarlatineuses, de croûtes varioliques, de sang prélevé sur les malades de la rage, de la fièvre jaune, de la grippe, hypothèse ridicule.

Elever les insectes parasites porteurs de germes ?

On prétend que l'élevage systématique des moustiques « à fièvre jaune » a été essayé à Berlin et même pratiqué sur une grande échelle. Il ne reste plus qu'à persuader à ces pauvres bestioles que, lâchées en France, en plein hiver, leur devoir est de survivre tout en allant inoculer leur mal, contre vents et marées. En été, durant quelques jours seulement et dans certaines régions paludéennes, où la

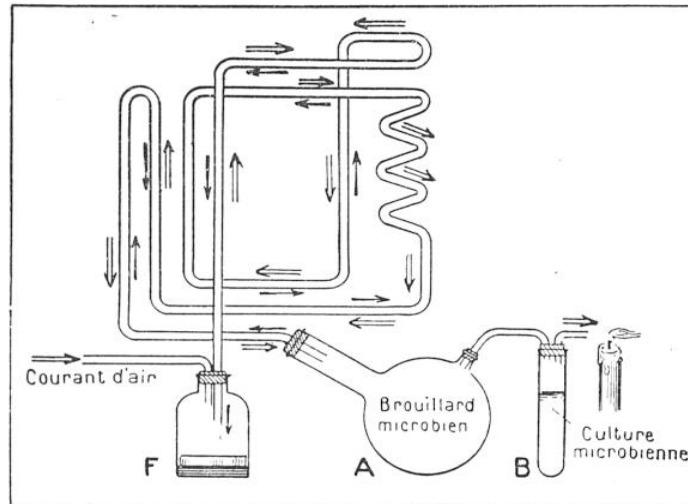


FIG. 3. — LES « COURANTS D'AIR » NE SUFFISENT PAS À ASSAINIR UNE ATMOSPHÈRE CONFINÉE

C'est ce que prouve l'expérience ci-dessus : un courant d'air établi dans le sens indiqué par les flèches doubles n'empêche pas le brouillard microbien contenu dans le ballon A de propager son infection dans le sens des flèches noires, c'est-à-dire à contresens du courant d'air, bien que celui-ci soit assez puissant pour éteindre une bougie. Le bocal-témoin F se trouve, en effet, bientôt infecté.

température ne descend jamais au-dessous de + 20° C, les moustiques en question pourraient réussir quelques performances infectieuses — en tant que curiosité scientifique, seulement.

Ramasser des poux porteurs de typhus ? Mais, sitôt qu'il est séparé de sa victime, le poux à typhus meurt. Donc, encore un mauvais soldat pour la guerre microbienne.

La *psittacose* ? Maladie fort dangereuse, en effet, pour l'homme, mais qui exige l'intervention d'un oiseau, le *perroquet*, de préférence. Mais allez dresser un perroquet à ce rôle d'agent secret, transmetteur d'une maladie aussi grave.

Moins ridicule serait peut-être l'inoculation de la rage à des animaux domestiques :

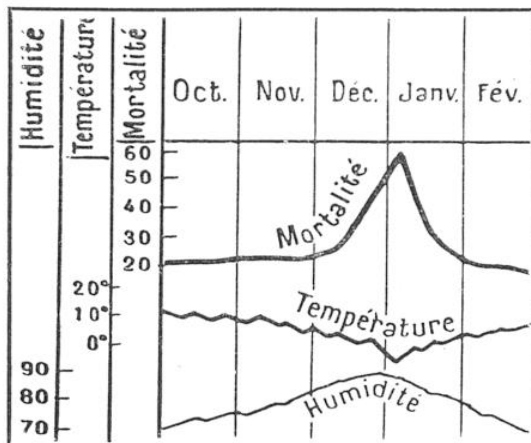


FIG. 4. — CONFIRMATION HISTORIQUE DES « CONDITIONS MÉTÉOROLOGIQUES » NÉCESSAIRES A LA PROLIFÉRATION MICROBIENNE EN TEMPS D'ÉPIDÉMIE

D'octobre 1887 à février 1888, sévit dans le monde entier une terrible épidémie d'influenza (grippe espagnole, disons-nous aujourd'hui). On remarque que la plus haute mortalité coïncide avec la température minimum et l'humidité maximum.

chiens et chats... Il ne reste qu'à trouver, dans l'armée des « espions », des bactériologistes assez bien spécialisés dans cette tâche pour préférer ce bas emploi à l'honorable cabinet médical qui leur revient. Et puis, il y a l'Institut Pasteur....

La *polyomyélite* ? Elle vient sans qu'on l'appelle ; mais elle s'en va quand il lui plaît. Tout comme la *grippe*, du reste. Si l'« influenza » a fait, au dire des statisticiens, de 1914 à 1918, plus de victimes que la guerre en Europe, ce fut précisément avec une égale impartialité dans tous les camps, parmi toutes les populations civiles, et malgré les efforts des divers services sanitaires. La véritable « guerre microbienne », en voilà donc le type : un « effet » de la guerre, nullement un « moyen » de guerre.

Le seul matériel microbien qui peut être retenu

Nous voici donc rabattus sur les bactéries, comme dernières armes de la guerre microbienne.

Dans ce compartiment, le matériel quantitativement utilisable est impressionnant. « En quarante-huit heures, nous dit le professeur H. Vincent, on peut préparer des tonnes de cultures de *micrococcus melitensis* (fièvre de Malte) ; de bacille de la peste ; de bacille du charbon ; de bacille de la morve ;

de virus *tularémique*... sans parler de certain microbe X, soi-disant mystérieux, qu'auraient découvert les Allemands et dont les bactériologistes français sont actuellement parfaitement informés et... munis. »

Voilà donc, constitué, le stock de bactéries. Il ne reste plus qu'à l'utiliser. Et nous avons déjà fait le procès de sa diffusion « physique ». N'y revenons pas. Mais insistons, par contre, sur les conditions spécifiques de contagion qu'exige chacune des bactéries pathogènes.

Les bacilles typhique, paratyphique, dysentérique, cholérique, sont les germes tout indiqués pour souiller les eaux potables. Mais si l'armée est déjà, tout entière, vaccinée contre la typhoïde et les paratyphoïdes avec le succès radical que nous avons indiqué (1), rien n'empêcherait, à la première alerte, de recourir à la même mesure préventive pour les populations civiles — à supposer que la surveillance normale des eaux ne doive pas rester une prévention suffisante.

Le choléra ? Voici une anecdote bien caractéristique que nous devons encore au professeur Vincent : en 1914, l'armée française d'Orient, bien placée cependant, ne connut qu'un seul cas mortel de choléra. Ce fut

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 548.

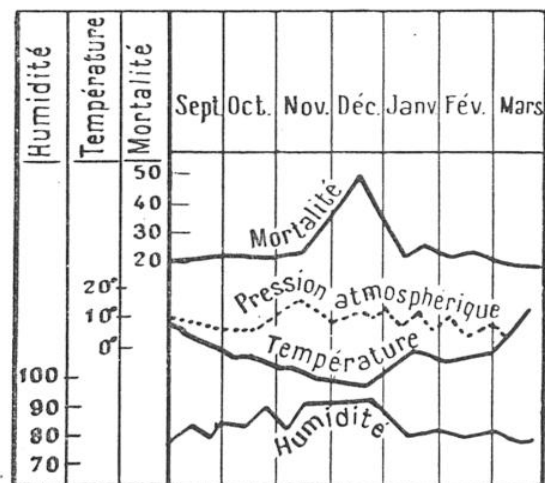


FIG. 5. — AUTRE GRAPHIQUE DE L'ÉPIDÉMIE DE 1888, PARTICULIER A LA FRANCE

On remarquera le parallélisme rigoureux des courbes de mortalité, de température et d'humidité, relevées pour la France seule, et des mêmes courbes relevées par la statistique mondiale. Le graphique français relate, en outre, la pression atmosphérique qui intervient également dans le phénomène de condensation des brouillards microbiens.

celui d'un sous-officier du service sanitaire, qui, chargé d'administrer la vaccination anticholérique, et responsable, par conséquent, des « fiches », avait inscrit, sur la sienne propre : « vacciné », croyant avoir ainsi joué un bon tour au major en évitant ce qu'il pensait être une corvée. La maladie, survenant à l'improviste, fut foudroyante. Mais aussi quelle preuve pour l'efficacité du vaccin !...

Contre la peste, on vaccine également avec succès dans le Nord-Afrique, à Madagascar. Cependant, l'efficacité de la protection n'est pas aussi accusée que dans les cas de la typhoïde et du choléra. Le bacille pesteux est assez résistant, puisqu'il peut persister longtemps dans un sol humide. Il est donc évident que ce serait là une des bactéries les plus utilisables. Mais, ici encore, bien des obstacles naturels s'opposent à la diffusion de l'épidémie : d'abord, c'est le rat qui doit attraper la peste et la passer à ses puces qui, le rat mort, s'attaquent à l'homme, à condition qu'il n'y ait plus de rats dans le voisinage. Ce n'est que contrainte et forcée que la puce du rat se rabat sur l'homme. Dans les laboratoires de l'Inde, les bactériologistes étudiant la peste conservent, à portée, des cobayes uniquement destinés à ramener spontanément toutes les puces pesteuses vagabondes.

La forme « pulmonaire » de la peste est autrement dangereuse, puisque sa mortalité peut atteindre 100 %, tandis que la forme « bubonique » ne dépasse guère 80 %.

Allumer des « foyers de peste » chez l'ennemi serait un acte de folie qui, d'abord, attirerait une réplique immédiate. Mais, aux premiers indices suspects, les mesures prophylactiques seraient prises, étouffant l'épidémie avant qu'elle ait pu s'étendre. Les foyers pesteux permanents ne sont jamais totalement absents de villes comme Paris ou Londres. Ils ne s'étendent jamais, parce que l'éveil est donné.

Après celle de la peste, la bactérie qui semblerait la plus indiquée pour une guerre microbienne, n'est autre que celle de la fièvre de Malte, à cause de sa grande contagiosité. Mais c'est là une maladie très longue, dont le cycle évolutif peut couvrir jusqu'à trois ans, ce qui explique, entre autres choses, la difficulté d'obtenir un vaccin : la réaction

immunisante est insignifiante puisque la maladie est si longue... On ne voit pas quel effet « tactique », c'est-à-dire quel retentissement immédiat sur la guerre pourrait avoir une épidémie de la fièvre de Malte — laquelle existe, du reste, à l'état endémique sur presque tous les rivages méditerranéens, où l'humanité persiste, Dieu merci.

Une maladie infectieuse, découverte en 1917, la *tularémie*, a fait beaucoup parler d'elle parce que son microbe est très résistant, au soleil comme au froid. Mais la mortalité par *tularémie* se stabilise aux environs de 4 %. Ce n'est pas avec ça qu'on fait reculer un peuple.

Conclusion : la guerre microbienne ne serait qu'un acte inefficace, un vain sursaut de désespoir

Récapitulant notre étude, nous en retiendrons seulement que les épizooties de morve ont été essayées il y a vingt-trois ans et que, malgré la virulence exceptionnelle de la morve en culture (inaccessible à aucune autre culture), il n'y a pour ainsi dire pas eu d'accidents humains. Il faut une *excoriation* pour assurer la transmission.

Quant aux épidémies « classiques » concomitantes de toutes les guerres prolongées du passé lointain : peste, choléra, typhus, typhoïde, nous ne voyons pas que l'intervention criminelle de l'ennemi puisse faire autre chose que de remettre en question des problèmes déjà résolus — puisque rien de semblable n'a été constaté, sauf en 1904, en Asie. La terrible peste de Moukden fut, en effet, mais sur son propre terrain d'élection, une séquelle de la guerre russo-japonaise.

Un redoublement de la prophylaxie la plus classique, dans tous les cas, suffirait évidemment à la protection — sans parler des représailles toujours possibles.

En définitive, non, nous ne croyons pas que l'« armée microbienne » soit bien à redouter. Les gaz toxiques le sont beaucoup plus. Or, qui eût osé envisager leur usage en août 1914 ? Par contre, il semble inutile de croire aux nouveautés dont on parle trop et si longtemps à l'avance.

CHARLES BRACHET.

UN NOUVEL ENGIN DE COMBAT : L'AVION-TORPILLE A TÉLÉVISION EST-IL REALISABLE ?

Par Pierre DEVAUX

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Le caractère scientifique et technique de la guerre n'a pas été sans susciter de nombreuses inventions, de valeur au surplus très inégale.

La cellule photoélectrique, ce précieux « œil électrique » utilisé pour de nombreuses applications industrielles, se prête à des fins militaires. Ce n'est un mystère pour personne, par exemple, que les entrées des forts de la ligne Maginot sont barrées par des faisceaux de rayons aboutissant à des cellules photoélectriques : qu'un indésirable se présente, coupant le faisceau, et c'est l'alerte.

On sait que lors de l'avance de nos troupes dans la forêt de Warndt, celles-ci se trouvèrent en présence d'un grand nombre de véritables pièges constitués par des engins explosifs à déclenchement provoqué ou à retardement. Les Allemands nous avaient déjà laissé des échantillons de leur savoir-faire dans ce domaine lors de leur retraite de 1918, avec les *détoneurs à fil rongé*. Dans ces petits appareils, qui servaient d'amorçage pour des bombes, des fourneaux de mines, le percuteur était retenu par un fil métallique plongé dans une solution composée d'acide sulfurique et de sulfate de cuivre ; en jouant sur les proportions de ces deux constituants, on arrivait à obtenir des retards de l'ordre de trois jours, suivis d'explosions meurtrières.

Qu'est-ce que l'avion-torpille à télévision ?

De telles réalisations sont moins tactiques que simplement spectaculaires. On aurait tort, toutefois, de méconnaître les possibilités offertes par les techniques les plus audacieuses : faut-il rappeler que des *fusées* à grande puissance, bien avant la guerre, ont pu être radiogoniométrées de seconde en seconde et qu'il a été possible de les faire tomber exactement au point choisi ?

Aussi convient-il d'examiner sans parti pris la nouvelle, à la vérité assez extraordi-

naire, qui nous parvient de Chicago : il s'agit d'une *torpille aérienne*, ou plus exactement d'un *avion automatique*, qui présente la particularité de posséder un *poste émetteur de télévision*.

Aucun être humain ne prend place à bord de l'avion-torpille, qui décolle par ses propres moyens et se dirige vers l'ennemi. Tranquillement assis dans son bureau devant un écran de réception, le lointain « conducteur » voit exactement comme s'il se trouvait à bord de l'engin. Grâce à une télécommande par ondes courtes, il peut guider celui-ci au moyen de boutons, de volants, de leviers, le faire monter, descendre, virer à droite ou à gauche, lâcher ses bombes... ou prendre la fuite sans vergogne devant un ennemi puissamment armé !

Avouons-le, cet engin, digne de Jules Verne, nous parut d'abord un de ces somptueux canards dont la faune du Michigan ou de l'Hudson ne sont point avares ! L'invention a été présentée au Département de la Guerre par M. Sanabria, directeur de l'Institut de Télévision, dont la compétence est indiscutable, mais dont la hardiesse technique est également connue. On ne peut s'empêcher de songer, par ailleurs, que si l'invention eût présenté pour la défense nationale un intérêt indiscutable, elle eût été entourée du plus épais silence...

En réalité, il ne s'agit pas ici d'une invention nouvelle, mais d'une synthèse, d'un « cocktail » d'inventions déjà existantes et bien au point, qui se prêtent un mutuel appui pour des résultats nouveaux : formule excellente, qui fit la fortune d'un Marconi dans le domaine de la télégraphie sans fil, mais dont la valeur ne peut être appréciée sainement qu'en examinant attentivement les... ingrédients du cocktail, autrement dit les différentes inventions dont il est la somme.

« Cerveaux mécaniques » à gyroscopes

Ces inventions préliminaires sont au nombre de trois : l'*avion sans pilote*, la *télé-*

commande par ondes courtes, la télévision.

On sait que le rôle d'un pilote d'avion est fort différent de celui du timonier d'un navire. L'avion, en général, ne possède pas cette précieuse *stabilité spontanée* qui permet à un navire de se redresser après le passage d'une vague. A l'aide de son *levier de pilotage* (« manche à balai »), organe de commande à double « degré de liberté », le pilote doit agir continuellement sur les *ailerons* des ailes pour maintenir l'équilibre latéral et sur le gouvernail de profondeur pour maintenir l'équilibre longitudinal.

Cette *stabilité artificielle* peut être demandée à des dispositifs à *gyroscopes*, remplaçant le pilote en chair et en os.

On sait que le gyroscope n'est autre chose qu'une *toupie en cage* aux curieux équilibres, que les ingénieurs ont promu au rôle de « cerveau mécanique » sur le plan industriel. A cet effet, le volant, ou *rotor*, du gyroscope a été enfermé dans un carter vide d'air et monté sur des roulements de précision réduisant au minimum les causes de ralentissement ; en outre, le mouvement de rotation est *entretenu*, soit par une rentrée d'air permanente agissant sur de petits ailettes formant turbine, soit par un dispositif électrique. Le principe fécond des *champs magnétiques tournants* apporte ici une solution élégante, en offrant le moyen d'entraîner le rotor sans le contact de balais ; le rotor lui-même est mû par les « courants de Foucault » engendrés dans sa masse, sans qu'aucun bobinage rotatif soit nécessaire.

Ainsi équipé, le gyroscope a pu être utilisé pour la construction de *compas* de marine offrant un haut degré de précision et de sécurité. On remarquera que ce système est le seul applicable à bord des sous-marins, dont la coque d'acier entièrement close intercepte l'action directrice du champ magnétique terrestre sur l'aiguille aimantée.

En outre, le compas gyroscopique se prête, beaucoup plus commodément que la boussole magnétique, à la reproduction à distance de ses indications. Le *maître-compas* est placé dans un local central sévèrement clos, à l'intérieur d'une sphère creuse qui flotte au sein d'un mélange d'acide sulfurique et de glycérine ; la densité de ce liquide a été réglée à dessein légèrement trop faible pour que la sphère flotte ; mais celle-ci est maintenue à distance du fond par un solénoïde parcouru par un courant alternatif et exerçant un effet de répulsion. Quant aux connexions électriques avec la sphère, elles s'effectuent par des électrodes métalliques placées en regard, à travers le

liquide, qui est conducteur de l'électricité ; il y a, bien entendu, des fuites d'électricité d'une électrode à l'autre, mais elles n'altèrent pas la précision du maître-compas. Celui-ci commande par des transmissions électriques des *répéteurs* à cadran placés en différents points du navire.

Le problème de la « précession »

La propriété classique du gyroscope est que son axe demeure pointé dans une direction invariable, ou, comme disent les astronomes, « vers une étoile fixe ».

Installé à bord d'un avion, le gyroscope va donc nous fournir aisément un « horizon artificiel », indispensable pour le P. S. V. (pilotage sans visibilité). Rien ne nous interdit, grâce aux puissants moyens d'amplification de l'énergie, dont dispose la technique moderne, de charger le gyroscope lui-même d'agir sur les *gouvernes*, autrement dit sur les câbles de commande, pour maintenir l'avion dans une position horizontale.

Malheureusement, la conception du gyroscope « à direction fixe » est un peu simpliste. Le rotor à grande vitesse, que nous tenons enfermé dans son carter, est un « pur sang » susceptible, que la moindre entrave révolte. Supposons que ledit boîtier ne soit pas parfaitement équilibré, en sorte qu'un léger effort de basculement existe ; le rotor va s'opposer à ce basculement, mais la théorie du gyroscope nous enseigne que cette réaction se traduit par un certain mouvement transversal de l'axe de rotation, appelé *précession*. Un exemple classique de cette perturbation nous est fourni par le sphéroïde terrestre, dont le bourrelet équatorial tend à se redresser, perpendiculairement à l'axe géométrique de rotation, sous l'influence de l'attraction différentielle du soleil ; il en résulte un pivotement conique de l'axe, qui effectue une rotation complète en 26 000 ans : c'est ce qu'on appelle la *précession des équinoxes*, qui a perturbé la position du soleil dans le zodiaque d'un « signe » entier depuis l'époque de Jules César.

Pratiquement, le gyroscope de pilotage automatique, dont l'axe est normalement vertical, doit être lancé au moment où l'avion est horizontal ; le simple frottement des tourillons de la suspension ou de l'aiguille de contact électrique tendent à le faire « précessionner » ; pour maintenir l'axe dans sa position verticale et pour l'y ramener, il faut faire intervenir la pesanteur, ce qui conduit à la notion de « gyroscope-pendule », ou *gyropendule*, à boîtier lesté ; la précession est compensée par divers dispositifs, com-

portant, par exemple, un second gyroscope dont le boîtier est lié au premier par des couronnes à engrenages.

Le constructeur américain Sperry, pionnier et grand spécialiste du gyroscope d'aviation, a utilisé un pendule indépendant, indiquant la direction de la « pesanteur apparente » (pesanteur réelle composée avec la force centrifuge), dont l'écart, par rapport au gyroscope, agit sur des tuyères à air comprimé. Tant que l'axe du gyroscope reste parallèle au pendule, le gyroscope se trouve soumis à quatre jets d'air égaux ; dès que le pendule fait un angle avec l'axe du gyroscope, l'un des jets est affaibli, ce qui fait apparaître un effort de pivotement, ou couple, dont l'effet est de corriger le gyroscope. La vitesse de rotation des gyroscopes Sperry est de l'ordre de 15 000 tours par minute.

Il est, d'autre part, essentiel, toujours pour éviter la fâcheuse précession, que la transmission des « ordres » du gyroscope s'effectue avec le minimum de frottement.

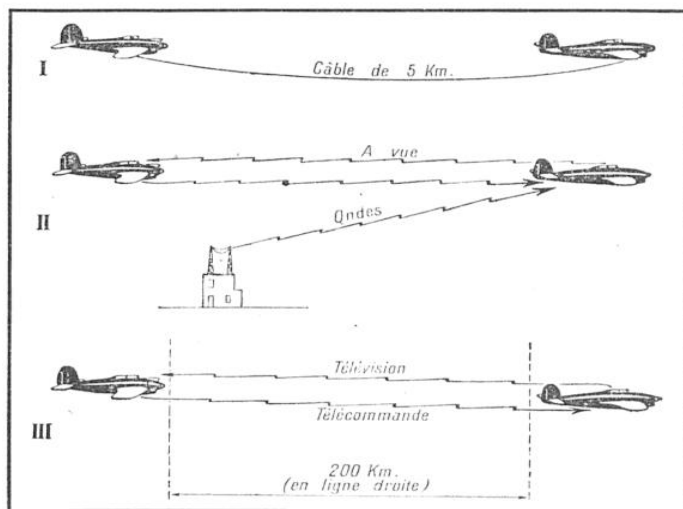


FIG. 1. — DIFFÉRENTS SYSTÈMES DE TÉLÉCOMMANDE ENTRE DEUX AVIONS

I, liaison par câble, celui-ci pouvant atteindre une longueur de 5 km. II, liaison par ondes courtes, les deux avions naviguant à vue ; ce système est également applicable à la commande à partir d'une station terrestre. III, commande par ondes courtes, l'avion commandé étant, en outre, relié à l'avion directeur par télévision ; ce système, qui est du domaine de l'avenir, permettrait d'atteindre des portées de l'ordre de 200 km, mais la condition de propagation rectiligne des ondes ultracourtes de télévision rendrait la liaison difficile avec une station terrestre, à cause de la rotondité de la Terre (voir fig. 5).

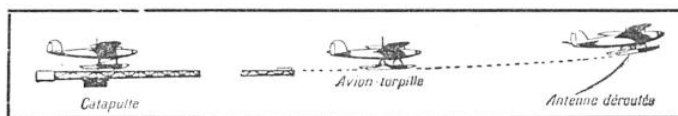


FIG. 2. — PRINCIPE DU LANCEMENT D'UN AVION AUTOMATIQUE PAR CATAPULTE

L'avion possède une antenne réceptrice qui se déroule automatiquement dès que l'avion est en vol.

A cet effet, le boîtier est muni, soit d'une aiguille de contact électrique, soit de valves à air comprimé, soit même d'un dispositif à cellules photoélectriques (« yeux électriques ») ; ces dispositifs forment un premier relais d'énergie ; ils commandent à leur tour des cylindres à huile sous pression qui actionnent les câbles des gouvernes.

« Gyro corrigé » ou « radiocompas » ?

Le problème de la « navigation », autrement dit de la direction automatique de l'avion, nettement distinct de celui du pilotage automatique, est susceptible de plusieurs solutions.

On peut, tout d'abord, utiliser un second gyroscope, dont l'axe est horizontal et qui joue le rôle de conservateur de cap. La précession parasite joue, dans ce cas, un rôle d'autant plus néfaste qu'elle est difficile à déceler. Dans le système Ascania (1), il existe un gyroscope et un compas magnétique, dont les indications sont transmises à des cadrans placés sur le tableau de bord : le pilote peut donc comparer ces indications. En outre, le compas magnétique, grâce à une transmission pneumatique très ingénieuse, envoie des courants dans des bobines qui agissent sur un aimant fixé au carter du gyroscope et corrigent la précession.

Au lieu d'un gyroscope « corrigé », on peut employer un radiocompas influencé par les ondes hertziennes émises par un poste « ami ». Ainsi le fameux tour du monde aérien effectué par l'avion du milliardaire américain Howard Hughes (2), en 98 h, fut rendu possible par un radiocompas dont l'aiguille restait toujours dirigée vers l'aéroport de destination ;

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 260, page 153.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 222.

ce radiocompas agissait sur des servomoteurs à huile commandant le gouvernail de direction. La liaison entre le radiocompas et ces robots était assurée par des cellules photoélectriques.

Ce schéma simpliste, l'avion qui marche vers la station émettrice comme les mages vers l'étoile, peut être modifié, pour un avion de guerre, en soumettant le radiocompas aux émissions de stations amies placées en des points géographiques arbitrairement choisis. Le danger de « brouillage » par des ondes ennemies peut, d'autre part, être éliminé par différents procédés; un constructeur français, notamment, a créé des appareils récepteurs qui n'« enregistrent » effectivement un signal que lorsque celui-ci a été répété trois fois, à intervalles convenus; les émissions *modulées en fréquence* (1) assurent, d'autre part, une très grande sécurité contre les brouillages.

Télécommande par ondes courtes

Nous arrivons à une solution infiniment plus vaste, qui nous apporte non seulement le moyen de diriger l'avion vers un but déterminé, mais encore de lui faire parcourir un chemin complexe, de le faire évoluer, de lui faire prendre une photographie ou lâcher une rafale de mitrailleuse : c'est la *télé mécanique par radio*.

Les problèmes de télécommande, autrement dit de commande à distance, sont actuellement à l'ordre du jour dans l'industrie à cause de l'extrême souplesse de combinaison que ces dispositifs autorisent.

Bien que les travaux de M. Arquembourg aient prouvé qu'il est possible de faire de la télécommande et d'obtenir des automatismes au moyen d'appareils à fluide (gaz ou liquide), les appareils électriques sont les plus employés. L'âme de la télécommande électrique est le *relais*, ou électroaimant à

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 270, page 475.

palette, capable d'établir un contact dans un circuit différent de celui qui l'alimente; ainsi, à bord des locomotives électriques (1), le faible courant de quelques volts envoyé par la manette du mécanicien, agit sur des relais robustes, ou *contacteurs*, qui envoient dans le moteur les courants de grande intensité. Il est, du reste, remarquable que ces contacteurs n'obéissent pas aveuglément au mécanicien : ils fonctionnent avec un retardement qui dépend de la vitesse effective et de la résistance de traction, en sorte que la manœuvre de démarrage s'effectue toujours dans les meilleures conditions.

L'emploi de ces merveilleux relais amplificateurs sans inertie que constituent les *tubes électroniques* permet, d'autre part, des accroissements de puissance considérables; pratiquement, une telle lampe et un relais ultrasensible suffisent pour rendre « mécaniques » des impulsions électriques qui seraient à peine perceptibles au téléphone.

A l'aide de câbles comportant un nombre suffisant de conducteurs, on conçoit qu'il soit possible de transmettre à un engin mobile, bateau ou avion, des « ordres » variés. Les Allemands, en 1917, attaquèrent Nieuport au moyen de vedettes reliées à une station située sur un autre point de la côte par un câble de 50 km de longueur ! Détail remarquable, ce câble ne contenait qu'un seul fil, les différents courants, diversifiés par leur sens et leur durée, étant triés à l'arrivée par un appareil de téléphonie automatique. Les Américains, qui aiment les records, sont allés plus loin encore en reliant deux avions par un câble long de 5 km !

Pour passer de ces commandes par fil à la commande par radio, il suffit de disposer d'appareils suffisamment puissants et sélectifs pour assurer, en toutes circonstances, la liaison entre le poste de commandement et le « mobile » commandé. Dès avant 1914, la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 263, page 335.

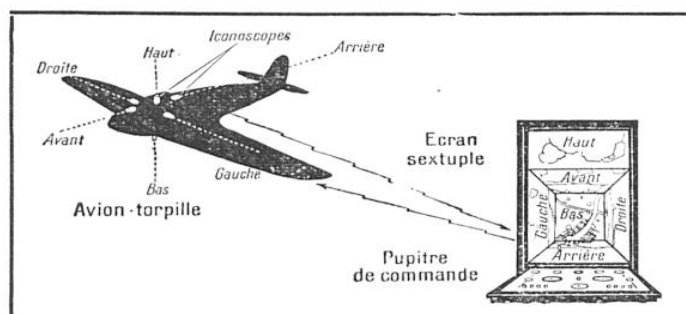


FIG. 3. — COMMENT ON PEUT CONCEVOIR LA CONDUITE D'UN « AVION-TORPILLE TÉLÉVISEUR »

L'avion possède six « yeux artificiels », formés par autant d'iconoscopes pointés dans les six directions de l'espace; les images fournies par ces iconoscopes sont transmises par ondes ultracourtes à l'écran sextuple du poste conducteur; celui-ci comporte, en outre, des organes de commande : boutons, leviers, volants, qui permettent d'envoyer des « ordres » à l'avion.

torpille dirigée Devaux-Lalande avait montré la possibilité de telles réalisations. Aussitôt après la guerre, des essais sur avions furent entrepris à Etampes; l'avion du capitaine Percheron put voler et être commandé à distance grâce à des sélections de signaux fondées à la fois sur des fréquences hautes (accords d'ondes porteuses) et basses (signaux détectés), la détection étant assurée par un *ticker* vibrant.

L'envol nécessita des commandes spéciales, *inversées* par un appareil *ad hoc*, afin d'éviter les classiques « chevaux de bois », ou embardées latérales, de l'avion au sol; un dispositif anémométrique intervenait pour empêcher le départ en perte de vitesse. Pour l'atterrissage, un loch coupait automatiquement le moteur et remettait les commandes à zéro. Ces solutions ne sont pas uniques; les Anglais se sont orientés vers le lancement par catapulte (1), l'antenne réceptrice de l'avion se déroulant

aussitôt après le lancement. A l'atterrissage, l'antenne touche le sol et se rembobine, provoquant l'arrêt du moteur et la mise des gouvernes au vol horizontal: l'avion vole quelques mètres, puis tombe à plat comme lors d'un atterrissage « humain ».

Voici comment fonctionne un certain avion sans pilote anglais que l'on peut prendre comme type de ce genre d'appareils (2). L'avion est stabilisé par gyroscopes; il est équipé d'un poste récepteur à ondes courtes capable de recevoir sur six longueurs d'ondes différentes, chacune étant réservée à une commande déterminée: deux sont réservées aux commandes de direction (droite et gauche), une à la montée, une au vol horizontal et les deux dernières au plané et au piqué.

Un poste directeur, placé à terre, mais qu'il n'est pas interdit d'imaginer installé à bord d'un autre avion, permet d'émettre

à volonté sur l'une de ces six longueurs d'ondes. Dès que le récepteur de l'avion reçoit une de ces émissions, il envoie des courants qui créent un champ électromagnétique agissant sur les organes de liaison du gyroscope avec les valves-relais commandant les gouvernes; la manœuvre une fois effectuée, il suffit d'appuyer sur le bouton « vol horizontal » pour que l'avion reprenne sa route normale.

Différents dispositifs de sécurité s'opposent aux manœuvres dangereuses: un servo-baromètre, notamment, est chargé d'interrompre les piqués trop émouvants quand l'avion s'approche du sol!

Difficultés de la télévision aérienne

Les exemples ci-dessus, que des raisons évidentes nous interdisent de compléter dans le domaine technique, suffisent à prouver que le vol de l'avion automatique télécommandé est possible. Mais l'avantage tactique de cette belle réalisation

scientifique reste mince tant qu'il faudra conduire l'avion à vue; un champ très vaste lui serait, au contraire, ouvert s'il était possible d'établir entre l'avion télécommandé et son lointain conducteur, une liaison de télévision suffisamment complète.

Le succès de la radiotéléphonie à bord des avions nous montre qu'il ne faut pas hésiter, si les circonstances l'exigent, à installer à bord d'un avion moderne, un matériel complexe et fragile.

Deux inconvénients, seuls, seraient rédhibitoires: un encombrement prohibitif, qui réserverait le système aux machines volantes de fort tonnage, aux dépens de la charge utile, et une transmission défectueuse des images, qui sont nécessairement ici des images « de plein air ».

Sur le premier point, il semble que l'optimisme ne soit pas de mise. Lors des transmissions de télévision par matériel ambulant, en Angleterre et en Allemagne, ledit matériel comportait le chargement d'au

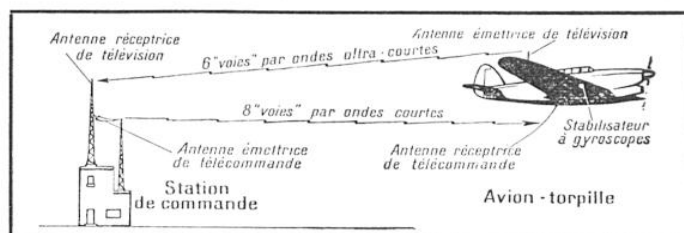


FIG. 4. — SCHÉMA COMPLET D'UNE LIAISON RÉCIPROQUE ENTRE UNE STATION DE COMMANDE ET UN AVION-TORPILLE TÉLÉVISEUR

La liaison par ondes ultracourtes, réservée à la télévision, comporte six « voies », ou communications indépendantes distinctes, pour la vision dans les six directions de l'espace; la liaison par ondes courtes, réservée aux télécommandes, comporte au moins huit voies, dont six pour les manœuvres de vol et deux pour les manœuvres d'utilisation: lâcher des bombes, prendre une photographie, etc.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 59.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 224, page 107.

moins deux forts camions, dont un pour les machines produisant le courant ! Même réduit « au dernier carat », une telle installation paraît difficile à loger à bord d'un avion télécommandé, déjà encombré par de nombreux appareils.

Reste la question, purement technique, de la transmission. On sait que des progrès considérables ont été faits depuis quelques années dans le domaine des émetteurs de télévision ; le primitif *disque de Nipkow*, à perforations spirales, a fait place à des « analyseurs » d'une grande sensibilité, d'une extrême rapidité et dénués de tout organe mécanique ; tels sont les *iconoscopes* de Zworykine et l'analyseur Farnsworth (1) ; un amplificateur d'une puissance inouïe, le *multiplicateur d'électrons*, autorise, d'autre part, une technique ramassée et stable, tandis que le système du Mont (2) prétend libérer la télévision des *signaux de synchronisation*, en utilisant une modulation spéciale de l'onde chargée de la transmission du son.

Dans tout cela, il faut bien l'avouer, on ne nous parle plus des transmissions de plein air. Autre chose est de transmettre l'image d'un personnage suant à grosses gouttes sous les milliers de « lux » d'une rampe de *sunlight* ou de se tirer d'affaire avec la maigre lumière diffuse du dehors ! Les spectacles transmis, au surplus, notamment lors des essais de la Telefunken, étaient des « scènes de presse », donc vues à courte distance, et l'on n'a jamais entendu dire qu'un appareil de télévision, même encombrant, ait transmis des vues lointaines d'horizons et de paysages, comme devrait obligatoirement le faire l'émetteur de l'avion-torpille. En outre, n'oublions pas que les transmissions de télévision doivent être faites sur *ondes très courtes* (1,50 m à 5 m), qui se propagent en ligne droite, ce qui restreint les possibilités d'action du nouvel engin.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 215, page 378.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 565.

Actuellement, le problème semble donc loin d'être résolu ; est-ce à dire qu'il soit insoluble ? Peut-être serait-il plus vrai de dire qu'il est posé avec trop de rigueur. L'avion à télévision, en admettant qu'il soit jamais réalisé, ne sera vraisemblablement pas destiné à ces « combats d'archanges », à ces duels spectaculaires de l'air où la présence de l'être humain, avec ses prompts réflexes et son héroïsme, est indispensable. Il sera plus spécialement réservé à des missions d'éclairage, de reconnaissance, de photogrammétrie, de bombardement.

Pour ces missions au « rythme » plus lent, une *transmission différée* peut être admise. On retombe alors sur une solution qui a été naguère utilisée avec un certain succès ; une camera de cinéma, installée à bord de l'avion, enregistrerait, de façon continue, un film aussitôt développé et fixé, puis télévisé. Ce système, qui procure de grandes commodités pour l'analyse de l'image, résout également le problème de l'éclairage ; le « temps mort » nécessaire au développement a pu être réduit à trois secondes, grâce à l'emploi de produits agissant sous

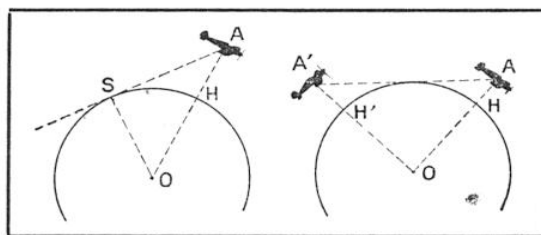


FIG. 5. — LA PROPAGATION RECTILIGNE DES ONDES ULTRACOURTES, UTILISÉES EN TÉLÉVISION, EST UN OBSTACLE À L'EMPLOI DE L'AVION-TORPILLE POUR DES MISSIONS LOINTAINES, OU INTERVIENT LA ROTONDITÉ DE LA TERRE

A gauche, commande à partir d'une station terrestre S. L'avion est en A, son altitude est HA ; O, centre de la Terre : pour une altitude HA de 3 000 m, la portée SA est de 200 km environ. A droite, commande à partir d'un second avion A'. Pour des altitudes HA et H' A' de 2 000 m, la portée A A' est de 330 km environ. Les portées réelles seraient légèrement supérieures par suite d'un phénomène de courbure qui permet aux ondes ultra-courtes d'épouser partiellement la sphère terrestre.

pression. L'emploi de films sensibles aux radiations *infrarouges* (1) permettait, d'autre part, à l'avion de « voir » en plein brouillard ou à l'intérieur des nuages, dans des conditions où les pilotes en chair et en os sont complètement aveugles.

En l'état actuel de la science, il serait également vain de « nier » délibérément l'*avion-torpille à télévision* ou de fonder sur cet engin synthétique de trop grandes espérances... Un proverbe américain affirme qu'il ne faut pas s'endormir en déclarant une chose impossible, « sous peine d'être réveillé par son voisin en train de l'exécuter ». Dans les circonstances actuelles, cet utile adage prend un sens précis qu'il est inutile de souligner.

PIERRE DEVAUX.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 29.

SIX MOIS D'OPERATIONS SUR LES FRONTS TERRESTRES DE L'EUROPE

par le général BROSSÉ

L'histoire enseignera sans doute que la guerre présente n'a pas débuté le 1^{er} septembre 1939. Au moment où les essaims d'avions allemands et les masses mécanisées s'élançaient sur la Pologne, le conflit était depuis longtemps commencé. Hitler a véritablement ouvert les hostilités contre une Europe qui continuait à se considérer en paix, le jour où, ayant porté les effectifs de la Reichsheer à un total assez élevé et ayant fabriqué des avions, des chars, des canons en quantité suffisante, il s'est cru de force à braver impunément les puissances démocratiques. Depuis lors, chacune de ses paroles et chacun de ses actes ont pour but unique d'assurer la réussite de manœuvres d'ordre nettement stratégique, qui, conduites l'une après l'autre par phases bien distinctes, devaient, en s'enchaînant, lui procurer la maîtrise de l'Europe. C'est ainsi que nous avons assisté successivement à la réoccupation de la Rhénanie (mars 1936), à la conquête de l'Autriche (mars 1938), au démembrement de la Tchécoslovaquie (septembre 1938), à son annexion (mars 1939), et enfin à l'agression contre la Pologne (septembre 1939), qui devait provoquer l'entrée en guerre de la France et de la Grande-Bretagne. Nos lecteurs trouveront ci-dessous un exposé d'ensemble de la campagne de Pologne et des enseignements que nous pouvons en tirer du point de vue militaire. De même pour les offensives soviétiques contre la Finlande et les opérations de détail sur le front français jusqu'au 1^{er} mars. Le présent conflit pourra-t-il rester localisé sur ces seuls théâtres d'opérations? Sans prétendre anticiper sur les événements des prochains mois, le général Brossé examine d'un point de vue purement technique quelles considérations stratégiques générales pourraient amener le III^e Reich et son partenaire l'U. R. S. S. à entreprendre, à plus ou moins brève échéance, des actions de vaste envergure tant vers le nord-ouest, en direction de la Scandinavie, que vers le sud-est, vers les Balkans, le Proche-Orient ou même l'Inde. Nos lecteurs pourront se reporter utilement à ce sujet à la carte en couleurs qui accompagne la présente livraison et qui est destinée à mettre en évidence le rôle stratégique important des pays nordiques, du Proche-Orient et de l'Asie centrale et méridionale dans le développement du conflit actuel.

LA CAMPAGNE DE POLOGNE

Le plan de campagne hitlérien

PERSONNE ne pouvait supposer qu'au moment où il lançait, sans aucun avertissement, ses masses d'attaque contre l'armée polonaise, réalisant, au détriment de celle-ci, une surprise stratégique irréparable, Hitler était lui-même sous le coup d'une surprise. Il en était ainsi cependant, et cette anomalie devait apparaître avec une certitude évidente quelques semaines plus tard.

Le stratège allemand avait à conduire une guerre sur deux fronts. Qu'il prît, pour premier objectif, l'adversaire le plus faible, afin de le détruire plus vite et plus facilement, la solution peut être discutée : elle présentait cependant incontestablement des côtés avantageux. Mais il paraissait certain, qu'une fois la Pologne réduite à l'impuissance, le gros des armées alle-

mandes, transporté rapidement vers l'Ouest, allait entamer la seconde et indispensable phase de la manœuvre, en exécutant au plus tôt une offensive de grand style contre les forces franco-britanniques. Or, telles n'étaient pas les intentions de Hitler. En se jetant sur la Pologne, il était persuadé que cette campagne n'aurait aucune suite et que les deux grandes nations démocratiques, après avoir assisté à l'écrasement rapide de leur allié oriental, renonceraient à poursuivre une guerre où elles avaient tant à perdre et si peu à gagner. Le plan allemand, contre toute vraisemblance, fut unilatéral.

Il est bien connu et en voici le bref résumé.

Il s'agissait d'exploiter à fond la situation stratégique si favorable, qui permettait aux forces allemandes d'envelopper largement, dès le début, au Nord et au Sud, le territoire et les armées polonaises.

Du côté de l'Ouest, un groupement de trente à quarante divisions installées dans

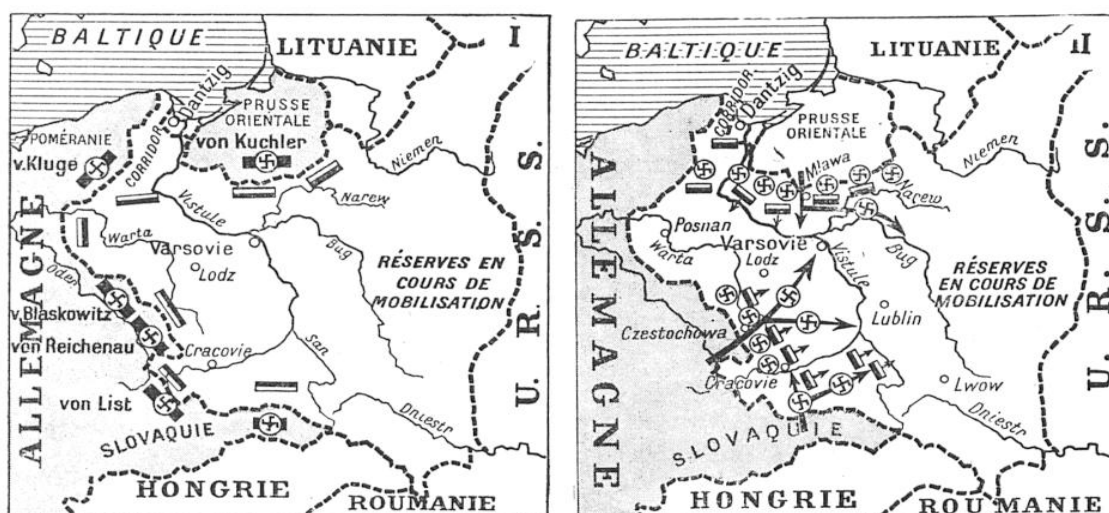


FIG. 1. — QUATRE PHASES DE LA CAMPAGNE DE POLOGNE MARQUANT LA

En I, dispositif général des armées allemandes et polonaises au 1^{er} septembre. En II, directions générales de marche des grandes unités blindées et motorisées après la bataille des frontières et la rupture du front : les divisions polonaises du Corridor sont mises hors de cause, les unités mécaniques allemandes progressent jusqu'à la Vistule, la manœuvre par les ailes, au nord et au sud, se dessine. En III, les deux crises de Lodz (au nord-ouest) et de Lublin (au sud-est) : à Lodz, une tentative d'attaque en flanc par les divisions polonaises demeurées en Posnanie est étouffée par des attaques concentriques et

les ouvrages de la position Siegfried assurait la couverture du sol allemand contre une offensive franco-anglaise.

La manœuvre en Pologne comporta :

1^o Une attaque centrale, confiée à deux armées (von Blaskowitz et von Reichenau), comprenant au total vingt divisions environ, dont huit ou neuf blindées, légères ou motorisées, et qui, partant de la frontière de Silésie, devaient marcher droit sur Varsovie ;

2^o Une attaque d'aile gauche, exécutée par les deux armées von Kluge (dix à douze divisions, dont deux blindées ou légères) et von Kuchler (dix à douze divisions, dont une ou deux blindées), concentrées, la première en Poméranie, la seconde en Prusse orientale, et qui avaient pour mission de progresser vers la Narew et le Bug, pour déborder par le Nord la défense de la Vistule ;

3^o Une attaque d'aile droite, menée par l'armée von List, rassemblée en Moravie, et un groupement, dit de Slovaquie, formé dans les Carpathes, ces deux grandes unités atteignant ensemble l'effectif d'une douzaine de divisions, dont deux ou trois blindées ou légères. L'armée von List avait à se diriger par Cracovie sur Lwow (Lemberg), pour faire tomber la ligne de défense du San ; le groupement de Slovaquie était chargé de

faciliter la progression de cette armée en débouchant des Carpathes vers le Nord.

Le saillant de Posnanie n'était pas attaqué : les armées von Blaskowitz et von Kluge devaient, poussant rapidement leur progression, déborder les forces polonaises qui s'y trouveraient.

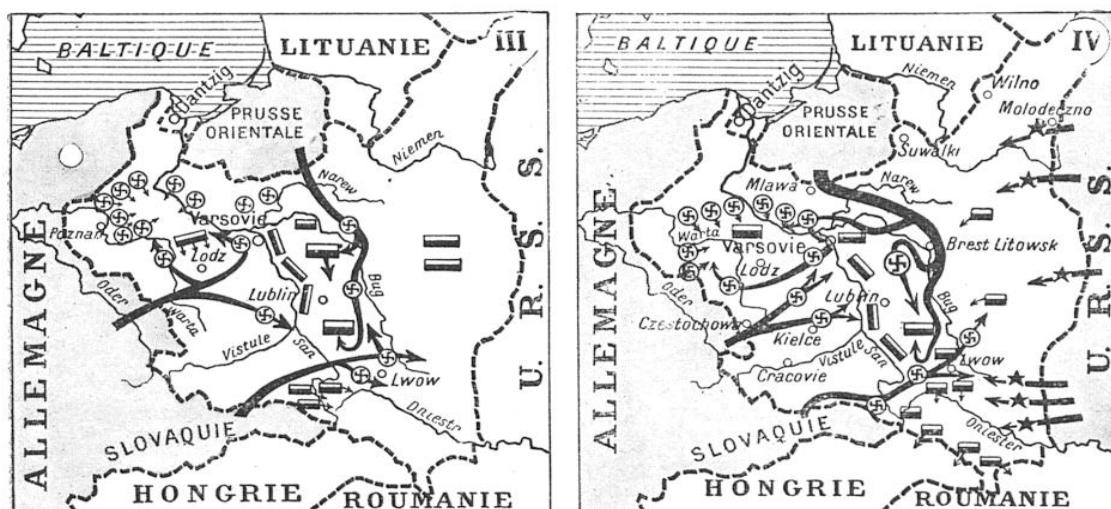
Les deux armées allemandes de Posnanie et de Prusse orientale formaient le groupe d'armées du Nord, dont le chef était le général von Bock. Les trois armées de Silésie et de Moravie constituaient le groupe d'armées du Sud, aux ordres du général von Rundstedt.

Les effectifs globaux se montaient à quarante-cinq divisions d'infanterie, sept divisions blindées, quatre divisions légères et quatre divisions motorisées.

Le commandement supérieur était exercé par von Brauchitsch.

Le plan de campagne polonais

Le gouvernement polonais avait décidé d'assurer la défense des riches provinces agricoles et industrielles situées à l'Ouest de la Vistule. D'autre part, le périmètre des frontières face à l'Allemagne et à la Slovaquie, était si étendu que l'idée de construire une position fortifiée d'un si grand développement avait dû être écartée pour des motifs d'ordre budgétaire.



PROGRESSION DES ARMÉES ALLEMANDES ET RUSSES DU 1^{er} AU 28 SEPTEMBRE 1939

en particulier par un débordement sur les deux ailes et les arrières, effectué par les divisions blindées ; à Lublin, les forces polonaises tentent de se rétablir plus au sud, mais, désorganisées et gênées dans leurs mouvements, elles sont gagnées de vitesse par les groupements mécaniques allemands qui les encerclent. En IV, capitulation de Varsovie (28 septembre), retraite complète vers les frontières hongroise et roumaine des débris des armées polonaises (après quelques succès à Lwów), devant les colonnes motorisées des Soviétiques. (D'après l'étude du général Boucherie, Revue des Questions de Défense Nationale.)

La conception essentielle, concernant la concentration, a été des plus simples. Le total des forces polonaises, une fois la mobilisation générale achevée, devait se monter à trente-neuf divisions. Les deux tiers de celles-ci, soit vingt-six divisions, ont été réparties en un dispositif très étendu, peu dense et nécessairement discontinu, destiné à former une couverture sur tout le pourtour des frontières. Le reste des forces, soit treize divisions, dont la concentration était prévue dans la région de la Vistule moyenne, devait former un ensemble de groupements réservés, à la disposition du commandant en chef, pour recueillir les unités de couverture et exécuter des contre-attaques.

L'articulation de l'échelon de couverture comportait :

1^o Au nord, sur la frontière de la Prusse orientale, de l'est à l'ouest :

- le groupement de la Narew : deux divisions d'infanterie ;
- l'armée de Modlin : quatre divisions ;
- dans le Corridor polonais, l'armée de Poméranie : six divisions.

2^o A l'ouest, du nord au sud :

- l'armée de Posnanie : quatre divisions ;
- l'armée de Łódź : quatre divisions ;
- l'armée de Cracovie : cinq divisions.

3^o Au sud :

— l'armée des Carpathes : deux brigades de montagne.

Ces unités ont été, pour la plupart, portées sur le pied de guerre du 15 août au 1^{er} septembre, en trois appels successifs, et se trouvaient en place au moment de l'attaque brusquée allemande.

Les réserves générales devaient être constituées par quatre divisions actives non encore portées sur le pied de guerre, et neuf divisions de formation. Les emplacements prévus étaient les suivants :

Un groupement de trois divisions entre le Bug et la Narew ;

Un autre, de trois divisions également, dans la région de Kutno ;

Un troisième, de sept divisions, aux environs de Kielce.

L'échelon de couverture, extrêmement étiré et présentant de nombreux trous, ne pouvait résister à la pression concentrique des forces allemandes, très supérieures. Même si l'intervention des avions volant bas et des divisions blindées ne s'était pas produite, la retraite convergente de ces éléments les exposait à être jetés les uns sur les autres. De même, la contre-attaque des groupements de réserve générale, tenus d'opérer en lignes intérieures, sous la menace des armées allemandes d'ailes décrivant leurs

larges mouvements enveloppants, ne pouvait pas obtenir de succès durables.

Le développement de la manœuvre allemande : l'action des Panzerdivisionen

L'action des armées allemandes fut énormément facilitée par trois éléments qui ont pris, dans la bataille, une importance essentielle :

1° *La surprise stratégique.* La mobilisation générale polonaise, ordonnée seulement le 31 août, n'a pas pu jouer. La plupart des divisions de formation ont été constituées tardivement, incomplètement, ou même n'ont jamais été mises sur pied.

2° *La supériorité de l'aviation allemande.* L'attaque générale a préludé par une action aérienne massive. Les avions de bombardement de l'agresseur ont d'abord surpris les escadrilles polonaises dans leurs hangars et ont bouleversé les terrains voisins jusqu'à les rendre complètement inutilisables ; puis, possédant la maîtrise absolue de l'air, ils ont harcelé, en volant bas, les organes de la défense, les réserves, les unités en mouvement, les parcs, les convois et détruit les voies ferrées. La presque totalité des chevaux d'artillerie ont été tués. Le matériel des batteries dut être laissé sur le terrain. Les déplacements de jour sont devenus impossibles. Le commandement, privé de tout moyen de liaison, s'est trouvé complètement impuissant. Très rapidement, tout le système militaire de la défense a été gravement dissocié.

3° *L'action des forces mécaniques.* Pour arrêter l'élan des quinze divisions blindées, légères et motorisées allemandes, qui formaient un total de 7 ou 8 000 chars, les Polonais ne disposaient que d'un matériel tout à fait insuffisant. Le programme d'armement adopté peu de temps avant la guerre en était au premier stade de son exécution. La plupart des divisions n'avaient reçu qu'une faible partie de la dotation prévue en armes antichars.

Dans ces conditions, les grandes unités mécaniques de l'assaillant ont dispersé rapidement tous les détachements qu'elles ont rencontrés. La sécheresse exceptionnelle leur a permis de parcourir à toutes les vitesses les vastes plaines s'étendant de la frontière allemande à la Vistule. Elles ont, dès lors, manœuvré en toute liberté, décrivant leurs grands mouvements tournants sans que les troupes polonaises, complètement impuissantes, pussent s'y opposer. Leur action s'est fait sentir en particulier sous cinq formes caractéristiques :

a) Au cours de la bataille des frontières, elles ont chargé et enfoncé les faibles lignes de la couverture polonaise ;

b) Puis, éclairées, couvertes et appuyées par de nombreuses escadrilles, elles ont passé rapidement par les intervalles existant dans le dispositif adverse et se sont portées au loin en avant. Elles ont bousculé, sur leur passage, les divisions de formation polonaises, destinées à constituer les réserves générales et dont les fractions isolées arrivaient successivement dans les zones de concentration ;

c) Une fois arrivées sur une grande ligne d'eau, plus ou moins perpendiculaire aux routes de repli des armées polonaises, elles se sont installées sur la coupure, interceptant ainsi la retraite des forces adverses, dissociées et privées de leur artillerie, et les attaquant à front renversé ;

d) Elles ont largement débordé les unités placées sur les flancs du dispositif adverse, ouvrant ainsi aux forces allemandes le passage des rivières sur lesquelles s'appuyaient les ailes des armées polonaises ;

e) Enfin, avançant rapidement les colonnes de toutes armes, elles ont, de très bonne heure, fermé le cercle d'investissement autour du gros des forces polonaises, complètement désorganisées.

La conduite des opérations par le haut commandement polonais

La rupture du dispositif de couverture sur tout le périmètre des frontières et l'impossibilité, vite apparue, de réunir en temps voulu une masse de manœuvre cohérente sur la rive gauche de la Vistule, convainquirent de bonne heure le maréchal Smigly-Rydz de l'obligation de renoncer à défendre toute la partie occidentale de la Pologne. Il tenta alors de rétablir la résistance sur la ligne d'eau formée par le Bug, la Vistule et le San.

Pour procurer à ses troupes le temps nécessaire à l'exécution des mouvements qu'exigeait ce changement dans l'agencement général du corps de bataille, il envoya l'ordre aux deux armées de Poméranie et de Posnanie, qui avaient été coupées de la Vistule par l'avance des Allemands en direction de Varsovie, d'attaquer, dans son flanc gauche, l'ennemi, venu de Breslau, qui marchait, par Lodz, vers la capitale. Cette puissante contre-attaque donna lieu aux combats acharnés qui se prolongèrent longtemps dans la zone Kutno-Lowicz-Skierniewice. Elle produisit réellement l'effet qu'en attendait le commandement en chef polonais : l'avance des Allemands vers Varsovie et la Vistule

moyenne se trouva retardée. Le redressement projeté sur cette rivière paraissait donc en bonne voie, quand les deux ailes du dispositif cédèrent sur le Bug et sur le San. Le front de la Vistule se trouva, de la sorte, débordé par le Nord et par le Sud.

Constatant l'impossibilité d'arrêter l'ennemi sur ce large cours d'eau, le maréchal Smigly-Rydz décida alors de rallier tous les débris qui se trouvaient dans la partie sud et sud-est du pays, pour former la garnison d'un dernier réduit établi sur le sol polonais, au Sud de Lwow (Lemberg) et adossé à la Roumanie. L'opération était en cours d'exécution et paraissait présenter certaines chances de succès, l'armée allemande du Sud se trouvant en difficulté devant Lwow et deux divisions blindées, poussées en pointe dans cette région, ayant été défaites par les Polonais, quand, le 17 septembre, les colonnes soviétiques franchirent la frontière orientale, du Dniester à la Dwina, et assaillirent dans le dos les défenseurs qui luttèrent avec une magnifique énergie. A ce moment, tout était définitivement perdu.

LES OPÉRATIONS FRANÇAISES

1^{er} septembre 1939-1^{er} mars 1940

Si l'attaque brusquée allemande du 1^{er} septembre 1939 contre la Pologne a surpris ce pays alors que sa mobilisation générale était à peine commencée et que, par conséquent, il n'était nullement en mesure de tirer parti de toutes ses ressources militaires, cette même agression a causé une surprise du même ordre à la France et l'Angleterre, qui se sont trouvées, tout d'abord, dans des conditions non moins défavorables. La mobilisation générale, dans ces deux pays, fut décrétée le 1^{er} septembre seulement. Il est vrai qu'en France, la mise sur pied de guerre des forces de couverture avait été réalisée sans bruit, au cours du mois d'août, en utilisant des trains du service commercial. Il n'en est pas moins vrai que, au moment où l'armée polonaise éprouvait le plus urgent besoin d'être secourue, le commandement français n'avait pas à sa disposition les moyens nécessaires pour entamer aussitôt une offensive puissante contre la position Siegfried. Il lui manquait à la fois le gros de ses armées et les batteries à grande puissance qui, seules, avaient l'efficacité voulue pour démolir les ouvrages fortifiés allemands.

Pourtant, l'intérêt de porter secours, le plus tôt possible, à nos alliés polonais, extrêmement menacés, était évident. Dès lors, le commandant en chef se résolut, sans plus

attendre, à attaquer, avec les troupes qu'il avait à pied d'œuvre, les avancées de la position Siegfried, de façon à pousser jusqu'au contact de la première ligne des ouvrages. C'est en exécution de cette décision qu'eurent lieu, pendant les trois premières semaines de septembre, les progressions successives qui nous menèrent, en territoire allemand, jusqu'aux abords de la Sarre et quelques kilomètres au delà de son affluent, la Blies.

A ce moment, notre commandement avait en mains les moyens de toute espèce indispensables pour tenter d'enfoncer la position fortifiée allemande. Mais la résistance polonaise était écrasée. Le désir de venir en aide à nos alliés n'entraînait plus en ligne de compte.

Dès lors, il eût été plein de risques de lancer le gros de nos forces à l'attaque des ouvrages ennemis. En effet, si cette opération pouvait être considérée comme très admissible au moment où les Allemands n'avaient, à leur frontière occidentale, qu'un nombre assez réduit de divisions, au contraire, elle apparaissait comme appelée à un échec très probable, une fois que le gros des armées allemandes se trouvait à pied d'œuvre, prêt à soutenir les éléments qui combattaient dans les fortifications.

A cette difficulté s'ajoutaient les conditions défavorables qu'offrait, pour une offensive pénétrante vers le Rhin, la forme de la frontière franco-allemande. Celle-ci, en effet, résultant du traité de 1815, a été tracée de façon à gêner une invasion française dans les pays rhénans. Les attaques seraient tenues de s'élargir en éventail, au fur et à mesure de la progression. Incapables d'exercer une pression débordante sur l'ennemi, elles seraient, au contraire, exposées à être enveloppées elles-mêmes.

C'est vraisemblablement en raison de ces considérations que notre haut commandement se décida à arrêter le mouvement en avant de ses forces. Dès le début d'octobre, le dispositif fut transformé, de façon à préparer une manœuvre en retraite sur la ligne Maginot. La modification consista à augmenter l'échelonnement en profondeur et à ne laisser sur la première position que des avant-postes très allégés.

Le 16 octobre, les Allemands lancèrent deux attaques conjuguées, l'une à l'Est de la Moselle, l'autre entre la Sarre et la Haardt. Nos éléments de première ligne se retirèrent en combattant et la progression de l'assaillant s'arrêta en arrivant en présence de notre nouvelle position de résistance. Dans les

jours qui suivirent, le repli de nos fractions avancées se poursuivit jusque derrière la frontière, et, depuis lors, les deux adversaires, appuyés sur leurs positions fortifiées respectives, se sont fait vis-à-vis, couverts, l'un et l'autre, par un dispositif d'avant-postes assez étalé. Dans le *no man's land*, parfois assez profond, l'activité des patrouilles et reconnaissances et les tentatives de coups de mains ont créé, presque en permanence, une agitation de surface, qui dure depuis plus de quatre mois.

L'arrêt de la manœuvre allemande

Les causes qui ont provoqué l'arrêt de la manœuvre allemande sur deux fronts, à la suite des rapides succès de Pologne, ne sont pas connues avec certitude. On ne peut faire, à ce sujet, que des hypothèses.

Il paraît certain, toutefois, que Hitler, plaçant à la base de ses plans stratégiques des conceptions purement politiques, était persuadé que la France et l'Angleterre, une fois la Pologne définitivement écrasée, s'inclineraient devant le fait accompli, en lui laissant la jouissance de toutes ses conquêtes.

Il semble bien que, partant de cette idée préconçue, il n'avait pas fait de préparatifs matériels en vue d'hostilités violentes appelées à durer plusieurs mois, et peut-être davantage. Sans doute, les stocks de pétrole dont disposaient les forces aériennes, mécaniques et automobiles étaient-ils insuffisants pour une campagne aussi prolongée. Peut-être les réserves d'obus n'étaient-elles pas non plus assez abondantes.

On peut croire aussi que certains types d'avions se sont trouvés dominés par ceux des appareils aériens alliés et que, pendant la campagne de Pologne, une partie des chars ont été jugés, à l'expérience, trop légers.

Quoi qu'il en soit, alors qu'une offensive générale était attendue pour le mois d'octobre, avant le gros de l'hiver, Hitler a renouvelé inlassablement ses « offensives de paix », et finalement n'a rien tenté.

Pourtant, ses menaces contre les Alliés et ses manœuvres d'intimidation envers les neutres se sont maintes fois renouvelées. C'est la Grande-Bretagne qui, le plus souvent, a été l'objet des campagnes de presse les plus violentes.

Cependant les raids aériens sur l'Angleterre n'ont jamais revêtu la forme d'attaques massives. Les résultats obtenus par les quelques expéditions qui sont parvenues jusqu'aux côtes britanniques, ont été médiocres.

On peut se demander pourquoi les Allemands n'ont pas entrepris contre les Alliés une guerre de destruction, en utilisant leurs importantes ressources en avions de bombardement. Sur ce sujet encore, on ne peut donner de raisons certaines.

Il semble qu'au début, Hitler nous ait ménagés, parce qu'il espérait nous voir céder à ses sollicitations et accepter la paix qu'il nous offrait.

Plus tard, il a trouvé avantage à ne pas entamer la lutte aérienne sans restriction, soit que ses stocks d'essence ou d'explosifs fussent insuffisants, soit qu'il tînt à épargner à ses usines du Rhin et de la Ruhr les représailles des aviations britannique et française, soit enfin qu'il préférât laisser un calme complet régner sur les arrières et à l'intérieur du territoire de ses adversaires, en vue de rechercher une surprise plus absolue, le jour où toutes les forces armées du Reich, aviation de bombardement, avions volant bas, chasse, divisions mécaniques et grandes unités terrestres se lanceraient à la fois à l'attaque.

LA CAMPAGNE DE FINLANDE

L'agression soviétique

Les Soviétiques ont évidemment associé leur cause à celle de leurs plus intraitables ennemis, les Allemands, parce qu'ils espéraient tirer de cette collusion d'importants bénéfices, obtenus à peu de frais. Tout d'abord, l'occupation de la Pologne, déjà vaincue, la mainmise sur les petits pays baltes, incapables d'offrir une résistance quelconque, justifiaient ce calcul. Il semble que les dirigeants de Moscou, encouragés par ce début facile, aient pensé s'emparer de la Finlande avec une égale aisance.

On sait que l'U. R. S. S. n'a jamais déclaré la guerre à ce pays et qu'au début, elle essaya d'y porter la division, en introduisant un gouvernement bolchevique fictif, autour duquel, pensait-elle, tous les éléments finnois, gagnés aux doctrines communistes, viendraient se grouper. L'erreur psychologique a été profonde et la nécessité d'employer contre la Finlande des moyens militaires considérables s'est très rapidement fait sentir.

La campagne de Finlande est connue : elle est d'ailleurs d'une grande simplicité. Les Russes ont attaqué partout où des routes leur offraient la possibilité de pénétrer sur le territoire finnois, et, sur chacune de ces directions, ils ont entassé le maximum de forces que leurs moyens de transport leur

ont permis d'amener. Pourquoi ont-ils, jusqu'ici, échoué, malgré leur immense supériorité numérique et leurs ressources considérables en matériel moderne ?

Difficultés offertes par la nature du pays

Tout d'abord, la Finlande, petite par son nombre d'habitants, mais très grande par l'étendue de son territoire, forme un théâtre d'opérations extrêmement difficile. Cinq secteurs peuvent livrer passage, dans des conditions plus ou moins aisées, à un envahisseur.

1^o Le plus important est, évidemment, l'isthme de Carélie, parce qu'il conduit aux provinces les plus riches et les plus peuplées du pays, les côtes des golfes de Finlande et de Botnie, où se trouvent les ports et les villes principales. D'autre part, les Russes disposent, à proximité, des nombreuses voies de chemin de fer qui aboutissent à la région de Leningrad. C'est donc nécessairement de ce côté que devait se produire l'effort principal de l'agresseur. Mais cet isthme, large au maximum de 100 kilomètres, découpé en de nombreux compartiments par des fleuves, des lacs et des marais, a été barré par les Finlandais,

qui ont élevé là une position fortifiée dont les faits devaient démontrer la valeur.

2^o Au Nord-Est du lac Ladoga, s'étend une contrée très difficile, coupée d'obstacles

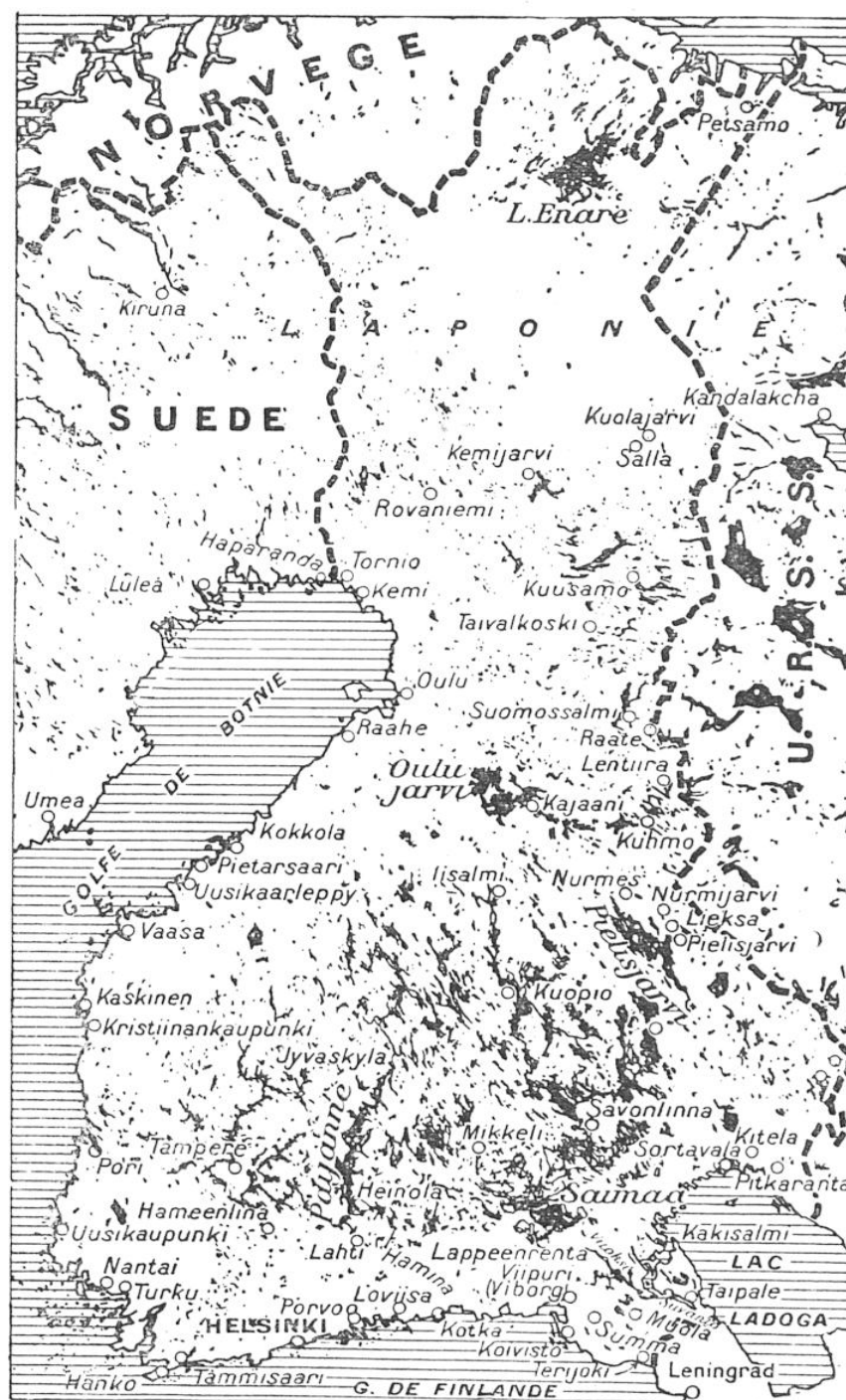


FIG. 2. — CARTE DE FINLANDE

et couverte de forêts, mais qui est traversée par un assez grand nombre de routes et chemins. Ce secteur pouvait être considéré encore comme un point sensible de la défense, parce que, si les Russes avaient largement progressé de ce côté, ils auraient pu se rabattre vers l'Ouest, par le couloir qui s'étend au nord du lac Ladoga et tourner ainsi la ligne Mannerheim ;

3° Plus au nord, le centre du pays est formé par un plateau découpé en une innombrable quantité de lacs et de cours d'eau, séparés par des promontoires rocheux. Cette région, peu peuplée et recouverte d'une immense forêt, peut être considérée comme interdite à des forces importantes ;

4° Entre le plateau des lacs et l'océan Glacial arctique, sur un front de 700 km, s'étend une zone presque inhabitée, couverte d'une forêt sans fin, et sur laquelle n'aboutissent, en venant de la Carélie orientale, qu'un très petit nombre de routes. Dans ce district arctique, la Russie ne pouvait lancer que des colonnes isolées s'avancant à travers bois, chacune sur une route unique. De plus, les troupes soviétiques devaient être transportées dans cette région par le chemin de fer de Mourmansk, à faible rendement, et qui passe, en général, à 200 km de la frontière ;

5° Sur l'océan Glacial, la Finlande possède un étroit créneau, où se trouve le port de Petsamo, qui n'est jamais bloqué par les glaces. Une très bonne route fait communiquer Petsamo avec le fond du golfe de Botnie, en traversant toute la Laponie. Sur cette artère unique, les envahisseurs ne pouvaient ravitailler que des forces limitées.

Ainsi, de quelque côté que les assaillants cherchassent à progresser, ils trouvaient partout des difficultés considérables et, en particulier, ils n'étaient pas en état de tirer parti de leur énorme supériorité numérique.

Les conditions atmosphériques

La rigueur de l'hiver arctique est venue rendre beaucoup plus défavorables encore les conditions d'une offensive dans ce pays si bien défendu par la nature. En entamant leurs opérations le 1^{er} décembre, les dirigeants soviétiques ont fait preuve d'une étonnante imprévoyance. Les chutes de neige fréquentes, qui s'opposent à la marche des colonnes, le froid intense, qui paralyse les moteurs et décime les hommes et les chevaux, la faible durée des jours, qui empêche le développement continu des opérations, tous ces facteurs atmosphériques se liguèrent contre l'envahisseur.

L'héroïsme finlandais

La valeur des soldats finlandais s'est manifestée d'une façon extrêmement brillante au cours de ces trois mois de durs combats. L'organisation militaire de la petite armée finnoise est parfaitement adaptée aux conditions locales de pays et de climat. Les patrouilles d'infanterie sur skis, très mobiles, ont obtenu, dans ces immenses forêts enneigées, un rendement remarquable. La solidité des unités finnoises dans la défensive a provoqué l'admiration du monde entier. Enfin, le commandement, à tous les échelons, s'est montré parfaitement à hauteur de sa tâche.

La faible valeur des cadres soviétiques

Au contraire, l'armée soviétique a étalé, au grand jour de la bataille, les tares les plus graves, qu'on soupçonnait, qu'on connaissait même, mais dont on ne voulait pas faire état, tant que l'appareil militaire russe n'avait pas subi l'épreuve d'une guerre. La médiocrité des cadres, la déplorable influence des commissaires politiques, l'absurdité de théories militaires fondées sur des conceptions idéologiques, l'orgueil des dirigeants de Moscou, qui les a amenés à sous-estimer gravement leurs adversaires, tout s'est coalisé pour donner aux opérations des forces rouges le rendement le plus médiocre, malgré des sacrifices immenses.

L'ÉTAT ACTUEL DE L'ARMÉE ALLEMANDE

Quel peut être actuellement l'état de l'armée allemande, en ce qui concerne les effectifs, les cadres et le matériel ? Aucune information officielle ne nous permet de donner à cette question une réponse précise. Il faut se contenter de déductions plus ou moins incertaines, mais qui, cependant, ont peut-être plus d'intérêt qu'une ignorance complète de ces données importantes.

Les effectifs

A l'époque de la campagne de Pologne, on admettait que les Allemands disposaient d'une centaine de divisions, dont soixante environ, y compris les unités blindées et motorisées, sur le front oriental, et une quarantaine sur le front occidental. Depuis le début des hostilités, nos ennemis ont fait un gros effort pour accroître la quantité de leurs formations combattantes.

Les hommes ne leur manquent pas. Le nombre des mobilisables, de vingt à trente-huit ans, est, en Allemagne même, en

dehors de l'Autriche et de la Tchécoslovaquie, voisin de 7 millions. Mais les classes 1900 à 1913 n'ont pas fait de service. Depuis plusieurs années, le haut commandement s'est efforcé d'assurer, d'une façon plus ou moins sommaire, l'instruction militaire de certaines catégories d'hommes appartenant à ces classes. Le nombre des ersatz-réservistes ainsi récupérés ne dépassait guère, en temps de paix, 200 000 par an.

Depuis le début de la guerre, les Allemands ont, dans des camps, d'assez nombreux groupements d'instruction d'un effectif variant entre 15 000 et 25 000 hommes et qui servent sans doute, une fois suffisamment instruits, à constituer des divisions nouvelles.

L'Allemagne possède aussi du matériel en quantité suffisante pour équiper de nombreuses grandes unités de nouvelles formations, car, outre les armes qui sortent quotidiennement de ses usines de guerre, elle a trouvé en Tchécoslovaquie et capturé en Pologne un matériel abondant.

Ce qui gêne le plus nos adversaires pour réaliser l'augmentation de leurs moyens militaires, c'est la difficulté de fournir à ceux-ci un encadrement convenable. Ils ont, en effet, déjà épuisé toutes les ressources en officiers et sous-officiers qui existaient avant la guerre, pour pourvoir à l'extraordinaire et rapide accroissement de leur armée active. Or la formation d'un bon officier, ou même d'un bon sous-officier, exige un temps notable.

En supposant que le Reich dispose de vingt-cinq camps d'instruction et que la formation des officiers et le dressage de la troupe soient considérés comme suffisants au bout de trois mois, le nombre des divisions nouvelles pourrait s'élever, en six mois, à une cinquantaine, de valeur variable et certainement encadrées d'une façon médiocre.

Le matériel

Le Reich, nous l'avons dit, ne manque pas d'armes. Mais ce n'est pas, sans doute, le matériel courant qui fait l'objet des préoccupations du haut commandement allemand. Il est vraisemblable que tous les efforts de celui-ci tendent à doter ses armées du plus grand nombre possible de machines d'une puissance véritablement supérieure et capables de dominer les engins similaires mis en service par les Alliés.

Mais, à ce sujet, tout renseignement nous manque. On ne peut faire que des suppositions, d'une valeur très incertaine.

On admettait que les Allemands avaient, à la fin de 1938, environ 3 200 avions dont 2 500 bombardiers aptes à prendre part aux opérations. La production mensuelle oscillait, en temps de paix, entre 600 et 800 appareils.

Cette production a-t-elle augmenté pendant la période de guerre ? Nous ne le savons pas. Mais on voit que, même avec la production du temps de paix, l'accroissement de la flotte aérienne allemande, en un an, a pu être considérable.

Mais il est probable que l'effort de fabrication concernant le matériel de l'armée de l'air a porté plus encore sur la qualité que sur la quantité, de sorte que certaines séries, dont les performances sont aujourd'hui distancées, ont pu être enlevées des escadrilles de première ligne. Il est donc impossible d'apprécier le chiffre actuel d'avions de toute nature dont dispose le Reich.

Au point de vue des types nouveaux, on a signalé l'apparition d'un appareil de combat Messerschmitt 110 (1), bimoteur, biplace ; d'un Dornier 215, avion de grande reconnaissance (2).

Les bombardiers de divers modèles, en service jusqu'à ces derniers mois, avaient pour caractéristiques essentielles :

Vitesse : 420 km ;
Poids emporté : 1 500 kg ;
Autonomie de vol : 1 500 km ;
Plafond, 7 500 m.

En ce qui concerne les forces mécaniques, les Allemands disposaient, en Pologne, comme on le sait, de sept divisions blindées, dont deux, de récente création, formées avec des régiments de chars de réserve générale, quatre divisions légères et quatre divisions motorisées.

Les véhicules de ces diverses grandes unités étaient, en principe, très rapides, mais assez moyennement protégés. Les Allemands procèdent certainement à la fabrication de chars possédant une cuirasse plus épaisse. Ont-ils augmenté le nombre de leurs divisions blindées ? Combien en possèdent-ils actuellement ? On l'ignore.

D'autre part, ils ont construit, dès le temps de paix, des canons automoteurs blindés à chenilles, d'un calibre voisin de 150 mm et destinés à l'attaque des ouvrages fortifiés. Ces gros véhicules n'ont pas encore eu l'occasion d'entrer en action au combat. Nous ne connaissons pas leurs propriétés.

Nous ne savons pas davantage si les

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 269, page 358.

(2) Voir dans ce numéro, page 259.

Allemands disposent d'antichars d'un modèle nouveau. Il est assez vraisemblable qu'ils ont, depuis six mois, créé des canons automatiques ou semi-automatiques plus puissants que les 37 qu'ils employaient presque exclusivement auparavant.

OU LE CONFLIT POURRAIT-IL S'ÉTENDRE ?

La Hollande et la Belgique

Quels avantages le Reich escompterait-il d'une action limitée à la conquête de la Hollande ?

Uniquement la possession des bouches de l'Escaut, de la Meuse et du Rhin, qui lui fourniraient des bases d'hydravions et de sous-marins excellentes, à proximité du territoire britannique. Cette opération ne serait donc qu'une phase préliminaire à une offensive générale aérienne et navale dirigée contre l'Angleterre.

Le territoire hollandais serait, en cas d'agression, d'un accès très difficile. Les Allemands auraient d'abord à franchir la Meuse, dans la partie où elle coule parallèlement à la frontière, prolongée au nord jusqu'au Zuiderzee, par l'Yssel. Cette ligne d'eau a été fortifiée par les Hollandais. Ensuite, ils auraient à s'avancer dans un pays coupé de marécages et sillonné de canaux et de lignes d'eau, qui serait, à la suite de la destruction de tous les ponts, d'un parcours très délicat pour les véhicules blindés. Enfin ils se trouveraient en face d'une nappe de larges inondations, reliant les bouches de la Meuse au Zuiderzee, au nord et au sud d'Utrecht, et isolant le réduit de la défense néerlandaise, c'est-à-dire la région d'Amsterdam, La Haye et Rotterdam.

Il paraît très vraisemblable que la Belgique ne serait envahie que dans le cas où le commandement allemand aurait décidé de lancer une offensive de grand style contre la gauche des forces franco-britanniques, dans le nord de la France. Il est presque certain qu'alors le territoire néerlandais servirait en même temps de zone d'approche pour les armées du Reich, que celui-ci veuille ou non lier cette vaste opération à une attaque aéro-navale contre l'Angleterre.

S'il en était ainsi, les Allemands auraient d'abord à franchir la Meuse au nord de Maestricht. Cette large rivière formerait une excellente ligne de défense, si un accord établi entre les gouvernements néerlandais et belge avait permis d'en préparer la défense et d'assurer celle-ci en commun. Mais un

tel accord n'existe pas. Dès lors, les forces belges établies face à la pointe du Limbourg hollandais, auraient leur gauche complètement en l'air.

C'est ce qui a amené nos voisins du Nord à reculer leur résistance et à l'installer derrière un puissant obstacle créé de toutes pièces, le canal Albert. Celui-ci s'appuie, à gauche, à la place d'Anvers, à droite, à celle de Liège considérablement agrandie. Des ouvrages permanents tiennent sous leurs feux les écluses et les barrages.

La Meuse forme, de Liège à Namur, une barrière solide, renforcée par ces deux places, et interdisant l'entrée dans la plaine belge.

Au sud de cette rivière, le Luxembourg belge, région très tourmentée et couverte en grande partie par la forêt des Ardennes, serait rendu à peu près impraticable par de multiples constructions.

Dans la plaine belge, plusieurs lignes de défense, utilisant des cours d'eau, ont été préparées.

Un point délicat des théâtres d'opérations de Belgique serait la partie sud, en contact avec le Luxembourg, qui ne serait pas défendu. L'effort des Allemands pourrait chercher à faire tomber toute la défense du pays, en s'avancant dans la direction Luxembourg-Dinant.

La Suède

Le territoire de la Suède, qui forme une longue bande s'étirant entre le golfe de Botnie et les montagnes de la Norvège, est d'un accès difficile. Par terre, la seule voie d'invasion passe par la partie septentrionale de la Finlande. Mais, dans cette région arctique, les routes sont très rares et les ressources du pays extrêmement réduites, sauf dans la région des mines de fer et sur la côte du golfe de Botnie.

Les Russes, en supposant qu'ils fussent maîtres de la Finlande, trouveraient donc, pour s'emparer de la Suède, des difficultés du même ordre que celles qu'ils éprouvent aujourd'hui dans leurs tentatives pour pénétrer en Laponie, en venant de la Carélie orientale.

Comme la Finlande, la Suède, dans ses parties septentrionale et centrale, est couverte d'une immense forêt presque continue. Enfin, les cours d'eau, qui ont tous une direction à peu près perpendiculaire à l'axe général du pays, forment une série de bonnes lignes de défense, doublées par des chaînes de collines parallèles, créées par les apports des glaciers géologiques.

On ne peut donc douter que, malgré la

faiblesse numérique de l'armée suédoise, le développement d'une campagne terrestre dans ce pays se présenterait dans des conditions très peu commodes.

Les Suédois ont d'ailleurs fortifié partiellement leur frontière du Nord-Est. La place de Boden maîtrise le nœud des voies ferrées venant de Finlande et de Narvik.

Une intervention allemande se produirait presque nécessairement par le moyen de débarquements effectués dans la partie Sud la plus peuplée et la plus riche du pays.

Un débarquement est toujours une opération ardue, mais à la condition, bien entendu, que le défenseur ait assez de moyens pour pouvoir agir contre l'assaillant alors que celui-ci n'est pas encore solidement installé sur le continent. Le développement de la côte suédoise étant considérable et la traversée de la mer Baltique pouvant être effectuée en peu de temps, une telle entreprise ne peut être considérée comme irréalisable.

Une autre solution, plus facile peut-être, consisterait, pour les Allemands, à envahir d'abord le Danemark, puis à aborder la côte suédoise à travers le Kattegat ou le Sund.

Les Balkans

Les conditions dans lesquelles pourraient se dérouler des opérations dans la péninsule balkanique seraient extrêmement variables, suivant le parti que prendraient les différents peuples qui l'habitent. Depuis la dernière guerre, ces cinq Etats (en laissant de côté la Turquie et l'Italie, et, par contre, en comptant parmi eux la Hongrie, qui est, en réalité, une nation danubienne) sont divisés en deux camps ennemis : Roumanie, Yougoslavie et Grèce, qui ont vu leur territoire s'agrandir, d'un côté ; Hongrie et Bulgarie, qui ont dû céder une partie de leur sol, de l'autre. Si, en cas d'une agression soviétique ou allemande, ou encore germano-soviétique, cette hostilité gardait toute sa vigueur et opposait ces peuples les uns aux autres, tous ne seraient que des satellites des grandes puissances antagonistes. Au contraire, si le désir d'indépendance qui les anime les amenait à se coaliser contre un agresseur s'attaquant à l'un d'entre eux, la physionomie générale des opérations prendrait une toute autre tournure.

Les Etats balkaniques ont certains traits communs. Leur sol, si on excepte la Hongrie, est tourmenté, âpre, mal pourvu de voies de communication. Donc les opérations des forces mécaniques y seraient très gênées. Au point de vue de leurs moyens matériels,

tous sont des pays agricoles, tardivement venus à l'industrie. Ils ne peuvent fabriquer eux-mêmes les engins modernes qui permettraient de conférer à leurs armées toute leur valeur.

La Roumanie est divisée par les deux chaînes des Carpathes et des Alpes de Transylvanie en trois compartiments, dont l'un, la Transylvanie, est très isolé. Une offensive russe, orientée contre la Bessarabie, aurait à franchir une série de lignes d'eau faciles à défendre — le Dniester, le Pruth, le Sereth, puis le bas Danube et ses affluents de gauche — et ne disposerait que d'un petit nombre de routes. Au contraire, une attaque débouchant de Galicie vers les bouches du Danube, ne rencontrerait aucun obstacle important.

La Yougoslavie dispose de bonnes lignes défensives faces au Nord. Son relief tourmenté lui permettrait de retarder longtemps un envahisseur venant de cette direction.

La Grèce présente aussi des massifs montagneux complexes et des défilés qui favoriseraient beaucoup la résistance. Par contre, la longue et étroite bande de la Macédoine serait assez difficile à protéger contre une attaque en forces venant du nord.

La Bulgarie est, de tous les Etats balkaniques, celui qui, actuellement, est le mieux doté en engins modernes à moteur, grâce à l'Allemagne, qui lui envoie des armes. Son sol, divisé en compartiments orientés ouest-sud, se prête à une bonne résistance contre un adversaire venant de Roumanie et marchant vers la mer Egée.

Le territoire de la Hongrie est largement ouvert vers le nord et le nord-ouest. Les grands cours d'eau qui la traversent sont en effet, dirigés nord-sud. Ce pays pourrait donc difficilement résister à une offensive allemande débouchant à la fois par la Slovaquie et par l'Autriche.

En résumé, les peuples des Balkans, s'ils restent divisés et privés d'armement moderne, sont une proie facile pour le Reich, associé ou non à l'U. R. S. S. Au contraire, s'ils se coalisent et s'ils parviennent à acquérir à l'étranger les armes, les chars, la D. C. A. et les antichars qui leur manquent, ils peuvent constituer un bloc très fort et capable de jouer un rôle important dans le conflit actuel.

La Turquie

La Turquie occupe une place de première importance sur l'échiquier international. Elle forme la charnière qui réunit l'Europe au monde asiatique.

Elle est maîtresse des Détroits et peut ainsi, en temps de guerre, soit autoriser, soit interdire l'accès de la mer Noire aux escadres des nations occidentales ou, inversement, ouvrir ou fermer le passage, vers la Méditerranée, des forces navales russes.

Elle développe deux larges façades côtières, l'une sur la mer Noire, centre de la production et des transports de pétrole et du blé ; l'autre sur la Méditerranée, où se croisent les intérêts les plus considérables des puissances maritimes européennes.

Sa frontière du nord-est est en contact avec la Transcaucasie soviétique, non loin des gisements pétrolifères de la Caspienne, tandis que sa frontière de sud-est confine aux régimes pétrolifères de la Mésopotamie.

On peut donc dire que la Turquie a un rôle à jouer dans tous les événements dont le proche et le moyen Orient peuvent devenir les théâtres.

La Syrie

La Syrie comprend, on le sait, une étroite bande côtière, jalonnée par de nombreux ports, une zone montagneuse, composée de deux chaînes parallèles, et une large région désertique, qui forme, vers le Nord-Est, une pointe jusqu'au Tigre. Les deux premières de ces zones ne paraissent pas devoir être touchées par une extension éventuelle du conflit. La partie Nord-Est, qui empiète sur la Mésopotamie, pourrait, au contraire, devenir le théâtre de rencontres avec les troupes rouges, au cas où celles-ci envahiraient la Turquie orientale ou plutôt le Nord de la Perse, et tenteraient d'atteindre les gisements de pétrole de Mossoul.

Dans cette contrée complètement privée d'eau, les opérations revêtiraient une forme particulière. Il est vraisemblable que les Russes utiliseraient surtout de la cavalerie, soutenue par des unités de chars et de l'aviation. De notre côté, nous ferions sans doute appel à nos unités spéciales entraînées à opérer dans le désert syrien.

Le Caucase

Le Caucase, qui barre de son énorme muraille presque rectiligne l'intervalle de près de 700 km qui sépare la mer Noire de la mer Caspienne, n'est percé que de trois passages, l'un au centre, pourvu d'une bonne route, les autres aux deux extrémités. C'est donc une excellente position de défense. Mais le territoire de l'U. R. S. S. déborde plus au Sud sur le versant asiatique.

La Transcaucasie est formée essentiellement des deux larges vallées qui s'opposent,

du Rion et de la Koura ; au Sud, l'anti-Caucase est moins élevé et bien plus facilement franchissable que le Caucase. La frontière iranienne est constituée par l'Araxe, tributaire de la mer Caspienne, qui coule au fond d'une vallée profonde et encaissée. Mais le territoire de la Turquie s'étend sur la plupart des hautes vallées des affluents de la Koura et de l'Araxe. Cependant, le terrain est extrêmement mouvementé, et toute action offensive, qu'elle vienne du Nord ou du Sud, se heurterait à des difficultés très sérieuses.

L'Inde

Le territoire de l'U. R. S. S. n'est nulle part en contact avec celui de l'Inde. Une expédition russe contre cette dernière contrée devrait donc passer, soit par le Sin-Kiang ou Turkestan chinois, soit par l'Afghanistan.

Dans la première solution, les forces d'invasion aboutiraient à l'énorme chaîne de l'Himalaya. On peut donc considérer une telle opération comme sans issue possible.

A travers l'Afghanistan, des colonnes russes disposeraient de trois itinéraires : le plus septentrional franchit la gigantesque muraille de l'Indou-Kouch. Il est donc inacceptable. Le second, tournant cette vaste chaîne par l'Ouest, mène à Kaboul et atteint Peshawar par la passe de Khaibar, qui a été dotée par les Anglais d'un puissant système de défense. Le troisième, enfin, plus au Sud, passe par Kandahar et conduit dans la vallée de l'Indus, à travers le Béloutchistan. Mais de Merv à Kandahar, la distance est de près de 800 km, qui seraient à parcourir à travers une contrée très montagneuse.

Pour une expédition de cette nature, les forces mécaniques seraient mal adaptées aux conditions du pays et du climat.

Des raids aériens, effectués par l'aviation de bombardement russe contre Peshawar ou Quetta rencontreraient également des conditions extrêmement défavorables :

1° Les distances seraient très longues : 1 050 km de Merv à Peshawar ;

2° Les terrains d'aviation sont très peu nombreux ;

3° Les appareils auraient à franchir les massifs montagneux les plus élevés ;

4° Les objectifs ne présenteraient qu'une valeur secondaire.

On peut conclure de cette courte analyse que l'Inde n'a rien à redouter d'une invasion soviétique.

GÉNÉRAL J. BROSSÉ,
du cadre de réserve.

SIX MOIS DE GUERRE SUR MER

(Septembre 1939-Mars 1940)

Par Edmond DELAGE

DE L'ACADÉMIE DE MARINE

LES six mois de guerre navale qui viennent de s'écouler, ont permis de vérifier la justesse d'une des grandes leçons de l'Histoire. Qu'il s'agisse des guerres Puniques, de la guerre de Cent Ans, des guerres du XVII^e et du XVIII^e siècle, des guerres de la Révolution et de l'Empire ou de la guerre de 1914-1918, la mer paraît dominer la vie des peuples, jouer un rôle décisif dans le dénouement des grandes crises internationales.

Ceci ne revient cependant pas à dire que la « maîtrise de la mer », pour parler comme les historiens et stratèges navals, assure à la nation qui la détient le merveilleux privilège de posséder, pour elle seule, l'immense étendue des océans, de s'entourer, comme dit plaisamment l'amiral Castex dans ses brillantes *Théories Stratégiques*, d'une sorte de barrière, « dont il met la clef dans sa poche ».

Trafalgar, la plus cuisante des défaites de Napoléon, a contribué à sa chute ; mais elle n'eût pas été suffisante, sans les fautes monumentales de la guerre d'Espagne et de la campagne de Russie. La maîtrise de la mer n'est pas une notion absolue. Même après Trafalgar, Willaumez, Leissègues, Leduc, nos bâtiments de l'océan Indien tinrent le large pendant des années, malgré la prépondérance des forces navales britanniques. Dans la dernière guerre, les Allemands réussirent à glisser à travers les mailles du blocus un *Mörve*, un *Seedler*, un *Wolf* ; dans la guerre actuelle, un *Deutschland*, un *Admiral-Graf-Spee*.

L'apparition et l'utilisation du sous-marin en grandes masses parurent ébranler, alors, le dogme de la maîtrise de la mer. Dans son beau livre : *la Victoire sur mer*, l'amiral américain Sims le met presque en doute : « Quand les unités sous-marines peuvent opérer comme elles veulent, il est ridicule de dire qu'il existe une maîtrise de la mer. Les forces de surface ne peuvent plus protéger les communications comme elles étaient en

mesure de le faire au temps de Nelson. » Qu'aurait-il dit de l'avion ?

En réalité, la navigation de surface reste le mode normal d'utilisation de la mer ; elle assure la grande généralité des transports : ceux par sous-marin et par avion restent exceptionnels. La maîtrise de la mer consiste, plus modestement, à dominer les communications essentielles de surface.

Ces communications maritimes ne sont pas toutes-puissantes et, à elles seules, suffisantes : il est rare qu'un Etat soit exclusivement insulaire, comme le Japon. Le serait-il, qu'il éprouverait le besoin d'étendre sa domination sur le continent — la guerre actuelle de Chine le démontre. L'Angleterre elle-même n'a pas pu se contenter, au cours de l'histoire, de son « splendide isolement » insulaire. Elle a vaincu sur le continent par ses armées, et avec l'aide d'alliés continentaux.

Il est rare qu'un système absolu détienne toute la vérité. Ce n'est ni la mer seule, ni la terre seule qui triomphent, mais leur harmonieuse et puissante union.

Avec leur manie de l'absolu, les théoriciens allemands n'admettent guère cette vue du bon sens, confirmée par l'Histoire. Dès 1929, le célèbre professeur allemand Oswald Spengler vaticinait : selon lui, la puissance de l'Angleterre, fondée sur la « maîtrise de la mer », avait fait son temps. Hanté par la possibilité d'une immense coalition germano-russo-asiatique, que les nazis, ses élèves, tentent de mettre sur pied aujourd'hui, il envisageait comme assurée la conquête de l'Inde, de la Chine, de la Perse. Pour lui, l'avenir appartient au maître des grandes voies de liaison transcontinentales.

Les grandes routes d'invasion sont celles suivies sur terre par les conquérants, indépendamment de toute influence maritime. Les maîtres de la terre, affranchis de la mer, pourront rééditer, dans des proportions infiniment plus vastes, le blocus napoléonien et fermer à l'Angleterre ses débouchés continentaux. Vision grandiose mais simpliste,

capable de séduire l'esprit primaire d'un Hitler...

Les opérations navales de 1914 à 1918

La réalité de la dernière guerre n'a pas été aussi unie. Elle a laissé à la mer et aux marines un rôle immense.

La guerre franco-allemande de 1870 avait été un bref choc entre deux armées inégales, et, surtout, inégalement commandées. La guerre de 1914-1918 fut infiniment plus longue. Le poids des forces navales eut le temps d'y faire sentir son poids lent mais décisif.

Le front s'étendit du Pas-de-Calais aux Vosges, mais, aussi, aux Balkans, à l'Asie Mineure. On y vit se heurter les armées les plus formidables que l'Histoire ait jamais connues. Elles avaient leurs points d'appui dans les Etats d'Europe, en Afrique, dans l'Inde, en Extrême-Orient, en Australie, dans les deux Amériques.

La mer devint, sinon le facteur unique, du moins un facteur primordial de la victoire. Elle permit aux Alliés de faire venir des renforts, du matériel, de leurs colonies, de leurs dominions les plus lointains.

Quand, après la victoire de la Marne, les chefs de l'armée allemande sentirent que leur attaque brusquée avait échoué, ils comprirent que, si les Alliés gardaient la « maîtrise de la mer », ils étaient perdus. Ils tentèrent alors de la leur arracher par la guerre de course, menée par le comte von Spee et son escadre du Pacifique, ainsi que par des corsaires isolés; puis, par la guerre sous-marine, d'abord mitigée, ralentie par d'innombrables considérations politiques, puis « sans merci », à partir du mois de février 1917.

Les Alliés trouvèrent, assez lentement du reste, la parade contre cette arme nouvelle et, pour l'époque, terrible. Ils purent craindre, un moment, après les hécatombes de bâtiments marchands des premiers mois de 1917, que le sous-marin ne gagnât la guerre; à l'été de 1917, ils paraissaient perdus. En juillet 1917, le nombre des navires coulés commença à baisser; les effets du sous-marin déclinèrent constamment. Il était terrassé, en 1918, par l'application du système du convoi, l'armement des bâtiments de commerce et l'emploi de tous les moyens de lutte antisous-marin.

Mais, même aux heures les plus tragiquement critiques, jamais la liberté de la navigation ne fut interrompue dans le camp des Alliés. Du 1^{er} janvier au 30 septembre 1918, 3 274 000 hommes furent débarqués ou

embarqués dans les ports français de la Manche; 769 000 dans ceux de l'Océan; 600 000 traversèrent la Méditerranée; 800 000 Américains, l'Atlantique. Au cours de ces seuls neuf mois, 5 millions et demi de soldats de la liberté passèrent la mer, sans qu'un seul convoi fût torpillé.

La marine française, qui ne possédait que 300 navires en 1914, en avait armé 1 300 au cours de la guerre. Elle fut, pour sa grande alliée britannique, la plus fidèle, la plus efficace des collaboratrices. Ses arsenaux furent, en même temps, les meilleurs artisans de la victoire sur terre. S'ils fournirent l'artillerie de 1 200 navires de commerce, ils construisirent 8 500 bouches à feu pour les armées, dont 1 600 de gros calibre, 12 000 km de ponts en fer, des tanks, des avions, des milliers d'affûts, des millions d'obus.

Les forces navales françaises n'eurent, sans doute, pas l'honneur de participer aux grands combats de la mer du Nord, depuis celui du Dogger-Bank jusqu'à celui du Jutland. Elles assurèrent, du moins, à l'Entente franco-britannique, l'hégémonie à peu près incontestée sur l'Adriatique et la Méditerranée. Une division cuirassée, commandée par l'intrépide Guépratte, tenta, à la pointe d'une escadre britannique, de forcer les Dardanelles. De vieux bâtiments de guerre français protégèrent de leurs feux le canal de Suez. On vit des marins français sur tous les océans, depuis l'Océan Indien, jusque dans les parages d'Arkhangel et de Mourmansk. Ils luttèrent dans les airs comme sous les eaux. Ce fut une guerre universelle, à laquelle ils participèrent sur tous les points.

Mais la victoire finale échut aux soldats de Foch et de Pétain, secondés par leurs camarades anglais et américains. La *Flotte de haute mer* allemande se rendit, à Scapa Flow, à l'intrépide Beatty et aux matelots anglais, mais après que les armées de Guillaume II se fussent volontairement déclarées forfaites devant la poussée des armées terrestres coalisées.

Ce raccourci historique n'était pas inutile pour essayer de situer, par comparaison, l'ensemble des opérations maritimes actuelles dans le cadre général de la nouvelle guerre, imposée à l'union des deux libres démocraties, par les appétits de domination, européenne et mondiale, du Nazisme, affamé, armé jusqu'aux dents, envahisseur de l'Europe Orientale.

De grandes différences apparaissent aussitôt entre les deux situations. Elles

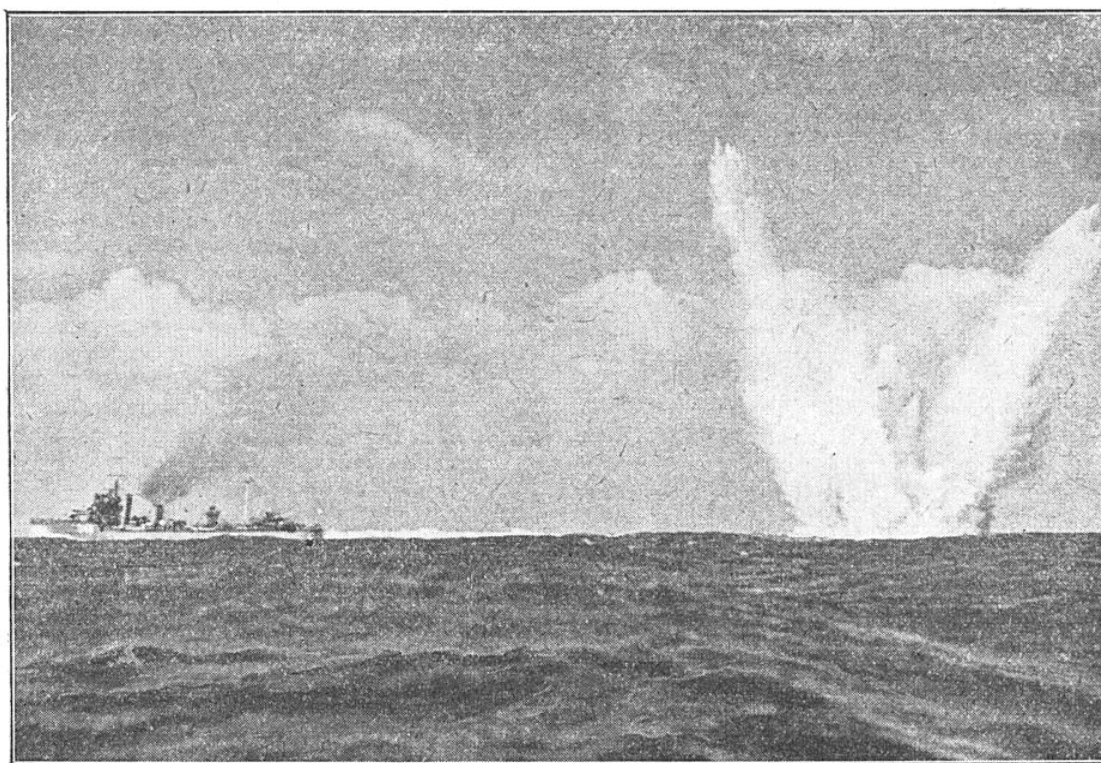
sont, tout d'abord, d'ordre quantitatif.

Quand les Empires centraux s'engagèrent, en 1914, dans la guerre contre l'Entente franco-britannique, ils possédaient des forces navales métropolitaines considérables, qui, dans la pensée de leur principal créateur, en Allemagne, le grand-amiral von Tirpitz, devaient amener à résipiscence leur principal adversaire, l'Anglais, par le « risque » qu'il aurait à courir en les attaquant.

Les éléments de la supériorité navale des Alliés : la marine britannique

Un rapide coup d'œil jeté sur l'évolution des marines alliées et allemandes, depuis l'armistice, permet de se rendre compte de l'immense supériorité navale des Alliés sur mer.

La marine britannique est peut-être, de



(55 285)

FIG. 1. — L'ÉCLATEMENT D'UNE GRENADE ANTISOUS-MARINE LACHÉE PAR LE CONTRE-TORPILLEUR ANGLAIS « WESSEX », A L'EMPLACEMENT PRÉSUMÉ D'UN SOUS-MARIN ALLEMAND

D'autre part, les deux grandes règles adoptées par les « nobles lords » de l'Amirauté, pour les eaux européennes, avaient été le maximum de concentration dans les bases métropolitaines et le blocus lointain des ports et bases germaniques : l'ère du blocus rapproché de jadis, tenu par des forces navales croisant à la voile presque en permanence, et en vue des côtes ennemies, était, en effet, révolue. La chauffe au charbon et, bien davantage encore, celle au mazout, interdisent aux navires modernes le blocus rapproché des côtes ennemies.

La situation actuelle se présente sous un aspect tout différent.

toutes les marines d'après-guerre, celle qui s'est le plus loyalement — certains critiques diraient même le plus dangereusement — conformée aux règles du désarmement naval, suivies depuis la Conférence de Washington de 1921, jusqu'aux différentes réunions de Genève et de Londres, visant à la limitation des armements sur mer.

Son corps de bataille est bien inférieur à celui que commandait l'amiral Jellicoe. Il reste, cependant, redoutable avec ses 15 bâtiments de ligne. On compte 2 escadres de 5 navires de ligne puissamment armés, mais, malgré une refonte presque complète, relativement lents. Ce sont : les 5 *Ramillies*,

(aujourd'hui réduits à 4 par la destruction du *Royal Oak* dans la rade de Scapa Flow), et les 5 *Queen Elizabeth*, qui dépassent 30 000 t et peuvent filer 24 et 25 nœuds. Ces 10 grandes unités datent de 1913 à 1916. Les 2 seuls navires cuirassés d'après-guerre sont le *Nelson* et le *Rodney*, d'un déplacement de 33 950 t, dotés d'une artillerie principale comprenant 9 pièces de 406 mm — les premiers navires du monde, pour la puissance offensive — malheureusement trop lents pour la tactique moderne : ils filent 23 nœuds et demi.

Les seuls 3 navires de ligne rapides de la flotte britannique sont les 3 croiseurs de bataille *Renown*, *Repulse* et *Hood*. Les deux premiers, lancés en 1916, complètement modernisés depuis, déplacent 32 000 t. Ils filent 31 nœuds, portent 1 catapulte, 4 avions, 6 pièces de 381 mm. Le *Hood*, qui date déjà de plus de vingt ans, est le plus grand navire de guerre actuellement à flot dans le monde, puisqu'il déplace 42 100 t ; il porte 8 pièces de 381 mm, 12 de 140 mm, 8 de 102 mm, 6 tubes lance-torpilles de 533 mm. Deux grands navires de 35 000 t, les premiers d'une série de cinq, le *King George V* et le *Prince of Wales*, lancés les 21 février et 3 mai 1939, entreront en service dans le courant de cette année. Avec leurs 10 canons de 356 mm, leurs 16 pièces antiaériennes de 132 mm, ils apporteront un renfort puissant à la *Grand Fleet* britannique d'aujourd'hui. Les trois autres suivront dans le cours de l'année prochaine. Quatre autres grands cuirassés de plus de 35 000 t figuraient au programme 1938-1939 et de 1939-1940.

Une des grandes supériorités de la marine britannique actuelle sur toutes ses émules et adversaires étrangères réside dans la possession d'une nombreuse escadre de porte-avions. Un certain nombre d'entre eux est déjà relativement ancien : ce sont le *Glorious* et le *Furious*, de 22 500 t ; l'*Argus*, l'*Eagle*, l'*Hermes*. Sept unités modernes vont les renforcer. L'*Ark Royal*, lancé en avril 1937, est déjà en service ; les autres, à divers stades de construction, sont : *Illustrious*, *Victorious*, *Formidable*, *Indomitable*, *Implacable*. Ils déplaceront 23 000 t, fileront près de 31 nœuds, porteront plus de 70 avions. Les croiseurs lourds (*heavy cruisers*) sont au nombre de 15, avec un tonnage total de 145 520 t ; les légers (*light cruisers*), de 46, avec un tonnage global de 284 965 t.

La marine britannique possède, en outre, 16 grands destroyers (29 920 t), 159 des-

troyers et conducteurs de flottille (*flotilla leaders*) avec un total de 199 894 t. Elle s'était, dans la période qui précède la guerre, nettement orientée vers la multiplication des navires spécialisés dans la défense contre avions. Au programme de 1939 figuraient 20 rapides *escort vessels*, un nombre considérable de chalutiers armés en patrouilleurs et en dragueurs de mines, de vedettes lance-torpilles de chasse.

L'armement des bâtiments de commerce, l'instruction et la formation des officiers et des équipages avaient fait l'objet des soins minutieux de l'Amirauté. La nouvelle guerre sous-marine allemande ne l'a pas prise au dépourvu.

La marine française

La marine française est trop familière aux lecteurs de cette revue pour que nous jugions utile de la décrire, ici, minutieusement. Par un phénomène heureux, qui n'est pas le pur produit du hasard, mais bien le résultat d'une politique navale prévoyante et hardie, il se trouve que la marine de guerre française constitue, par sa structure même, un admirable complément à celle de sa grande alliée britannique.

Son tonnage total « sous l'âge » n'atteignait pas les 660 000 t de navires en construction de la marine anglaise, puisqu'il se chiffrait, à la date du 1^{er} juin 1939, par 550 000 t. Mais ce tonnage a été, grâce à une méthode appliquée avec continuité depuis 1922, inaugurée sous l'impulsion de Georges Leygues, consacré à des types de navires d'une haute perfection et d'une audace technique souvent supérieures à celle déployée par les constructeurs britanniques.

La rénovation de la flotte de guerre française a, d'abord, porté sur les forces légères de surface : croiseurs, contre-torpilleurs, torpilleurs. La marine amie ne possède aucun type de navire comparable aux 32 contre-torpilleurs français, les navires les plus rapides du monde entier ; plusieurs ont dépassé la vitesse fabuleuse de 45 nœuds ; les derniers atteignent le déplacement de 3 000 t ; ce sont de véritables petits croiseurs, d'une remarquable tenue à la mer, et puissamment armés de 5 pièces de 130 mm ou, sur les *Mogador*, de 8 de 138 mm et de 10 tubes lance-torpilles.

La marine britannique, si pointilleuse sur la question sous-marine, car elle a gardé, à cet égard, un cuisant souvenir de la guerre de 1914, n'est sans doute pas fâchée de trouver pour sa flotte sous-marine, assez modeste, dans un ensemble de cette envergure, l'appoint

de nos sous-marins de haute mer, dits les « quinze cents tonnes », dotés d'un rayon d'action considérable, ni de nombreux sous-marins côtiers de 600 t, ni même du *Surcouf*, le plus grand du monde, véritable croiseur sous-marin.

Ajoutons de beaux bâtiments auxiliaires modernes, comme le navire-école *Jeanne-d'Arc*, le transport d'aviation *Commandant-Teste*, le ravi-tailleur des sous-marins *Jules-Verne*, le mouilleur de filets *Gladiateur*, la série de beaux avisos de 2 000 t pour campagne lointaine, les dragueurs de mines, l'hydrographe *Amiral-Mouchez*, et surtout les deux fleurons de notre corps de bataille, du reste vieilli et insuffisant, le *Dunkerque* et le *Strasbourg*, entrés en service en 1937 et 1938, destinés à surclasser les « cuirassés de poche » allemands, et nous comprendrons le tribut de sincère admiration qui a été, ces temps derniers, payé à la Marine fran-

çaise par les représentants de la presse britannique, invités à la visiter.

La marine allemande

A quoi pourrait prétendre, dans une bataille rangée en haute mer, la marine de guerre du Reich (1) ? Tout d'abord respectueuse des clauses navales du traité de Versailles, elle construisit six croiseurs légers de 6 000 t, 3 « bâtiments cuirassés » de 10 000 t du type *Deutschland*, 12 petits torpilleurs. En mars 1935, le Reich, déjà

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 273, page 187.

favorisé, du reste, par l'accord naval anglo-allemand du mois de juin 1935, se libéra des « chaînes du Diktat » et entreprit la constitution d'un puissant corps de bataille, avec le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, de 26 000 t, armés de 9 pièces de 280 mm; le *Bismarck* et le *Tirpitz*, de 35 000 t, lancés les 14 février et 1^{er} avril 1939, en achèvement, porteurs de 8 canons de 380 mm; 2 porte-avions de 19 250 t; 4 croi-

seurs « lourds », de 10 000 t, armés de canons de 203 mm, dont le premier, l'*Admiral-Hipper*, est entré en service le 30 avril 1939, et 2 croiseurs de 7 000 t. Avec le maximum de célérité, la marine allemande multiplia les torpilleurs et, surtout, les sous-marins. Elle est entrée en guerre, avec, en service, ou en achèvement, une soixantaine de ces unités, dont les plus grands ne dépassent pas 740 t de déplacement.

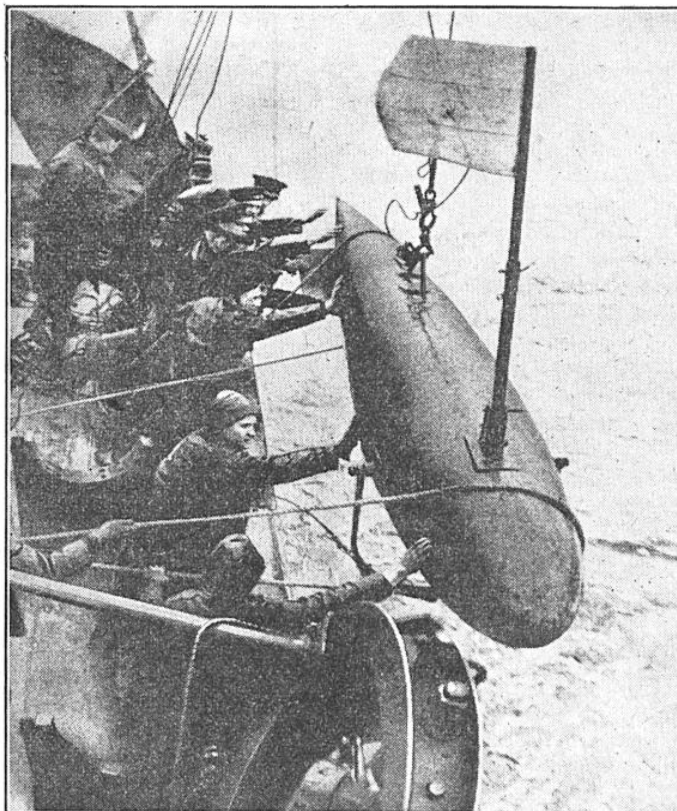
La supériorité franco-britannique est donc absolument écrasante. Voyons

maintenant comment elle a joué depuis le début de cette nouvelle guerre.

Le blocus maritime

Après la réussite inespérée de la guerre foudroyante (*Blitzkrieg*) en Pologne et la cristallisation du front terrestre occidental, occupé par deux systèmes fortifiés, qui paraissent se compenser sensiblement, on pouvait s'attendre à voir la guerre navale prendre une importance croissante dans l'ensemble des opérations. C'est ce qui s'est passé.

Il n'a cependant pas été possible au Reich,



(55 283)

FIG. 2. — MISE A L'EAU D'UN FLOTTEUR DE DRAGUE CONTRE LES MINES SOUS-MARINES A BORD D'UN DRAGUEUR ANGLAIS

dont nous avons esquissé la renaissance maritime, jugulée au début par les stipulations du traité de Versailles et, en une certaine mesure, contenue par l'accord naval, cependant très libéral, anglo-allemand, de risquer un combat d'escadre, de l'ampleur de celui du Dogger-Bank, au début de la guerre 1914-1918.

De plus, l'orientation intellectuelle des principaux chefs de la marine allemande, et surtout de son amiralissime, l'amiral Raeder, profond connaisseur de la guerre de course, à laquelle il a consacré d'importantes études historiques dans la grande œuvre publiée par le *Marine-Archiv* allemand, sur la guerre sur mer (*der Krieg zur See*), la portait bien davantage vers les opérations secondaires, dans les mers lointaines, menées par des corsaires isolés contre le trafic ennemi, ou vers une guerre sous-marine impitoyablement conduite, dès le début, contre le commerce adverse et neutre.

C'est, du reste, dans le même sens que s'orientèrent, dès le début, les gouvernements alliés. Eux aussi, sentirent qu'ils ne pourraient pas provoquer, au large de la Baie allemande, une flotte de haut bord à peu près inexistante. Ils comprirent que la mise à la raison du régime naziste comportait, comme condition préalable essentielle, la suppression de tous les moyens de lutte économique et technique dont disposait le *Reich*, au moyen d'un blocus immédiat, infiniment plus strict que n'avait été celui du début de la guerre de 1914-1918.

Au lendemain même de la déclaration de guerre, les gouvernements britannique et français publièrent une liste de contrebande, extrêmement détaillée, où figurait un nombre considérable de matières premières et de denrées de toute nature, pouvant permettre à l'Allemagne de poursuivre la guerre.

Des bases de contrôle de la contrebande furent créées sur un certain nombre de points des côtes anglaises et françaises. Aucun navire, de quelque nationalité qu'il fût, ne put, désormais, se diriger, immédiatement ou éventuellement, sur un port ennemi, même neutre, sans avoir été visité. Les cargaisons retenues furent soumises à des tribunaux de prise, vieille institution monarchique, rénovée pendant la guerre de 1914-1918, au cours de laquelle elle avait fort correctement fonctionné avec tout un appareil juridique, offrant toute garantie d'impartialité et de justice, sous la présidence d'un membre du Conseil d'Etat.

Le 9 septembre, la Grande-Bretagne manifesta solennellement sa volonté de triompher

de l'Allemagne par l'emploi total de l'arme économique : elle créa le *Ministry of economic warfare* (ministère de la Guerre économique), dont l'action, en Angleterre même, et dans un grand nombre de pays étrangers, avait été minutieusement préparée par un travail en profondeur de documentation et de prospection de plusieurs années. De son côté, la France institua un organisme analogue, le ministère du Blocus, « dont la mission, était-il stipulé dans le décret constitutif, se trouve en parfaite concordance avec celle du ministère économique britannique ». Ses services, dirigés par M. Maurice Pernot, travaillent en liaison étroite avec l'Amirauté française — titre donné, dès le premier jour de la guerre, à l'échelon de guerre de l'état-major général de la Marine, qui a quitté Paris, sous les ordres de l'amiral de la Flotte Darlan —, avec les services économiques de l'Amirauté et avec le ministère de la Guerre économique à Londres.

La guerre maritime s'est donc, de part et d'autre, dès le début des opérations, circonscrite autour du trafic maritime et de la navigation commerciale. Les marines alliées ont commencé par purger les mers des bâtiments marchands allemands, qui n'avaient pas pu ou voulu se réfugier dans des ports. Le nombre de navires prisonniers a atteint un tonnage global relativement considérable : plus de 82 000 t. Ces captures en haute mer ont parfois eu lieu dans des circonstances dramatiques et héroïques. C'est ainsi que le sous-marin de haute mer *Poncelet*, si vulnérable en surface, comme tous ses congénères, eut l'audace d'arraisonner en plein Atlantique et de ramener à Casablanca un grand cargo allemand, le *Chemnitz*, qui a été, depuis, incorporé dans la flotte d'une de nos grandes compagnies de navigation.

Les pertes de la marine allemande

Si l'Allemagne est, désormais, pratiquement barrée de la haute mer et refoulée sur le continent russo-asiatique, dont elle essaie de tirer parti pour son ravitaillement, elle a, militairement, l'avantage d'avoir, sur toutes les mers du globe, mais surtout, aux points d'aboutissement des grandes routes du trafic anglo-britannique, le magnifique objectif constitué par les 24 millions de tonnes des flottes marchandes alliées, sans compter celles des pays neutres, en relations commerciales encore plus étroites avec l'Angleterre surtout, étant donnés les besoins de sa population et de ses industries de guerre.

Dans cette œuvre de destruction systé-

matique, la marine allemande s'est, d'emblée, montrée digne des meilleures traditions de la guerre sous-marine sans restrictions du 1^{er} février 1917. Dès le premier jour, elle révéla la même férocité que celle par laquelle elle s'était, jadis, imaginé pouvoir, en 1917, réduire à sa merci l'Empire britannique : « Cette méthode de guerre, expliquait déjà, le 17 janvier 1917, le chef des sous-marins aux commandants allemands, réunis par ordre de S. M. le Kaiser, a pour but d'obliger l'Angleterre à faire la paix, et aussi de décider du sort de la guerre... Notre objectif est d'isoler l'Angleterre du trafic par mer, et non d'obtenir des résultats problématiques dans des parages éloignés... On devra donc, autant que possible, se tenir près des côtes anglaises... »

Cette stratégie a été renouvelée presque textuellement dans la guerre actuelle : l'Allemand n'a jamais brillé par une imagination débordante. Ses plans — et ses illusions — sont à peu près identiques à ceux de la guerre de 1914-1918.

Il s'en faut — heureusement pour la cause des Alliés — de beaucoup pour que les résultats correspondent à ses espoirs. Sans doute, bénéficiant de l'effet de surprise, toujours si fructueux dans l'offensive, les chiffres de destruction initiaux furent-ils assez inquiétants.

Dès le mois de septembre, les Alliés perdirent un total de 37 navires, représentant 157 966 t. La Grande-Bretagne fournit la presque totalité du contingent avec 36 navires et 155 196 t ; la France n'eut qu'un bâtiment coulé, de 2 600 t.

En octobre, le total fléchit légèrement :

il fut de 141 849 t, à raison de 23 navires et 105 537 t pour la Grande-Bretagne, et de 4 navires, avec 36 312 t pour la France. Ce chiffre comprit le plus grand pétrolier français, le *Emile-Miguet*, et le vieux trans-atlantique *Bretagne*, détruit sans le moindre égard pour la vie de l'équipage et des passagers.

En novembre, nouvelle diminution : 34 navires, et 112 602 t ; 27 bâtiments et 81 701 t pour l'Angleterre, 6 bâtiments et 16 608 t pour la France, 1 navire (le trans-atlantique *Pilsudski*) pour la Pologne.

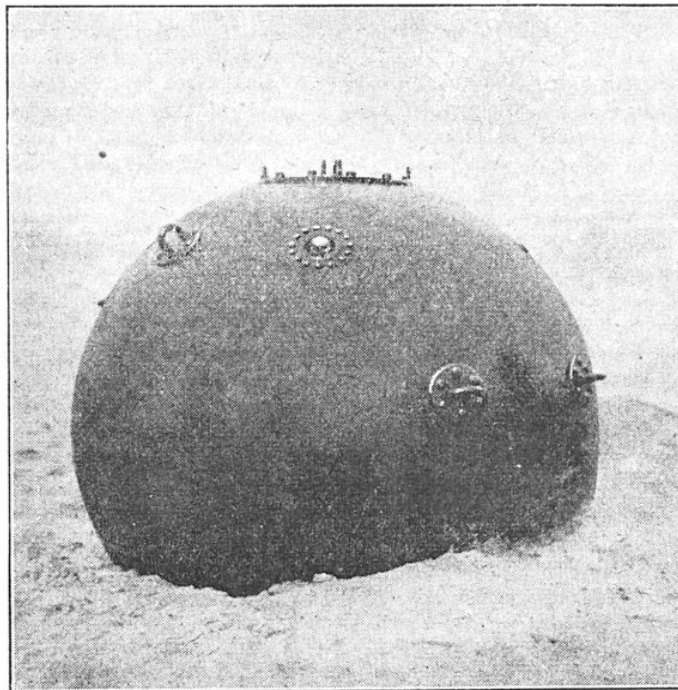
Décroissance, assez légère, du reste, en décembre, avec 105 288 t, représentées par 32 navires.

Au total, la marine de commerce britannique a perdu, du 2 septembre au 13 février 1940, 148 navires, jaugeant 533 123 t ; la flotte de commerce française a sacrifié 66 120 t, avec 14 navires. Ce sont là des pertes sans doute regrettables, mais,

puisque la marine française avait en service, au 1^{er} janvier dernier, 2 933 933 t, elle ne perdit, à cette date, que 1,9 % de son matériel ; la proportion fut à peine plus élevée en Grande-Bretagne : 2,1 % pour un ensemble de 21 001 925 t.

Ces chiffres sont puisés aux statistiques du *Journal of Commerce* de Liverpool, et surtout du *Lloyd's List*, organe des puissants assureurs maritimes ; ils fournissent, de la situation actuelle, l'image la plus fidèle qu'en puisse esquisser aujourd'hui.

Les pertes subies par les nations alliées n'épuisent pas le total des destructions maritimes. Il convient, en effet, d'y ajouter celles infligées à la navigation neutre. Alors que les chiffres, notés à propos du tonnage



(55 282)

FIG. 3. — MINE ALLEMANDE ÉCHOUÉE SUR UNE PLAGE DE LA MER DU NORD

allié coulé, se sont régulièrement abaissés, ceux afférents aux pertes des marines marchandes neutres se sont accrus constamment : 16 navires, avec 36 105 t, en septembre 1939 ; le même nombre de bateaux, avec 34 440 t, en octobre ; 14, avec 89 284, en novembre ; 39, avec 85 487 t, en décembre, soit, au début de cette année, le total effrayant, si l'on songe qu'il affecte des nations qui font tout pour rester en dehors du conflit, de 85 navires et 259 316 t, soit 1,02 % du tonnage global neutre, de 25 260 652 t. Depuis, ce tonnage détruit s'est élevé à 120 unités, jaugeant 352 485 (à la date du 13 février).

L'Allemagne avait donc sur la conscience — si l'on peut employer à son propos ce terme qu'elle doit elle-même estimer parfaitement périmé — la perte de 215 navires, d'un tonnage de 776 852 t, à la date du 1^{er} janvier 1940.

Puisqu'elle n'a pas eu le moindre scrupule de brûler les étapes et qu'elle est, d'emblée, partie du point de départ qu'elle n'avait, dans la dernière guerre, atteint qu'au 1^{er} février 1917, il est de bonne règle de comparer les résultats obtenus, cette fois, avec ceux enregistrés par elle, au plus fort de la guerre sous-marine sans restrictions (1).

Le début de la guerre de 1917 présente, en effet — l'a finement noté l'auteur d'une remarquable étude publiée récemment par le *Commissariat général à l'Information* (2) — une analogie à peu près complète avec le conflit actuel, du point de vue de la conduite de la guerre au commerce maritime.

Si nous faisons, en effet, la partie aussi belle que possible au Reich naziste, et n'envisageons que la période de destruction février-mai 1917, et non point celle de mai à juin, où l'on peut constater le maximum des pertes, nous pouvons établir, entre les deux périodes, février-mai 1917, d'une part, septembre-décembre 1939, d'autre part, l'instructive comparaison suivante.

Dans la première période, les Alliés perdent 1 977 416 t, les neutres 607 075 t, soit le total environ de 2 584 491 t. Pendant la période correspondante du conflit actuel, les Alliés ne déplorent plus que la destruction de 517 536 t, les neutres que celle de 259 316 t, soit le tonnage général de 776 852 t. Les pertes des Alliés ne sont donc que de 26,7 % de celles de 1917 ; celles des neutres s'élèvent à 42,9 % ; le total se chiffre par 30 %.

(1) Voir notre livre *La guerre sous les mers* (B. Grasset, éditeur).

(2) Quatre mois de guerre au commerce maritime allié.

Si regrettables que soient les sacrifices infligés au trafic maritime marchand, allié et neutre, par l'Allemagne d'aujourd'hui, ils restent infiniment inférieurs à ceux de la dernière guerre. La *Schadenfreude*, qui doit être à la base de toute la psychose de guerre naziste, doit être bien peu satisfaite devant de pareils résultats. Par contre, si, en valeur absolue, l'Allemagne se classe seconde, sur la liste des pertes maritimes, avec 231 402 t, elle s'adjuge, haut la main, la première place, avec 5,1 % de son tonnage en service au 1^{er} septembre 1939. Elle en est, d'ailleurs, la première responsable, puisque, si, au 31 décembre 1939, les Alliés lui avaient enlevé 102 000 t et 22 navires, elle en a elle-même « sabordé » le même nombre, et un tonnage sensiblement supérieur — 128 541 t à la date du 1^{er} janvier 1940.

Il est en même temps suggestif de souligner la part relativement beaucoup plus forte réservée aux pertes de la navigation neutre dans la guerre navale d'aujourd'hui : 33,3 % pour la période de septembre à décembre, alors qu'elle n'a pas dépassé 23,5 % pour la période allant de février à mai 1917, et 18 % pour l'ensemble du conflit mondial.

L'arme sous-marine allemande

A quelles causes attribuer cet échec — plus que relatif ?

Elles tiennent, à la fois, à l'organisation de la marine allemande et à celle de ses adversaires, au cours de la guerre maritime actuelle.

Le nombre de sous-marins que le Reich a pu consacrer à cette forme essentielle de la lutte, a été grandement diminué par les restrictions imposées au Reich par le traité de Versailles et l'accord naval anglo-germanique. S'il est possible que les chiffres officiels fournis par les instruments de documentation aussi sérieux que l'*Annuaire des Flottes de combat 1940*, récemment paru, restent en deçà de la vérité, ces chiffres expriment cependant une réalité vraisemblable : 71 sous-marins, dont 32 de 250 t seulement, 10 de 500 t, 14 de 517 t, 2 de 712 t, 13 de 740 t ; tel était l'effectif avec lequel le nazisme se jeta, en septembre dernier, à l'assaut du trafic maritime allié. Or la même attaque fut prononcée, en février 1917, avec un chiffre minimum de 111, peut-être même de 144, d'un tonnage moyen sensiblement supérieur.

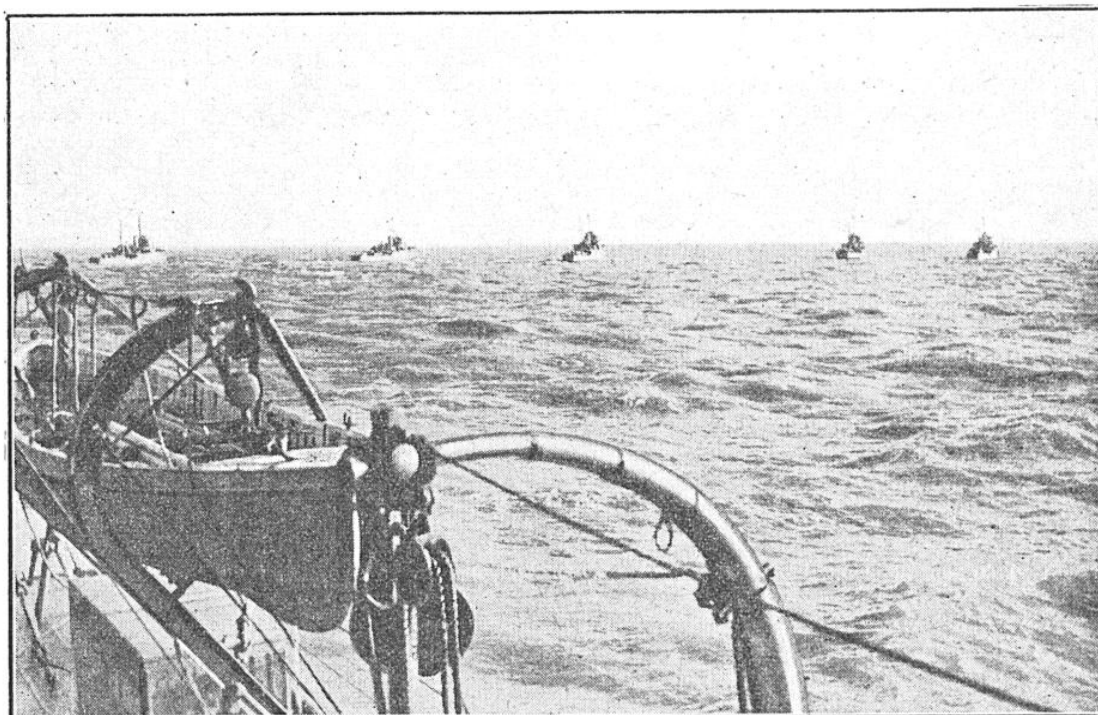
Les unités actuelles, en majorité de faible tonnage, ne paraissent pas avoir dépassé

un rayon d'action de 300 milles, au large de l'Irlande et au sud des parages du golfe de Biscaye.

De plus, les sous-marins allemands ne disposent plus, comme en 1915, des excellentes bases de départ de la côte des Flandres et de l'Adriatique ; la Méditerranée leur paraît, jusqu'ici, totalement interdite. Enfin, l'instruction hâtive des équipages et surtout des cadres, improvisés dans des conditions extrêmement précaires, et en grande

du sous-marin. Il a, en outre, poursuivi, avec une inlassable ténacité, la préparation la plus efficace à la lutte contre ce qu'on a souvent, outre-Manche, appelé la « peste sous-marine ». La France l'a imité.

Sans qu'il soit ici possible de révéler dans leurs détails tous les moyens mis en œuvre pour cette tâche immense, rappelons que l'écoute de la marche du sous-marin, condition essentielle de sa suppression, à peine ébauchée, à partir de 1917, a été portée



(55 288)

FIG. 4. — LIGNE DE DRAGUEURS DE LA FLOTTE BRITANNIQUE NETTOYANT LES CHAMPS DE MINES POSÉS PAR L'ADVERSAIRE SUR LES VOIES MARITIMES DE LA MER DU NORD

partie prélevés sur les survivants de la dernière guerre sous-marine, est, sans doute, pour une bonne part, responsable du faible rendement de ce début de campagne.

La chasse aux sous-marins, le système des convois

Mais cet insuccès manifeste est, avant tout, dû à la magnifique réaction des marines alliées.

L'Empire britannique a conservé de la dernière guerre contre son trafic un souvenir si cuisant, qu'il a cherché à obtenir, au cours de nombreuses discussions internationales relatives à la restriction des armements sur mer, la suppression pure et simple

à un rare degré de perfection dans les deux marines alliées ; qu'un des moyens de destruction, déjà justement redouté par les sous-marins allemands de 1917 et 1918, le grenadage, a atteint un degré d'efficacité infiniment supérieur à celui de la dernière guerre ; que, dans les deux marines alliées, ont été multipliés, dans d'énormes proportions, les effectifs de bâtiments légers : torpilleurs, avisos, bâtiments auxiliaires de toute classe, particulièrement adaptés à la guerre contre le sous-marin.

Enfin, alors que, durant la dernière lutte, de longues controverses avaient sévi quant à la méthode la plus idoine de protection des bâtiments de commerce, — routes

patrouillées ou convois — ce dernier procédé, qui avait fait définitivement ses preuves en 1917 et 1918, a été immédiatement remis en vigueur. S'il présente comme inconvénient essentiel un ralentissement sensible de la rotation des cargos, ce dernier est amplement compensé par une sécurité presque totale. On a, en effet, calculé que, depuis le début de cette guerre, 12 seulement, sur 6 500 navires convoyés, ont été coulés, ce qui correspond à la proportion infime de 0,2 %. Le nombre de navires marchands capables de se protéger eux-mêmes, grâce à un armement suffisant, n'avait crû que lentement en 1914-1918.

C'est par milliers que les amirautés britannique et française ont réparti les canons de poupe sur les bâtiments de leurs flottes de commerce. Les sous-marins allemands n'ont pas pu résister à tous ces moyens de parade : 30 avaient déjà péri vers la mi-janvier. La marine française en a détruit 13 pour sa part (6 par patrouilles, 3 par le *Siroco*, 1 par l'*Adroit*, 1 par l'*Amiral-Mouchez*, 1 par le *Commandant-Dubosc*, 1 par le torpilleur *Simoun*).

La guerre de mine

D'autres engins que le sous-marin ont manifesté une vitalité encore plus intense que dans la dernière guerre et imprimé aux opérations navales actuelles un cachet d'originalité marquée : ce sont la mine et l'avion.

La mine a fait, dans la guerre actuelle, qui est, sur terre comme sur mer, avant tout guerre de position, une rentrée sensationnelle (1). Elle avait déjà révélé sa redoutable efficacité pendant les opérations de 1914 à 1918 : 300 000 mines avaient été mouillées, entraînant la perte de plus d'un million de tonnes de toute nationalité, parmi lesquels de puissants navires de guerre comme les bâtiments de ligne ou croiseurs britanniques *Audacious*, *Edvard-VII*, *Russell*, *Hampshire*, le croiseur français *Kléber*.

Les Allemands ne se sont plus, cette fois, contentés de leur excellente mine de contact, dénommée la mine E, initiale du mot *Ei* (œuf), explicable par la forme ovoïde de l'engin, trop facile, selon eux, à draguer, grâce à un instrument approprié comme l'ingénieuse drague française *Ronarc'h*. Ils ont, pendant des années de sournoise préparation, créé secrètement un engin rappelant l'ancienne torpille de bloéus, posé sur le fond, mais doté d'un dispositif magnétique de mise à feu déterminant automatiquement l'explosion au moment du passage de la masse de

fer d'un navire dans son champ d'action. Ils la confièrent, non plus seulement à des sous-marins, spécialement équipés pour ce genre de mouillage, mais encore à des hydravions, envoyés, par les nuits suffisamment claires, à la surface de l'eau, où ils les lâchent d'une faible altitude et, souvent, avec l'aide de parachutes spéciaux. Il semble, par les sombres prophéties des discours du Führer lui-même, que les dirigeants du Reich n'attendaient rien moins que l'écroulement de l'Empire britannique même, de l'emploi de cet engin inédit. Il n'est point, dans l'histoire militaire ou navale, d'arme nouvelle qui ne provoque la recherche et la découverte d'un antidote. Après les premiers succès de surprise, les Allemands se sont heurtés à la parade technique immédiatement déclenchée par les amirautés britannique et française. Les mines magnétiques draguées grâce à des dispositifs nouveaux et, du reste, uniquement susceptibles de menacer les côtes et les estuaires à faibles fonds, ont vu, en ces dernières semaines, leur efficacité grandement réduite, en dépit de l'énorme effort déployé par la direction des forces armées allemandes.

La mine ne joue, du reste, pas uniquement en faveur de l'assaillant. Elle possède une valeur défensive énorme. Pour parer aux menaces qu'avaient déjà fait peser sur les côtes britanniques les raids de croiseurs de bataille et de bâtiments légers, au cours de 1914, et contre le « shipping » de la côte orientale d'Angleterre, dont il assure le ravitaillement en charbon et en matières premières, l'Amirauté de Londres a, en effet, pris la décision de protéger toute la côte orientale de Grande-Bretagne, depuis l'Ecosse jusqu'à l'embouchure de la Tamise, par un barrage d'une largeur d'une trentaine de milles qui rappelle, par ses gigantesques proportions, le barrage tendu, en 1918, par la marine anglo-américaine au travers de la mer du Nord, depuis les Shetland jusqu'à la Norvège septentrionale. Ce barrage complète celui qu'avait fait mouiller, dès le début de la guerre, l'Amirauté britannique, pour interdire la Baie allemande à la navigation germanique. Cette barrière nouvelle a l'avantage d'être située hors de la portée des dragueurs de Wilhelmshafen et Heligoland. Elle permet de canaliser la navigation, qui aboutit aux estuaires britanniques et aux zones focales du trafic, sur des chenaux bien protégés par toutes les ressources de la défense des côtes, depuis le canon de batterie fixe, jusqu'à l'escadrille de patrouille, et l'avion de chasse.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 271, page 51

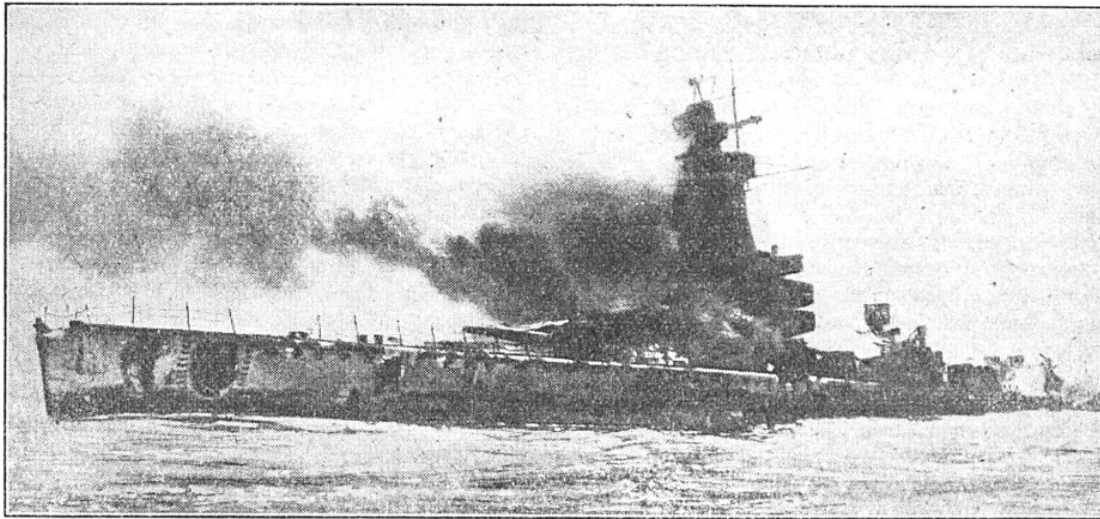
La menace aéronavale

Contre la navigation marchande, dorénavant groupée en convois bien disciplinés et gardés, l'Amirauté allemande a, de plus en plus, employé un moyen d'offensive qui n'avait fait qu'une timide apparition au cours de la guerre de 1914-1918. C'est l'avion, et surtout le grand hydravion multi-moteurs à vaste rayon d'action, parti des bases allemandes de Sylt et de Borkum.

Aux raids magnifiques et parfaitement corrects lancés par les Anglais dès le début des opérations contre les bases militaires

truire deux. Après avoir essuyé un tir nourri de D. C. A., à faible portée, les appareils allemands franchirent le barrage, lâchèrent une bombe sur l'un des bateaux ; le convoi se dispersa en zig-zags ; les aviateurs revinrent à la charge, à l'arrière du convoi, et finirent par être refoulés par des chasseurs britanniques.

Au cours de différentes autres offensives aériennes, les Allemands ne reculèrent point devant les pires atrocités, mitraillèrent, en piqué, les embarcations de sauvetage, après avoir bombardé les ponts des navires. C'est, selon la juste remarque du *Times*, la « bar-



(55 289)

FIG. 5. — L'ÉPAVE FUMANTE DE L'ADMIRAL-GRAF-SPEE SABORDÉ AU LARGE DE MONTEVIDEO

ennemies, notamment contre Brunsbüttel, Heligoland et Sylt, — objectifs purement militaires — les Allemands ont répliqué, en effet, par des offensives multiples contre les Shetland, le Firth of Forth, et surtout, en ces dernières semaines, contre toute navigation de commerce, britannique et neutre, se dirigeant vers les ports anglais, sans parler de la pêche la plus pacifique et la plus modestement côtière.

Il semble que nous assistions à l'élaboration méthodique d'une technique de l'attaque à la bombe et à la mitrailleuse, du cargo en convoi, du chalutier isolé, voire du bateau-phare, sauveur des bateaux en perdition, par gros temps, de nuit. Le raid du 8 février paraît, à cet égard, un modèle du genre. Il ne dura guère moins de deux heures. En cinq attaques successives, les hydravions allemands piquèrent, du haut des nuages, sur un convoi de 20 navires marchands et, après de multiples efforts, réussirent à en dé-

barier du sauvage résolu, tel un chien enragé, à déchirer tout ce qui se trouve à sa portée ».

La guerre navale

Le but poursuivi par l'Allemagne par sous-marin et, plus récemment, par avion est des plus nets : il s'agit d'opposer au blocus britannique un contre-blocus, d'isoler la Grande-Bretagne du reste du monde, de terroriser la navigation neutre, susceptible de la ravitailler. La presse officielle allemande a été, à cet égard, des plus catégorique : « Jusqu'ici, écrit la *Deutsche Allgemeine Zeitung*, au début du mois de février, seuls ont été traités en ennemis les navires naviguant dans un convoi ennemi ; maintenant, l'Allemagne réclame le droit d'appliquer le même traitement à la navigation neutre dans les eaux territoriales d'un pays ennemi, par mines ou torpilles, et sans avertissement. Ils sont sur un théâtre de guerre, tout comme une auto qui circulerait entre

la ligne Maginot et la ligne Siegfried. »

Il s'agit donc bien, selon l'aveu même d'un critique germanique des plus autorisés, l'amiral Gadow, d'une guérilla acharnée menée contre la Grande-Bretagne.

C'est elle qui donne à toute la guerre navale de 1940 son caractère fondamental. Les actions de guerre proprement dites, si intéressantes soient-elles, restent rares et sporadiques. A l'actif de la marine du Reich, on peut, cependant, inscrire d'audacieux faits d'armes, comme le coup porté, dès le 18 septembre, au porte-avions *Courageous*, au moment où, au cours d'une reconnaissance de protection du trafic, il venait au vent pour faire atterrir ses avions ; ou, le 14 octobre, comme la destruction du vieux cuirassé *Royal Oak*, de la classe des *Royal Sovereign*, refondu en 1934-1936, engloutissant 810 hommes, en rade de Scapa-Flow, par un sous-marin allemand qui s'était glissé, à la suite d'un navire anglais, dans l'une des passes d'accès de la célèbre base de la *Grand Fleet*, encore insuffisamment organisée.

La marine britannique a vigoureusement réagi. Ses sous-marins ont, eux aussi, pénétré dans les rades ou parages les mieux défendus de l'adversaire, au fond même du fameux « triangle humide », constitué par la baie d'Heligoland. Si, à la fin de décembre, un dreadnought de la classe *Queen Elizabeth* a été frappé, du reste légèrement, dans l'un de ses *bulges* par une torpille de sous-marin, la mise hors service momentanée de cette importante unité a été plus que compensée par les résultats obtenus par l'audace des sous-marins britanniques. L'un d'eux avait aperçu, dans le courant de décembre, le grand transatlantique *Bremen*, qui, de retour d'Amérique par les eaux arctiques et Mourmansk, se glissait le long des côtes norvégiennes, à la faveur des eaux territoriales. Il l'épargna correctement, puisqu'il avait à son bord des passagers civils, mais il torpilla, le même jour, le sous-marin qui l'escortait et avaria un petit croiseur de 6 000 tonnes.

Un autre croiseur de la même série, le *Koeln*, fut coulé au milieu d'un essaim de patrouilleurs allemands, à l'embouchure

même de l'Elbe, avec une audace inouïe, par le sous-marin *Ursula*. Un second, le *Salmon*, avaria gravement un croiseur « lourd » de 10 000 t, coup d'autant plus rude pour la marine allemande, qu'elle ne possède plus en service qu'une seule de ces précieuses unités neuves, l'*Admiral Hipper*. Actuellement, le corps de bataille allemand est des plus maigres. Il ne comprend plus que 2 et peut-être même 1 seul cuirassé de poche de 10 000 t, de la classe *Deutschland*, les deux *Scharnhorst* et *Gneisenau*, de 26 000 t. Ceci n'implique d'ailleurs pas que l'Allemagne renonce définitivement à la guerre d'escadre. Elle poursuit l'armement de ses deux premiers cuirassés de 35 000 t, le *Bismarck* et le *Tirpitz*, qui seront probablement parés dans le courant de cette année ; elle a récemment lancé le cuirassé *H*, dont le tonnage ne sera pas inférieur à 41 000 t ; un autre le suivra peut-être bientôt. Mais ce gros de navires de ligne se heurterait à l'écrasante supériorité anglo-française, accrue, dès cette année, par la mise en service du *Richelieu* français et des deux premiers de la classe des cinq *George V* britanniques.

Cette vue, à vol d'hydravion, de l'activité maritime des Alliés, en ces six premiers mois, ne doit pas laisser dans l'ombre l'admirable vaillance des équipages de toutes les forces navales, britanniques ou françaises, de guerre ou de commerce. Les noms de l'*Ursula* et du *Sirocco* sont familiers aux hommes de la rue, de Paris et de la Cité. Les pêcheurs de nos chalutiers, de nos escorteurs et des dragueurs anglais des mines magnétiques courent, souvent, bord contre bord, les mêmes périls et servent la même cause.

Les Allemands ont déjà perdu la guerre sur mer. Leur guerre sous-marine a échoué ; la mine magnétique a fait fiasco. Le blocus, tenu par les deux marines, resserre chaque jour son impitoyable étreinte. La guerre de course a été interrompue par l'ignominieuse disparition de l'*Admiral-Graf-Spee* (1).

Les Alliés ont donc acquis, en ces six premiers mois d'opérations, la maîtrise des mers : elle leur donnera la victoire.

EDMOND DELAGE.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 272, page 103.

La fabrication des poudres en temps de guerre exige des quantités considérables d'acide sulfurique. Les besoins annuels de l'Allemagne ont pu être estimés à 1 600 000 t, alors que l'extraction de ses pyrites n'en fournit guère que 100 000. Cette situation explique en partie la pression exercée sur les pays scandinaves par l'Allemagne et les efforts qu'elle déploie pour utiliser toutes ses ressources naturelles et notamment récupérer le soufre des gaz de carbonisation de la houille.

L'AVION DE CHASSE

D'AUJOURD'HUI ET DE DEMAIN :

VITESSE, MANIABILITE, PUISSANCE DE FEU

Par René MAURER

MALGRÉ les prouesses des aviateurs de bombardement, réduits d'ailleurs pour le moment à des missions, fructueuses du reste, de reconnaissance lointaine, il est certain que l'aviateur de chasse garde auprès des masses toute l'auréole qui entourait jadis les grands noms prestigieux.

Quelles que soient les indéniables qualités qui sont nécessaires au pilote de chasse, il bénéficie, en effet, de tout le prestige qui a toujours entouré celui qui combat, vainc ou meurt seul, en combat presque singulier, alors que dans la guerre actuelle, et même pendant la précédente, la bataille est toujours plus ou moins œuvre collective, dont la complexité même étouffe les héros individuels.

Certes, n'est pas pilote, et surtout grand pilote de chasse qui veut. L'arme employée, en l'espèce l'appareil tout entier, compte pour beaucoup dans le succès, et nul ne peut prétendre aux victoires répétées s'il n'a dans les mains l'instrument adapté à sa virtuosité propre. Nous allons tenter de définir cet instrument et de montrer comment il évolua pour aboutir aux merveilles actuelles, et cela dans ses parties principales : la cellule, le moteur et l'armement.

Naissance et jeunesse de l'aviation de chasse : l'autre guerre

On peut dire qu'en 1914, la chasse n'existait pas. Les premiers appareils n'étaient que des avions en état de voler, assez péniblement d'ailleurs : ils n'étaient pas des engins de guerre, mais seulement des appareils propres à transporter un homme dans le ciel. La chasse est née le jour, tout proche du début de la guerre d'ailleurs, où le premier avion allemand fut abattu d'un coup de mousqueton.

Le progrès fut rapide. Devant la difficulté de confier à un seul homme le pilotage et le tir d'une arme mobile, on eut bien vite l'idée de fixer une mitrailleuse quelque part sur l'avion lui-même et de se servir de celui-ci comme d'un affût mobile pour pointer

l'arme. Ce fut d'abord l'époque de la mitrailleuse fixée sous l'aile d'un avion parasol, pour que son tir pût éviter l'hélice sans que pourtant l'arme fût hors de portée du pilote, précaution judicieuse au temps où la mitrailleuse n'était certes pas un engin de tout repos.

Puis vint l'invention de Garros, la mitrailleuse qui tirait à travers l'hélice, simplement protégée au droit du canon par un léger blindage sur lequel ricochait sans dommage la balle qui touchait une pale. Bien vite, vint l'idée de synchroniser le mécanisme de l'arme avec la rotation de l'hélice pour que la rencontre d'une balle et d'une pale devienne impossible. On ne se doute guère, à l'heure actuelle, des difficultés alors rencontrées et du temps qu'il fallut, après la première réalisation de Saulnier, pour mettre au point, dans les différentes armées, cette synchronisation du tir à travers l'hélice.

Et puis, un jour, Hispano réussit un moteur démultiplié qui répondait à la demande instantanée du S. T. Aé d'alors, d'une hélice tournant moins vite que le moteur à son régime optimum.

De ce fait, l'arbre secondaire, celui de l'hélice, se trouvait relevé jusqu'à la partie vide du moteur en V, et tout de suite on pensa à forer cet arbre pour y enfiler le canon d'une mitrailleuse. L'arme pouvait alors tirer à sa pleine cadence sans autre précaution. De plus, fixée rigidement au moteur, la mitrailleuse bénéficiait de ce supplément de masse, et les réactions sur le fuselage en étaient fort diminuées.

Ce simple fait permit, un jour, de remplacer la mitrailleuse par le petit canon de 37 mm, dont venait de se doter l'infanterie française. Le premier moteur-canon était né — nous étions alors en 1917 — et Guyonmer lui doit ses derniers et plus grands succès. L'arme était peu puissante, et son tir, coup par coup, plutôt lent. Il ne pouvait être question de tirer quelques rares obus, et sa munition fut alors une simple boîte à mitraille. Mais, tirée à 50 mètres, la gerbe

était assez large et dense pour que l'effet en fût meurtrier, et c'est Nungesser, croyons-nous, qui appela cet embryon de canon une « arme d'assassinat ».

Parallèlement, la densité du feu s'était accrue pour les mitrailleuses en les jumelant, de part et d'autre du capot, avec synchronisation, bien entendu.

On peut voir qu'au point de vue de l'armement de l'avion de chasse, tout était trouvé : mitrailleuses d'ailes, synchronisation et jumelage pour tir à travers l'hélice, moteur-canon. Il n'y a, de ce côté, plus rien de nouveau que des perfectionnements multiples.

Dans le domaine de l'avion lui-même, c'est toute la technique aéronautique qu'il faudrait évoquer.

Disons seulement qu'à la fin des hostilités la formule de l'avion de chasse était déjà fixée et si bien définie, sous la pression des nécessités de guerre, qu'elle n'a presque plus évolué.

Entre les deux guerres, les progrès ont été ceux mêmes de toute l'aviation : affinement des planeurs, modes de construction alliant la robustesse à la légèreté, avènement des dispositifs hypersustentateurs qui a permis l'augmentation des charges alaires à des avions qui, par essence, ne s'allègent presque pas en service, et surtout amélioration des moteurs.

Nous n'insisterons pas sur cette période de transition (1), pour en venir tout de suite à l'état actuel de l'aviation de chasse au début de cette guerre et pour essayer ensuite d'en dégager les tendances du moment.

L'avion de chasse d'aujourd'hui

Plus qu'aucun autre appareil aérien, l'avion de chasse forme un tout, et il est difficile de séparer la partie motrice de la voilure et même de l'armement. Au reste, le monoplace de chasse n'est, en somme, que l'avion des records de vitesse adapté au service de guerre. Et cela est si vrai que le record de vitesse pure est revenu, depuis un an déjà, à des avions qui ne sont autres que des avions de chasse allemands spécialement dopés pour cette courte épreuve.

C'est dire que l'avion de chasse utilisera les plus puissants moteurs du moment et qu'on s'efforcera de lui conserver toute la finesse compatible avec son emploi militaire. Nous avons dit compatible, car les récentes mésaventures du Messerschmitt Bf 109 montrent qu'il ne faut d'excès en rien.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 266, page 104.

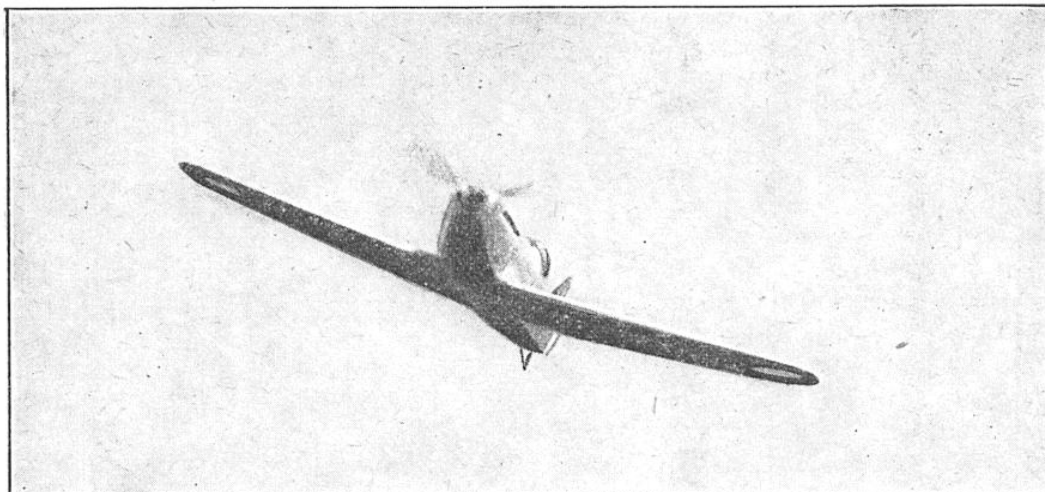
Que demande-t-on, en effet, au monoplace de chasse ? La réponse à cette question tient en peu de mots : attaquer et descendre aux moindres frais tous les types d'avions ennemis, y compris les chasseurs eux-mêmes, en se tirant soi-même au mieux de la bagarre. Pour attaquer, il faut d'abord *rejoindre* : d'où vitesse et encore vitesse, aussi bien en vol horizontal qu'en montée. Mais, pour attaquer avec fruit et en s'exposant soi-même le moins possible, il faut aussi pouvoir *évoluer*. Entendons bien qu'il faut évoluer autour d'ennemis qui ont la même vitesse ou une vitesse de fuite peu inférieure à la vôtre propre. L'avion de chasse sera donc *maniable*, capable des évolutions les plus serrées que puisse supporter l'organisme humain.

Cette maniabilité est d'autant plus nécessaire que l'ennemi va réagir, soit en évoluant lui-même s'il en est capable, soit en ouvrant le feu s'il est assez armé.

La rapidité même des combattants aériens et leurs facultés évolutives réduisent à quelques secondes le délai pendant lequel le chasseur est en situation de tirer efficacement. Il convient donc que, pendant ce temps extrêmement court, la densité possible du feu soit accrue jusqu'à l'extrême, d'où la nécessité d'un armement multiple exécutant un tir convergent. Il est non moins nécessaire que les touches réalisées sur l'adversaire soient aussi dangereuses que possible pour que la mise hors de combat soit assurée, ce qui entraîne l'emploi d'armes puissantes, tirant des projectiles explosifs à effets instantanés aussi bien qu'étendus.

Bien entendu, l'extrême mobilité relative du tireur et du but commande l'emploi de corrections de pointage importantes, ce qui rend au plus haut degré utile la présence d'appareils correcteurs automatiques suppléant au coup d'œil instinctif, mais rare, des grands chasseurs de race. Cette utilité sera d'autant plus marquée que l'on emploiera des armes plus puissantes permettant une ouverture de feu efficace plus lointaine.

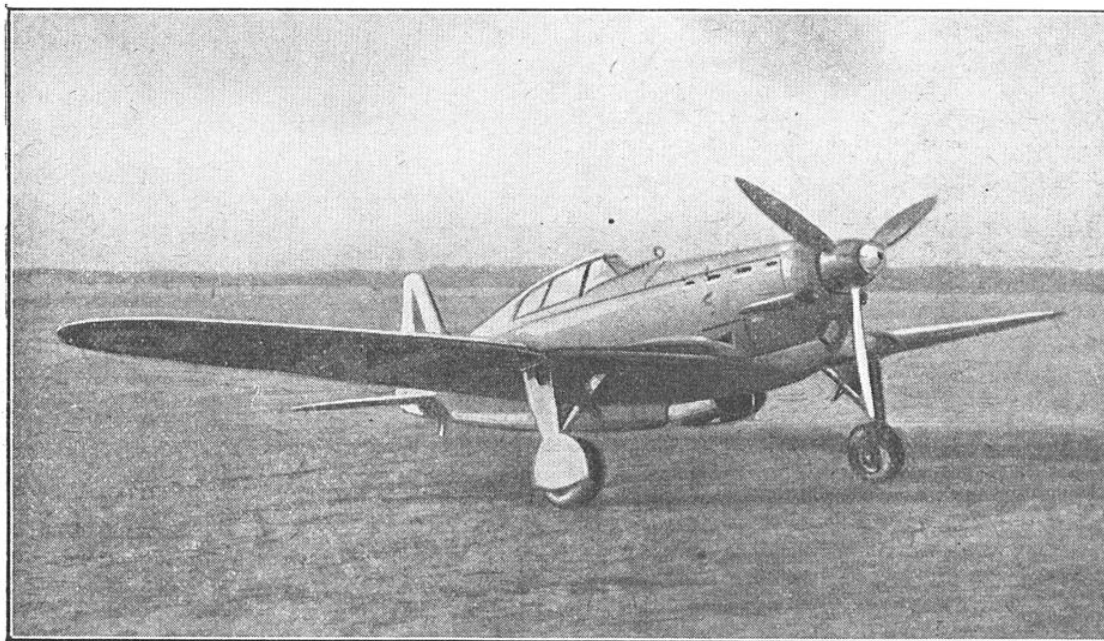
Le chasseur devra opérer dans des conditions particulièrement dures, aussi bien pour l'appareil que pour le pilote. Les qualités même de vitesse ascensionnelle, de plafond et d'accélération en tous sens, qui sont le propre de l'avion de chasse, mettent les organismes mécaniques et vivants à la plus rude épreuve. Si l'avion doit pouvoir supporter sans défaillance les plus dures ressources et son moteur fonctionner dans toutes les positions, le pilote doit pouvoir supporter l'altitude et ses brusques varia-



(57 902)

FIG. 1. — LE MONOPLANE FRANÇAIS DEWOITINE « D. 520 »

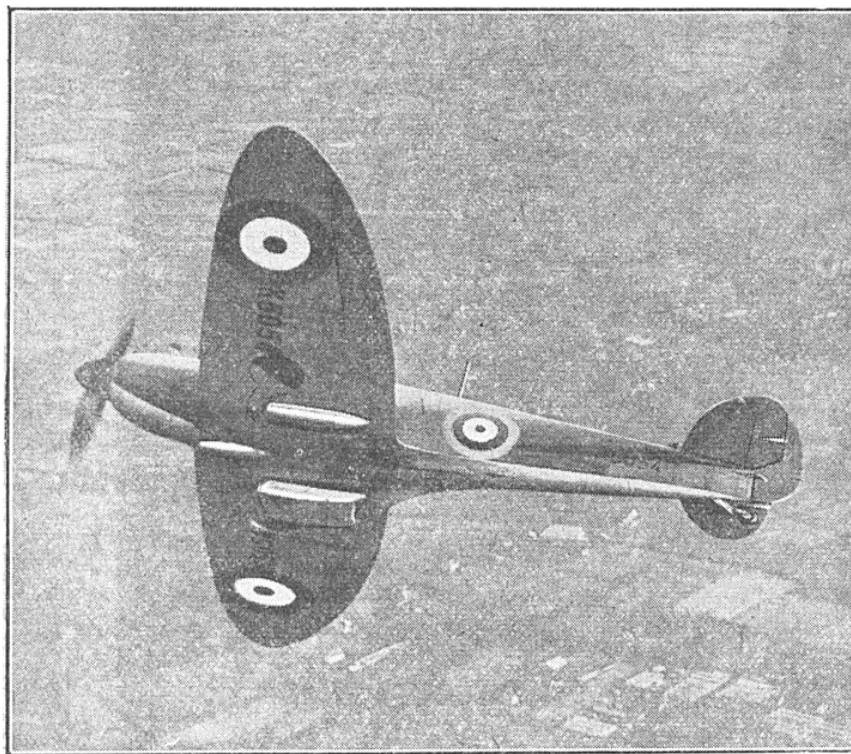
Le secret de la défense nationale ne nous permet pas de décrire ce remarquable avion de chasse. Qu'il nous suffise de dire que c'est un appareil métallique à revêtement travaillant, spécialement conçu en vue de la construction de série. Il est, comme le Morane 406, équipé d'un moteur-canon Hispano-Suiza 12 Y 31 de 910 ch et de deux mitrailleuses. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 10,20 m; longueur, 8,24 m; hauteur, 2,60 m; poids en ordre de vol, 2 200 kg; charge au m², 158 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 530 km/h à 4 000 m; montée à 4 000 m en 3 mn 58 s; plafond, 10 500 m; autonomie, non publiée.



(57 899)

FIG. 2. — LE MONOPLANE FRANÇAIS MORANE 406

Utilisé jusqu'ici par la France depuis le début des hostilités, cet appareil a manifesté une indiscutable supériorité sur ses rivaux; cette supériorité est due à une maniabilité remarquable, qui lui permet toute la gamme des exercices de haute école, à une très grande vitesse ascensionnelle et enfin à la présence d'un moteur-canon (le seul fonctionnant bien à l'heure actuelle), qui lui permet d'ouvrir le feu avant l'adversaire. Le Morane 406 est un monoplane de construction métallique dont le revêtement est en plymax pour les ailes, en toile et alliage léger pour le fuselage. L'appareil est équipé pour les vols de nuit et le pilotage sans visibilité. L'armement comprend un canon de 20 mm installé dans l'arbre moteur et deux mitrailleuses d'aile tirant hors du champ de l'hélice. Le train d'atterrissage s'escamote vers l'intérieur dans l'intrados de l'aile. Le moteur est un Hispano-Suiza 12 Y 31 de 860 ch, actionnant une hélice tripale à pas variable et vitesse constante; le radiateur, à l'éthanol, est rétractable. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 10,62 m; longueur, 8,20 m; hauteur, 3,25 m; poids en ordre de vol, 2 400 kg; charge au m², 152,5 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 500 km/h à 4 000 m; montée à 8 000 m en 15 mn; plafond, 11 000 m; rayon d'action, 1 160 km.



(57 907)

FIG. 3. — LE MONOPLANE BRITANNIQUE SUPERMARINE « SPITFIRE »

Cet appareil, construit en très grandes séries pour la R. A. F., est dû à l'auteur des hydravions gagnants de la Coupe Schneider. C'est un monoplan exceptionnellement rapide et relativement peu chargé au mètre carré. Il est construit en alliage léger ; son revêtement est travaillant avec rivets à tête noyée. L'appareil est équipé pour les vols de nuit et le pilotage sans visibilité. L'armement comprend huit mitrailleuses installées dans l'aile, hors du champ de l'hélice. Le moteur est un Rolls-Royce « Merlin » II de 1 050 ch avec système d'échappement propulsif ; pour pallier le couple de renversement du groupe moteur, le radiateur est disposé sous l'aile droite, au delà de la jambe du train ; l'hélice est soit une bipale en bois à pas fixe, soit une tripale métallique à pas variable. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 11,25 m ; longueur, 9,15 m ; poids en ordre de vol, 2 655 kg ; charge au m², 118 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum avec hélice à pas fixe, 581 km/h à 5 640 m ; vitesse maximum avec hélice à pas variable, 590 km/h ; montée à 3 355 m en 4 mn 48 s ; autonomie, 3 h 35 mn ; ajoutons que tous les exemplaires sont essayés en piqué entre 800 et 850 km/h et qu'un « Spitfire spécial » de recherche atteint environ 700 km/h en vol horizontal.

tions. Un équipement adéquat s'impose.

Contre l'influence nocive des accélérations, et particulièrement contre celles dues à l'effet centrifuge, aucune intervention matérielle n'est possible. Contre l'effet des basses températures, l'emploi généralisé des équipements chauffants donne à présent une défense complète.

Les inhalateurs d'oxygène, après de laborieux débuts au cours de la précédente guerre, sont maintenant d'usage courant, et les vols à 8 000 m et au-dessus sont fréquents. Il faut cependant observer que l'aviation de chasse, dont les altitudes de vol varient constamment et très rapidement, soumet les pilotes à un régime physiologique exceptionnellement sévère.

Enfin, le temps n'est plus où les pa-

trouilles opéraient à vue en communiquant par simples signaux de bras ou d'ailes. La chasse doit pouvoir être dirigée de terre, et les évolutions réglées, tout au moins au début de l'attaque, par le chef d'escadrille. La radio, si largement utilisée par l'aviation, sera donc présente à bord et sous sa forme la plus maniable, la téléphonie.

On voit donc à quelle complication de données initiales on parvient pour approcher de la perfection possible du moment et quelles difficultés on rencontre pour tout condenser harmonieusement, autour d'un unique opérateur, et pour arriver à ces merveilles modernes que sont les avions de chasse d'aujourd'hui.

Le problème général étant ainsi posé, nous pouvons maintenant

aborder l'examen des dernières réalisations qui montrera jusqu'à quel degré les conditions indiquées ont pu être remplies.

Les moteurs

Dans l'intervalle des deux guerres, des progrès considérables ont été effectués, surtout en ce qui concerne les puissances réalisées. Les besoins de l'aviation civile entrent évidemment pour beaucoup dans cette augmentation qui coïncidait d'ailleurs avec la réduction de la consommation, conditions indispensables à la réalisation des grands rayons d'action.

Un autre élément est intervenu pour intensifier les recherches relatives aux moteurs : la course aux différents records, considérée comme une utile réclame na-

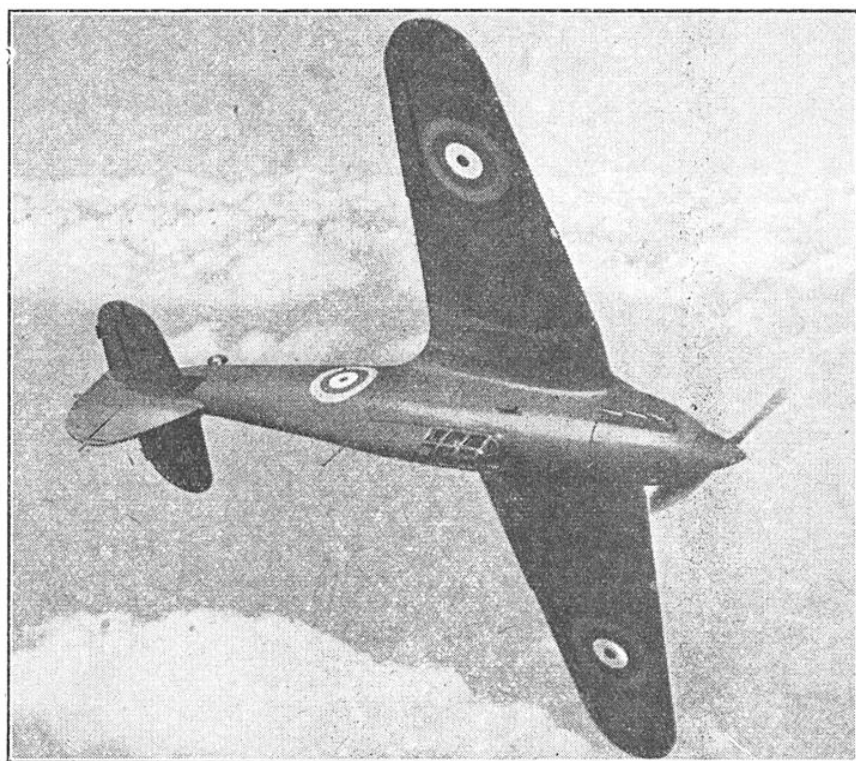
tionale et industrielle.

On a pu assister ainsi à une amélioration progressive des moteurs, de leurs accessoires et des carburants employés. Peu à peu, la puissance par litre de cylindrée s'accroissait sans que la sécurité de fonctionnement en fût affectée. Mais conjointement les organes accessoires s'adaptaient aux conditions de fonctionnement qu'imposaient les nouvelles performances réalisables. C'est ainsi que le carburateur, organe primitivement simple, se compliquait des dispositifs nécessaires à réaliser, à tous les régimes, à toutes les altitudes et en toutes circonstances, la composition optimum du mélange carburé, et cela automatiquement en fonction de la vitesse de régime, de la pression exté-

rieure et de la pression d'admission, l'intervention du pilote se bornant, sauf le cas exceptionnel du décollage en surpuissance momentanée, à accélérer ou ralentir la vitesse.

Le vieux carburateur, fabricant un mélange carburé avant l'introduction dans les cylindres, malgré tous ses perfectionnements, est actuellement menacé par l'injection directe dérivée du mode d'alimentation du Diesel. Depuis quelques années, des essais se poursuivent en cette direction, grandement facilités, du reste, par la mise au point pour le Diesel des pompes réglables nécessaires. Le dosage de carburant ainsi réalisé mécaniquement est toujours plus précis que celui que donne la simple dépression, même très bien contrôlée. A puissance égale, la consommation s'est avérée inférieure.

Dès à présent, on sait avec certitude que



(57 909)

FIG. 4. — LE MONOPLANE BRITANNIQUE HAWKER « HURRICANE »

Ce chasseur, commandé en grande quantité par l'Air Ministry, est le premier monoplan construit par Hawker. C'est un appareil à aile basse cantilever de construction entièrement métallique avec revêtement par entoilage. Le poste de pilotage, installé au-dessus du longeron arrière de l'aile, est recouvert d'un toit coulissant vitré et équipé d'un inhalateur d'oxygène, d'un appareil radio complet, de tubes lance-fusées et d'un appareillage pour les vols de nuit. L'armement comprend huit mitrailleuses, installées dans l'aile par groupes de quatre et tirant hors du champ de l'hélice. Le train d'atterrissage s'escamote latéralement vers l'intérieur dans la partie centrale de l'aile. Le moteur est un Rolls-Royce « Merlin » 11 de 1 050 ch en V, avec système d'échappement propulsif ; il actionne une hélice bipale en bois. Le radiateur à liquide est monté sous le fuselage. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 12,20 m ; longueur, 9,58 m ; poids en ordre de vol, 2 720 kg ; charge au m², 127,6 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 545 km/h à 5 000 m ; montée à 3 000 m en 4 mn ; plafond, 12 000 m ; rayon d'action, 1 300 km.

Mercedes-Benz a recours à l'injection, dont l'emploi est également probable, mais non certain, sur le moteur Allison.

Dès ce moment, le simple compromis que l'on tolérait pendant la précédente guerre pour aboutir à la détermination d'une hélice à pas fixe répondant à des conditions moyennes de vol, se révélait franchement insuffisant. Chacun sait que, pour un moteur donné, il conviendrait que le pas et le diamètre de l'hélice s'accrussent avec l'altitude de vol correspondant à une densité de de l'air de plus en plus réduite. La variation du diamètre n'a pu encore être réalisée. Par contre, l'hélice à pas variable a, dès le début de la guerre, droit de cité. La variation a d'abord été discontinuë, puis continue, mais sous la dépendance du pilote ; puis sont nées les hélices à pas automati-

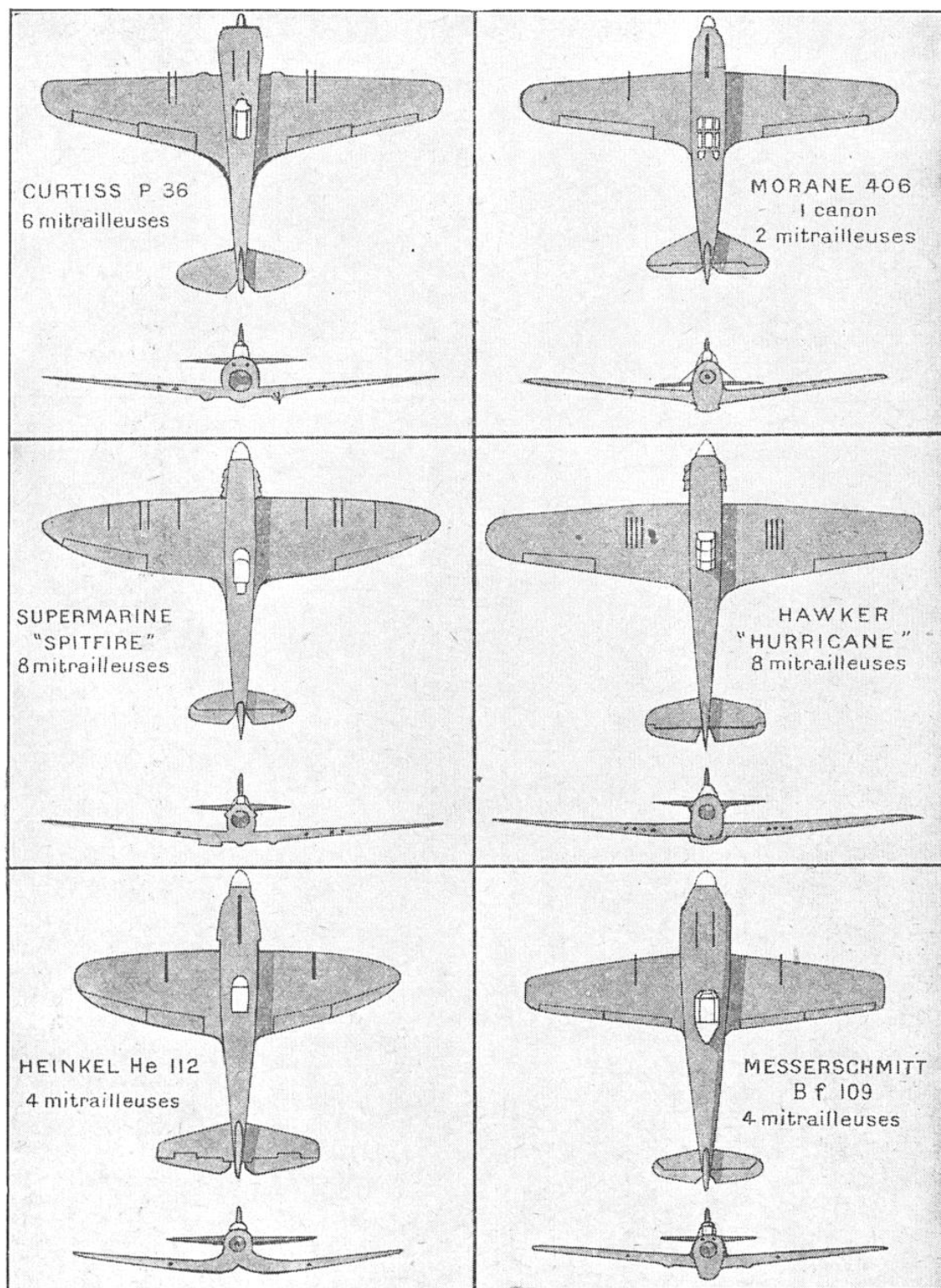


FIG. 5. — LES SILHOUETTES VUES EN PLAN ET DE FACE DES APPAREILS DE CHASSE FRANÇAIS, ANGLAIS ET ALLEMANDS ACTUELLEMENT EN PRÉSENCE SUR LE FRONT

quement variable (Hamilton-Standard à régime constant), la variation allant jusqu'à la « mise en drapeau » (pales complètement effacées) et même jusqu'au pas négatif qui commence à être utilisé (Curtiss, Ratier).

C'est encore en considération du rendement de l'hélice que s'est développé l'emploi du réducteur de vitesse qui permet d'accorder au mieux le régime de rotation optimum du moteur employé avec celui qui, à une altitude donnée, convient le mieux à l'hélice. Il est à noter que c'est justement la présence dudit réducteur qui a permis, dans certains cas, de réaliser simplement le tir par le moyeu.

Bien entendu, tous les accessoires du moteur — et ils sont nombreux — se sont peu à peu perfectionnés au point qu'à l'heure présente le fonctionnement en paraît vraiment satisfaisant. Les pannes d'allumage ont à peu près disparu, et c'est maintenant le moteur qui, sous des formes variées, électrique, pneumatique ou hydraulique, fournit l'énergie nécessaire aux multiples commandes qui incombent au seul pilote, y compris celle des armes automatiques disposées dans les ailes hors de sa portée, ainsi que la manœuvre assez pénible des trains de roues escamotables, lesquels tendent à devenir la règle.

La recherche de la plus grande vitesse à haute altitude a conduit à l'emploi presque généralisé du compresseur, et la plupart des avions de chasse actuels « rétablissent » leur puissance normale vers 4 000 m au moins. Les compresseurs à deux vitesses, permettant un meilleur réglage et notamment le « gavage » au départ, commencent à entrer en service courant sur le « Jumo » et le « Merlin R R X », par exemple.

La course à la puissance, alliée à la légèreté, a contribué à l'amélioration marquée des carburants dont « l'indice d'octane » (1) dépasse maintenant 87 et tend vers 100. Cet emploi de carburants spéciaux est d'ailleurs moins onéreux pour l'aviation de chasse, dont les unités sont relativement moins grosses mangeuses que celles du bombardement. La possibilité de s'approvisionner avec une relative facilité de ces carburants de luxe constitue une réelle supériorité pour les alliés, alors que l'Allemagne a les plus grandes peines à les obtenir. L'absence de ces carburants, devenus nécessaires à

(1) On dit qu'un carburant a un indice d'octane déterminé lorsque sa résistance à la détonation est la même que celle d'un mélange d'heptane (très détonant) et d'isooctane (très peu détonant), où le pourcentage de ce dernier est précisément égal à l'indice considéré.

l'alimentation des moteurs très poussés en usage, a d'ailleurs été invoquée pour expliquer certains de ses récents déboires.

On peut remarquer sur les figures jointes que l'équilibre tend à s'établir entre les moteurs en étoile refroidis par l'air et les moteurs en V refroidis par liquide. La recherche toujours plus active de l'affinement des formes, malgré une constante augmentation de puissance, milite, en effet, en faveur du moteur à cylindres alignés dont, à puissance égale, la section est toujours plus réduite.

Fort sagement, les grands constructeurs américains, Pratt and Whitney et Wright, ont limité la réduction du diamètre de leur moteur pour leur conserver à la fois un bon guidage de piston et une obliquité de bielles admissible. Le diamètre demeure de l'ordre de 1,20 à 1,30 m. Les capots, dérivés des recherches du N. A. C. A., sont bien parvenus à assurer un bon refroidissement, sans excès de résistance. Il n'en est pas moins vrai que les avions équipés de ces moteurs en étoile sont toujours « à nez court », et la finesse générale s'en ressent.

On peut d'ailleurs remarquer que les records de vitesse pure ont toujours été réalisés avec des moteurs refroidis par liquide, que ce soient les Fiat du Macchi de Bernardi et d'Agello, le Rolls-Royce des Supermarine de Stainforth ou les Mercedes-Benz des derniers records allemands d'Udet, Dieterlé et Wendel. Il était donc naturel que l'avion de chasse les utilisât couramment. Les « Hurricane » et « Spitfire » anglais ont des Rolls-Royce « Merlin » II ; le Morane utilise l'Hispano 12 Y 31, et les derniers Heinkel et Messerschmitt sont équipés de Mercedes-Benz DB 601.

Toutefois, l'emploi de ces moteurs à refroidissement par liquide pose le difficile problème du radiateur. Par son essence même, cet organe, que doit traverser un violent courant d'air, ne peut que créer une résistance supplémentaire à l'avancement. Certes, d'importants perfectionnements ont été réalisés, qui réduisent sensiblement cette traînée partielle.

L'emplacement choisi a notamment une importance capitale, ainsi que le capotage qui est maintenant d'usage général. Plusieurs tentatives ont été faites pour enfermer complètement le radiateur dans le fuselage, l'aile, ou le raccord de l'aile, ne laissant plus subsister hors du contour normal de l'avion que les ouïes d'entrée et de sortie. Il n'est pas douteux que là est la solution, difficile d'ailleurs comme le montre la mésaventure

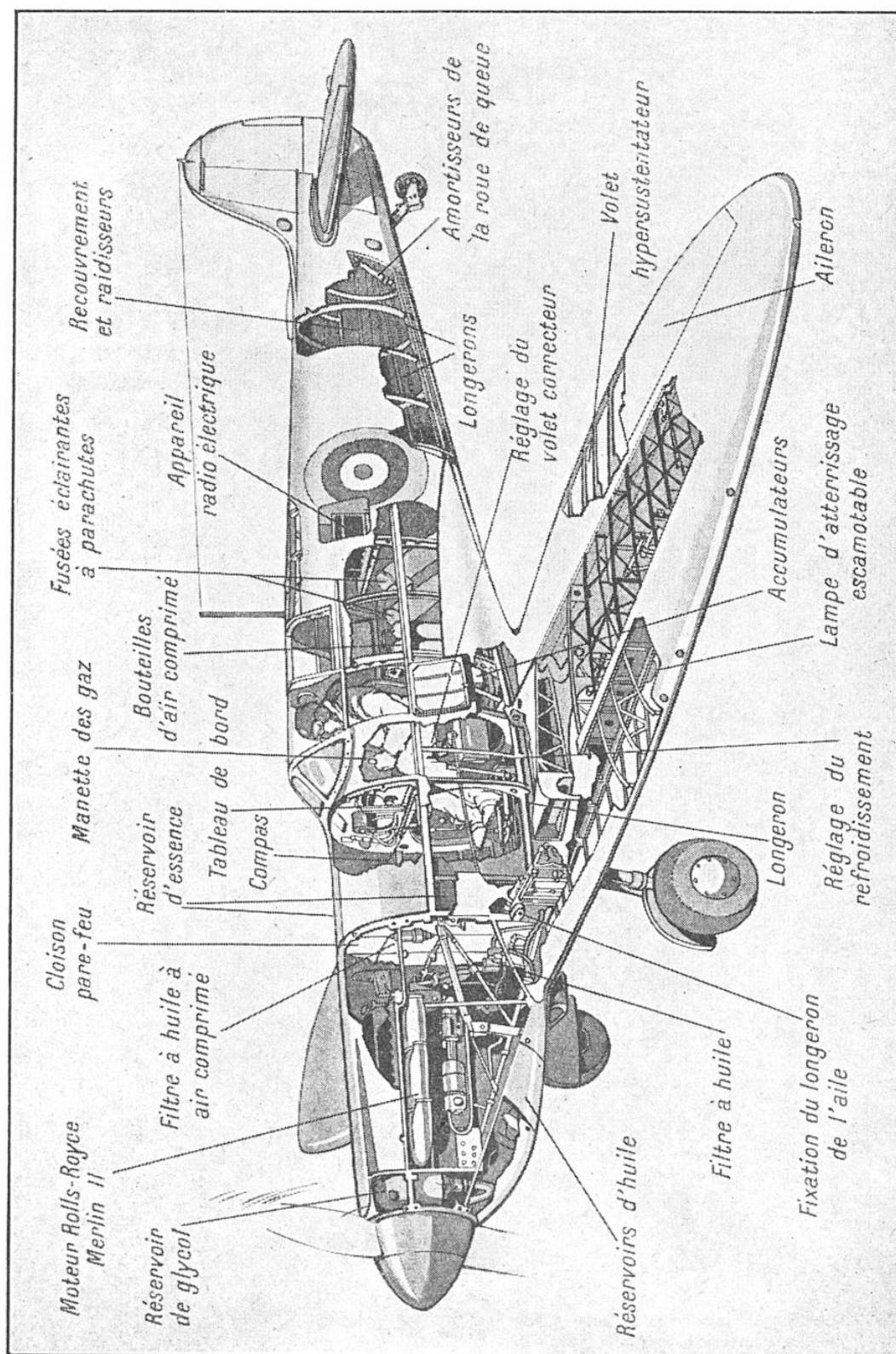


FIG. 6. — VUE EN DEMI-COUPPE DE L'APPAREIL DE CHASSE ANGLAIS SUPERMARINE « SPITFIRE » MONTRANT SES ORGANES PRINCIPAUX

du Curtiss P 37 à moteur Allison, qu'on a dû modifier en P 40 à la suite du mauvais refroidissement dû à un contournement exagéré de la veine d'air.

Toutefois, l'emploi du radiateur complètement capoté avec des dispositions propres à aménager au mieux la vitesse de passage de l'air, paraît devoir s'imposer désormais, et les solutions semblent proches.

L'armement

L'avion de chasse n'est, à bien regarder, qu'un affût volant extrêmement mobile. puisqu'en dernière analyse son unique office est de mettre hors de combat l'adversaire par le seul usage de son feu. C'est pourquoi, plus que sur tout autre engin aérien, l'armement fait partie intégrante de la machine.

A part la tentative ci-dessus rappelée du moteur-canon Hispano du calibre de 37 mm et ne tirant d'ailleurs que des boîtes à mitraille, l'armement de la chasse en 1918 était uniquement composé de mitrailleuses du calibre d'infanterie 8 ou 7,63 mm. Le seul effort réalisé était l'emploi de balles perforantes et de balles traceuses, et les seules difficultés vaincues consistaient à synchroniser le tir à travers l'hélice et à jumeler les armes.

Par la suite, la nécessité se montra d'augmenter en même temps, si possible, la puissance du projectile, la densité du feu et la distance de tir.

Il convient de noter que dans l'armement aérien, comme pour toutes les armes à poudre, l'accroissement de la distance de feu efficace est liée à la durée de trajet, et que cette dernière peut être réduite en agissant, simultanément ou non, sur le coefficient balistique du projectile, c'est-à-dire principalement sur son poids et sur la vitesse initiale. Par ailleurs, il est clair que l'augmentation du poids et du calibre confèrent au projectile un surcroît de puissance destructive, surtout si l'on en profite pour transformer la balle pleine en un obus explosif. Toutefois, on conçoit aisément qu'augmenter à la fois le poids lancé et la vitesse initiale entraîne l'accroissement de la puissance du coup isolé, donc celui du poids de l'arme elle-même et de ses réactions, sans parler du ralentissement de cadence qui en découle normalement. On retrouve ici l'éternel compromis qui caractérise toutes choses de guerre.

De nombreuses et savantes controverses ont vu le jour, pour déterminer s'il vaut mieux, pour un avion de chasse de puissance toujours limitée, envoyer dans le court délai

dont il dispose pour tirer efficacement, un plus grand nombre de balles peu vulnérantes en soi, ou un nombre plus restreint d'obus unitairement dangereux. Sur cette discussion venait se greffer la question de savoir si, pratiquement, l'augmentation de puissance de l'arme permettrait réellement d'ouvrir le feu à plus grande distance.

Il est permis de dire que l'expérience des premiers mois de la guerre laisse la discussion ouverte, sauf, toutefois, en ce qui concerne la condamnation, facile à prévoir, d'ailleurs, de la solution moyenne : trop peu d'armes pas assez puissantes. Mais le « Spit fire » à huit mitrailleuses semble rivaliser avec le Morane à moteur-canon.

Quoi qu'il en soit, le perfectionnement des armes a porté, d'une part, sur l'augmentation de la cadence individuelle, qui dépasse maintenant, pour certaines mitrailleuses de petit calibre, 1 200 coups par minute, et, d'autre part, sur l'accroissement de puissance. Le calibre a été rapidement porté à 13,2 mm par exemple, ce qui donne une intéressante amélioration des qualités balistiques, tension de trajectoire et durée de trajet dans le cas particulier, sans que l'effet du projectile plein soit beaucoup supérieur.

On trouve, au contraire, une très importante amélioration de l'effet vulnérant du coup isolé dès qu'avec les calibres de 20 mm et au-dessus naît la possibilité de tirer un projectile explosif muni d'une fusée instantanée et extra-sensible. Dès lors, chaque impact se traduit par une désagrégation importante de l'organe atteint, dégradation qui, même sur une aile ou un fuselage, peut, si elle est suffisamment étendue, se traduire par la mise hors service, sinon la destruction, de l'avion ennemi.

Encore faut-il, pour ces engins lourds, qu'on décure d'ailleurs un peu abusivement du nom de canon, parvenir à concilier avec la puissance nécessaire du coup isolé une cadence encore suffisante, un poids total — approvisionnement en munitions compris — admissible pour des avions relativement légers, et des réactions de tir qui ne soient pas rédhibitoires. Les constructeurs y sont plus ou moins bien parvenus, dans les différents modèles d'armes qui équipent actuellement les appareils de chasse en service dans les armées des nations belligérantes.

La considération des réactions de tir, dont l'intensité croît rapidement, non seulement avec la puissance unitaire, mais aussi avec la cadence qui oblige à réduire la longueur de recul, explique bien l'avantage que

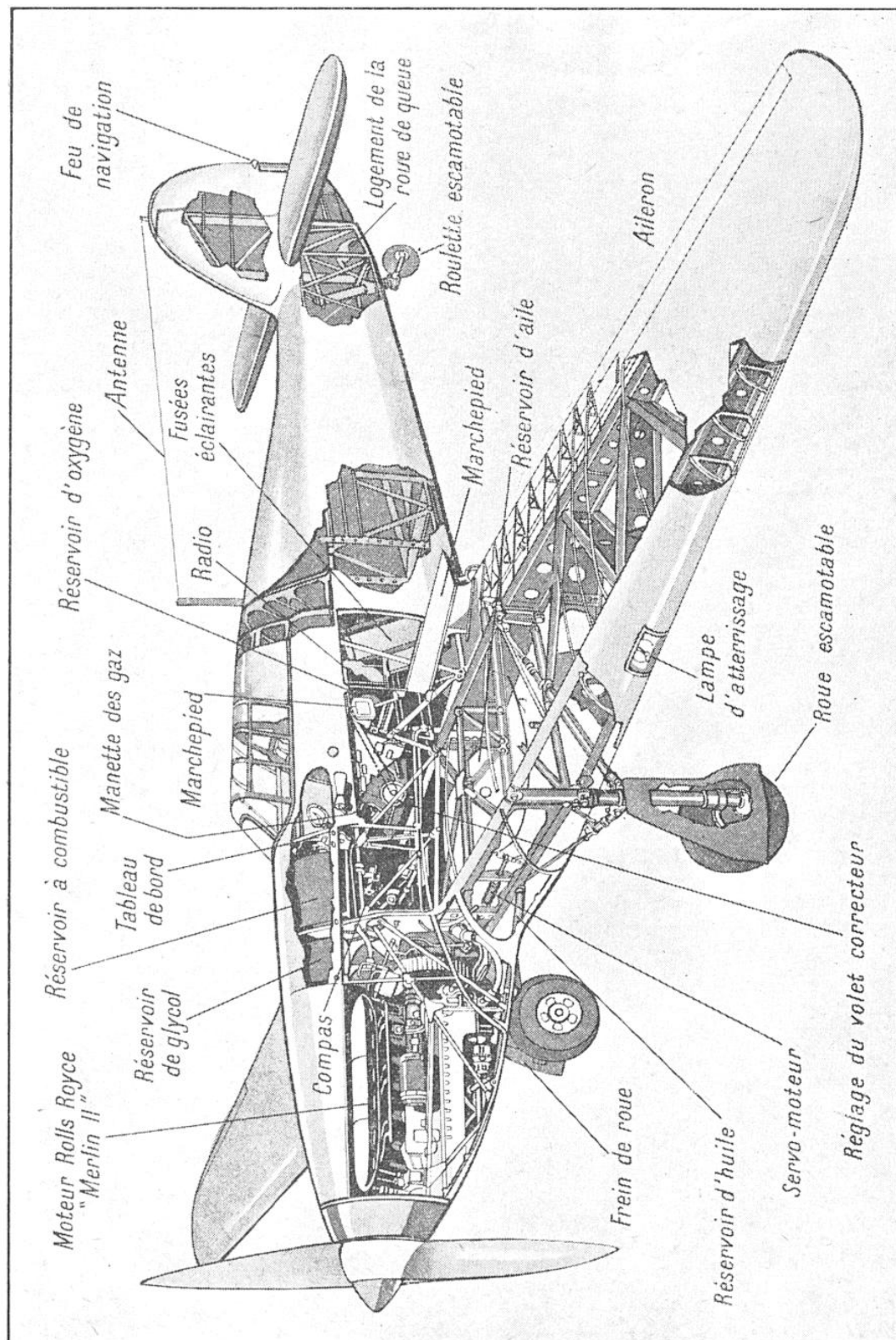


FIG. 7. — VUE EN DEMI-COUPPE DE L'APPAREIL DE CHASSE ANGLAIS HAWKER « HURRICANE » MONTRANT SES PRINCIPAUX ORGANES

l'on trouve à fixer ces armes puissantes sur le bloc-moteur, pour tir soit par le moyeu, soit à travers l'hélice. L'arme ou les armes bénéficient ainsi de l'appui donné par toute la masse du moteur, alors que la fixation dans les ailes, par exemple, soumet leurs membrures à des efforts parfois dangereux.

C'est pourquoi, en cas d'armement mixte, on voit presque toujours les canons accolés au moteur et les mitrailleuses réparties dans les ailes.

Avec le groupement anglais (« Hurricane » et « Spitfire ») de huit mitrailleuses sur un même avion, on semble avoir atteint le plafond de la multiplication des tubes légers, la rafale déclenchée ayant vraiment une densité exceptionnelle. L'autre tendance se traduira inévitablement par l'accroissement de puissance du canon, non pas tant pour réaliser un effet vulnérant de plus en plus grand — avec la réalisation d'un calibre dont on approche déjà, l'effet produit sera suffisant pour abattre, à coup sûr, l'avion quel que soit le point touché — que pour améliorer les qualités balistiques et pouvoir ouvrir un feu efficace de plus loin.

Mais cette recherche de la plus grande distance de tir implique la réalisation d'appareils correcteurs de visée de plus en plus exacts. Au temps où le pilote lâchait sa rafale à 50 m, la correction était assez faible pour que le coup d'œil et l'instinct du chasseur fussent suffisants. Il en est encore de même en maintes circonstances actuelles. Par contre, si l'on veut réellement profiter de la supériorité balistique de ses armes, il faut essayer de tirer efficacement à une distance supérieure à la portée efficace des armes de défense de l'ennemi, et les corrections sont assez sensibles pour que l'instinct ne soit plus suffisant. Problème spécialement ardu, si l'on songe qu'au moment de l'action, but et tireur se déplacent à pleine vitesse, que le chasseur est seul pour tout faire à la fois, qu'il ne peut guère être question de lui demander des mesures et, certes, pas des calculs et que le délai pour agir se compte en secondes peu nombreuses.

Il en est autrement, bien entendu, dans les multiplaces où le tireur est spécialisé, au moins momentanément, dans son office.

Le problème du correcteur automatique de tir dans les monoplaces de chasse est, dès maintenant, posé, et son intérêt ira en croissant avec la puissance des armes et aussi avec le développement à prévoir de l'armement défensif des avions ennemis. Rien ne nous dit — et tout porte à croire le contraire — que l'expérience, assez douloureuse pour eux,

des premiers mois de guerre, n'amènera pas nos ennemis à doter leurs prochains avions d'un armement de retraite tel que l'habituelle attaque par l'arrière, en dessous et de tout près, en devienne singulièrement dangereuse. La pire des erreurs serait de sous-estimer les progrès possibles à un peuple de techniciens peu intuitifs sans doute, mais bons et tenaces observateurs.

Les cellules

Jusqu'ici, qu'il s'agisse de moteurs ou d'armement, nous avons trouvé, dans les réalisations comme dans les tendances, une certaine uniformité, car les buts à atteindre sont nets et simples : les moyens pour y parvenir sont en nombre restreint.

Il en est autrement quand on aborde le chapitre des cellules, car on entre, dès lors, dans le domaine de la conception même de l'engin, où interviennent non seulement les questions purement techniques d'organisation des éléments aérodynamiques, mais également les intentions militaires et les modes d'emploi envisagés.

Cet enchevêtrement des prémisses de base rend difficile tout essai de classification *a priori*. Pour ne pas compliquer outre mesure la question, nous nous occuperons, pour le moment, des seuls monoplaces et monomoteurs de chasse pure, qui forment le gros des effectifs, pour revenir ensuite sur les autres formules.

Lorsqu'il s'agit de monomoteurs monoplaces, reparait une réelle uniformité de conception qui n'est d'ailleurs pas pour étonner quand on se reporte aux facteurs essentiels, vitesse et maniabilité.

Pour une puissance donnée, les moyens propres à réaliser simultanément de bonnes performances dans ces deux directions sont connus de tous les constructeurs : ils sont en nombre assez restreint, et c'est surtout par les dispositions prises pour les harmoniser que se distinguent entre eux les différents types.

La réalisation de la vitesse maximum repose toujours, en ce qui concerne les cellules, sur la réduction à l'extrême de toutes les résistances à l'avancement. La voie est ouverte par les engins de record de vitesse pure.

C'est ainsi que peu à peu presque tous les constructeurs sont arrivés à l'utilisation de l'aile basse, monoplane, sans aucun haubanage, de profil relativement mince (Hawker « Hurricane », Supermarine « Spitfire », Morane, Bloch, Heinkel, Messerschmitt, Curtiss, Bell, Seversky, Fokker, etc.).

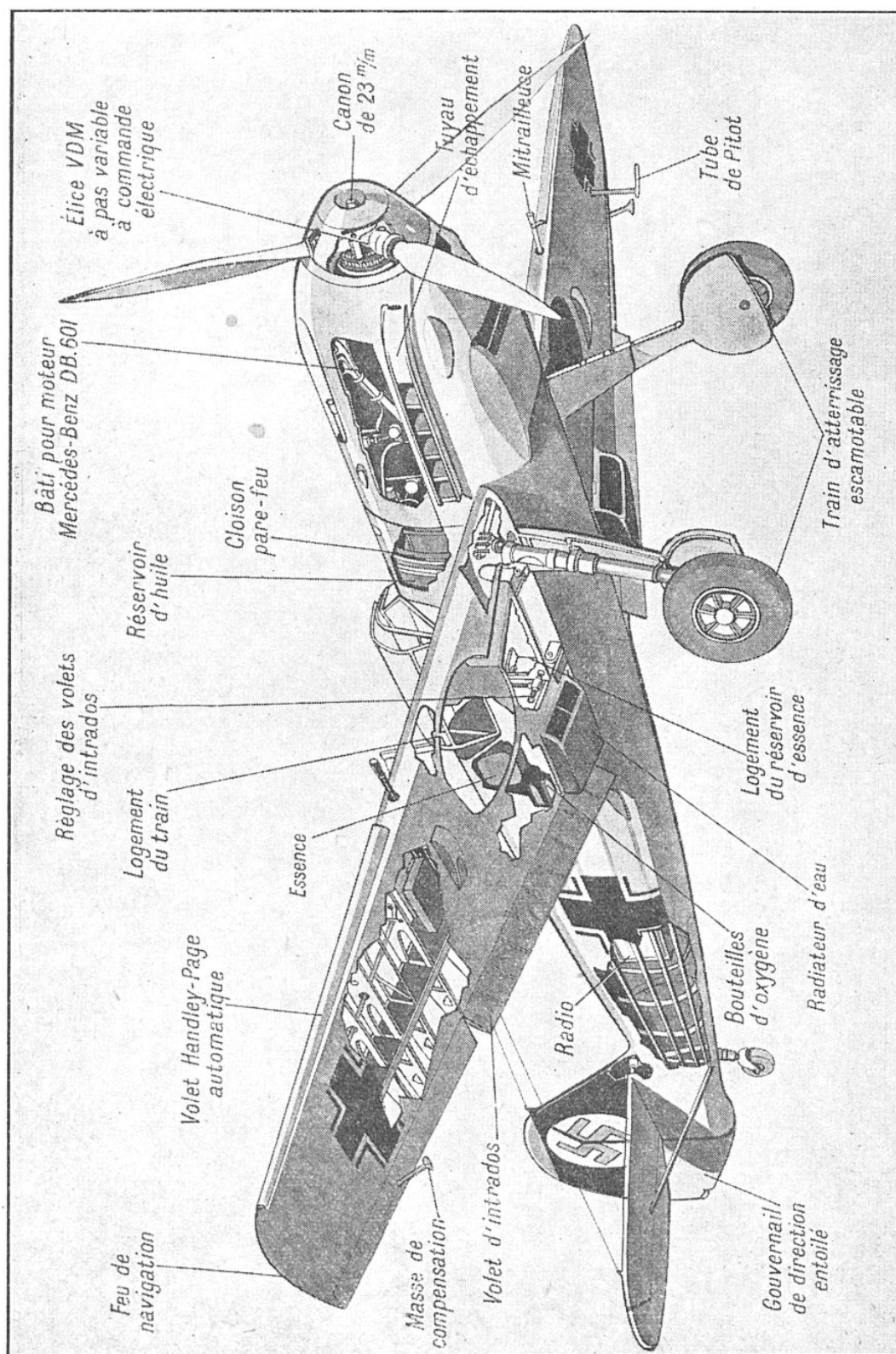


FIG. 8. — VUE EN DEMI-COUPPE DE L'APPAREIL DE CHASSE ALLEMAND MESSERSCHMITT BF 109 MONTRANT SES ORGANES PRINCIPAUX

La forme en plan de l'aile est assez variée, tout en se tenant autour du trapèze allongé, avec extrémité plus ou moins arrondie, les angles du bord d'attaque et du bord de fuite

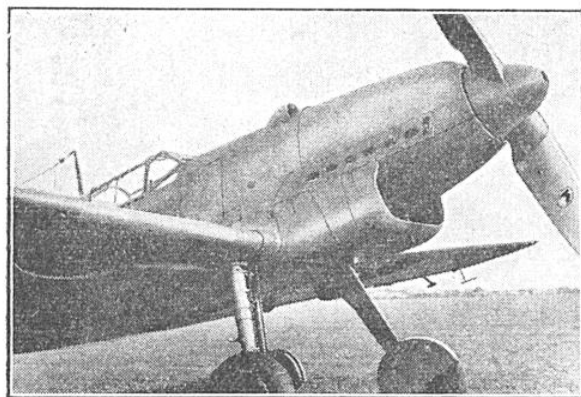


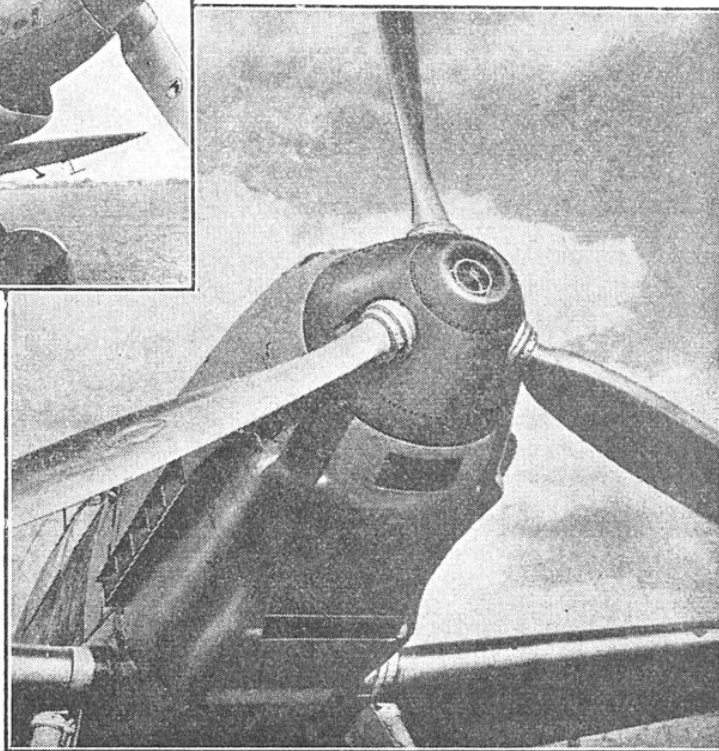
FIG. 9. — LE MONOPLANE ALLEMAND MESSERSCHMITT BF 109 A MOTEURS JUNKERS

Cet appareil, utilisé depuis le début des hostilités par la Luftwaffe pour toutes les missions de chasse, est remarquable par ses qualités de vitesse et la rusticité d'une construction étroitement adaptée à la construction de série. Par contre, il s'avère médiocre par sa stabilité et sa manœuvrabilité : en particulier le couple de renversement du groupe moteur, mal compensé, oblige le pilote à se dérober toujours à gauche, une fois sa salve tirée. Il est intéressant de noter que contre les chasseurs français le Messerschmitt se dérobe au feu du Morane en piqué et à celui du Curtiss en chandelle, prenant l'adversaire à l'inverse de sa plus grande faculté. Le Messerschmitt Bf 109 est un monoplane cantilever entièrement métallique dont le revêtement est travaillé avec rivets à tête noyée. Le bord d'attaque est muni d'une fente type Handley Page. Le fuselage est monocoque avec poste de pilotage fermé. L'armement comprend quatre mitrailleuses, deux au sommet du fuselage et une dans chacune des ailes. L'appareil ci-dessus est équipé d'un moteur Junkers «Jumo» 210 de 650 ch seulement actionnant une hélice bipale à pas fixe ou variable suivant les modèles. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 9,90 m ; longueur, 8,70 m ; hauteur, 3,75 m ; poids en ordre de vol, 2 150 kg ; charge au m², 132 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 500 km/h à 2 700 m ; plafond, 9 000 m.

avec l'axe de l'appareil variant d'un type à l'autre.

Un soin tout particulier est donné au dessin du raccordement des ailes avec le fuselage, car, en ces régions, d'importants tourbillons risquent de prendre naissance au grand détriment de la finesse générale. A ces

préoccupations répondent des artifices spéciaux, comme l'implantation inversée des Heinkel ou les raccords Karman. En ce qui concerne toujours la voilure proprement dite, il convient de signaler l'usage devenu tout à fait général des dispositifs hypersustentateurs, que l'aviation de chasse a visiblement hésité à adopter.



(57 908)

FIG. 10. — LE MONOPLANE ALLEMAND MESSERSCHMITT BF 109 A MOTEUR MERCEDES-BENZ

L'appareil ci-dessus diffère du précédent par l'adaptation d'un moteur Mercedes-Benz DB 600 de 950 ch ou DB 601 de 1 150 ch, actionnant une hélice tripale V. D. M. à pas variable. Le gros radiateur ventral, visible sur le cliché de la fig. 9 y est remplacé par trois radiateurs à entrée d'air réglables, respectivement installés sous le moteur et sous chacune des ailes, au delà de l'attache du train. L'armement comprend, en plus des quatre mitrailleuses du type précédent, un canon de 23 mm dans l'axe de l'hélice ; il ne semble pas que, jusqu'à présent, cette arme ait été utilisée sur le front. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 9,90 m ; longueur, 8,70 m ; poids en ordre de vol, 2 500 kg, charge au m², 153 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum avec moteur DB 600, 545 km/h à 3 600 m ; vitesse maximum avec moteur DB 601, 570 km/h à 3 750 m ; plafond, 11 000 m. Rappelons que c'est avec un appareil dérivé de ce chasseur, le Bf 109 U, que Fritz Wendel détient, depuis le 27 avril 1939, le record du monde de vitesse avec 755,138 km/h.

C'est pourtant pour ce type d'appareils que ces dispositifs semblent le plus indiqués. La recherche de la vitesse conduit, en effet, à une charge alaire très importante, alors que le délestage en vol est peu marqué : la charge au mètre carré restante à l'atterrissage de-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 266, page 99.

meure donc élevée, avec toutes les difficultés et tous les risques qu'elle entraîne. Dès à présent, non seulement les différents types de volets figurent sur les appareils de chasse, mais certains d'entre eux, le Messerschmitt, par exemple, utilisent également l'aile à fente antérieure.

La nature de l'équipement de l'avion, sans armement tirant vers l'arrière, laisse

lement en grande partie conditionnée par celle du moteur et parfois de ses dispositifs de refroidissement. Là encore, le moteur à cylindres en ligne est avantageux, car il permet plus aisément d'affiner les lignes avant en allongeant le nez du fuselage (à ce point de vue, comparer le Curtiss P 37 au Curtiss P 36).

Le groupe des dérives et gouvernails ne pré-



(57 895)

FIG. 12. — LE MONOPLANE ALLEMAND HEINKEL HE 112

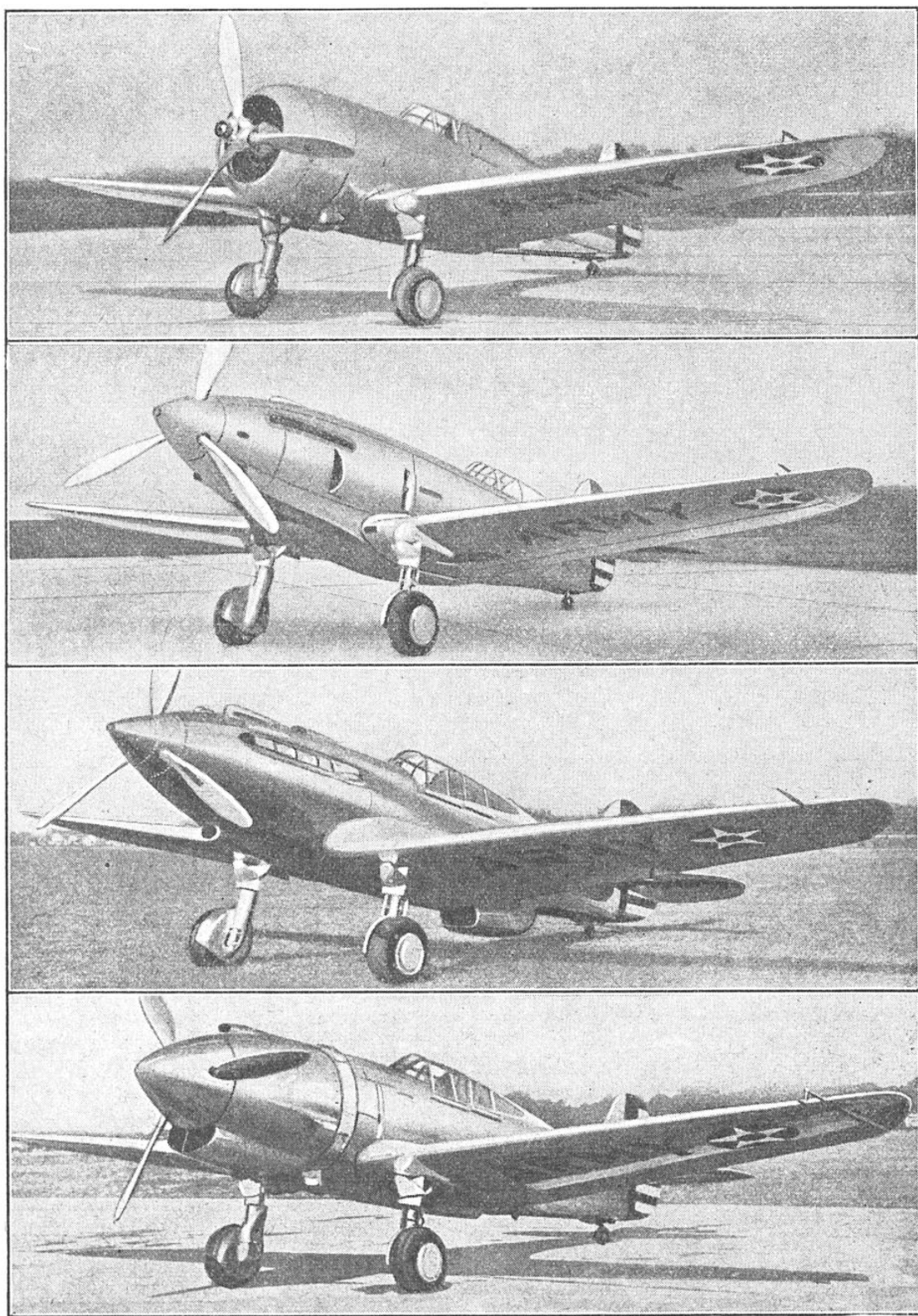
Ce chasseur, qui, jusqu'à présent, ne s'est pas manifesté sur le front, a cependant été construit en grande quantité. C'est un monoplane à aile basse, de construction entièrement métallique. L'aile, de faible envergure, est construite en trois parties, formant un W aplati : une partie centrale en V renversé faisant corps avec le fuselage et deux tronçons latéraux elliptiques en dièdre positif. Le poste de pilotage est à cabine fermée, largement vitrée vers l'arrière. Le train d'atterrissage s'escamote latéralement vers l'extérieur dans l'intrados de l'aile. L'armement comprend quatre mitrailleuses : deux de petit calibre dans le fuselage et deux de gros calibre au point de raccordement des tronçons d'aile (1); des berceaux, installés dans la partie antérieure de l'aile, peuvent contenir 6 bombes de 10 kg. Comme pour le Messerschmitt Bf 109, le Heinkel He 112 a été successivement équipé du moteur Junkers « Jumo » 210 de 670 ch et du moteur Mercedes-Benz DB 601 de 1 150 ch. CARACTÉRISTIQUES AVEC MOTEUR « JUMO » 210 : envergure, 9,20 m; longueur, 9 m; poids en ordre de vol, 2 230 kg; charge au m², 131 kg. CARACTÉRISTIQUES AVEC MOTEUR DB 601 : mêmes dimensions, poids en ordre de vol, 2 940 kg; charge au m², 153 kg. PERFORMANCES AVEC MOTEUR « JUMO » 210 : vitesse maximum, 485 km/h à 4 700 m; montée à 4 000 m en 6 mn; plafond, 8 500 m; rayon d'action, 1 200 km (3 400 km avec réservoirs supplémentaires.) PERFORMANCES AVEC MOTEUR DB 601 : vitesse maximum, 575 km/h à 3 750 m; montée à 4 000 m en 5 mn; plafond, 9 500 m; rayon d'action, 2 500 km.

toutes facilités pour organiser en toute simplicité le corps même du fuselage, dont l'allongement est d'ailleurs réduit pour favoriser le rassemblement des masses et améliorer la maniabilité. Le maître-couple demeure important, car il est défini par la section de l'appareil moteur, dans laquelle s'inscrit facilement le contour transversal du pilote : d'où le très grand intérêt que présente, à puissance égale, la réduction de la section transversale du moteur, sensiblement plus facile à réaliser avec les moteurs à cylindres en ligne qu'avec les types en étoile. La partie avant du fuselage est éga-

lement pas de caractéristiques spéciales, étant donnée l'absence de sujétions particulières.

Le train d'atterrissage est, désormais, toujours éclipseable, soit par rabattement dans des cavités de l'intrados ou des parois latérales du fuselage, soit parfois par repliement longitudinal dans des alvéoles pratiquées sous le fuselage. L'organisation courante, comportant deux roues indépendantes et, sous la queue, une roulette orientable et repliable ou même une simple béquille, est encore normalement en usage; toutefois,

(1) Le Heinkel He 112 serait également armé, pour certains appareils, de deux canons et de deux mitrailleuses, comme sur la fig. 11.



(57 911)

on commence à voir apparaître des avions de chasse comportant l'utilisation du train tricycle à roue orientable à l'avant sous le nez du fuselage (Bell P 29). La sécurité de l'atterrissage semble devoir y gagner.

Les réservoirs occupent des positions variées, en général dans le fuselage, en avant ou en arrière du poste de pilotage, quoique cette dernière disposition présente des inconvénients du point de vue du maintien du centrage de l'appareil. Certains engins comportent des réservoirs d'ailes, assez difficiles à loger d'ailleurs, vu la minceur relative du profil et la présence de mitrailleuses au bord d'attaque ainsi que des cavités où se logent les roues.

Ainsi se trouve définie l'organisation générale commune à nombre d'appareils de chasse modernes.

Il en est pourtant, et de nombreux, qui s'écartent du schéma général, soit parce qu'ils lui sont antérieurs, soit, au contraire, parce qu'ils amorcent une nouvelle évolution.

Les biplans et les solutions nouvelles

On trouve, en effet, de nombreux biplans,

encore couramment utilisés, qui sont considérés comme capables de rendre d'excellents services.

La formule biplane, si elle ne permet pas d'atteindre à la finesse et partant à la vitesse du monoplan, présente, par contre, certains avantages de construction et surtout de maniabilité, due principalement à une meilleure concentration des masses. On peut citer notamment dans cette catégorie, parmi les appareils en service courant, les Gloster « Gladiator » (anglais) et Fiat CR 32 (italien) (fig. 15 et 16).

Ces excellents appareils, très maniables mais moins rapides, sont, par exemple, tout indiqués pour armer cette fraction importante de l'aviation de chasse à qui incombe, au-dessus du territoire national, la mission d'interception. Leur légère infériorité de vitesse peut être, en ce cas, aisément compensée par leur extrême maniabilité, si le fonctionnement correct des services de guet et d'alerte leur permet de décoller à temps pour se trouver à leurs emplacements de combat, prêts à l'attaque, au moment où les formations de bombardement ennemies

FIG. 13. — LES MONOPLACES AMÉRICAINS « CURTISS »

Le Curtiss P. 36. — Commandé en grandes quantités par l'Army Air Corps, puis par l'Armée de l'Air française, le Curtiss P 36 s'est, au cours des premiers mois d'hostilités, révélé remarquable par sa maniabilité et ses qualités de piqué. Dérivé du Hawk 75 à train fixe, l'appareil, du type monoplan à aile basse cantilever et train rentrant, est de construction entièrement métallique avec revêtement d'alclad. L'aile est raccordée au fuselage par des carènes très étudiées. Le poste de pilotage, ventilé et chauffé, est renforcé par la partie centrale de l'aile qui traverse le fuselage sous les pieds du pilote ; il est recouvert par un pare-brise d'une seule pièce et un toit coulissant en plexiglass (1) ; des encoches latérales dans la carène du poste dégagent les vues vers l'arrière. L'armement comprend soit quatre ou six mitrailleuses, dont deux tirant à travers le champ de l'hélice, soit deux mitrailleuses tirant à travers le champ de l'hélice et deux petits canons tirant en dehors, soit deux mitrailleuses et un chargement de bombes. Le train d'atterrissage est constitué de deux éléments indépendants articulés au bord d'attaque de l'aile ; lors de l'escamotage, les éléments se rabattent vers l'arrière, tandis que la roue pivote autour de la jambe, son plan s'orientant perpendiculairement à l'axe longitudinal de l'avion. Le moteur est un Pratt and Whitney « Twin Wasp » de 950 ch à 14 cylindres en étoile actionnant une hélice tripale à pas variable et vitesse constante. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 11,35 m ; longueur, 8,75 m ; poids en ordre de vol, 2 580 kg ; charge au m², 118 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 500 km/h ; vitesse en piqué 925 km/h, par H. Lloyd Child, le 23 janvier 1939 ; plafond, 10 100 m ; rayon d'action, 1 100 km.

Le Curtiss P. 37. — Lorsque le moteur Allison V 1710, le premier moteur refroidi par liquide construit aux États-Unis depuis quatorze ans, eut fait son apparition sur le bimoteur Bell « Airacuda », Curtiss l'adapta sur une cellule dérivée de celle du P 36 et sortit le P 37. La construction du P 37 est identique à celle du P 36. Seul le moteur, un 12 cylindres en V à 60°, à turbo-soufflante montée sur l'échappement, remplace le moteur en étoile de son prédécesseur. Le radiateur, placé immédiatement derrière le moteur, à l'intérieur du fuselage, repousse fortement le poste de pilotage vers l'arrière ; les ouïes d'entrée d'air et les buses de sortie, placées latéralement, sont visibles sur le document ci-contre. L'armement comprend deux mitrailleuses refroidies au « prestone », au sommet du fuselage, tirant à travers le champ de l'hélice et, dit-on, d'un canon dans l'axe de l'hélice. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 11,37 m ; longueur, 8,95 m ; poids en ordre de vol, 2 460 kg ; charge au m², 120 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 570 km/h ; plafond, 10 000 m ; rayon d'action, 1 000 km.

Le Curtiss P. 40. — Le refroidissement du P 37 s'étant sans doute avéré insuffisant en raison du circuit trop compliqué de l'air dans le radiateur, Curtiss sortit, au début de 1939, un P 40 analogue au P 37 et comme lui équipé du moteur Allison V 1710, mais poussé à 1 200 ch et suralimenté par compresseur mécanique (l'entrée de l'air du compresseur est visible au sommet du fuselage entre les mitrailleuses et le pare-brise). Dans le P 40, commandé en 400 exemplaires par l'Army Air Corps, le radiateur du type semi-encasté se trouve sous le fuselage en arrière du poste de pilotage, et ce dernier reprend la place qu'il occupait dans le P 36. Cette solution s'est trouvée supérieure à celle du P 37, bien que plus lourde, plus compliquée et plus vulnérable. L'armement est identique à celui du P 37. CARACTÉRISTIQUES : longueur, 11,58 m ; largeur, 9,60 m ; poids en ordre de vol, 2 355 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 645 km/h ; vitesse ascensionnelle, 1 824 m/min ; plafond, 10 000 m ; rayon d'action, 1 000 km.

Le Curtiss P. 42. — Le dernier né de la famille du Hawk 75, le P 42, est encore peu connu. Le moteur est un Pratt and Whitney « Double Row » de 1 350 ch à 18 cylindres en étoile double, refroidi par l'air avec anneau de sortie d'air réglable. L'armement comprend quatre mitrailleuses : deux au sommet du fuselage et deux dans les ailes. La vitesse maximum de l'appareil dépasserait 650 km/h.

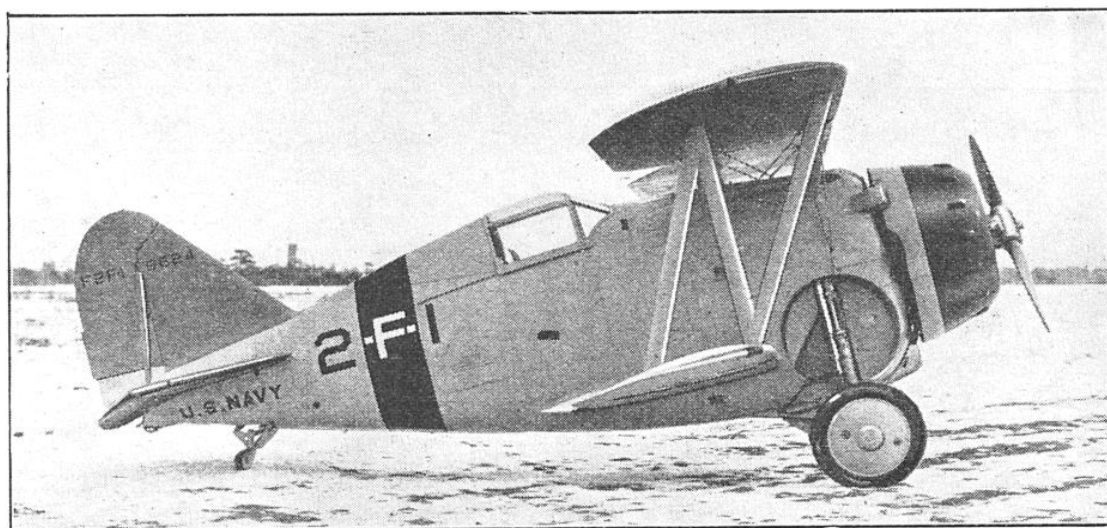
(1) Voir *La Science et la Vie*, n°236, page 103.

y parviennent. Que l'on se rappelle, d'ailleurs, les succès marqués que remportèrent les petits biplans italiens Fiat CR 32 contre les monoplans russes « Rata » au cours de la guerre d'Espagne.

En avance peut-être sur l'avenir semblent se présenter, au contraire, certains appareils — nous demeurons ici dans la formule monomoteur-monoplace — qui diffèrent des précédents surtout par l'organisation du fuselage, ou de ce qui le remplace. Dans cette

hélice tractive et une hélice propulsive : bimoteur si l'on veut, mais gardant l'allure et les servitudes du monomoteur (fig. 18). La formule ne semble d'ailleurs pas présenter grand avenir, vu les dangers que fait courir aussi bien au pilote qu'à l'avion lui-même la présence du moteur et de l'hélice à l'arrière.

La possibilité, dès maintenant démontrée, de faire correctement travailler deux hélices coaxiales, accolées l'une derrière l'autre, permet, à moindres risques, de réduire le



(57 896)

FIG. 14. — LE MONOPLACE AMÉRICAIN GRUMMAN F 2 F 1

L'appareil ci-dessus est représentatif de toute une gamme de chasseurs américains destinés à l'aviation navale. Citons en particulier les biplans Curtiss, Grumman G 37, FF1, F2F1, F3F1 et les monoplans Grumman F4F1 et Brewster F2A1. Tous sont des appareils catapultables, trapus, au fuselage ventru, au train d'atterrissage escamotable à l'avant du fuselage dans des logements percés à cet effet. Cette disposition, jointe à certaines particularités de construction, assure à l'appareil une bonne flottabilité en cas d'amerrissage forcé. Le Grumman F2F1 est un biplan entièrement en alliage léger, armé de deux mitrailleuses tirant à travers le champ de l'hélice et équipé d'un moteur Pratt and Whitney « Wasp junior » de 650 ch. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 8,69 m ; longueur, 6,65 m ; poids en ordre de vol, 1 717 kg ; charge au m², 80,5 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 380 km/h à 2 300 m ; plafond, 8 400 m ; rayon d'action, 1 200 km.

catégorie, on trouve d'abord le nouveau monoplace Bell XP 39, en essais aux U. S. A., où le moteur est rejeté en arrière du pilote sous lequel passe un arbre de transmission qui va attaquer l'hélice, probablement par l'intermédiaire d'un réducteur se prêtant à l'emploi d'un canon axial (fig. 17). Cette disposition présente évidemment l'avantage de ramener vers l'avant la position du pilote, dont les vues vers le sol se trouvent ainsi largement avantagées.

Plus caractérisés encore sont les avions où les dérives et gouvernes sont portées non plus par le prolongement du fuselage, mais par deux poutres latérales. Dans le Fokker D 23 (hollandais), cette disposition a pour but de permettre l'emploi de deux moteurs en tandem attaquant respectivement une

travail individuel de chaque propulseur.

Sortant maintenant du domaine courant, nous rencontrons la première réalisation réellement acquise du véritable bimoteur monoplace de chasse, sous les espèces du Lockheed P 38 à deux moteurs latéraux, dont les capots se prolongent vers l'arrière par deux poutres supportant dérives et gouvernes (fig. 19). Le fuselage central très court est ainsi entièrement dégagé et peut recevoir sur son avant un armement concentré extrêmement puissant, bien sous la main du pilote. L'épreuve de cet engin dans les circonstances de guerre n'est pas encore faite. Il est probable que, eu égard à sa grande puissance par unité de poids, sa vitesse doit être élevée : par contre, il conviendrait de vérifier sa maniabilité au combat.



(57 903)

FIG. 15. — LE BIPLAN BRITANNIQUE GLOSTER « GLADIATOR »

Tandis que la Grande-Bretagne lançait en grandes séries la construction des monoplans rapides « Hurricane » et « Spitfire », principalement destinés à la poursuite ou au devancement de l'ennemi, elle équipait ses escadrilles du « Gladiator », utilisable sur place pour l'interception, la protection des villes et la défense des centres industriels. Remarquable par une maniabilité qui l'a fait choisir maintes fois comme appareil de haute école (dernier meeting du Bourget en particulier), le « Gladiator » est un biplan à ailes égales et décalées de construction métallique avec revêtement mixte (métal et toile). Le poste de pilotage est fermé. Le train d'atterrissage est à jambes simples. L'armement comprend quatre mitrailleuses fixes : deux dans le fuselage et tirant à travers le champ de l'hélice, et deux installées dans l'aile inférieure et tirant en dehors. Le moteur est un Bristol « Mercury » IX de 840 ch en étoile. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 9,85 m ; longueur, 8,36 m ; poids en ordre de vol, 2 150 kg ; poids au mètre carré, 71,6 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 410 km/h à 4 400 m ; montée à 3 050 m en 3 mn 45 s ; plafond, 10 000 m ; autonomie, 2 h.

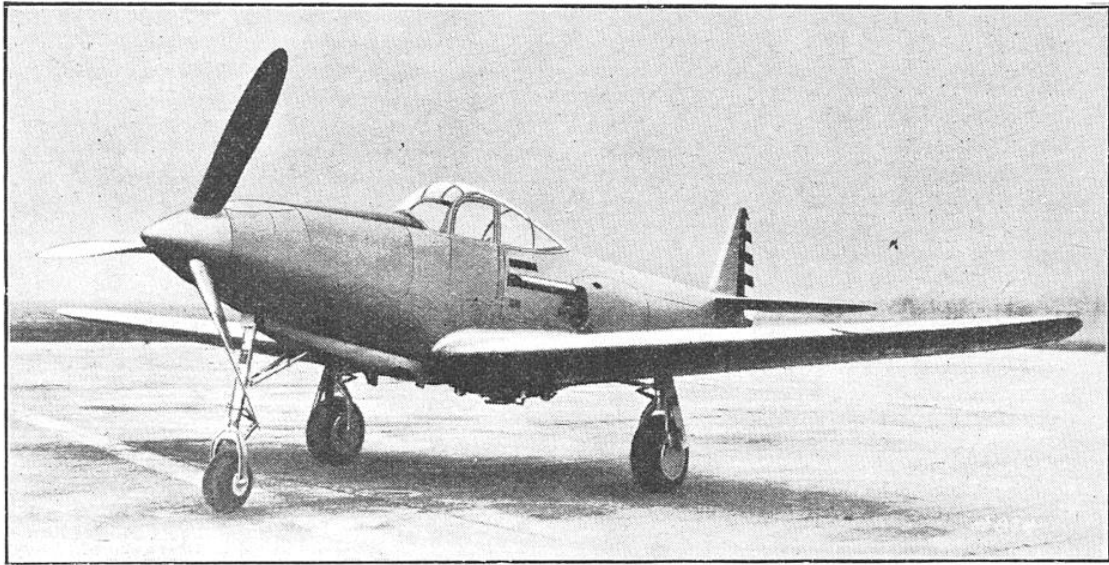


(57 904)

FIG. 16. — LE MONOPLANE ITALIEN FIAT CR 32

Cet appareil, type représentatif du biplan peu rapide mais très maniable, a donné, au cours de la guerre d'Espagne, les preuves les plus convaincantes de l'excellence de sa formule. C'est un biplan à ailes inégales et fortement décalées, construit en alliage léger et recouvert par entoilage. Le poste de pilotage est ouvert. L'armement comprend deux mitrailleuses tirant à travers le champ de l'hélice. Le train d'atterrissage est à tripodes indépendants et roues carénées. Le moteur est un Fiat A 30 RA de 550 ch refroidi par liquide, actionnant une hélice bipale à pas variable. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 9,50 m ; longueur, 7,45 m ; poids en ordre de vol, 1 800 kg ; charge au m², 81,4 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 390 km/h à 3 000 m ; montée à 6 000 m en 11 mn ; plafond, 8 000 m ; autonomie, 2 h 30 mn (1).

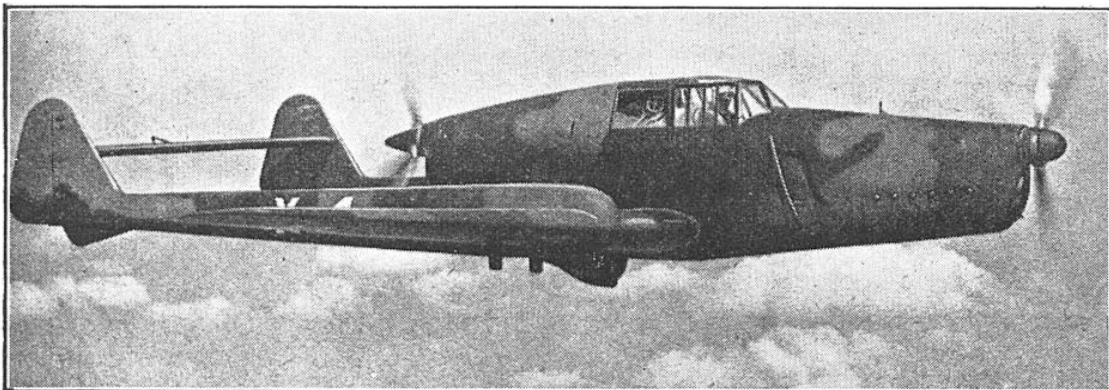
(1) Du CR 32 ont été successivement dérivés : le CR 33 (moteur 700 ch ; train à jambes simples ; vitesse maximum, 412 km/h à 3 500 m) ; le CR 41 (moteur en étoile de 900 ch ; train à jambes doubles ; vitesse maximum sacrifiée à la vitesse ascensionnelle) ; le CR 42 (moteur en étoile de 550 ch ; train à jambes simples ; vitesse maximum, 450 km/h). Au même type d'appareils appartient le I. M. A. M. RO 41 à moteur Piaggio P VII C 45 de 390 ch (vitesse maximum, 340 km/h ; montée à 4 000 en 5 mn 20 s).



(57 897)

FIG. 17. — LE MONOPLANE AMÉRICAIN BELL P 39

Cet appareil, qui fait partie du même programme que le Curtiss P 40 et le Seversky P 41, se distingue du chasseur habituel par l'installation du moteur en arrière du pilote (solution déjà adoptée en 1936 par Koolhoven sur le FK 55. Le moteur actionne une hélice tripale à vitesse constante par l'intermédiaire d'un arbre prolongateur. Le pilote, assis, de ce fait, très haut, jouit de vues particulièrement dégagées. L'armement comprend deux mitrailleuses d'aile et, dit-on, un canon de 37 mm installé dans l'arbre prolongateur. Le train d'atterrissage est tricycle : les roues latérales s'escamotent vers l'intérieur dans l'aile, la roue antérieure s'escamote vers l'arrière dans le fuselage. Le moteur est un Allison V 1710 de 1 250 ch refroidi par liquide. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 10,67 m ; longueur, 7,62 m. PERFORMANCES : la vitesse maximum avoisinerait 650 km/h.



(57 906)

FIG. 18. — LE MONOPLANE DE CHASSE HOLLANDAIS FOKKER D 23

Cet appareil, exposé au dernier Salon de Paris, est un monoplan à deux moteurs disposés en tandem dans le fuselage et à empennages portés par des poutres, qui rappellent le monoplan de chasse Hanriot-Biche 110 de 1933 et l'hydravion de course Savoia Marchetti de 1931. Cette formule est séduisante à maints égards : position du pilote en avant du bord d'attaque, assurant à celui-ci d'excellentes vues vers le bas ; concentration en un seul corps du fuselage et de deux groupes moteurs et concentration transversale des masses. Ajoutons que l'emploi de deux moteurs permet l'utilisation d'hélice de diamètre restreint, facilite l'interchangeabilité des groupes et supprime le couple de renversement, les hélices tournant en sens inverse l'une de l'autre, selon une solution plus simple que celle des hélices coaxiales entraînées par engrenages (Macchi MC 72). Malheureusement, en tant qu'appareil de combat, le D 23 semble avoir quelques graves inconvénients : détérioration des plans de queue au cas de rupture de l'hélice arrière, difficulté de refroidir le moteur arrière aux grandes vitesses, mauvaise visibilité vers l'arrière, difficulté de sauter en parachute, emprisonnement du pilote entre les moteurs en cas de chute. L'appareil est construit en tubes d'acier et recouvert de duralumin. Le poste de pilotage est blindé et pourvu d'un toit vitré largable. Le train d'atterrissage, du type tricycle, s'escamote dans l'aile et le nez du fuselage. L'armement comprend deux mitrailleuses de 7,9 mm, installées dans le fuselage et synchronisées, deux mitrailleuses de 13,2 mm logées, au bord d'attaque de l'aile, à l'avant des poutres porte-empennages. Les moteurs sont des Waller « Sagitta » I. S. R. de 530 ch, refroidis par l'air, à 12 cylindres en V inversé. Une prochaine version serait, dit-on, équipée de moteurs de 1 000 ch refroidis par liquide. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 11,50 m ; poids en ordre de vol, 2 950 kg ; charge au m², 160 kg. PERFORMANCES : vitesse maximum, 525 km/h à 4 100 m ; montée à 4 000 m en 5 mn 12 s ; plafond, 9 000 m ; rayon d'action, 840 km.



(57 894)

FIG. 19. — LE BIMOTEUR MONOPLACE AMÉRICAIN LOCKHEED P 38

Cet appareil de chasse et d'escorte, à grand rayon d'action, est le seul bimoteur monoplan existant. Au cours de ses essais, le prototype, piloté par le lieutenant Benjamin Kelsey, le Détrôyat de l'Army Air Corps, atteignit 640 km/h et traversa le continent américain, de Burbank (Californie) à New York, à 511 km/h de moyenne, malgré deux escales de ravitaillement. Le P 38 est un monoplan sans fuselage, dont les empennages sont portés par des poutres prolongeant les fuselages-moteurs vers l'arrière; il rappelle, dans ses grandes lignes, le biplace Fokker G 1. Le Faucheur de reconnaissance lointaine et de bombardement en piqué. Le train d'atterrissage est un tricycle escamotable avec roue avant orientable. L'armement comprend deux canons et deux mitrailleuses dans la carlingue et deux mitrailleuses dans les ailes; leur disposition n'est pas connue, mais la forme des empennages laisse à penser que l'avion est muni d'une arme tirant vers l'arrière, solution certainement destinée à un emploi plus généralisé. Les moteurs sont des Allison V 1760, refroidis par liquide, de 29 litres, avec turbo-soufflantes et radiateurs internes. Ses hautes performances et sa grande puissance de feu en font un appareil redoutable; malheureusement, la multiplicité des tâches que doit assumer le pilote simultanément, ne saurait le laisser confier qu'à des sujets exceptionnels. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 15 m; longueur, 9,90 m. On envisage la construction d'une version de cet appareil équipée de moteurs Allison, 24 cylindres, qui lui conféreraient une vitesse maximum de 800 km/h.

Les « destroyers » de l'air

Le faible rayon d'action des monomoteurs-monoplaques normaux et la fatigue même du pilote isolé, à qui incombent des tâches multiples, ne peuvent qu'inciter à compléter la gamme déjà réalisée par un type d'appareil qui, tout en conservant les qualités maîtresses de l'avion de chasse, soit capable d'un effort plus soutenu. C'est, par exemple, le cas de l'accompagnement et de la protection des bombardiers qui, malgré leur armement puissant, semblent bien hors d'état de soutenir efficacement le combat contre les intercepteurs en usage.

L'Allemagne fait grand bruit autour de son Messerschmitt 110, mais l'Angleterre ne reste pas en arrière avec les biplans de chasse Boulton and Paul « Defiant » (fig. 23) et Hawker « Hotspur » munis de moteurs Rolls-Royce « Merlin » ainsi

qu'avec le Blackburn « Roc » armé de Bristol « Perseus ». Ces engins, que l'on qualifie volontiers, mais peut-être imprudemment, de « destroyers », ont encore à faire leurs preuves dans les champs de bataille aériens.

Les chasseurs légers

Les multiplaces de combat sortent du cadre de la présente étude. Par contre, doit y figurer une autre classe d'appareils, les chasseurs légers, qui dérivent de la formule mise à l'honneur par la Coupe Deutsch, monoplaques extrêmement fins et légers, capables de très grandes vitesses malgré une puissance réduite et de construction

peut-être — mais peut-être seulement — relativement aisée. Nous connaissons notamment le Caudron « Cyclone », le Vickers « Venon » et, plus avancé dans son emploi, le Curtiss « Interceptor ». L'avenir et l'expérience seuls pourront

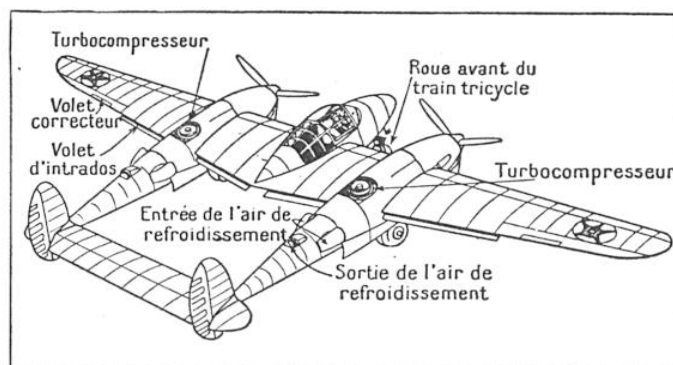
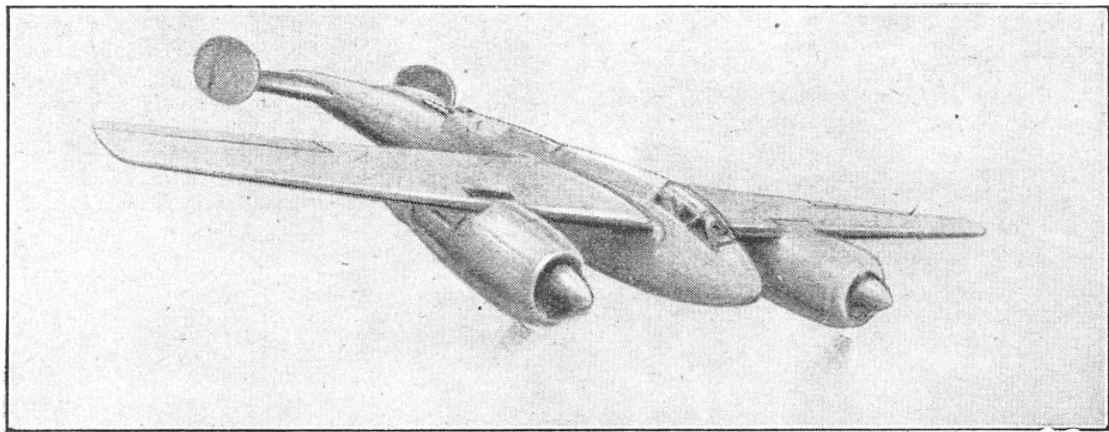


FIG. 20. — QUELQUES DÉTAILS D'AMÉNAGEMENT DU BIMOTEUR AMÉRICAIN « LOCKHEED P 38 »



(57 898)

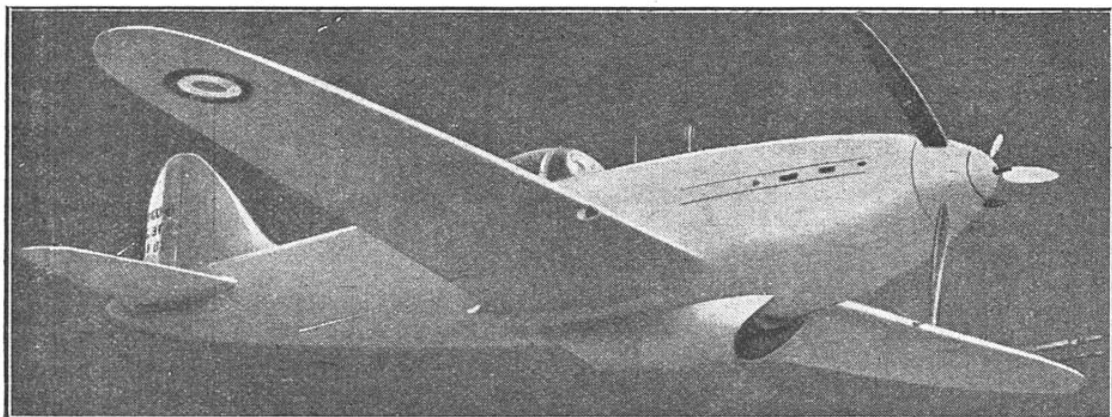
FIG. 21. — LE BIMOTEUR BIPLACE FRANÇAIS HANRIOT 220

Nous ne dirons sur cet appareil que ce qui a été déjà maintes fois publié, notamment dans la revue allemande Luftwehr. Le bimoteur Hanriot 220 est un monoplane à aile haute haubanée. Le fuselage, de section ovoïde, contient deux postes en tandem. L'armement comprend trois canons Hispano-Suiza de 20 mm et deux mitrailleuses. Les moteurs sont des Gnome-Rhône 14 M 00 de 650 ch. La vitesse dépasse 500 km/h.

montrer si ce type d'appareils, fort intéressants en soi, est appelé à concurrencer les monoplaces normaux de grande puissance. Il y a toujours un chemin assez long à franchir entre l'appareil de course, qui ne subit aucune sujétion particulière, et l'engin de guerre qui en rencontre partout. Si l'on considère les réelles difficultés de pilotage des avions de la Coupe Deutsch, il est permis d'émettre quelques doutes sur la facilité de conduite d'engins de guerre suivant la même formule. Mais le génie humain est plein de ressources et bien imprudent serait celui qui oserait préjuger de l'avenir, surtout en ces temps de travail intensif, où les nécessités de guerre allient l'audace technique à l'importance des moyens utilisés.

Le personnel au combat

Nous ne saurions prétendre à développer ici le côté purement tactique du combat aérien. La nature même de son armement oblige le pilote à tirer de près : par contre, au moment où il déclenche sa « giclée », la densité de feu momentanément réalisée est considérable. Dans la gerbe de projectiles ainsi déchaînée sur l'ennemi, peuvent figurer — et pour le moment seul le chasseur en est capable — des obus particulièrement redoutables. Par contre, son dispositif est singulièrement rigide : affût volant, avon-nous dit. C'est donc par sa seule supériorité de vitesse et de maniabilité, jointe à une incomparable virtuosité de conduite, que le



(57 900)

FIG. 22. — LE MONOPLACE FRANÇAIS ARSENAL VG 30

Aucune caractéristique n'a encore été publiée sur cet appareil.

chasseur arrivera à gagner la position de tir adéquate, qu'il ne peut conserver d'ailleurs que pendant un temps de l'ordre de la seconde. Pour y parvenir, il doit fatalement, sauf cas de surprise totale, affronter le feu des armes de l'ennemi, armes, en général, orientables, servies par un personnel spécial, et qui peuvent le suivre de loin au cours de son approche pour ouvrir sur lui un feu ajusté à une distance où, lui, n'intervient pas encore. Tout le jeu consiste à esquiver

passer aussi vite que possible à l'attaque individuelle, dont le résultat semble, pour le moment, indéniable.

Dans ce domaine de la dislocation intervient la tactique de groupe, dans laquelle nous ne saurions entrer.

Nous avons voulu simplement « faire le point » au début d'une guerre qui s'annonce singulièrement active dans le domaine aérien. Les premiers enseignements suffisent au moins à montrer que l'avion de bombarde-

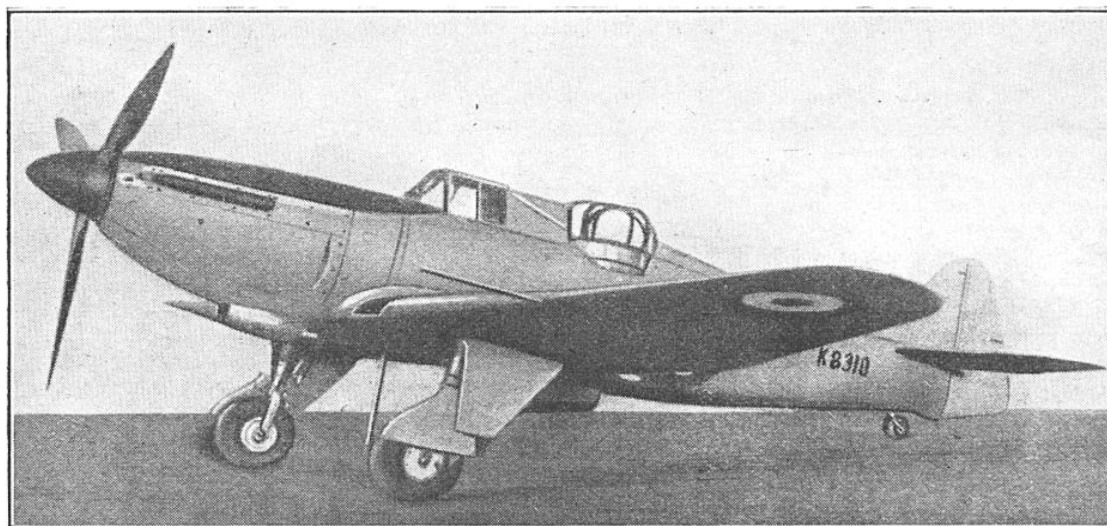


FIG. 23. — LE BIPLACE BRITANNIQUE BOULTON AND PAUL « DEFiant »

(57 901)

Les biplaces de combat ont été longtemps des appareils « à tout faire » de puissance et de performances moyennes. Jusqu'au début de 1939, la R. A. F. était équipée du vieux Hawker « Demon » de 560 ch; avec le Boulton and Paul « Defiant », aussitôt suivi du Hawker « Hotspur » et du Blackburn « Roc » (1), s'est créée une nouvelle génération de biplaces à hautes performances, où le pilote joue son rôle normal de chasseur, et où le mitrailleur assure, grâce à son arme orientable sous tourelle, la continuation du feu commencé par son coéquipier et la défense de l'unité contre des adversaires multiples. Le « Defiant » est un appareil de construction entièrement métallique et de revêtement travaillant avec rivets à tête noyée. Le train d'atterrissage s'escamote latéralement vers l'intérieur dans l'intrados de l'aile. Le moteur est un Rolls-Royce « Merlin » III de 1 050 ch avec système d'échappement propulsif; il actionne une hélice tripale De Havilland à pas variable. CARACTÉRISTIQUES : envergure, 12,04 m; longueur, 9,14 m; poids en ordre de vol, secret. PERFORMANCES : secrètes; la vitesse maximum doit avoisiner 500 km/h.

ce feu de défense, soit en gagnant au plus tôt les angles morts de l'ennemi, réduits, bien entendu, au minimum, soit en défilant à une telle allure que le pointage du mitrailleur adverse devienne plus qu'aléatoire.

L'expérience des premiers mois de guerre, montre que les chasseurs alliés conservent la maîtrise de l'air. En sera-t-il de même quand ils auront en face d'eux des escadres d'avions fortement armés et suffisamment bien groupés pour réaliser sur les assaillants une véritable concentration des feux ? Nul ne saurait l'affirmer. Toutefois, il est permis de penser que les qualités incontestables des aviations de chasse alliées sauront obtenir, d'abord, une certaine dislocation du dispositif ennemi permettant de

ment, si puissamment armé qu'il soit, ne tient pas devant les chasseurs du moment.

Nous avons montré les engins employés : ceux des alliés ont mérité au combat la confiance mise en eux. D'autres suivent, plus rapides, mieux armés encore : l'ennemi ne restera certes pas inactif, et l'avenir décidera. Toutefois, à moins qu'une formule nouvelle surgisse et subisse victorieusement l'épreuve du combat, qu'il soit permis de noter que la cellule de chasse semble, pour le moment, assez peu perfectible, et que l'effort principal à fournir, pour les jours à venir, semble se résumer brièvement : plus de chevaux, plus d'explosif.

RENÉ MAURER.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 272, page 88.

COMMENT LE PROGRES TECHNIQUE A TRANSFORME LA PHYSIONOMIE DES COMBATS OFFENSIFS ET DÉFENSIFS SUR LE FRONT TERRESTRE

Par Camille ROUGERON

Le rôle du progrès technique dans l'évolution de la guerre sur terre est devenu primordial. La synthèse qu'en présente notre collaborateur ne saurait qu'effleurer un sujet aussi vaste et laisse notamment de côté toutes les questions d'une importance extrême liées à l'entrée en scène de l'avion (aviation d'observation, aviation d'assaut, artillerie de D. C. A. pour défense éloignée et rapprochée). Il semble que, jusqu'en 1914, le progrès technique ait pu aisément être suivi par les différentes armes. De 1914 à 1918, on assiste à une véritable floraison d'armes nouvelles et à une intensification de l'emploi des armes connues, à un degré qu'on n'aurait guère imaginé auparavant. De 1918 à 1939, il semble que peu d'armes entièrement nouvelles aient fait leur apparition et qu'on se soit borné au lent perfectionnement de celles dont la guerre de 1914 avait montré l'intérêt. Que va devenir l'armement au cours de la guerre commencée en 1939 ? Très probablement, on doit escompter un bouleversement analogue à celui que nous avons connu il y a vingt-cinq ans. Et l'on peut être certain que, plus que jamais, toutes les ressources industrielles, extractives ou agricoles d'un pays seront appliquées à la guerre, en ne laissant à la consommation de ses habitants que la part exigée par leur strict entretien.

Technique militaire et technique industrielle

ON s'imagine quelquefois que les progrès de la technique et ceux de l'armement suivent une courbe parallèle, les militaires se bornant à appliquer à leur art, à mesure de leur apparition, les moyens nouveaux qui leur sont offerts.

Rien n'est plus faux. Les progrès de l'armement s'ajustent évidemment, en moyenne, sur les progrès techniques. Mais ils procèdent par bonds, tantôt les précédant, ou les provoquant lorsqu'un chef juge indispensable de renouveler ses procédés de combat, tantôt les suivant de loin lorsque, satisfait des armes que lui ont léguées ses prédécesseurs, il n'éprouve nul besoin d'utiliser les possibilités illimitées dont il dispose pour transformer sa tactique et sa stratégie.

De tout temps, les militaires ont trouvé dans la technique de leur époque les moyens dont ils avaient besoin. Jusqu'à la fin du siècle dernier, on peut même affirmer que, dans ses productions, la technique militaire était, le plus souvent, en avance sur les autres techniques.

Les exemples en abondent. La production des grosses pièces de forge saines en acier

a été mise au point pour satisfaire le premier, et pendant longtemps, le principal client : l'artilleur. La métallurgie des aciers spéciaux, la trempe différentielle des grosses pièces, a pour origine les besoins du constructeur naval en blindages. Les premières fabrications de série de mécanique de précision se rapportent aux armes. Des machines-outils d'emploi aussi universel que la fraiseuse ont été conçues spécialement pour ce genre de travail, et on pouvait voir en service dans un de nos arsenaux, jusqu'à une époque récente, les premières fraiseuses qui servirent à la fabrication du fusil modèle 1886 ; l'outil et l'arme avaient fait un usage de même durée. La création de la chaudière à tubes d'eau, comme la création de la turbine par Parsons, sont inséparables de leurs applications au navire de guerre.

On peut fixer assez exactement aux premières années de ce siècle le divorce net entre les progrès de la technique militaire et des techniques civiles ; celle-là n'a pu suivre ensuite que de très loin les progrès de celles-ci. Le cas n'est d'ailleurs pas spécial à telle ou telle arme et à tel ou tel pays. Il semble que les militaires et leurs techniciens aient été simultanément, un peu partout, débordés par les progrès des techniques

spéciales et à peu près incapables de s'y adapter.

Sur le plan qualitatif, le divorce est tellement éclatant, qu'il surprend même les moins avertis. Il choque davantage encore le réserviste, habitué aux solutions techniques modernes qu'il rencontre dans tout ordre d'activité, que le soldat de métier, résigné à se servir d'armes ou de méthodes dont la seule désignation ferait bondir le civil. Modèle 1873, modèle 1886, modèle

teur de l'infanterie, mais la mitrailleuse ne change rien à rien. » S'ils n'ont pas trouvé de formules aussi brillantes pour traduire leur opinion, les chefs de l'armée allemande n'avaient pas mieux compris que les nôtres le rôle de cette arme. L'hostilité envers les armes automatiques est même l'un des points où l'unanimité des armées a refoulé le plus longtemps les productions que des industriels obstinés persistaient à leur présenter.

En 1914, la méconnaissance des possibi-

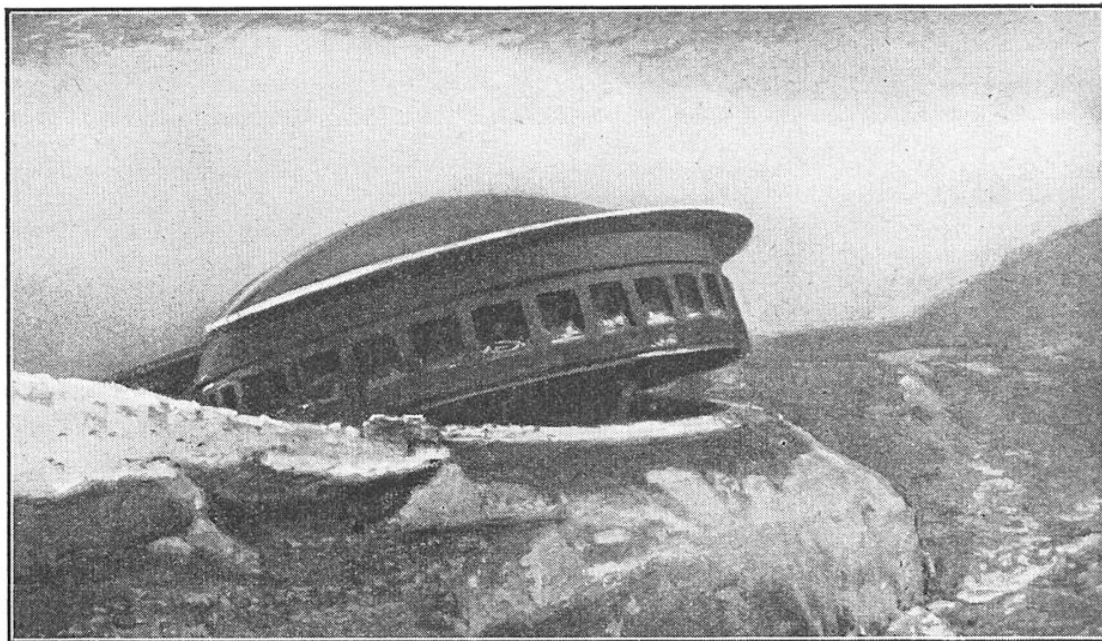


FIG. 1. — COUPOLE DÉTRUITE PAR UN PROJECTILE DE 420 MM EN 1914

Un projectile de 420 mm a atteint les parois en béton de cette coupole du fort de Broechem (Belgique), qui faisait partie de la défense d'Anvers : sous l'effet de la centaine de kilogrammes d'explosif de la charge, la coupole blindée a été arrachée.

1897, que cela s'applique à un revolver, à un fusil ou à un canon, cette seule désignation n'est-elle pas la critique la plus sévère d'un engin qu'on prétend utiliser encore après quarante ou cinquante ans ? Un « revolver » ? Aujourd'hui, un civil ne songerait pas plus à se servir d'un revolver modèle 1892 qu'à se faire transporter dans un double phaéton modèle 1899.

On a reproché quelquefois aux chefs de notre infanterie de n'avoir pas compris, avant 1914, l'intérêt de la mitrailleuse, comme s'ils avaient été les seuls à commettre une telle erreur. Assurément, ils n'avaient pas caché leur mépris pour cet engin. « Nous en avons fait construire pour satisfaire l'opinion, déclarait, en 1910, le général direc-

lités de transport de l'automobile était absolument générale. Les armées connaissaient le chemin de fer, qui avait quatre-vingts ans. Sans la guerre, elles auraient volontiers attendu tout autant pour comprendre le concurrent qui apparaissait. Le retard allemand était encore plus flagrant que le nôtre. On eut, de notre côté, dès septembre 1914, les « taxis de la Marne », dès 1916, les camions de la « Voie sacrée » de Verdun. Que l'un des deux adversaires ait compris en août 1914 ce qu'il pouvait tirer d'une réquisition de l'ensemble des moyens de transport automobiles du pays ; qu'il l'ait appliqué, soit à la marche sur Paris, soit au transport de nos forces de l'Est au-devant des armées d'invasion, et la physionomie des

opérations d'août-septembre 1914 était complètement bouleversée.

Sur le plan quantitatif, l'inaptitude à appliquer à l'art militaire les ressources énormes que le développement continu des industries extractive, chimique et mécanique mettait à leur disposition est non moins flagrante que l'obstination à s'en tenir aux armes et méthodes anciennes.

L'artillerie française est partie en 1914 avec 4 268 pièces. Les armées de la Révolution trouvèrent dans les arsenaux de Louis XVI 2 000 excellents canons de Gribeauval. En 1806, Napoléon jugeait qu'il avait besoin de 3 000 canons en état ; il en voulait 6 000 en 1809 ; il pouvait se permettre d'en abandonner 1 200 en Russie. Croit-on que la différence, à un siècle d'intervalle, corresponde à la différence de population, de richesse, de puissance industrielle, d'effectifs sous les drapeaux ? Qu'on ne dise pas que le canon de 75 de 1914 est incomparablement supérieur en portée, en cadence de tir, en effet du projectile, au canon de 12 de Gribeauval. Il s'agit de savoir si l'artillerie de 1914 représente un effort des nations pour leur défense comparable à celui qu'elles consentaient un siècle plus tôt, ou si le chargement par la culasse, la stabilisation gyroscopique ou la poudre sans fumée n'ont pas servi simplement, jusqu'en 1914, à masquer la nécessité pour tout pays de jeter toutes ses ressources dans la balance lorsque l'enjeu de la lutte est son existence même.

Avant 1914

L'infanterie est partie en 1914 avec, comme seule arme, le fusil et sa baïonnette, cette combinaison de l'arme à feu et de l'arme blanche sous la forme que lui avait donnée Vauban et que Napoléon considérait comme la première des merveilles de la technique militaire.

Tel quel, avec les progrès qu'on lui avait fait subir depuis un demi-siècle, rayure de l'âme, chargement par la culasse, encartouchage de la munition, mécanisme à répétition, poudre sans fumée, le fusil, aux mains des effectifs que l'on était parvenu à mettre en ligne, suffisait à donner à la défense une supériorité indiscutable qui frappait de caducité les plans offensifs en honneur à l'époque. On pouvait effectivement se passer de la mitrailleuse, si l'on ne tenait pas absolument à multiplier par vingt une puissance de feu suffisante pour ce que l'on avait à en faire.

La doctrine d'emploi de la cavalerie était

aussi insouciant des effets du feu que celle de l'infanterie. Qu'il s'agît de son emploi dans l'exploration, où l'on vous parlait de chevauchées de divisions indépendantes à la recherche de l'ennemi, ou de son intervention dans la bataille, où les charges de cavalerie devaient pareillement mettre en déroute l'ennemi défait ou éviter pareil sort en arrêtant l'ennemi vainqueur, on ne tenait pas davantage compte de la puissance du feu d'une escouade d'infanterie masquée derrière une haie à un kilomètre de là.

L'artillerie avait vu croître la puissance de son feu au moins autant que l'infanterie, mais elle était aussi incapable qu'elle de l'appliquer à l'offensive dans les conditions de combat qu'elle avait imposées à l'adversaire.

L'obus à balles fusant rendait intenable de vastes étendues du champ de bataille pour une faible dépense de munitions. La menace interdisait à l'adversaire toute circulation à découvert, jusqu'à des distances très supérieures à celles où le fusil pouvait agir. L'emploi du tir fusant marqua, pendant quelques dizaines d'années, le triomphe de l'artillerie.

Tant qu'on restait en situation défensive, la parade était facile ; c'était le recours généralisé à la fortification de campagne. A l'abri du parapet de sa tranchée, avec quelques pare-éclats pour la protection contre le tir d'enfilade, le fantassin se moquait complètement des coups fusants et réparait au créneau dès que le tir s'arrêtait.

Comment faire sortir l'homme de son trou ? Il y eût fallu une débauche de projectiles percutants que l'on ne songeait guère alors à se permettre.

On a vivement reproché aux chefs responsables de notre artillerie d'avoir marqué, pour l'artillerie lourde, le même mépris que leurs collègues de l'infanterie affichaient à l'égard de la mitrailleuse, et l'on a voulu voir dans l'absence de ce matériel la raison principale de la durée de la guerre et de notre impuissance à obtenir une décision avant plusieurs années.

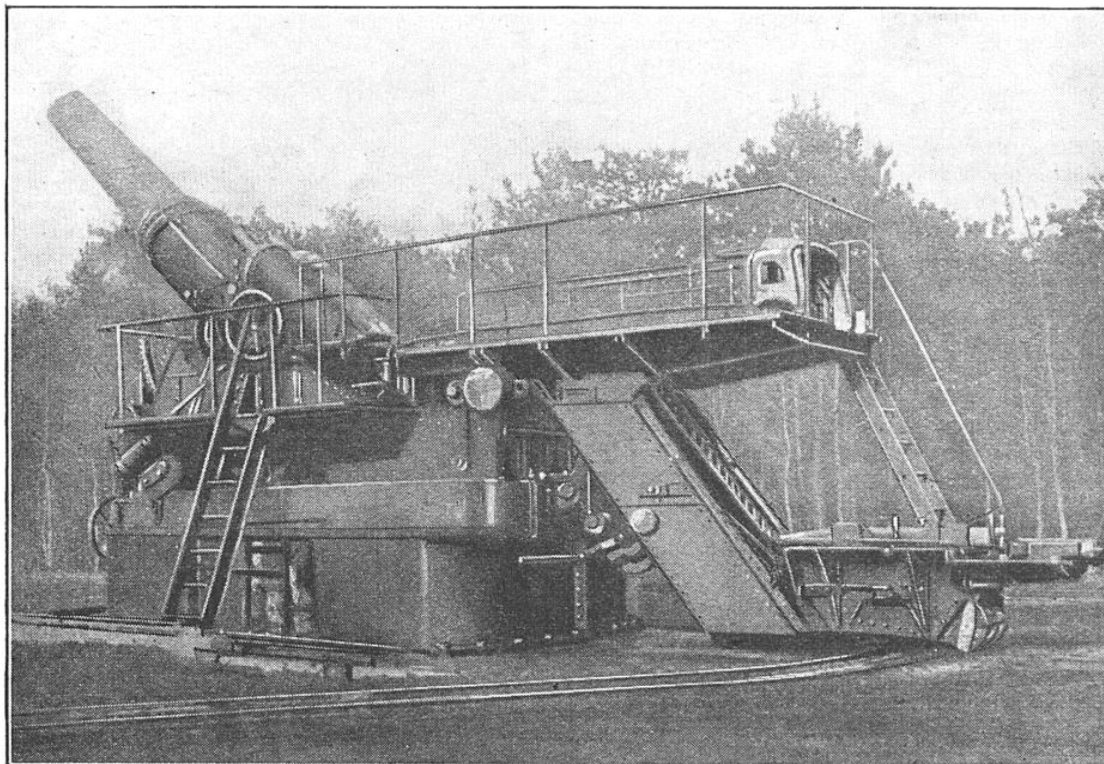
Assurément, sur ce point, l'artillerie allemande avait, depuis longtemps, devancé la nôtre ; elle n'avait jamais accepté de mettre en cause, comme chez nous, le principe même de l'artillerie lourde. Elle disposait de canons lourds, nombreux et modernes, de types parfaitement adaptés aux missions diverses qu'on leur réclamait.

Cependant, cette splendide artillerie n'a pas davantage permis à l'armée allemande d'emporter la décision pendant les mois et

les années qui furent nécessaires à l'armée française pour créer un matériel équivalent. L'explication du piétinement, face les uns aux autres, d'effectifs numériquement équivalents et aussi différemment armés, est donc ailleurs.

Si l'on passe à l'autre arme savante, au génie, on n'y trouve pas davantage le désir d'appliquer à l'art militaire les progrès

côté comme de l'autre, les galeries de mine progressaient avec une sage lenteur ; on continuait à repérer à l'oreille les coups de pioche du mineur d'en face. Mais il ne venait à l'idée de personne d'appliquer au forage des galeries l'énergie mécanique sous forme électrique, pneumatique ou hydraulique, et pas davantage d'y ajouter l'exigence du silence, qu'il eût suffi de réclamer pour l'obtenir.



(58 489)

FIG. 2. — OBUSIER ALLEMAND DE 420 MM (1914-1918)

Le premier obusier de 420 mm allemand était ce matériel pesant 140 t, qui ne pouvait être transporté que par voie ferrée et qui exigeait des travaux de mise en batterie assez longs. Il tirait, à la vitesse initiale de 440 m/s, un projectile de 900 kg, et pouvait atteindre la portée de 14 200 m. C'est à ce matériel que le public allemand donnait le nom de « dicke Bertha » (grosse Bertha), du nom de Bertha Krupp, et non aux canons longs de calibre beaucoup plus faible (210 mm), qui tirèrent sur Paris en 1918.

des techniques modernes. Les pontonniers avaient à peu près conservé le matériel et les méthodes qui avaient fait leur gloire sous Napoléon, et ce n'était certainement pas plus à eux qu'aux pionniers allemands qu'il fallait demander l'application aux ponts et passerelles des éléments porteurs en caoutchouc-mousse qui firent, vingt ans plus tard, la gloire des gouvernementaux espagnols franchissant l'Ebre. La technique des sapeurs-mineurs remontait plus loin encore, et l'on ne voit guère quels progrès elle avait pu réaliser depuis Vauban. D'un

Ce qui était plus grave encore que cette obstination à l'emploi de méthodes et de matériels surannées, c'était la limitation du nombre des armes et de leurs stocks de munitions à des chiffres que l'enrichissement général, ou, ce qui revient au même, le progrès des industries faisaient chaque jour plus ridiculement insuffisants. On conçoit que, dans une peuplade nègre, on économise un fusil et des cartouches qu'on se transmet de père en fils et dont la valeur représente plusieurs années de travail d'homme. En 1914, un pistolet automatique représentait

une semaine de travail ; un fusil de guerre en représentait un mois ; les machines automatiques débitaient les cartouches à un prix à peine supérieur à celui de la poudre, du cuivre et du laiton. On faisait un épouvantail des chiffres « astronomiques » d'un budget de la guerre, sans s'apercevoir qu'ils représentaient beaucoup moins alors qu'un siècle plus tôt, si l'on tenait compte de l'accroissement des populations et de leurs richesses.

C'est l'incompréhension de la valeur relative de l'homme et de son armement qui a été le seul obstacle à l'introduction de la mitrailleuse. Pendant un siècle, on a repoussé régulièrement toutes les propositions qui visaient à accroître le débit de l'arme d'infanterie. On entendait que le fantassin ne tirât pas un coup qui ne fût destiné à un adversaire nettement aperçu et soigneusement visé. L'arme à répétition était déjà considérée comme provoquant le gaspillage. Comment n'en eût-il pas été de même pour la mitrailleuse, quand on disposait, moyennant une paire de godillots pour chacun, d'un nombre illimité de véhicules tous terrains porteurs d'un fusil, et qu'on pouvait en exiger l'intelligence en plus, puisqu'on leur donnait un sou par jour ? On se trompait ; il est des cas où le travail à la main ne vaut pas le travail mécanique. Sur les fantassins qui le chargeaient à cinquante mètres, l'homme intelligent, mais nerveux, expédiait neuf balles sur dix au-dessus de leurs têtes, tandis que le plus stupide des servants de mitrailleuses, une fois son pointage en hauteur réglé à loisir et bloqué, les arrosait avec un rendement bien supérieur.

C'est le même mépris de la valeur d'une existence d'homme, et le même respect pour le coût d'un projectile qui explique la faiblesse des stocks de munitions d'artillerie, qui fut, beaucoup plus que le calibre, la raison majeure de l'impuissance de chacun des adversaires à déloger l'autre de ses embryons de tranchées aussitôt après la Marne. L'expérience la plus sommaire montrait qu'il suffisait de quelques centaines de coups de 75 pour faire une brèche dans un réseau de fils de fer, de quelques dizaines de coups seulement si l'on disposait, pour lancer ces mêmes projectiles, d'un mortier tirant de près. Mais comment songer à un tel gaspillage quand on pouvait faire la brèche beaucoup plus économiquement, avec des sapeurs qui les auraient coupés à la cisaille ou au pétard de mélinite ? Là encore, l'économie était mal comprise ; le sapeur, qui n'en pouvait mais, restait accroché dans les

barbelés et la mitrailleuse d'en face, alertée, y clouait sans difficulté les fantassins qui suivaient.

De 1914 à 1918

L'armement d'infanterie

De toutes les armes, l'infanterie est celle qui renouvela le plus complètement son matériel au cours de la guerre de 1914-1918. Le développement énorme des armes automatiques, l'emploi de la grenade, du lance-flammes, du mortier de tranchée, du char, tout cela est une création de la guerre.

L'arme automatique multipliait la puissance du feu au point de rendre à peu près impossible toute progression qui n'aurait pas été précédée de la destruction de ces armes. Elle remplaçait le feu de plusieurs sections d'infanterie, si l'on ne tient compte que de la cadence. Mais, surtout, l'arme lourde, sur son trépied, réglée en hauteur pour battre un réseau de fil de fer, était infiniment moins sensible aux réactions de l'homme qui la servait que le fusil avec lequel on ne visait pas mieux et qu'on tirait toujours trop haut. Par l'augmentation sans arrêt, jusqu'à l'armistice, du nombre insignifiant de mitrailleuses qu'elles possédaient en 1914, les infanteries des Alliés et des Empires centraux se trouvèrent posséder une puissance de feu défensif qui ne laissait guère à désirer.

L'armement offensif était beaucoup plus difficile à créer. Les diverses tentatives faites pour en doter l'infanterie marquaient des progrès appréciables sur l'époque où l'on ne pouvait guère compter que sur la baïonnette pour expulser l'ennemi de ses tranchées. Mais le seul nombre des armes successivement essayées montre bien qu'on ne parvint pas à trouver l'armement idéal de l'infanterie dans l'offensive, qu'on en est d'ailleurs encore réduit à chercher.

L'insuffisance de l'artillerie de campagne pour maintes missions, destructions des réseaux de fil de fer, appui direct au cas de lignes rapprochées, attaque d'organisations à contre-pente, conduisit l'infanterie à réclamer le concours d'une artillerie de tranchée capable d'agir efficacement, en ne dépensant qu'une quantité modérée de munitions, sur tous ces objectifs dont la destruction était la condition obligatoire de toute progression. Malgré des réalisations de début bien grossières, cette artillerie se trouva être la seule qui pût accompagner l'infanterie assez rapidement pour suivre son avance en terrain bouleversé.

Poussant à l'extrême dans la voie du tir

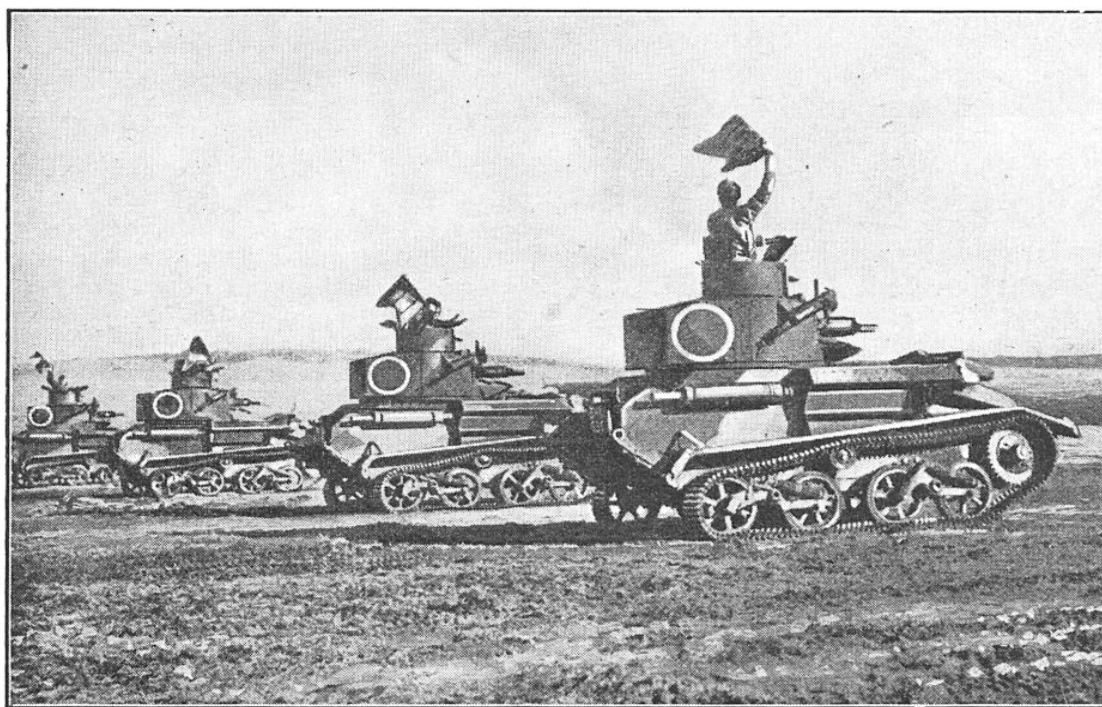
courbe et des matériels de petit calibre, l'infanterie en vint à ressusciter un des plus anciens projectiles explosifs, la grenade, lancée à la main jusqu'à une trentaine de mètres, au fusil jusqu'à près de 200 m. La grenade était parfaite pour déloger l'ennemi rapproché sous abri non enterré.

Ni l'artillerie de tranchée ni la grenade ne convenaient à la réduction des mitrailleuses, qui avaient échappé à la destruction par l'artillerie ou qu'on mettait en place

plus mal organisés pour la perforation. Le char de 1916 contenait en germe toute la guerre mécanique qui pourra révolutionner complètement les conditions de la lutte sur terre, mais il ne pesa pas de façon décisive sur l'issue des opérations de la guerre de 1914-18.

Le matériel d'artillerie

De 1914 à 1918, la transformation du matériel d'artillerie a eu pour but l'intro-



(58 492)

FIG. 3. — CHARS LÉGERS DE L'ARMÉE BRITANNIQUE

Ce groupe de chars légers de l'armée britannique représente un type de char à blindage relativement mince, grande vitesse et grand rayon d'action, qui peut être utilement employé aux opérations à grande distance d'un front, mais ne résisterait pas aux canons antichars modernes.

après cette destruction, surtout dans le cas où on les installait en deuxième position, à une distance qui ne cessa d'augmenter jusqu'en 1918.

Le char, engin blindé et chenillé, à l'épreuve de la balle de mitrailleuse et pouvant se déplacer même en terrain bouleversé, tenta de résoudre le problème. Employé timidement, à doses trop faibles, il ne donna pas, au début, les succès qu'on pouvait en attendre et l'adversaire eut le temps d'organiser la défense. Au surplus, s'il était protégé contre la plupart des éclats, il ne résistait pas aux projectiles de l'artillerie de campagne qui l'atteignaient, même aux

duction du tir courbe, l'augmentation des portées, l'augmentation des puissances.

L'intérêt du tir courbe n'avait pas échappé, bien avant 1914.

Aux moyennes et surtout aux petites distances, en effet, une pièce à tir tendu ne peut pas atteindre un adversaire retranché, ou installé à contre-pente, ou même simplement défilé dans les plis du sol. Il ne faut pas croire que cet inconvénient sera exceptionnel et qu'il suffit de prévoir pour cette éventualité quelques pièces à tir courbe, le canon à tir tendu restant utilisable dans la grande majorité des cas. Devant la puissance accrue du feu, l'infanterie qui pourra

y échapper en utilisant le terrain ne manquera pas de le faire. Si l'adversaire dispose d'obusiers, elle se résignera à s'installer sous leur feu, puisqu'elle ne peut pas y échapper. S'il n'en possède pas, le fantassin ennemi ne sera pas long à le découvrir et à organiser ses positions dans les zones que le feu des canons à tir tendu ne peut battre.

Le grand angle de tir de l'obusier permet de rapprocher les emplacements de batterie de l'infanterie. Il autorise le choix d'emplacements d'où les pièces échappent à l'observation aérienne, derrière un talus, dans un bois.

Grâce au grand angle de chute, on peut battre les pentes entièrement inaccessibles au tir tendu. Il permet tout aussi bien de battre celles où l'on peut tirer à la rigueur, mais où la dispersion du tir tendu serait inadmissible. C'est le problème qui se posait régulièrement à chaque franchissement de crête, et c'est l'absence de matériels à tir courbe pouvant accompagner le fantassin à distance assez faible qui incitait l'ennemi à organiser à contre-pente sa ligne de résistance.

Notre artillerie de campagne partait, en août 1914, avec une proportion infime de pièces à tir courbe, puisqu'elle n'avait alors que 104 pièces de 155 court et 84 pièces de 120 court, contre les 1 200 obusiers lourds de 150 et les 1 450 obusiers légers de 105 de l'artillerie allemande. L'introduction de matériels à tir courbe dans notre artillerie de campagne fut une de ses principales transformations. Les 188 pièces courtes de 1914 étaient devenues 2 368 en 1918, bien que la réforme alors en cours, qui visait à introduire 30 % de pièces courtes dans l'ensemble de notre artillerie, ne fût pas encore achevée à l'armistice.

L'augmentation des portées, soit par la création de matériels nouveaux, soit par la modification des matériels existants et de leurs projectiles, est un autre trait saillant de la guerre de 1914.

On avait négligé systématiquement de tirer des matériels en service la portée maximum qu'ils étaient susceptibles de donner. On en jugera d'après le seul 75, dont on s'était borné à graduer un appareil de pointage jusqu'à 5 500 m, alors que, dès la bataille de la Marne, on put le faire tirer jusqu'à 8 500 m en enterrant la crosse, et que, à la fin de la guerre, l'adoption d'un projectile aux formes améliorées lui permit de tirer à 11 000 m.

C'était l'époque où régnaient encore les idées de Dragomirov déclarant : « Nous avons pour nos canons des égards de nourrices.

C'est une honte d'engager l'artillerie à plus de 2 500 m. Désormais, tout commandant de batterie qui, aux manœuvres, dépassera cette distance sera révoqué. » La publication d'un rapport du général Herr qui, de retour d'une visite sur le théâtre de la guerre des Balkans, revenait avec l'affirmation de la nécessité d'une artillerie à grande portée, avait produit en 1913 quelque émoi. L'Etat-Major de l'Armée rassurait le Parlement en affirmant « qu'une artillerie manœuvrière, sachant utiliser le terrain, aurait rarement besoin d'un canon à longue portée pour se placer à bonne distance de l'ennemi. »

L'augmentation des portées fut extrêmement rapide, aussi bien dans l'artillerie française que dans l'artillerie allemande.

Au 155 court, modèle 1904, dont la limite de portée était de 6 300 m, succédèrent un 155 court Schneider tirant à près de 12 000 m, un 155 long Schneider tirant à 16 000 m, un 155 G. P. F. (155 à grande puissance Filloux) tirant à 18 000 m.

Du côté allemand, l'obusier de 150 tirant à 8 000 m et le canon de 130 tirant à 14 000 m furent complétés, dès la fin de 1914, par un canon de 150, faisant partie de l'armement de Metz, tirant à 15 600 m et, deux ans plus tard, par un canon long de 150, modèle 1916, tirant à 22 800 m.

La recherche de l'augmentation des portées exigeait l'accroissement des calibres. Pour la plupart des missions de l'artillerie de campagne, les calibres de 75 à 105 mm seraient très suffisants si l'on n'envisageait que la destruction du personnel à découvert, du matériel, ou même des tranchées. Lorsqu'il donne la portée exigée, le calibre de 75 est parfait contre le personnel ; si l'on avait un reproche à lui adresser, c'est plutôt de ne pas atteindre à l'efficacité supérieure encore des matériels d'accompagnement tirant des projectiles de 3 kg, de 1 kg, ou même des grenades de 500 g. Contre le matériel, le 75 suffit à la rigueur, et l'on est parvenu à faire avec lui des tirs de contre-batterie dont l'efficacité n'avait rien à envier à un tir d'artillerie lourde. Contre les tranchées, une charge d'explosif légèrement supérieure, comme celle que donne le 105, serait préférable, encore qu'après avoir reçu au front l'artillerie lourde qui nous faisait tant défaut, on découvrit en 1917 que le tir du 75 sous grand angle, avec fusée à retard, était parfaitement à même de niveler les tranchées.

Mais ce qui manque à ces calibres de 75 à 105 mm, c'est la portée. Pour atteindre les distances de 18 à 20 km dont on avait

besoin pour certaines missions de contre-batterie ou d'interdiction, il aurait fallu, avec des calibres de cet ordre, des vitesses initiales prohibitives du point de vue usure des tubes. Il fallait s'adresser aux calibres de 150 à 155 mm qui pouvaient donner ces portées avec des vitesses initiales acceptables, et qui présentaient en outre l'avantage d'une dispersion moindre à grande distance. L'artillerie lourde longue s'introduisait ainsi dans l'artillerie de campagne, non point pour des raisons d'efficacité du projectile, mais pour des raisons balistiques.

Il y avait cependant une mission qui réclamait une augmentation de puissance de projectile ; c'était l'attaque des abris profonds de la fortification de campagne et surtout la destruction des ouvrages de fortification permanente.

A mesure que le fantassin, écrasé sous un déluge de projectiles de tout calibre, substituait à l'abri de deux couches de rondins l'abri en sape de plus en plus profondément enterré, des calibres de plus en plus gros étaient nécessaires pour les détruire. L'évolution était rapide et, en 1916, bien des abris étaient assez profonds pour résister au 150 ou au 155, et exigeaient le 210 ou le 220. L'exigence n'était cependant pas absolue. Les descentes dans l'abri pouvaient être bouchées par des obus de calibre très inférieur à celui qui était nécessaire pour détruire l'abri lui-même, et surtout, maintenu dans ses abris profonds par un tir qui pouvait être de petit calibre, le fantassin se trouvait incapable d'en sortir à temps pour arrêter la vague ennemie qui collait derrière le barrage roulant et l'accueillait à coups de grenades au moment où il s'apercevait qu'on venait d'allonger le tir. A tel point que le commandement allemand, qui avait fait exécuter à Verdun des abris à l'épreuve

de l'artillerie française, se vit contraint d'en interdire l'occupation et de maintenir ses troupes sous le feu de destruction, simplement protégées dans les trous d'obus.

Seule, l'attaque de la fortification permanente imposait impérieusement l'artillerie de très gros calibre. On sait comment, faute d'être appuyées par une artillerie de calibre suffisant, nos troupes durent renoncer à l'attaque des positions fortifiées de Metz, et comment, au contraire, les artilleries allemande et autrichienne, qui avaient préparé



(58 493)

FIG. 4. — UN MODÈLE RÉCENT DE CHAR FRANÇAIS

Ce char, quoique à peu près contemporain du char anglais représenté à la figure précédente, est moins rapide mais beaucoup mieux protégé.

en secret des matériels de 380 et de 420, parvinrent à détruire aisément les forts belges et ceux des forts français que ne protégeaient pas nos armées en campagne.

Les progrès de l'artillerie en nombre de pièces et en dépense de munitions furent un des traits essentiels de son évolution de 1914 à 1918.

On sait qu'en 1914 l'armée française entama les opérations avec une artillerie très inférieure en puissance à l'artillerie allemande. Bien que les chiffres aient été publiés depuis longtemps, il ne semble pas qu'on ait bien précisé et compris l'énorme disparité des deux armées sur ce point.

L'artillerie des armées françaises comprenait, au 1^{er} août 1914, 4 268 pièces se

divisant en 120 canons de 65 de montagne, 3 840 canons de 75, 84 canons de 120 court, 120 canons de 120 long et 104 canons de 155 court. Sur ces 308 pièces d'artillerie lourde, seuls les canons de 155 court, datant de 1904, étaient relativement modernes ; les 120 court dataient de 1890, et les 120 long étaient un matériel de Bange de 1878.

L'artillerie de campagne allemande disposait de 7 820 pièces, soit 4 350 canons de 77, 500 canons de 100, 1 450 obusiers légers de 105, 1 200 obusiers lourds de 150, 300 mortiers de 210, 20 mortiers puissants de 305 et 420 mm, sans compter quelques canons de 130, 150 et 210, et quelques mortiers de 280.

La comparaison des puissances qui se ferait sur le nombre global des pièces, 4 268 et 7 820, serait entièrement erronée. A vitesse initiale égale — et la vitesse initiale des pièces allemandes valait en moyenne celle des nôtres — la comparaison se fait beaucoup plus justement d'après le rapport des cubes des calibres. Une pièce

de 150 pèse, et coûte, huit fois plus que la pièce de 75 de même vitesse initiale. En faisant le calcul sous cette forme, évidemment sommaire, mais qui est cependant celle que l'on emploie en marine lorsqu'on veut comparer les « poids de bordée » de deux navires de guerre, on trouve que l'artillerie allemande partait en guerre, en 1914, avec un matériel qui représentait *cinq fois* la puissance de l'artillerie française.

C'est cette différence qu'il nous fallut combler au cours de la guerre, ce qui était d'autant plus difficile que l'Allemagne, loin de rester inactive, intensifiait de plus en plus ses fabrications.

A l'armistice, l'artillerie légère (65, 75 et artillerie de D. C. A.) de l'armée française comprenait 5,984 pièces ; l'artillerie lourde,

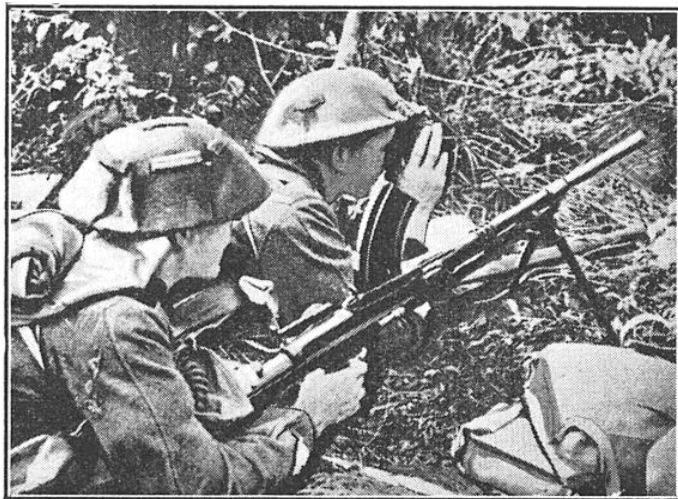
5 750 pièces. L'artillerie française avait presque décuplé en puissance.

Mais l'artillerie allemande, qui n'avait même pas triplé en puissance, lui restait encore très supérieure avec près de 20 000 pièces, dont 11 948 d'artillerie légère (77 et 105) et 7 880 d'artillerie lourde. Il est vrai que l'Allemagne trouvait alors également en face d'elle l'artillerie de nos alliés.

La même disproportion s'observait en 1914 quant aux approvisionnements en munitions, encore accentuée par l'infériorité relative des dotations de notre artillerie

lourde. Nous avions bien 1 475 coups par pièce de 75, mais n'en avions plus que 1 100 par pièce de 155 court, 600 par pièce de 120 long, 400 par pièce de 120 court.

Au contraire, si l'artillerie allemande disposait d'un approvisionnement un peu inférieur pour son artillerie légère, 1 300 coups par pièce pour le 77 et 900 coups par pièce pour le 105, le canon de 100 avait 1 800 coups par



(58 494)

FIG. 5. — LA MITRAILLEUSE LÉGÈRE BREN

La mitrailleuse légère Bren est une arme tchécoslovaque adoptée par l'armée britannique et construite en grande série chez nos alliés depuis plusieurs années. C'est une arme automatique pesante, tout compris, moins d'une vingtaine de kg et qui est intermédiaire entre le fusil-mitrailleur et la mitrailleuse de l'armée française.

pièce, l'obusier lourd de 150, 1 750 coups par pièce. Le seul approvisionnement en munitions des 1 200 obusiers lourds de l'artillerie allemande représentait en poids *trois fois* celui de nos 3 840 canons de 75. L'écrasement de notre armée sous le poids des munitions de l'artillerie lourde allemande est donc l'expression exacte de la vérité.

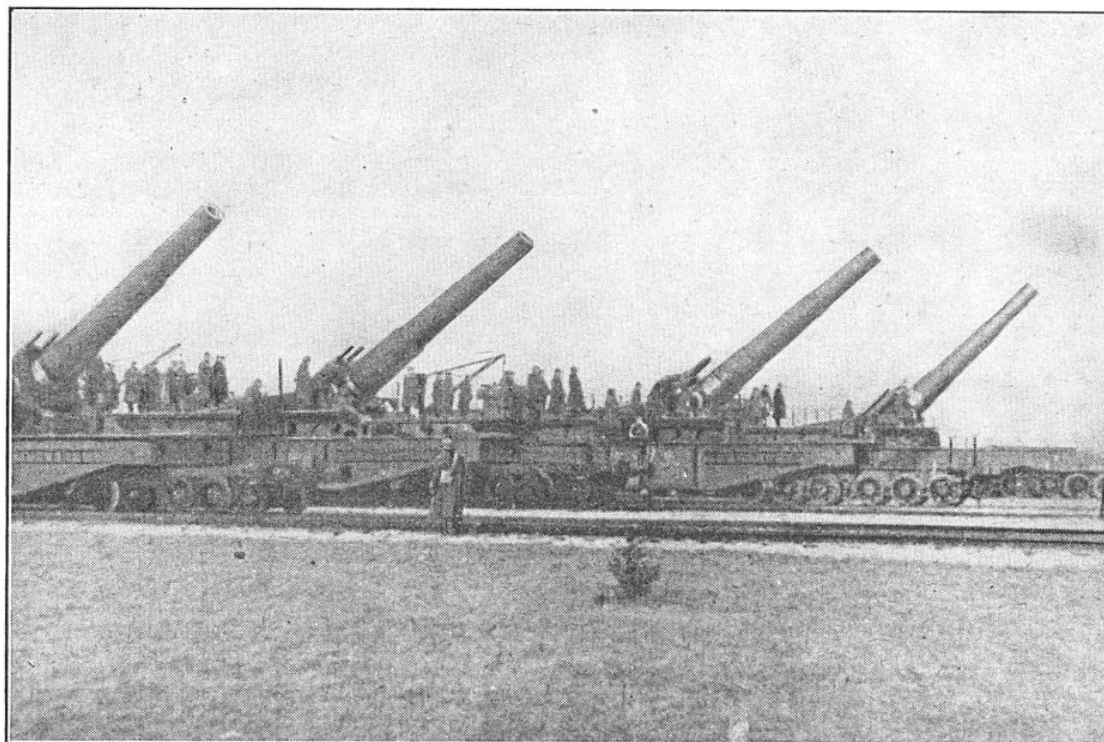
Là aussi, il nous fallut faire un effort de production énorme. Nous fûmes heureusement sauvés lorsque, après les consommations des deux premiers mois de guerre, les artilleries française et allemande se retrouvèrent l'une et l'autre devant leurs caissons vides. Si nous n'avions prévu, comptant sur une guerre courte, qu'une production journalière de 3,5 coups par pièce à partir du quatre-vingtième jour de guerre, l'Allemagne

n'avait prévu qu'une production journalière de 1 coup par pièce.

A l'armistice, au lieu des 13 600 coups de 75 de la production journalière prévue, nous avons atteint 230 000 coups, sans compter 50 000 coups de 155, et les munitions des autres calibres. On produisait 50 fois plus qu'on ne l'estimait suffisant quatre ans plus tôt.

jugé valoir une mitrailleuse dans un trou d'obus.

Le triomphe de cette conception est la défense de Verdun en 1916. On avait renoncé depuis longtemps à utiliser les forts dans le dispositif de défense. Lorsque les Allemands prirent Douaumont, fort considéré en 1914 comme entièrement modernisé, ils y trouvèrent quelques hommes des plus



(58 495)

FIG. 6. — GROSSES PIÈCES D'ARTILLERIE LOURDE SUR VOIE FERRÉE (A. L. V. F.)

Ces quatre pièces de 320 mm sur affûts-trucks sont l'un des matériels les plus nombreux de notre artillerie lourde sur voie ferrée (A. L. V. F.). Elles datent de la guerre de 1914-1918. Elles proviennent, par réalésage après usure, des canons de marine de 305 mm, modèle 1893-96. Elles tirent à 27 km un obus en fonte aciérée à fausse ogive de 392 kg.

La fortification permanente

De 1914 à 1918, la régression du rôle de la fortification permanente est complète. Tant de forts étaient tombés en quelques jours, que l'on pensait devoir tenir des semaines, tant de lignes de tranchées avaient tenu des mois, que l'on eût cru devoir être enlevées à la première attaque à la baïonnette, que l'on réunissait dans le même mépris toutes les acquisitions de la fortification permanente depuis des siècles. La maçonnerie, le béton, les blindages, les tourelles, les casemates de flanquement, tout cela n'était pas

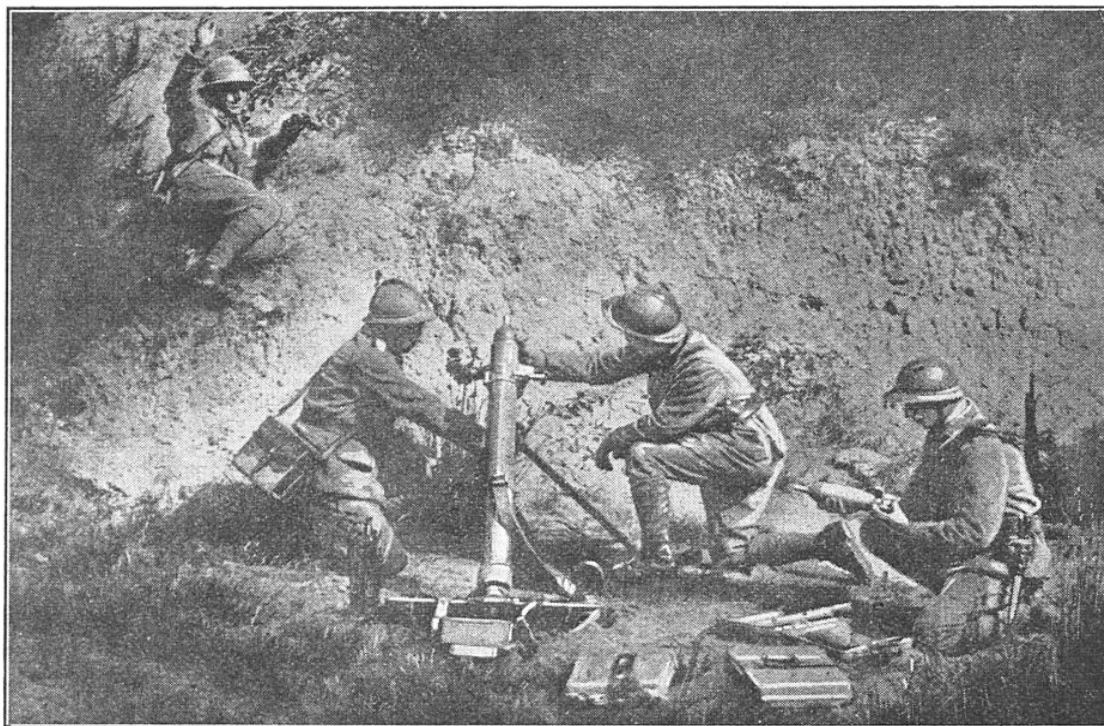
vieilles classes, chargés d'en défendre l'entrée aux simples curieux, mais dont la mission ne comportait pas la moindre résistance au cas d'une tentative d'occupation par des hommes en armes ; cette fonction incombait aux troupes en tranchées.

Sur l'ordre de Pétain, on se mit bien, en théorie, à réoccuper les forts et leurs annexes en vue de s'en servir pour la défense du secteur ; l'héroïque résistance du fort de Vaux fit la preuve que des hommes pouvaient se défendre sous du béton tout aussi bien que sous un parapet en terre. Mais pas mieux. Jusqu'à la fin, la défense essentielle fut la

tranchée, le réseau de fils de fer, la mitrailleuse dans le trou d'obus, et les ouvrages, dans le béton desquels on avait enfoui des milliards, servirent d'abris pour postes de commandement ou troupes en réserve, comme l'eût fait un simple abri en sape construit en quinze jours.

qui marquerait vraiment l'entrée de l'infanterie dans l'ère de la mécanisation, il y a un monde.

Tout ce qu'on peut mettre à l'actif de ces vingt années, c'est que l'importance de la question a été vaguement entrevue par quelques rares militaires, quand la plupart



(58 496)

FIG. 7. — LE MORTIER BRANDT DE 81 MM

Ce mortier, réglementaire depuis douze ans dans l'armée française, est adopté comme matériel d'accompagnement d'infanterie dans une quarantaine de pays. Il pèse 60 kg, et peut-être décomposé en trois fardeaux, tube-canon, affût-support, plaque de base, d'environ 20 kg chaque, ce qui permet de le transporter à proximité immédiate des premières lignes. Il peut tirer, jusqu'à 3 200 m, un projectile « normal » de 3 kg 300 en fonte aciérée ou en acier, contenant entre 400 et 530 g d'explosif, et jusqu'à 1 160 m un projectile « à grande capacité » pesant 6,850 kg et contenant 2 kg de tolite, c'est-à-dire sensiblement la charge en explosif d'un projectile d'obusier de 105 mm. Il ne comporte aucun mécanisme de culasse ni de frein. Le projectile est stabilisé par empennage ; il comporte une queue tubulaire perforée dans laquelle on loge la cartouche. Le projectile, introduit par la bouche, descend dans l'âme. En fin de chute, le choc de la cartouche contre un percuteur fixe provoque la percussion de l'amorce et le départ du coup.

[De 1918 à 1939

L'armement d'infanterie

Deux progrès techniques marquent ces vingt années : la transformation du char, la création d'un matériel d'accompagnement à tir courbe.

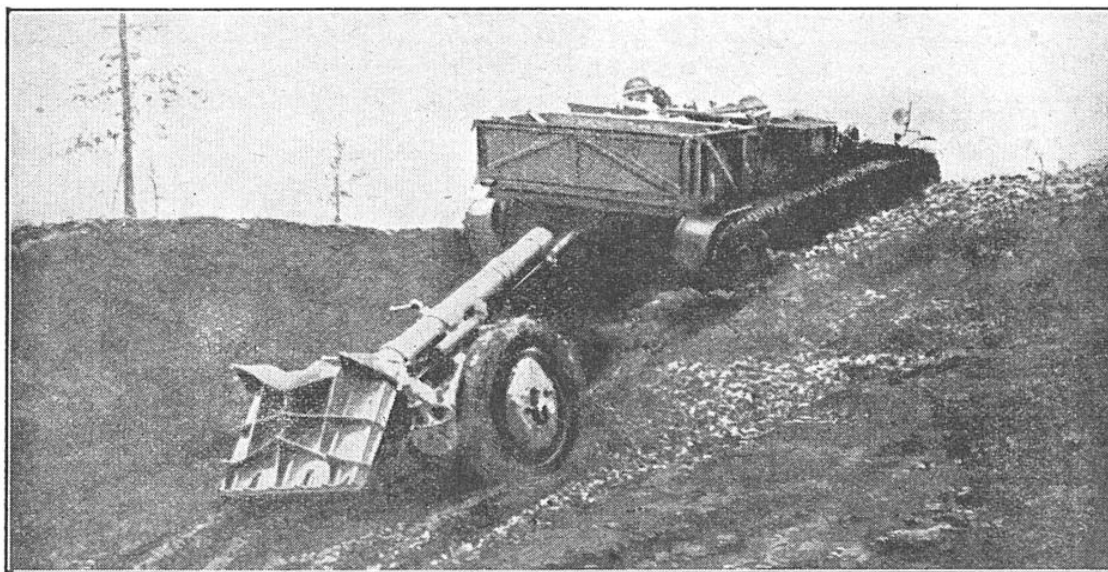
Les années 1916 à 1918 avaient été celles de l'enfance du char. Se protéger par une plaque d'acier contre la mitrailleuse d'infanterie est une tâche facile. Mais entre l'engin primitif, qui obtenait ce résultat et celui

des spécialistes et des écrivains qui se sont occupés de cette question, même parmi les plus enthousiastes de l'arme nouvelle, n'ont pas porté à son aspect technique l'attention qu'il méritait.

Jusqu'à la guerre d'Espagne, où trois pays, l'Allemagne, l'Italie et l'U. R. S. S., devaient voir l'échec total du matériel en qui ils avaient placé leur confiance, la plupart des grandes puissances militaires avaient suivi la Grande-Bretagne dans la voie du char rapide, à grand rayon d'action,

mais à protection à peine plus épaisse que les chars de 1918, qui ne résistaient même pas au fusil antichar. Cette conception était tout au plus convenable en vue d'opérations contre un adversaire pour qui tout l'armement se résume en un fusil de puissance à la bouche telle qu'on l'obtenait il y a cinquante ans. Mais, si elle pouvait être utile à la Grande-Bretagne dans des opérations coloniales, elle ne convenait nullement à la guerre contre un adversaire qui dispose des innombrables moyens que la

L'Allemagne a été la première à tenir compte de cette leçon en renforçant la protection de ses chars en construction et de quelques-uns de ses chars en service. Le succès de ses divisions blindées en Pologne paraît lui avoir donné raison. Il serait cependant très risqué de conclure que son succès tient à la réalisation d'un matériel satisfaisant, étant donné l'infériorité de la défense antichar polonaise. En tout cas, les échecs répétés des chars russes sur le front finlandais confirment l'insuffisance du char sous



(58 497)

FIG. 8. — MORTIER BRANDT DE 120 MM REMORQUÉ PAR CHENILLETTE

Ce mortier, qui peut être indifféremment tiré par chevaux, décomposé en fardeaux portés sur bâts, ou remorqué derrière une auto de tourisme, une autochenille, une chenille, etc., applique à l'artillerie « lourde » — si l'on ose dire, car il ne pèse que 800 kg — les principes appliqués au matériel d'accompagnement. Il permet de tirer jusqu'à 7 200 m un projectile de 17 kg chargé à 4,275 kg d'explosif. Ce matériel est actuellement construit en série pour plusieurs puissances étrangères.

technique moderne fournit contre un engin aussi faiblement protégé : mitrailleuses lourdes, canons antichars, artillerie de campagne, mines...

L'armée française était la seule qui eut compris l'importance primordiale de la protection, dût-on sacrifier vitesse et rayon d'action. Le matériel conçu sur ce principe n'eut pas à subir l'expérience du feu, mais on peut présumer qu'il se serait comporté infiniment mieux que des chars à protection légère.

La guerre d'Espagne, où les chars italiens, allemands et russes ont été employés avec le même insuccès, a pleinement mis en évidence l'impuissance du char léger en face des armes qu'on peut lui opposer.

la forme qu'on lui avait donnée pendant les vingt dernières années, lorsqu'il se trouve en face d'une défense convenable.

La création d'un matériel d'accompagnement à tir courbe que l'infanterie puisse servir elle-même et qui lui donne dans l'offensive une puissance de feu comparable à celle de l'arme automatique dans la défense, est l'œuvre des années 1918 à 1939.

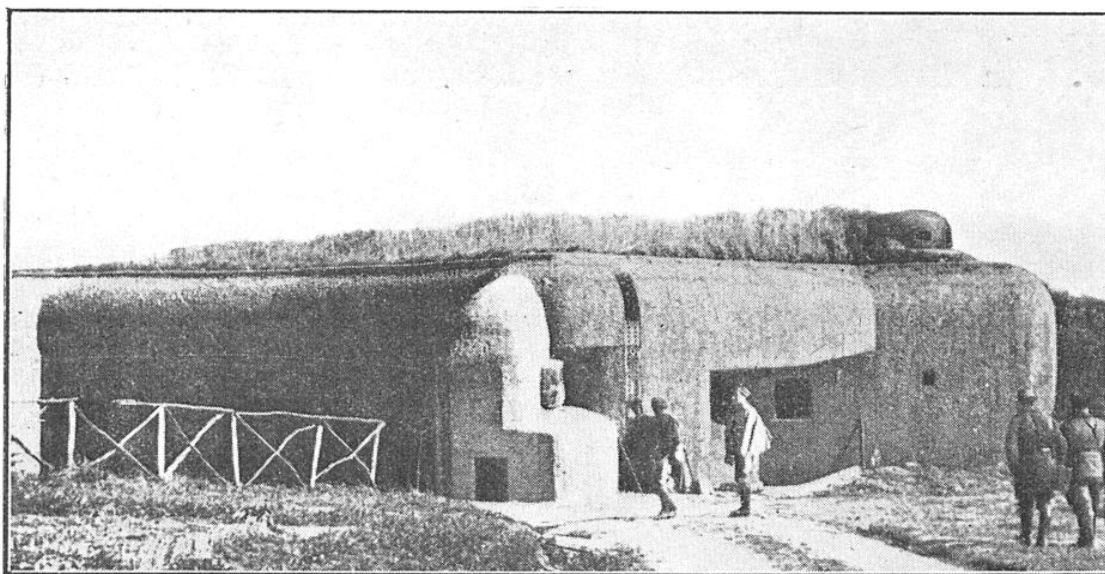
Les minenwerfer, que l'artillerie allemande avait construits sur les leçons de la guerre russo-japonaise, pour la destruction des défenses accessoires de la fortification permanente, les mortiers de tranchée que les armées franco-britanniques furent obligées d'improviser au cours de la guerre de 1914, avaient montré que, pour bien des missions,

une arme à tir courbe de portée faible était supérieure à l'artillerie de campagne.

Malgré des réalisations de début assez défectueuses, leur tir à courte distance était beaucoup plus précis que celui d'une artillerie fréquemment obligée de tirer à une dizaine de kilomètres. Dans des cas nombreux, tranchées rapprochées, positions à contre-pente fortement défilées, le mortier de tranchée ou le minenwerfer étaient seuls en mesure d'agir sans arroser à la fois amis et ennemis. Cette artillerie, très légère et très mobile si on la comparait à l'artillerie

du mortier, qui, sous la forme d'un matériel décomposable en trois fardeaux d'une vingtaine de kilogrammes pour le calibre de 81, se prête à un transport en position aussi avancée qu'on le désire ; c'est sa précision, accrue d'une façon énorme depuis les premières réalisations ; c'est sa portée qui passe de moins de 1 000 m à près de 4 000 m et permet d'atteindre largement tous les objectifs justiciables du tir de l'infanterie.

Aujourd'hui, toutes les armées possèdent un nombreux matériel d'accompagnement à tir courbe, souvent composé de plusieurs



(10 485)

FIG. 9. — ENTRÉE D'UN ABRI DE LA LIGNE MAGINOT

Cette entrée bétonnée, donnant vers l'arrière, d'un abri qui s'enfonce à des dizaines de mètres sous terre, défie l'obstruction par les bombardements les plus intenses.

de campagne, était seule en mesure de suivre l'infanterie après enlèvement des premières positions. Le minenwerfer fut un élément essentiel du succès des offensives de Ludendorff sur le front occidental au printemps de 1918. Enfin, l'efficacité du projectile était excellente. Le tir à faible pression permettait une teneur élevée en explosif ; l'angle de chute en tir très courbe assurait l'efficacité maximum des éclats contre le personnel ; la forme même des projectiles, lorsqu'ils étaient stabilisés par empennage, était supérieure à celle du projectile cylindro-gogival stabilisé par giration du point de vue de la répartition des éclats (1).

Ce qui devait être l'œuvre de la technique d'après 1918, c'est l'allègement au maximum

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 271, page 37.

calibres, dont les projectiles s'échelonnent de la grenade d'infanterie jusqu'aux obus à grande capacité qui contiennent autant d'explosif qu'un projectile d'obusier de 105.

L'armement de l'artillerie

Depuis 1918, l'armement de l'artillerie n'a guère fait de progrès.

Le traité de Versailles est certainement le principal responsable de cette stagnation. La paix laissait les Alliés en possession d'un matériel d'artillerie nombreux, de stocks de munitions énormes, et il n'était pas question de renouveler canons et munitions avant que le besoin s'en fît impérieusement sentir. Or, le désarmement de l'Allemagne, réduite à un matériel aussi inférieur en quantité qu'en qualité à celui de ses anciens

adversaires, fournissait précisément toutes les raisons qu'on pouvait désirer pour se dispenser d'une dépense de plusieurs dizaines de milliards.

Il serait cependant inexact d'attribuer à cette seule explication d'ordre financier le maintien sans changement notable de types de matériels dont certains commençaient déjà à dater en 1918. L'absence de renouvellement des matériels en service ne justifiait pas l'arrêt des études. Or les matériels nouveaux que l'on voit entrer en service ne marquent pas sur les anciens la supériorité que semblent permettre vingt années de

si l'on veut réaliser l'enlèvement de positions successives sans déplacement des pièces au travers d'un terrain bouleversé ; l'échelonnement en profondeur de la défense rend indispensable l'augmentation des portées. Le recul que permet cette augmentation des portées en situation défensive pousse à l'augmentation des portées de l'artillerie de contre-batterie et d'interdiction ; c'est une véritable course à la portée qui commence. Il n'est pas exclu qu'elle aboutisse au triomphe de l'artillerie d'accompagnement tirant à 3 000 m, de même que la course à la protection et au déplacement des

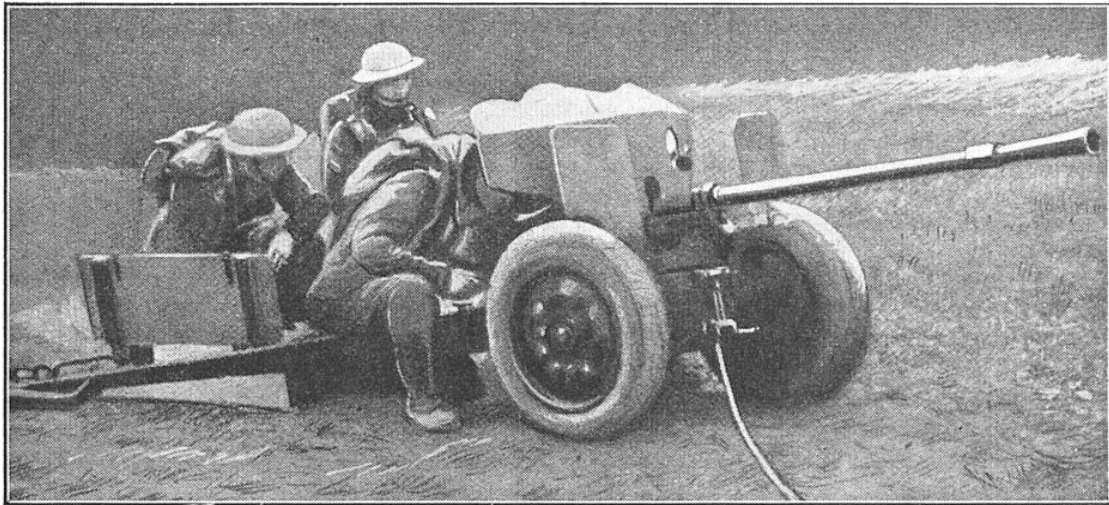


FIG. 10. — UN CANON ANTICAR DE L'ARMÉE BRITANNIQUE

(58 498)

progrès de toutes les techniques qui interviennent dans l'établissement d'une bouche à feu et d'un projectile. Ni l'Allemagne, qui donna le signal par la construction d'une artillerie qu'elle avait eu tout loisir d'étudier depuis 1918, ni les autres pays qui, à sa suite, se voient contraints aujourd'hui d'en remplacer au moins les éléments les plus démodés, ne paraissent avoir sorti des matériels qui révolutionnent cette branche de l'art militaire.

L'élimination du canon par l'obusier dans l'artillerie divisionnaire continue. Elle est même complète en Allemagne, où l'obusier de 105 a remplacé le canon de 77.

L'augmentation des portées, commencée de 1914 à 1918, s'est poursuivie (1). Alors qu'on en était resté à une portée de l'ordre de 11 km pour la plus grande partie de l'artillerie divisionnaire, on estime aujourd'hui qu'une portée de 15 km est indispensable

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 270, page 454.

navires de ligne aboutit à la vedette lance-torpilles (1) et à l'avion.

La fortification

Si, sur tous ces points qu'on peut qualifier de détail, l'artillerie marque quelques-uns des progrès modestes permis à toute technique par le simple développement des autres techniques dont elle utilise les concours, il est un point sur lequel la faillite de l'artillerie s'avère totale : c'est l'appui qu'elle est en mesure d'apporter à l'infanterie dans l'attaque d'une position fortifiée.

Le triomphe de la fortification permanente est certainement le caractère le plus net de l'évolution militaire de ces vingt ans.

Doit-on même distinguer entre la fortification permanente et la fortification de campagne ? C'est l'entrée en scène du béton dans toutes ses applications possibles, y compris la fortification de campagne,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 529.

qui est à la base de cette révolution. Pour la première fois depuis cinquante ans, on accorde à l'art de la fortification les moyens techniques modernes en quantité suffisante pour lui permettre d'atteindre la parité avec l'arme à feu. Pendant toute la guerre de 1914-1918, on a consenti, sans le moindre regret, des dépenses formidables pour donner au fantassin des armes automatiques, à l'artilleur des canons, à l'un et à l'autre toutes les munitions qu'un peuple au travail pouvait produire. Mais on voyait sans le moindre étonnement tous ces matériels, vaguement protégés par un peu de terre, détruits avec le personnel qui les servait par le moindre projectile d'artillerie. Il ne venait à l'idée de personne de réclamer pour leur protection le peu de béton et d'acier qui en eussent décuplé la puissance.

Il est effrayant de constater quelle somme de travail, d'armes et d'hommes a été enfouie dans la terre parce qu'on n'aura pas jugé convenable de donner au fantassin et à l'artilleur les matériaux qu'il leur fallait. Aujourd'hui, le béton est devenu chose assez commune pour qu'on admette de le voir employé par le travailleur en uniforme, et l'homme chose assez précieuse pour qu'on lui permette de se protéger, lui et son arme, par un peu plus qu'un parapet en terre et qu'un créneau en bois.

Ainsi transformé par l'introduction du béton et du blindage, un front acquiert une capacité de résistance incomparable et réclamera, pour sa rupture, des moyens entièrement différents de ceux qui permirent de venir à bout, en 1914, des deux éléments dont les lignes nouvelles sont la combinaison : le front continu de la fortification de campagne, les rares ouvrages bétonnés et blindés de la fortification permanente.

L'avenir de la technique dans la guerre sur terre

C'est un lieu commun d'affirmer que la technique prend une place croissante dans l'art militaire. En fait, elle est aujourd'hui tout l'art militaire.

Les techniques qu'on peut appliquer à l'art de la guerre sont devenues si nombreuses et si complexes que les militaires ont tendance à se décharger du soin d'en choisir les applications possibles sur des spécialistes dont aucun n'est à même de saisir le problème dans son ensemble. Cet abandon de leurs prérogatives est une véritable abdication devant les difficultés sans cesse renouvelées qui se présenteront toujours.

On s' imagine volontiers que les grands

hommes de guerre n'ont jamais eu à se préoccuper de problèmes techniques, et qu'ils avaient seulement à réfléchir à ceux que nous avons éclairé aujourd'hui en dégagant de l'étude des opérations quelques principes généraux sur la sûreté, la liaison des armes ou l'économie des forces.

Mais l'attaque d'un ennemi retranché derrière les murs d'une forteresse ou en rase campagne, le débarquement sur une côte difficile, les « opérations combinées » ont toujours été un des problèmes essentiels de la guerre. Quand César se trouva devant Alésia, il ne s'en rapporta point à ses sections techniques de l'artillerie et du génie du soin de lui établir un matériel qu'il lui eût suffi ensuite de mettre en action. Lorsqu'il fut repoussé une première fois par les Vénètes, réfugiés dans les îles du golfe du Morbihan, et dont les légionnaires ne parvenaient pas à escalader les murailles des barques à franc-bord trop élevé, lorsqu'il parvint péniblement à ramener son armée, après son premier débarquement en Grande-Bretagne, après avoir perdu sa flotte sur les côtes, il revint chaque fois, l'année suivante, avec un matériel conçu par lui et exactement adapté aux conditions de l'entreprise.

La seule différence entre notre époque et celle de César réside dans le nombre des solutions que des techniques infiniment variées offrent à tout problème de ce genre. Pour prendre Alésia, conquérir les îles du Morbihan, descendre en Grande-Bretagne, César avait peut-être à sa disposition cinq solutions entre lesquelles il pouvait choisir. Aujourd'hui, pour franchir la ligne Siegfried, occuper Heligoland ou débarquer en Poméranie, César aurait l'embarras du choix entre vingt ou cinquante solutions utilisant à des degrés divers le char, le fumigène, l'avion, le sous-marin ou les engins nouveaux qu'il n'est pas plus interdit d'inventer au cours de cette guerre que pendant toutes celles qui l'ont précédée.

L'art militaire est sous la dépendance de la technique au même titre que la métallurgie, l'industrie des transports ou la fabrication des matières colorantes. Mais, si de telles activités peuvent à la rigueur se maintenir avec un matériel désuet, sans autre risque que la réduction du profit des actionnaires ou du salaire des employés, la conduite de la guerre ne permet pas qu'on prenne avec le progrès technique de pareilles libertés. Il faut suivre le train, à toute force. L'enjeu en est la liberté d'un peuple ou son esclavage.

CAMILLE ROUGERON.

SIX MOIS DE BLOCUS : LE SIEGE ECONOMIQUE DE L'ALLEMAGNE

par Henri WITTERSHEIM

Si la guerre sur terre n'a pas jusqu'ici revêtu le caractère de soudaineté et de violence que chacun attendait, les péripéties de la guerre navale ont été beaucoup plus nombreuses pendant les six premiers mois d'hostilités. Les arraisonnements, torpillages et sabordages sont les aspects dramatiques d'une lutte moins spectaculaire, le blocus maritime, qui fait de l'Allemagne une grande forteresse assiégée. Pour être efficace et ruiner entièrement le commerce de l'Allemagne, il doit être complété par le blocus continental et le blocus financier. C'est donc, sous ces multiples aspects, une arme extrêmement délicate à manier, car elle doit respecter les intérêts légitimes des nations neutres. Suffira-t-il, pour vaincre l'Allemagne, de la priver de ses approvisionnements en vivres, en pétrole et en métaux? En tout état de cause, le blocus ne prendra toute son efficacité que lorsque des opérations terrestres de grande envergure auront exigé du III^e Reich un gros effort industriel.

LE Reich se targue d'être indépendant au point de vue économique. Il ignore ou fait semblant d'ignorer que le procès de l'autarcie a été perdu plusieurs fois en théorie et en pratique. Aucun des grands espaces économiques qui existent au monde, ne peut se passer de l'apport extérieur. Les Etats-Unis, qui comptent plus de 120 millions d'habitants, ne peuvent se suffire à eux-mêmes, malgré l'abondance des richesses du sol et du sous-sol, malgré aussi la puissance des moyens mis en œuvre pour les exploiter. La vaste Union américaine achète au dehors du café, des métaux, du caoutchouc. L'U. R. S. S., qui dispose d'un potentiel économique plus considérable encore, s'est, jusqu'ici, avérée incapable de le mettre en valeur. Enfin, on fait allusion quelquefois à l'indépendance économique de l'ancienne Autriche-Hongrie. Il est vrai que les Etats agricoles de la Monarchie danubienne pouvaient faire face à la plupart des besoins alimentaires. Il est exact aussi que l'Autriche-Hongrie renfermait dans son sol et dans son sous-sol les principales matières que réclamait l'économie d'avant 1914. Mais, aujourd'hui, le charbon, le minerai de fer, les fibres textiles (1) ne sont plus les seules matières de base. Le pétrole est devenu le combustible par excellence du « siècle motorisé ». Si l'on reconstituait aujourd'hui l'ancienne Autriche-Hongrie, elle importerait 90 % de ses besoins de pétrole. La technique moderne exige aussi la bauxite (aluminium), le cuivre et d'autres

métaux non ferreux. Il n'y en a guère dans la zone de l'ancienne Autriche-Hongrie.

Le « passif » des récentes conquêtes allemandes

Si donc l'Allemagne avait cru s'assurer la suffisance en annexant l'un après l'autre les territoires ayant fait partie de la Monarchie, elle s'est lourdement trompée.

L'Autriche et la Tchécoslovaquie lui ont bien apporté du fer, du bois, un excédent de blé d'un million de tonnes environ (sur 14) et un peu de beurre. Mais le bilan des annexions comporte aussi un passif très lourd : des milliers d'usines dont l'Allemagne avait de trop déjà et qu'il faut alimenter de matières importées, si l'on veut les faire marcher, une population très dense que la Grande Allemagne ne peut nourrir de sa propre agriculture! La Pologne? Elle fournit du charbon dont l'Allemagne a déjà assez, un peu de pétrole (400 000 tonnes contre 10 millions de tonnes demandées); elle dispose d'un cheptel très substantiel et de champs de céréales très vastes, mais il faut supprimer la population locale si l'on veut réserver ces biens aux Allemands. Iront-ils jusqu'au bout de la guerre d'extermination?

L'Allemagne dépend donc bel et bien de l'étranger pour s'alimenter et pour s'approvisionner en matières premières. En 1938, ses importations s'élevaient à 5 449 millions de marks dont 2 110,8 pour les denrées et 1 849 millions pour les matières premières. Il est à remarquer que 45 % de ses achats étaient faits outre-mer.

(1) Et encore l'Autriche-Hongrie était importatrice de tout le coton consommé.

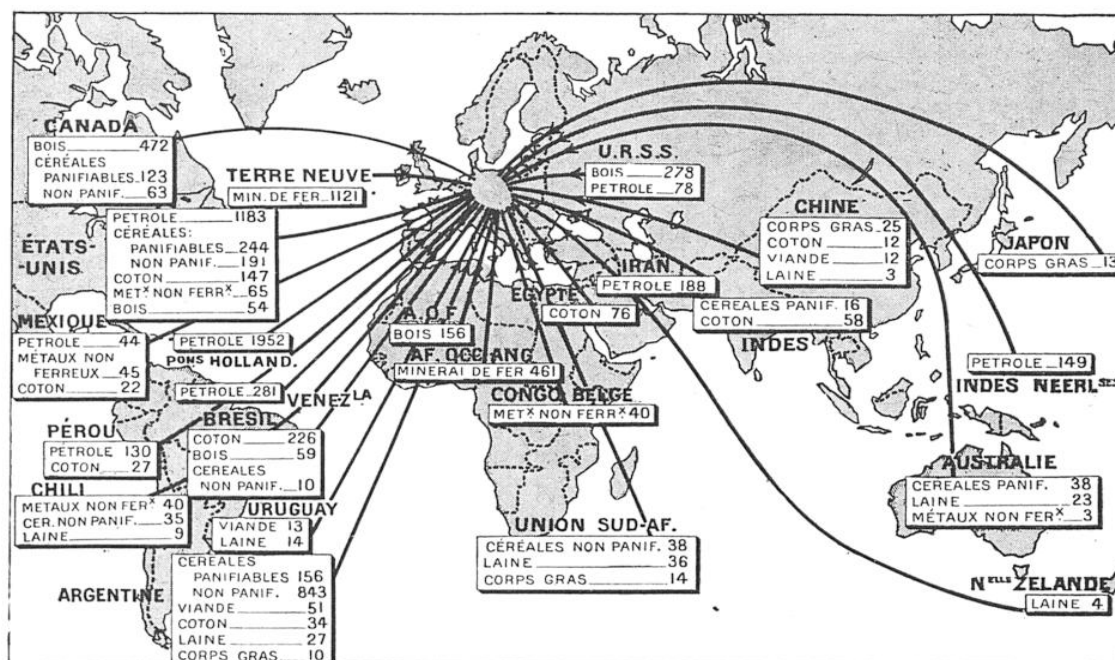


FIG. 1 — LES IMPORTATIONS ALLEMANDES EN PROVENANCE DES PAYS D'OUTRE-MER PENDANT L'ANNÉE 1938 (CHIFFRES EN MILLIERS DE TONNES)

Une des formes de la « guerre totale » : le blocus

Le blocus a pour but de couper l'Allemagne de ses approvisionnements ou du moins de les rendre plus difficiles.

Comme l'Allemagne ne possède pas la maîtrise de la mer, le commerce allemand est donc très vulnérable et, dès le premier jour des hostilités, tous les moyens autorisés par les règles du droit international furent employés pour entraver son ravitaillement maritime aussi bien en produits alimentaires qu'en matières premières pouvant servir à des fabrications d'armement. Nous allons examiner tous les aspects de cette arme qui constitue le blocus, arme dont le manie- ment est rendu extrêmement délicat du fait de la présence, aux frontières allemandes, de nations neutres dont il convient de respecter les intérêts.

Le blocus maritime

Pour couper le Reich de ses fournisseurs d'outre-mer, on recourt au blocus maritime. La marine alliée coule des bateaux ennemis ; elle en arraisonne d'autres en vue de faire disparaître ou de saisir les cargaisons qu'ils transportent à destination de l'Allemagne. L'importance de cette arme ressort du fait que, sur les importations allemandes de 1938,

44 % venaient d'outre-mer. Parmi elles, figurent, en tout premier lieu, dans le domaine alimentaire, les corps gras ; dans le domaine industriel, le pétrole, le minerai de fer, la plupart des métaux non ferreux, le caoutchouc.

En 1938, la consommation de corps gras était couverte jusqu'à concurrence de 45 % par les importations (1).

Parmi les pays ennemis ou lointains qui concouraient à la fourniture de corps gras à l'Allemagne figurent le Japon, la Mandchourie, l'Afrique, l'Argentine.

Un autre exemple choisi dans l'économie des combustibles montre à quel point le Reich est gêné (toujours dans l'hypothèse d'une consommation intense) par la cessation des arrivages d'outre-mer.

Total importé	4 939 000 t
Posses. hollandaises d'outre-mer	1 951 000 t
Etats-Unis	1 183 000 t
Mexique	389 000 t
Iran	188 000 t
Indes	130 000 t

TAB. I : LES IMPORTATIONS DE PÉTROLE DE L'ALLEMAGNE EN 1938

(1) En 1938, la production intérieure de corps gras était de 12 050 000 quintaux métriques, et les importations de 9 360 000 qx. La consommation atteignait donc 21 410 000 qx.

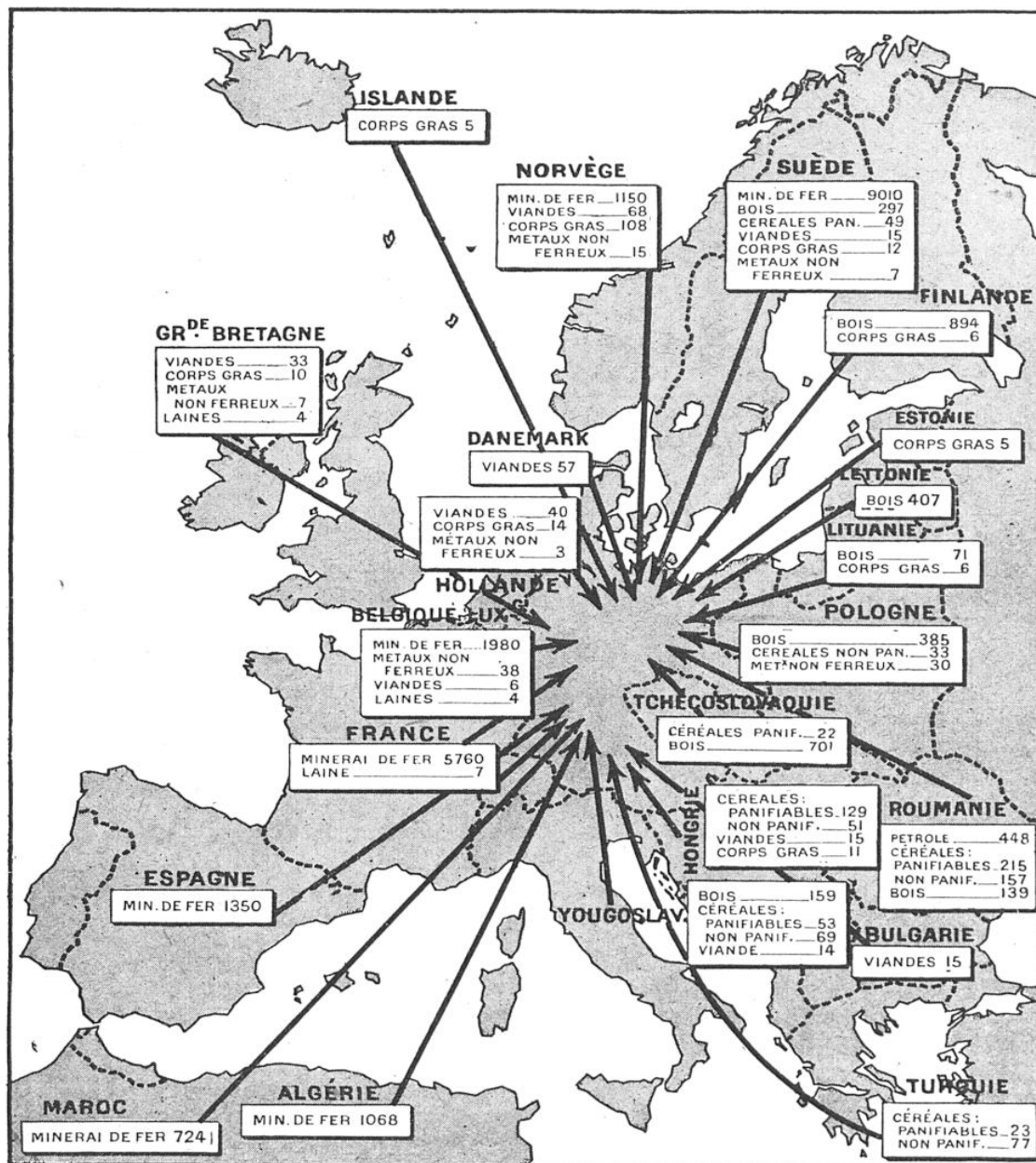


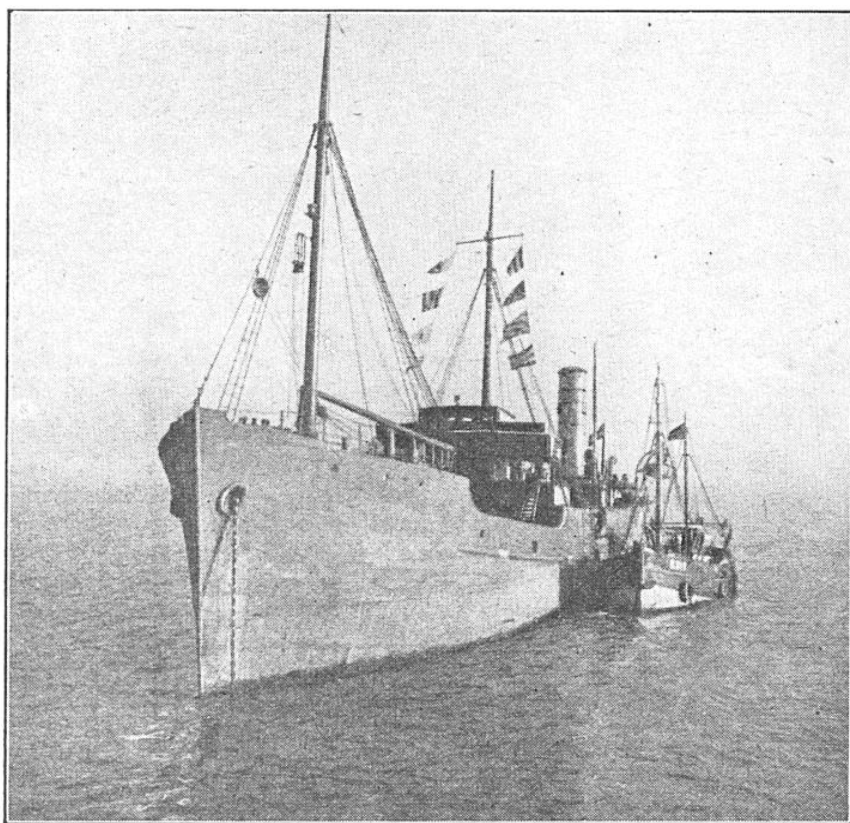
FIG. 2. — LES IMPORTATIONS ALLEMANDES EN PROVENANCE DES PAYS EUROPÉENS AU COURS DE 1938 (CHIFFRES EN MILLIERS DE TONNES)

Lorsque les stocks de caoutchouc seront épuisés, étant donné que la fabrication du Buna (caoutchouc synthétique) ne couvre qu'à peine la moitié des besoins, le blocus maritime arrivera à sa pleine efficacité, comme, dès maintenant, il gêne la reconstitution de stocks de coton, de cuivre, d'étain, des métaux spéciaux (antimoine, tungstène).

Le bilan du blocus maritime au 31 décembre (1)

Près de 400 cargos allemands se sont enfermés dans les ports neutres en septembre. Quelques-uns se sont enfuis : 20 (105 000 t) ont été pris, dont 4 par la marine française

(1) Communiqué du ministre de la Marine.



(55 281)

FIG. 3 — ARRAISONNEMENT D'UN CARGO NEUTRE PAR UN CHALUTIER PATROUILLEUR DU CONTROLE DE LA CONTREBANDE

(22 000 t) et 16 (123 000 t) par la marine anglaise.

Le blocus, tenu au large par nos marins et, dans nos ports, par les organismes de visite de la marine, a intercepté en quatre mois 622 000 t de marchandises sur 239 navires ; 260 000 t ont été saisies.

Le blocus a naturellement abouti à une riposte ennemie.

La moyenne mensuelle du tonnage allié et neutre coulé par les sous-marins allemands, au cours de l'année 1939, est de 184 000 t contre 309 000 t pour les années 1917-1918 (12 542 000 t en 1914-1918).

Or, quelle était, au début de la guerre, l'importance de la flotte commerciale ? Sur 66 millions de tonnes de tonnage mondial (49 millions en 1914), 20 millions reviennent à la Grande-Bretagne, 12,5 millions aux Etats-Unis, 2,9 millions à la France, 4,25 à l'Allemagne (5,46 en 1914) et 1,3 millions à l'U. R. S. S.

Le blocus maritime a été pleinement efficace dès le début. La flotte marchande alle-

mande a disparu des mers, sauf de la Baltique. Les importations d'Amérique sont tombées à des chiffres négligeables. Le pétrole roumain, expédié autrefois en grande partie par Constantza via la Méditerranée à Hambourg, a cessé d'emprunter cette voie.

Mais le Reich ne cherche-t-il pas à répartir sur les voies d'accès terrestres les courants commerciaux d'outre-mer ?

Les fissures du blocus maritime : le commerce avec les neutres

Étant donné les difficultés des importations d'outre-mer, le Reich a cherché à reporter sur le continent européen la livraison des denrées et ma-

tières qui lui sont indispensables. D'après les statistiques du commerce extérieur du Reich du premier semestre de 1939, environ 45 % des importations venaient d'outre-mer. En effet, l'Allemagne a acheté en Europe, pour 1 500 millions de marks de marchandises et, dans les pays lointains d'outre-mer, pour 1 300 millions. En tonnage, l'Allemagne se procurait environ 60 millions de tonnes de marchandises à l'étranger, dont 40 % environ outre-mer. Pour permettre à l'Allemagne de maintenir ce potentiel économique, il faudrait donc supposer que les pays qui l'entourent soient susceptibles de fournir au Reich 25 millions de tonnes, soit sur leurs propres disponibilités, soit après les avoir reçues des anciens pays fournisseurs du Reich.

Au premier point de vue, notons que quatre pays entourant l'Allemagne ont augmenté leurs exportations en Allemagne par rapport à l'avant-guerre : le Danemark, la Hongrie, la Yougoslavie et la Roumanie.

Le détail des chiffres (tableau II) fait ressor-

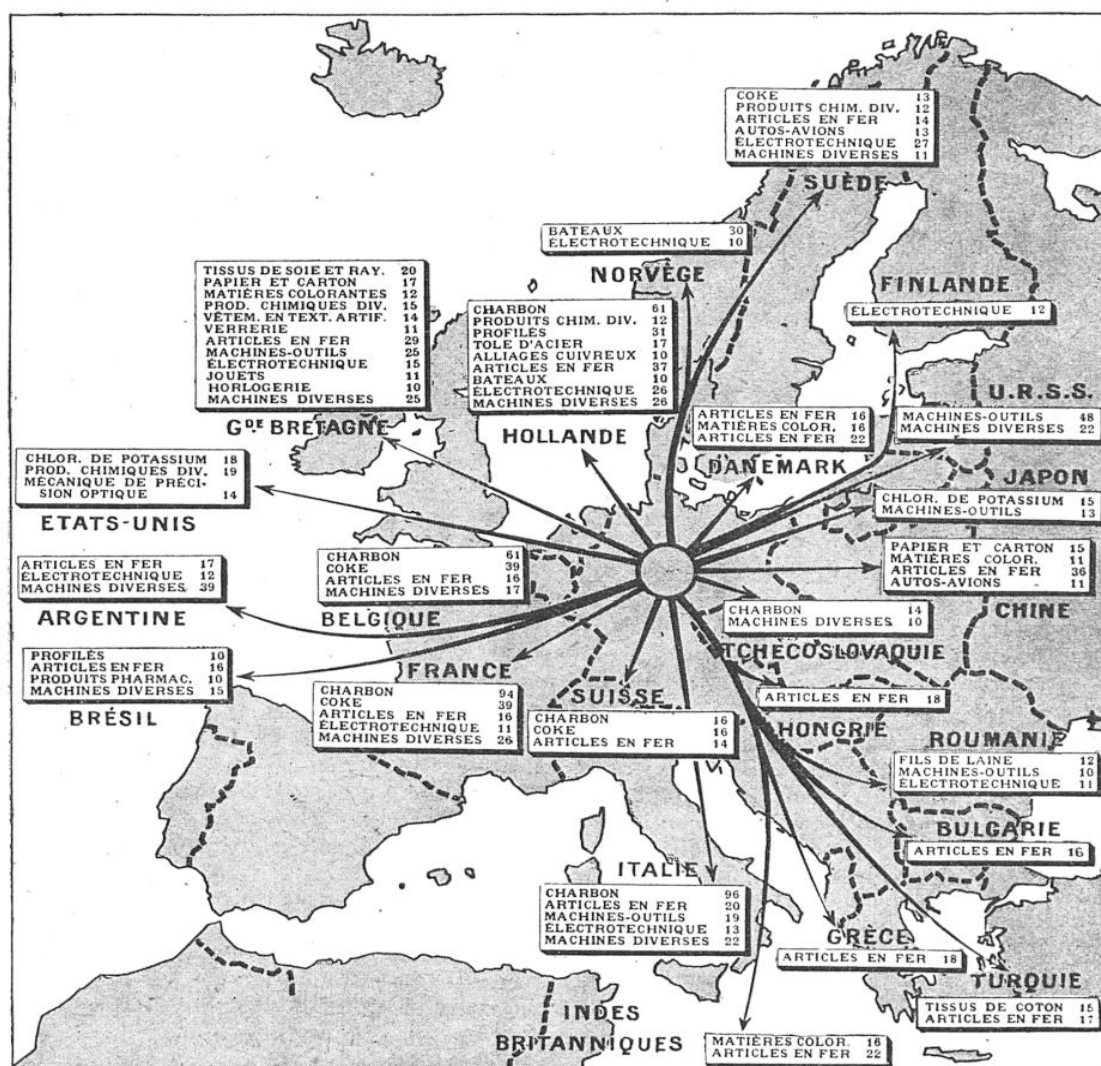


FIG. 4. — CARTE DES EXPORTATIONS DE L'ALLEMAGNE EN TEMPS DE PAIX

Les chiffres se rapportent à l'année 1937 et indiquent des millions de marks. Parmi les exportations n'ont été retenues que celles dont le chiffre pour un pays a dépassé 10 millions de marks au cours de l'année. De ce fait, certaines marchandises n'apparaissent que rarement ou même pas du tout sur cette carte, bien qu'elles fassent l'objet d'un important mouvement vers les clients du Reich. Tels sont, par exemple, les tissus de coton (chiffre total d'exportation, 86 millions de marks), les tubes d'acier (95 millions), les machines pour l'industrie textile (136 millions), les autos et les avions (206 millions), les instruments d'optique et de mécanique de précision (116 millions), les produits pharmaceutiques (140 millions).

tir le renforcement des livraisons en Allemagne de beurre, de lard, de viande danoise, de céréales et de métaux yougoslaves et hongrois, de produits agricoles roumains. Cependant, comme nous le verrons plus loin, la Roumanie n'a pu forcer ses exportations de pétrole dans le Reich au delà de la moyenne mensuelle d'avant-guerre.

Il est bien difficile de savoir dans quelle mesure l'augmentation des exportations des

pays neutres continentaux vers l'Allemagne représente un apport de ces pays ou un simple transit.

Pour certains de ces pays, il est clair que les importations anormales qui semblent plus élevées que celles d'avant-guerre, trahissent l'intention des pays qui les reçoivent de les passer à l'Allemagne.

Au début de la guerre, la Hollande, la Suisse, la Hongrie ont reçu des tonnages

exceptionnellement élevés de coton ; les bateaux allemands réfugiés dans les ports italiens ont entreposé des quantités importantes de pétrole. Mais, d'une façon générale, la résistance des voies et des moyens de transport a été telle qu'il n'a pas été possible de faire passer par les pays continentaux une fraction quelque peu importante des marchandises que le Reich recevait autrefois directement d'outre-mer.

Voilà, à ce sujet, un calcul fort simple. Pour faire passer par les pays continentaux

De même, le Transsibérien ne peut amener au Reich, en provenance de l'Orient, que des marchandises de grande valeur sous un faible volume ; autrement les prix de transport deviennent prohibitifs.

Les obstacles naturels à l'approvisionnement de l'Allemagne sont renforcés par l'entrave que leur ajoute le blocus continental.

Le blocus continental

Pour priver l'Allemagne des ressources qu'elle trouve dans les pays qui l'entourent,

	SEPTEMBRE		OCTOBRE		NOVEMBRE		DÉCEMBRE	
	1938	1939	1938	1939	1938	1939	1938	1939
Danemark ...	26 600	32 200	25 200	30 550	26 000	30 600	30 500	42 300
Hongrie.....	31 900	18 200	21 300	22 400	19 100	27 600	»	»
Yougoslavie...	191 900	67 000	237 500	163 100	247 400	264 000	198 000	304 000
Roumanie ...	478 400	401 000	652 400	879 600	642 500	1 164 700	394 400	»

TABEAU II : LES EXPORTATIONS DE DIVERS VOISINS DE L'ALLEMAGNE PENDANT LA PREMIÈRE PÉRIODE DE LA GUERRE ET LES MOIS CORRESPONDANTS DE 1938 (CHIFFRES EN MILLIERS D'UNITÉS MONÉTAIRES RESPECTIVES)

les marchandises d'outre-mer, soit environ 24 millions de tonnes par an, il faudrait que ces pays suppriment ou compriment à l'excès leurs transports propres sur les chemins de fer et canaux.

Or, rappelons, pour fixer les idées, que les seuls chemins de fer entre l'Italie et l'Allemagne ont une capacité annuelle de 6 millions de tonnes tout compris.

A un point de vue plus particulier, la volonté ne manque pas du côté allemand de renforcer ses achats de pétrole en Roumanie. Mais, depuis que la voie maritime Constantza-Méditerranée-Hambourg lui est fermée, le Reich n'a pu se procurer, depuis septembre, que 80 000 t en moyenne par mois, alors qu'il demande 130 000 t (1).

Avec la flotte danubienne disponible, il n'est pas possible d'accélérer la vitesse de rotation Giurgiu-Vienne-Regensburg. Le Danube est gelé de décembre à mars (2). Les voies ferroviaires ont une capacité limitée, les wagons-citernes manquent, le matériel allemand est très usé.

Par ailleurs, les Soviets ont, pendant longtemps, barré la voie Roumanie-Pologne-Silésie par Sniatyn. Depuis janvier, elle est ouverte et même occupée par les Allemands, mais les péages sont très lourds.

(1) Moyenne mensuelle 1939, janvier à août, 90 000 t.

(2) En janvier 1940, à cause du gel du Danube, les importations allemandes sont tombées à 30 000 t.

les Alliés ne disposent que d'un moyen : l'achat. Plus ils se serviront de cette arme économique, plus l'ennemi sera à l'étroit. Pour s'exercer sur le plan économique et financier, le blocus continental est singulièrement délicat.

Et, d'abord, des traités de commerce, souvent conclus avant la guerre, lient les pays neutres et l'Allemagne. Les entreprises particulières en Yougoslavie, en Roumanie, en Hongrie, sont souvent engagées par des contrats privés de longue durée vis-à-vis de leurs clients allemands. En plus de cela, les Pays balkaniques offrent des denrées dont les Alliés disposent abondamment. Enfin, les réserves de devises des Alliés, tout en étant considérables, n'autorisent cependant pas l'achat inconsidéré du superflu.

Il faut ajouter à cela que, souvent, les Gouvernements des pays neutres s'érigent en arbitres des fournitures à l'étranger. Les autorités yougoslaves se sont assurées le contrôle de la production et de la vente du cuivre. En Roumanie, un commissaire général du pétrole a été nommé. Il exerce son contrôle sur la production, le traitement, le transport, l'emmagasinage, les réserves, la vente et la distribution des produits pétroliers. L'exportation ne pourra être autorisée que dans la mesure où elle sera conforme aux intérêts du pays.

La Yougoslavie, ainsi que la Roumanie,

cherchent donc à faire une politique d'exportation compatible avec la neutralité. Si elle est strictement observée, elle exclut et l'accroissement des ventes en Allemagne, et l'augmentation des achats par les Alliés.

Malgré ces obstacles, le blocus continental fonctionne. Les quantités de pétrole, de métaux, de denrées fournies par les pays balkaniques aux Alliés augmentent de mois en mois. Pour les marchandises dont nous avons besoin, les achats doivent se faire de préférence dans les pays qui entourent l'Allemagne. Il peut même être indiqué d'y acheter, en vue de les stocker, des marchandises dont l'Allemagne a un besoin urgent.

Mais, même au cas où la politique des achats rencontrerait des obstacles, d'autres moyens s'offrent aux Alliés pour rendre difficile l'approvisionnement de l'Allemagne à l'étranger.

Blocus des exportations et blocus financier

Le problème qui est posé à l'Allemagne n'est pas seulement d'acheter : encore faut-il payer pour obtenir livraison.

Or, les importations se règlent soit en nature, par les produits d'exportations équivalentes, soit en valeur, par la remise de devises.

Au premier point de vue, l'entrave aux exportations appelle par répercussion la difficulté d'importer. En réponse à la guerre des mines, les Alliés ont décrété le blocus des exportations.

Déjà, les ventes directes, dans les pays d'outre-mer, sont pratiquement suspendues. Il est vrai que, grâce au système de la compensation, l'arrêt des importations d'Amérique du Sud a préparé et imposé l'arrêt des exportations. Avec les Etats-Unis, le commerce allemand s'était trouvé réduit dès avant la guerre.

L'Allemagne cherche donc à passer des exportations indirectes vers les pays lointains : elle essaie de démarquer les produits exportés en Hollande, en Espagne, en Italie pour les diriger, avec de faux certificats d'origine, vers l'Amérique, l'Afrique, l'Asie. L'arraisonnement des navires permet, le plus souvent, de découvrir la fraude. Faute de mieux, le Reich cherche donc à pousser ses exportations vers les pays qui ont avec lui une frontière commune.

Tandis que le Reich accroît ses importations des Pays balkaniques, il pousse ses

exportations surtout vers l'Italie, la Suisse, la Hollande.

Mais les pays clients du Reich ont une capacité d'absorption réduite. Sans doute ne sont-ils pas encore saturés en aspirine, en appareils de radio et en instruments de musique, mais le moment viendra où la crise des exportations dans ces pays entraînera — à moins d'une pression très forte — le ralentissement des importations.

Il s'agira donc d'empêcher l'Allemagne de payer en devises. Dans le premier mois de la guerre, elle a épuisé ce qui lui restait de l'or tchécoslovaque, en raison surtout des forts besoins d'importation du Protectorat. Comme, pendant le premier semestre de 1939, le Reich avait effectué beaucoup d'exportations avec paiement à terme, des devises ont afflué pendant les premiers mois de la guerre. Après l'épuisement des réserves, le Reich a vendu des bateaux à l'Italie et aux pays de l'Amérique du Sud, des brevets d'inventions aux pays balkaniques. Il a encouragé le transit à travers ses territoires pour se ménager une nouvelle source de devises. Enfin, l'or russe est venu temporairement à son secours..

Mais comme l'Allemagne continue à dépendre fortement de l'étranger pour son approvisionnement, la crise des moyens de change finira, tôt ou tard, par se manifester (1).

On se ferait illusion en croyant que le blocus est une arme suffisante pour décider de l'issue de la guerre. L'entrave aux importations allemandes ne deviendra une gêne pour le Reich que du jour où il sera contraint de consommer ou de dépenser beaucoup. Supposons que, par suite du chômage des opérations militaires et du rationnement de la population civile, le Reich réduise sa consommation de pétrole de 7,5 millions (temps de paix) à 5,5 millions par an ; du moment que ses stocks et sa production interne — pétrole naturel et essence synthétique — lui assurent ce tonnage, le blocus ne gêne plus son approvisionnement. Mais, aussitôt que des opérations de guerre intenses porteront le chiffre de la consommation à 10 ou à 12 millions de tonnes, le blocus deviendra gênant et complètera efficacement les opérations militaires.

HENRI WITTERSHEIM.

(1) Nous avons volontairement exclu de notre étude le facteur russe, qui n'est, en tout état de cause, qu'un facteur à terme.

MÉTALLURGIE DE PAIX METALLURGIE DE GUERRE

Par L. HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Les données du problème métallurgique

EXCEPTION faite de procédés périmés et d'autres trop récents pour avoir reçu une large consécration, la préparation des aciers s'effectue en deux temps. Le premier donne naissance à la fonte, dont, pour chaque tonne produite, il a fallu introduire dans le haut fourneau environ une tonne de coke métallurgique, deux à quatre tonnes du minerai, suivant sa richesse en fer, une quantité variable de castine, siliceuse ou calcaire, qui transforme la gangue en laitier fusible, plus 50 à 100 kg de minerai de manganèse, dont le rôle, important et complexe, a été exposé ici même par M. Seigle (1).

Suivant la qualité de ces éléments et la manière dont l'opération a été conduite, on peut obtenir des fontes de qualités différentes, appelées, suivant leur destination, fontes de moulage ou d'affinage ; ce qui les caractérise, c'est leur teneur en carbone (3 à 4 %), en silicium (0,5 à 3 %), en manganèse (0,4 à 2 %), mais surtout en soufre et en phosphore : ces deux corps sont de véritables poisons de l'acier, dont ils abolissent les qualités essentielles, et c'est pour cela que toute la métallurgie est subordonnée à leur élimination ; celle du soufre est réalisée, dans l'opération de l'affinage, par le manganèse, mais les fontes riches en phosphore, provenant elles-mêmes de minerais phosphoreux, furent considérés comme inutilisables jusqu'au jour où Thomas Gilchrist découvrit le moyen d'éliminer ce métalloïde.

Pour réaliser le second stade, l'affinage qui transforme la fonte en acier, la métallurgie dispose aujourd'hui de diverses techniques, dont les plus importantes sont représentées par les convertisseurs Bessemer et Thomas, et par le four à gazogène Martin-Siemens. Il faut y joindre, pour l'élaboration des aciers spéciaux, le four électrique et la refonte au creuset, qui donnent les produits les plus purs, mais aussi les plus coûteux.

Pour nous en tenir aux trois techniques

(1) *La Science et la Vie*, n° 236, page 116.

principales, rappelons que, dans la cornue Bessemer, la fonte est affinée par un courant d'air, qui brûle une partie du carbone et du silicium, puis par addition de ferro-manganèse. Ce procédé, cher aux métallurgistes anglais, ne s'applique qu'aux fontes dépourvues de phosphore, obtenues par le traitement du minerai de choix ; il est peu employé en France et en Allemagne, où on fabrique surtout les aciers Thomas et Martin.

Dans ces deux pays, avant la guerre actuelle, l'acier Thomas représentait 60 à 70 % de la production totale. Sa fabrication prend pour point de départ les fontes pauvres en silicium et riches en phosphore ; on les traite dans un convertisseur, analogue à la cornue Bessemer, mais garni intérieurement par des briques en dolomie, carbonate double de chaux et de magnésie, dont le rôle consiste à retenir l'acide phosphorique sous forme de phosphate ; une addition de chaux vive complète cette déphosphoration ; l'injection d'air élimine successivement le silicium, le phosphore et une partie du carbone, et l'opération s'achève, comme pour le Bessemer, par l'addition de ferro-manganèse. On obtient ainsi une gamme étendue d'aciers, propres à de multiples emplois industriels, les caractéristiques du procédé étant la rapidité et l'économie de fabrication.

Mais c'est le four Martin qui permet d'obtenir les aciers les plus purs ; sur une sole chauffée au moyen d'un gazogène Siemens, on fait réagir la fonte sur des déchets de fer ou d'acier, dénommés riblons, auxquels on ajoute de l'oxyde de fer ou même du minerai ; la garniture de la sole étant faite généralement, comme dans le convertisseur Thomas, avec des briques en dolomie, on pourra éliminer les dernières traces de phosphore ; la lenteur de l'opération, cinq à six heures, qui permet de suivre l'affinage, est une des causes de la perfection des produits obtenus par ce procédé.

Crises de quantité

Pour des métallurgies aussi puissantes que celles des grandes nations occidentales, le

problème de l'approvisionnement, en combustible et en minerai, peut se présenter sous des formes bien différentes, en régime de paix et en régime de guerre. Exception doit pourtant être faite pour l'Angleterre, qui trouve chez elle tout le charbon et une partie du minerai et qui, maîtresse des mers, peut continuer à tirer le reste de ses fournisseurs habituels.

Au contraire, la France et l'Allemagne sont contraintes à d'importantes modifications. Dans l'état d'équilibre institué par le traité de Versailles, on pouvait résumer la situation en disant que la France, riche en minerai de fer, manquait de charbon, tandis que la situation était inverse en Allemagne. Chez nous, la fabrication du coke métallurgique est loin de suffire à nos besoins : sur une consommation totale, en 1937, de 8,4 millions de tonnes, 4 millions, soit près de la moitié, nous venaient de l'étranger, principalement du Reich (près de 2 millions de tonnes), puis de Hollande et de Belgique.

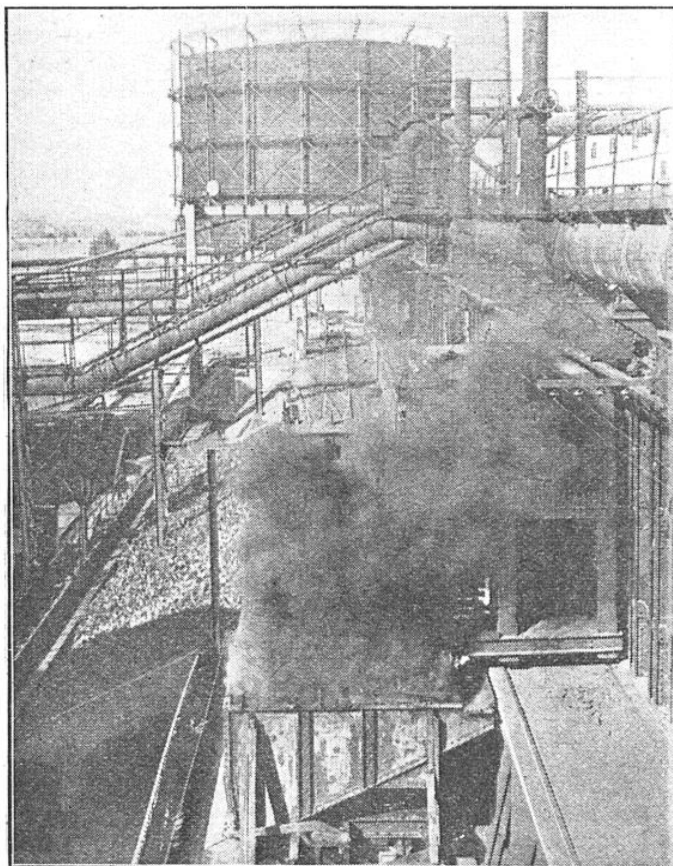
Des recherches entreprises d'une façon systématique permettront sans doute de donner une solution au problème du coke. La qualité des fines à coke n'est pas limitée uniquement à certaines qualités de houilles. Il est établi aujourd'hui (1) qu'on peut largement étendre la gamme des charbons cokéfiables, et que notre métallurgie pourrait trouver, dans son propre sous-sol, de quoi entretenir

(1) On en lira la démonstration dans le livre que M. Berthelot vient de consacrer à *La cokerie et l'usine à gaz modernes* (Dunod éditeur. 1940).

son activité normale. Mais la situation ne saurait être rétablie que progressivement ; pour le cas actuel de guerre, nous trouverons aisément, en Belgique, aux Pays-Bas et en Angleterre, les 2 millions de tonnes qui nous manquent, à moins que nous ne jugions plus

expédient d'importer directement l'acier nécessaire ; la liberté des mers nous permet d'adopter la solution la plus avantageuse.

En ce qui concerne le minerai de fer, la France est le pays le plus richement doté qui soit en Europe ; elle a, à la fois, la quantité et la diversité. Au premier plan se détache le magnifique bassin lorrain des Minettes, qui s'étend, de Nancy à Luxembourg, sur une superficie de 120 000 ha, dont 97 % en terre française ; il contient des réserves évaluées à 5 milliards de tonnes ; la teneur en fer y est, à la vérité, médiocre (24 à



(58 845)

FIG. 1. — DÉFOURNEMENT D'UN FOUR A COKE

40 %), mais cette infériorité est compensée par la facilité d'exploitation, la tenue au haut fourneau, la suppression de la castine, et c'est pour cela que le bassin lorrain a servi de base à une puissante industrie métallurgique, d'où sortent les trois quarts de notre production nationale d'acier, et qui permettait, en outre, une exportation vers l'Allemagne, compensatrice des importations de coke. Ajoutons que cette minette se prête admirablement à la production de l'acier Thomas, et, par suite, à l'élaboration de produits marchands, tels que rails, poutrelles et laminés de toutes formes. Aussi, dès les débuts de la guerre de 1914, l'Allemagne avait occupé en totalité ce grand bas-

sin métallurgique, qu'elle exploitait à son bénéfice ; la construction de la ligne Maginot rendra malaisé le renouvellement de cette fructueuse opération.

Outre cette fortune à l'est, la France possède, à l'ouest et dans le sud, d'appréciables richesses ; en Basse Normandie, dans le Maine et l'Anjou, on exploite des hématites contenant 45 à 55 % de fer, et des carbonates dont la teneur varie entre 30 et 40 % ; ce sont de beaux minerais, fort appréciés par les métallurgistes anglais et allemands, et leur ensemble représente une réserve voisine de 2 milliards de tonnes ; enfin, les Pyrénées livrent une hématite très pure, nette de phosphore et de soufre, et souvent riche en manganèse. Mais si cela ne suffisait pas, nous disposerions encore des magnifiques gisements de l'Afrique du Nord (Djerissa, Ouenza, Beni Saf) que les Anglais, appréciateurs de la belle marchandise, aiment à se réserver et qui forment, pour leurs cargos charbonniers, un excellent fret de retour. Enfin, le monde entier est prêt à nous vendre ses produits, et on sait, en particulier, que nous comptons utiliser les riches minerais du Rif espagnol ; notre seul embarras provient donc de l'excès de nos richesses.

En Allemagne, la situation est bien différente. Depuis que le traité de Versailles lui avait fait restituer la part prise en 1871 dans le bassin lorrain, sa production nationale annuelle de minerai oscillait entre 6 et 8 millions de tonnes, ce qui est fort peu, si on envisage que la production allemande d'acier avoisine 20 millions de tonnes, représentant 50 millions de tonnes de minerai ; par comble de disgrâce, ce minerai indigène est de qualité médiocre ; sa teneur moyenne en fer est voisine de 25 %, et sa gangue siliceuse en rend le traitement difficile.

On ne sera pas étonné, dans ces conditions, que le Reich soit contraint d'importer des quantités croissantes de minerai : 14 millions de tonnes en 1935, 18 en 1936, 20,5 en 1937 et 22 millions en 1938, dont une bonne partie a dû servir à constituer des stocks. Ces quantités impressionnantes avaient des origines variées, mais avec une nette prédominance des hématites espagnoles et suédoises ; la minette lorraine y figurait encore largement, mais on constatait la volonté des Allemands de restreindre cette importation : de 1937 à 1938, elles tombaient de 7,1 à 5,8 millions de tonnes, ce qui traduit nettement la résolution de se passer d'un minerai dont l'Allemagne pouvait être privée d'un moment à l'autre, comme il est effectivement advenu. Par compensation, le Reich intensifiait

l'extraction du minerai indigène, provenant de l'Allemagne centrale et de l'Allemagne du sud, dont la production passait de 8, 5 à 11,1 millions de tonnes. En même temps, la mainmise sur l'Autriche lui livrait les gisements de Styrie, dont la production annuelle, voisine de 2 millions de tonnes, doit être portée à 5 millions si on parvient à réaliser les plans établis par Goering et son collaborateur Hammecken ; cette conséquence favorable de l'Anschluss a été soulignée dans une étude économique de la Deutsche Bank, de 1938 : « La production de l'Autriche en minerai de fer est considérable. Ce pays a produit, au cours de l'année dernière, 1 870 000 t de minerai de fer, représentant 22 % de la production du Reich, et il convient de noter, à ce sujet, que la teneur de ces minerais est supérieure à la moyenne des minerais allemands. » Enfin, il faut encore tenir compte de la mainmise sur la Tchécoslovaquie, qui a valu au Reich 1 800 000 t d'un minerai médiocre, qui ne suffisait pas à satisfaire les exigences de la métallurgie tchèque, et en particulier celle des puissantes usines Skoda.

Ainsi, en comptant largement, on peut estimer la production intérieure du Reich à 15 millions de tonnes d'un minerai de qualité médiocre. La nécessité d'une importation est donc inévitable, mais la guerre la rend singulièrement difficile ; interdits, les minerais de Bilbao, comme les fameuses pyrites de Huelva, qui donnaient, en outre, le soufre nécessaire aux industries de guerre ; des minettes lorraines, des hématites normandes et africaines, il n'est plus question. Restent, en tout et pour tout, les minerais suédois.

La Suède est richement minéralisée ; en ce qui concerne le fer, les minerais de la province de Dannemora sont exportés par Stockholm et la Baltique ; mais les plus riches gisements sont situés plus au nord, en Laponie, autour de Gellivara et de Kiruna ; on en extrait, année moyenne, 7 à 8 millions de tonnes d'une hématite très pure, à 60 % de fer, généralement exportée par le port norvégien de Narvik, d'où elle rejoint, par la mer du Nord et le Rhin, les centres métallurgiques de Westphalie. Cette voie leur étant désormais interdite, elle devra choisir, au départ du port de Lulea, la voie de la Baltique ; mais celle-ci est bloquée par les glaces durant les mois d'hiver, et le port de Lulea, lui-même, n'est pas organisé pour un gros trafic.

D'autre part, il convient de tenir compte des stocks existants en Allemagne et dans les pays annexés qu'elle exploite sans vergogne, tant sous forme de ferrailles qu'à

l'état de minerai : dans une conférence donnée à Cologne en février 1939, le sous-secrétaire d'Etat Brinkmann avait cité, pour ces stocks, le chiffre, assez vraisemblable, de 20 millions de tonnes ; s'il en est ainsi, on peut estimer que la métallurgie allemande est en état de « tenir le coup » pendant une année, dix-huit mois au plus, avec un régime de production comparable à celui du temps de paix ; mais il est rare que les difficultés accumulées par la guerre n'amènent pas une baisse sensible : pendant la dernière guerre, la production allemande d'acier était tombée de 17 millions de tonnes, en 1913, à 12 millions en 1918, alors qu'elle disposait de la totalité des minerais lorrains, autrichiens et tchécoslovaques, situation bien plus favorable que celle qu'elle subit aujourd'hui malgré tous les efforts qu'elle déploie.

Reste à résoudre le problème du manganèse ; dans ces dernières années, le Reich en importait 3 à 400 000 t et, chose curieuse, il s'était arrangé pour éliminer presque complètement le minerai russe du Caucase, en y substituant les importations de l'Afrique du Sud et des Indes (1) ; en même temps, il s'efforçait de se passer de ce précieux métal en remplaçant, dans la fabrication de l'acier Thomas, le ferro-manganèse par du carbonate de soude ; ces expériences, poursuivies dans les usines sarroises de Röchling, semblent permettre l'élimination du soufre, métalloïde apporté par le coke ; mais le rôle

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 244, octobre 1937, page 275.

du manganèse est beaucoup plus complexe ; il influe sur la qualité du métal et son absence aggraverait certainement la *crise de qualité* dont nous allons bientôt nous occuper. Il est inutile d'ajouter que ni la France ni l'Angleterre ne sont affectés par la guerre

dans leurs approvisionnements en manganèse, dont la première possède au Maroc, la seconde aux Indes et en Afrique, plus qu'il n'est nécessaire pour leur consommation.

Métallurgie de guerre

L'état de guerre amène une transformation soudaine dans la nature et la qualité des produits métallurgiques nécessaires. Certaines constructions civiles s'en trouvent ralenties, encore que d'autres, comme la demande de rails, soient plutôt augmentées ; l'armée est une grande consommatrice de tôles

ondulées, de fils de fer barbelés, de camions, de casques... ; ainsi, les aciéries Thomas ont de quoi s'occuper.

Mais, ce qui s'accroît vertigineusement, c'est la production des aciers fins et spéciaux nécessaires à la production des canons, des projectiles, des blindages, des avions, des chars, des moteurs, des appareils scientifiques. Toutes ces fabrications ont pour base une métallurgie de « luxe », où la considération des prix de revient passe au second plan, tandis que la matière travaille à l'extrême limite de ses propriétés mécaniques.

En régime de paix, cette métallurgie spéciale travaille au ralenti ; sans cette précaution, il serait impossible, au début des hostilités, de créer de toutes pièces les labora-

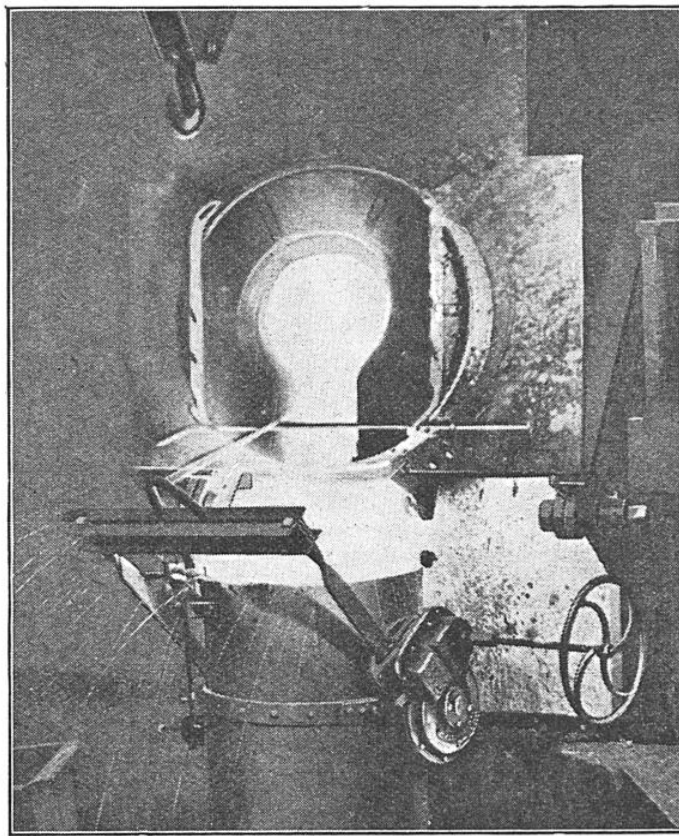


FIG. 2. — COULÉE EN POCHE D'UN FOUR A CREUSET HAUTE FRÉQUENCE

toires, les usines spécialisées dans les fabrications de guerre, avec les ingénieurs et les techniciens qui forment les cadres de la mobilisation industrielle. En France, pour des raisons de sécurité, cette industrie de guerre s'est établie loin des frontières du nord et du nord-est, où le fer et le charbon ont attiré la métallurgie de paix ; elle s'est concentrée au Creusot, à Montluçon, dans la région de Saint-Etienne ; toutes ces usines possèdent les laboratoires les mieux outillés, dirigés par un personnel d'élite ; c'est là qu'ont œuvré nos grands ingénieurs d'artillerie, de Reffye, de Bange, Canet, Rimailho ; c'est là que travaillent aujourd'hui leurs successeurs, héritiers d'une belle tradition.

Tout ce qui sort de ces usines métallurgiques tend vers la perfection ; le métal est soumis, d'un bout à l'autre de sa fabrication, à de multiples essais, et les épreuves de réception des produits achevés sont particulièrement sévères : « Aucune branche de l'activité nationale n'exige autant de précision des machines, d'attention de l'ouvrier, d'invention de l'ingénieur. Pour le canon de 305, par exemple, il faut répéter quarante-quatre fois l'opération du fretage ; les machines-outils doivent posséder une précision absolue sur 40 mètres de longueur et la réussite ou la mise au rebut d'une pièce dépend, pendant des semaines que dure le travail, de l'attention soutenue de toute la main-d'œuvre. De même, l'usinage des plaques de blindage dure de sept à huit mois ; en cours de fabrication, les plaques sont soumises à des essais de choc, à des examens microscopiques, à des analyses chimiques qui exercent les qualités d'initiative de tout le personnel, du manœuvre au directeur (1). »

Crise de qualité en Allemagne

Ainsi, nos cadres industriels sont soigneusement entretenus, et nos frontières intactes nous laissent l'entière disposition de nos ressources métallurgiques.

Essayons maintenant de savoir ce qui se passe de l'autre côté de la frontière ; il n'est pas question de sous-évaluer la puissance de la technique allemande ; il est sûr qu'elle ne s'arrêtera que devant des impossibilités ; on voudrait seulement connaître les limites qui lui sont ainsi imposées. Elles ont pour origine sa volonté délibérée d'autarcie ; tandis qu'en Allemagne même, les techniciens expérimentés, comme Friedensburg, constataient que, sans les minerais étrangers, le Reich ne parviendrait pas à main-

tenir ses fabrications de haute qualité, les dictateurs nazis, et d'abord le maréchal Goering, entendaient assurer coûte que coûte l'indépendance de leur sidérurgie : le 14 juin 1936, le commandant d'état-major Hammecken ordonnait qu'on ne produisît plus en Allemagne d'acier Martin, mais seulement de l'acier Thomas, le seul qui puisse être fabriqué avec les minerais indigènes.

Il est certain que cette décision a supprimé, ou considérablement ralenti, la production des aciers de haute qualité. Quant aux aciers spéciaux, les perspectives ne sont pas meilleures ; ils sont obtenus ordinairement, au creuset, par fusion d'acier ordinaire avec les métaux qui leur font acquérir de nouvelles propriétés : nickel, chrome, tungstène, vanadium... ; ces métaux auxiliaires proviennent de toute la surface du globe, mais aucun d'eux n'existe en quantité suffisante sur le territoire du Reich ; le nickel vient du Canada et de la Nouvelle-Calédonie, en attendant la mise en exploitation des mines finlandaises ; le chrome vient surtout de la Rhodésie, de la Nouvelle-Calédonie et de Yougoslavie ; le tungstène provient de la Bolivie, des Etats-Unis et du Tonkin, mais la Norvège produit du molybdène qui peut le remplacer dans une certaine mesure. Il est peu probable que l'Allemagne ait pu constituer des stocks suffisants de ces métaux indispensables à une guerre de longue durée, et de beaucoup d'autres tout aussi utiles : plomb, zinc, étain, mercure, béryllium... et surtout l'or, le plus précieux de tous.

En tout cas, depuis la suppression de l'acier Martin, la qualité des produits métallurgiques du Reich paraît avoir subi une régression sensible ; on cite des malfaçons dans les instruments de précision, dans la fabrication des moteurs d'avion, des chars et des tracteurs automobiles, des fissures dans les tourelles cuirassées, et le professeur hongrois Ivan Lajos, dans un livre récent et fort documenté (1), a révélé de nombreux exemples de ces malfaçons, en particulier dans les livraisons faites à divers Etats étrangers. Il est vraisemblable que cette crise de qualité ne fera que s'accentuer au cours de la guerre, c'est-à-dire au moment où ses conséquences seront irréparables ; et ces considérations nous font espérer une issue heureuse de la guerre engagée entre la civilisation et la barbarie.

L. HOULLEVIGUE.

(1) J. Lavainville. *L'Industrie du fer en France*. Collection Armand Colin.

(1) Docteur Ivan Lajos, *La vérité sur l'armée allemande*, traduction française. Flammarion éditeur. 1939.

OU EN EST LA FUSEE DE GUERRE PROPULSEE PAR REACTION ?

Par A. ANANOFF

L'étude scientifiquement conduite des conditions de fonctionnement du « moteur à réaction » et les nombreux lancers de fusées effectués dans tous les pays du monde, ont permis de réaliser dans ce domaine de notables progrès au cours des vingt-cinq dernières années. Le moteur à réaction, comme son nom l'indique, est mû par l'effet de réaction ou de recul dû à l'éjection violente vers l'arrière des produits de la combustion d'un mélange convenable emporté par l'engin. Les fusées à combustible solide (poudre) ou liquide (essence, méthane, hydrogène), lorsqu'elles auront acquis la précision, la portée et la stabilité qui leur manquent encore, trouveront sans doute dans l'arsenal des armes modernes une large place à côté des pièces d'artillerie de tout calibre. Elles paraissent en particulier devoir conduire, pour de nombreux problèmes de balistique, à des solutions nouvelles qui exerceraient une influence profonde sur les méthodes actuelles de combat : tels seraient, par exemple, le tir à très longue portée (plusieurs centaines de kilomètres), l'emploi de projectiles composites à grande efficacité pour le tir contre avions, la perforation de blindages et de revêtements bétonnés d'abris par des projectiles accélérés, atteignant ou dépassant la vitesse du son, le guidage des fusées par radio, etc.

L'UTILISATION à des fins militaires de fusées autpropulsives à réaction est à l'ordre du jour.

Ce n'est sans doute pas en vain que le gouvernement allemand alloua aux chercheurs de cette arme nouvelle des subventions, des laboratoires et des terrains d'expérience. Ce n'est pas non plus dans le but de liaison postale ou d'accroissement de leurs connaissances dans le domaine atmosphérique que les ingénieurs d'outre-Rhin lui consacrèrent des années de recherches. Ce n'est pas non plus dans le but de résoudre le passionnant problème posé par l'astronautique.

Certes, les multiples avantages et les applications diverses que permet la fusée, nous firent croire, pendant longtemps, aux visées pacifiques et toutes désintéressées des chercheurs, lorsque, brusquement, les travaux ayant trait à leur mode de propulsion, devinrent secrets du fait que ces derniers entraient officiellement dans le domaine de la Défense nationale.

C'est que le moteur réactif — tout comme le principe qui le régit — est le même, quelle que soit sa destination (postale, météorologique, militaire, etc...) et un raisonnement simpliste nous permet de voir que, si la charge utile peut être constituée par des lettres ou des appareils enregistreurs, elle peut aussi bien être composée de gaz ou d'explosifs.

La fusée de guerre, de l'antiquité à nos jours

A quelle époque remonte l'origine des fusées volantes ? Il n'est pas aisé de répondre à cette question, et ceci malgré la profusion des documents existants. Un fait est, en tous les cas, certain : c'est qu'il y a des milliers d'années on en faisait déjà un usage courant aux Indes et en Chine.

Dès le VII^e siècle, les fusées ne se confinent plus exclusivement aux réjouissances populaires, mais deviennent de précieux auxiliaires dans les combats.

C'est ainsi que nous les voyons, pour la première fois, employées avec succès par les Byzantins pour projeter le feu grégeois. Plus tard, en 1379, les Padouans lancent des fusées incendiaires contre la ville de Mestre, et, en 1449, Jean Dunois, utilisant le même procédé, enlève la place de Pont-Audemer, défendue par les Anglais.

Si, vers le XVI^e siècle, l'usage des fusées de guerre est délaissé en Europe, aux Indes, par contre, nous assistons à une renaissance avec Tipposahib, qui, en 1782, constitue un corps de « fuséens » comprenant 5 000 hommes. L'arme dont ces derniers se servaient pour le combat consistait en un tube de bambou de 3 à 6 kg, accroché à des bâtons longs de 2,50 m.

Nanti de l'expérience des « fuséens » indous, le général Congreve introduit à nou-

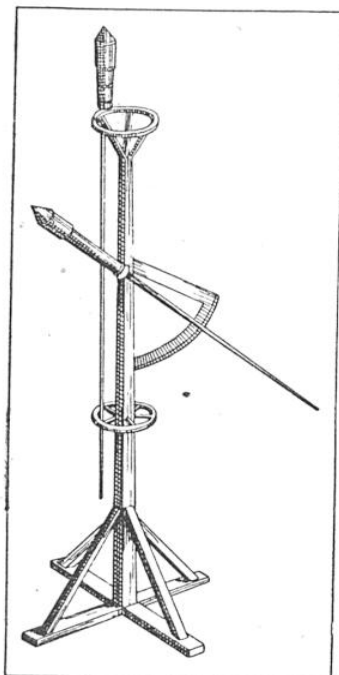


FIG. 1. — TYPE DE FUSÉE UTILISÉE AU XVI^e SIÈCLE ET SON CHASSIS DE LANCEMENT

veau, en 1804, l'usage des fusées dans l'art militaire.

La fusée qui porte son nom était constituée d'un tube en carton couvert de tôle, avec une extrémité en fer, chargé de mitraille et muni d'une mèche inextinguible.

Ces fusées, dites « à la Congreve », pesaient de 10 à 40 kg et avaient une portée variant de 1 350 à 2 400 m. Plus de 200 de ces fusées furent employées en 1806 contre Boulogne, provoquant de

nombreux incendies dans le port et la ville.

On les employa encore à Gørde, à Flessingue, à l'attaque de l'île d'Aix, à la bataille de Leipzig, à Waterloo et au bombardement d'Alger.

A la suite des résultats remarquables obtenus par Congreve, l'usage des fusées de guerre s'étend rapidement à toute l'Europe. Vers le milieu du siècle dernier, nous les voyons utilisées par les Autrichiens, les Italiens, les Hongrois ; les artificiers de Napoléon III lancent au siège de Sébastopol des fusées chargées de 80 livres de poudre, d'une portée de 5 et 7 km.

Après l'invention du canon rayé et l'usage de la poudre sans fumée, la portée et la précision du tir d'artillerie s'accrurent et surpassèrent de beaucoup celles des fusées de guerre. Pourtant les Allemands les employèrent encore durant la guerre de 1870, et les Anglais, en 1885, pour leurs opérations coloniales.

Au cours de la Grande Guerre, l'activité des fusées se manifeste à nouveau pour la destruction des saucisses d'observation. A cet effet, on utilisait des fusées chargées de 200 grammes de poudre noire. Disposées sur les mâts des voilures des avions, elles étaient allumées électriquement. Le tir

s'effectuait avec précision d'une distance de 200 m et une lame tranchante triangulaire, fixée sur l'avant de la fusée, assurait la déchirure de l'enveloppe.

Perfectionnements envisagés dans l'usage des fusées

Il est intéressant de remarquer que, parallèlement aux applications militaires de la fusée, il y a eu de tout temps des projets destinés à accroître leur précision, leur portée ou leur pouvoir de destruction.

C'est ainsi qu'en Asie, selon un usage fort ancien, on adapte les fusées aux flèches afin d'accroître leur puissance de perforation.

Le génial Léonard de Vinci esquisse une roue mue par un grand nombre de fusées placées sous un certain angle autour de son axe. Cet ancêtre des tanks, lancé dans les rangs ennemis, devait provoquer le désarroi attendu.

En 1420, Joannes Fontana élabore des modèles de torpilles et vaisseaux propulsés par réaction. En 1547, Solms nous révèle l'existence de la première fusée à parachute et en 1650, Siemenowicz propose l'emploi de fusées gigognes ou composées, dont — soit dit en passant — certains chercheurs contemporains s'attribuent l'honneur de la découverte.

En 1707, Frégier introduit l'usage d'ailettes stabilisatrices ; l'Américain Hale, visant le même but, propose d'impliquer à la fusée un mouvement de giration ; en 1786, l'Allemand Bergshäuser envisage l'établissement de la signalisation par fusée et, vers 1800, le prince de Nassau invente la fusée sous-marine.

En 1865, Buisson prend un brevet pour la propulsion réactive appliquée aux navires et aux appareils

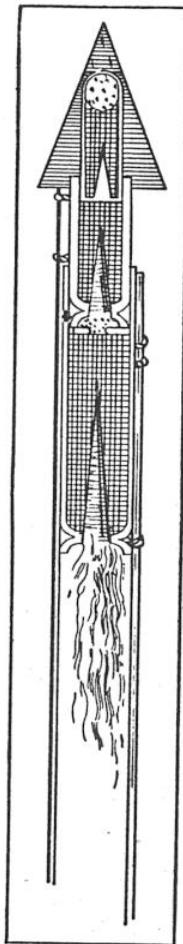


FIG. 2. — FUSÉE « GIGOGNE » DU XVII^e SIÈCLE

On distingue sur ce dessin les charges de poudre qui devaient s'enflammer les unes après les autres, la fusée s'allégeant en même temps des corps vidés de leur combustible.

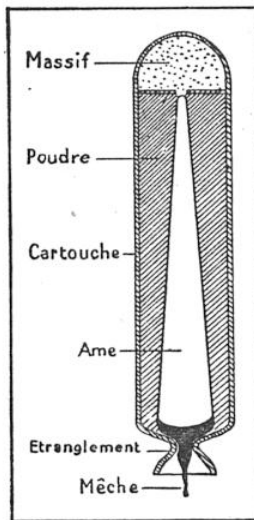


FIG. 3. - COUPE D'UNE FUSÉE A POUDRE

sur celles propulsées par l'hydrogène et l'oxygène liquides, tout en démontrant la possibilité du fonctionnement de la fusée dans le vide ; enfin, en 1912, le Russe Pomertseff invente la fusée pneumatique.

Si aucune de ces ingénieuses applications n'a pu entrer dans l'usage courant, c'est que les connaissances dans le domaine de la propulsion réactive étaient encore à l'état embryonnaire et n'avaient guère varié depuis l'époque lointaine de leur apparition.

Le moteur-fusée à combustible solide et liquide

Ce n'est que depuis relativement peu de temps — depuis dix ans très exactement —

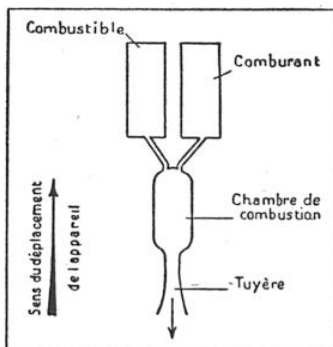


FIG. 4. — COMMENT FONCTIONNE UN MOTEUR A RÉACTION A CHASSE DE COMBUSTIBLE (ESSENCE, PAR EXEMPLE) ET COMBURANT (OXYGÈNE) LIQUIDES

volants et, vers la même époque, Amédée Denisse et L. Rohrmann construisent la première fusée équipée pour la photographie.

Jusqu'à la Grande Guerre, d'autres projets viennent accroître nos connaissances dans l'usage des fusées. Au début de notre siècle, le baron von Unge entreprend une série de travaux sur les fusées-torpilles ; de 1905 à 1907, le Norvégien Birkeland poursuit des recherches sur les fusées à poudre et plus spécialement

que le moteur à réaction fait l'objet d'études méthodiques.

Si le principe qui régit le mouvement des fusées à solides ou liquides, est pratiquement le même, leur mode de fonctionnement diffère tout à fait.

Le moteur à combustible solide est le

plus simple qui soit. Il est constitué d'un cylindre faisant en même temps office de réservoir, de chambre de combustion et de tuyère. Sa propulsion est généralement assurée par la poudre noire ou colloïdale, qui contient l'oxygène nécessaire à sa combustion (fig. 3).

La pression interne, relativement basse, permet de confectionner le corps de la fusée soit en carton, soit en fer-blanc ou en acier, si la pression atteint plusieurs dizaines d'atmosphères.

La température de combustion de la poudre noire et de la poudre colloïdale oscille entre 2 200° et 2 400° et la chaleur dégagée par kilogramme est de 700 calories pour la poudre noire et de 900 calories pour la poudre colloïdale.

La portée des fusées à combustible solide se borne à 25 et 30 km. Cette limite leur est imposée par leur coefficient de chargement qui ne peut pratiquement dépasser une certaine valeur ; aussi ne peut-on en faire usage que lorsqu'on désire disposer d'un appareil simple et économique.

Dans une fusée à combustible liquide, le moteur ne se borne plus à un cylindre, mais se trouve constitué par un groupe d'organes indépendants. La synchronisation de leurs mouvements doit assurer la propulsion recherchée.

Le fonctionnement d'un moteur à liquide peut se résumer comme suit : le combustible et le comburant inclus dans leurs réservoirs respectifs sont chassés à travers un « doseur » jusqu'à la chambre de combustion. Là, le mélange est enflammé, ce qui provoque un violent dégagement des produits de la combustion par la tuyère (fig. 4).

Cet aperçu succinct nous montre combien nous sommes loin de la fusée des feux d'artifice, si simple par sa conception.

Si nous comparons le moteur à réaction avec les autres appareils, nous voyons que son rendement est d'autant plus avanta-

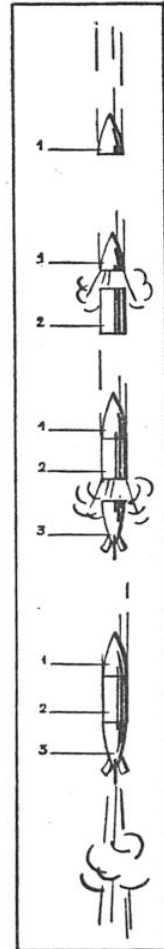


FIG. 7. — PRINCIPE DES FUSÉES DITES « COMPOSÉES »

geux que sa vitesse est plus élevée. Tandis que la machine à vapeur ne dispose pas d'un rendement supérieur à 12 % et le moteur à explosion à 24 %, la fusée peut atteindre un rendement

de beaucoup supérieur, de l'ordre de 70 %.

Enfin, la portée des fusées à combustible liquide peut être, dès à présent, de l'ordre de plusieurs centaines de kilomètres et, dans l'avenir, celle-ci pourrait concurrencer les engins les plus perfectionnés.

La mise au point du moteur fonctionnant avec des liquides soulève cependant une foule de problèmes nouveaux dont nous allons dire quelques mots.

Le combustible et le comburant

Trois qualités primordiales doivent guider les chercheurs dans le choix des combustibles et des comburants : 1° ils sont d'autant plus intéressants que leur vitesse d'éjection est plus élevée et leur densité avant la combustion plus grande ; 2° ils ne doivent être ni explosifs, ni corrosifs, ni toxiques ; 3° ils doivent, autant que possible, se prêter à une production industrielle et être d'un prix peu élevé.

Des expériences avec l'oxygène pour comburant furent effectuées en mélange avec des hydrocarbures riches en hydrogène, tels que le méthane, le pentane, etc..., permettant d'obtenir d'intéressants résultats. L'éthylène (2 400 cal) et l'acétylène (2 750 cal) possèdent un pouvoir calorifique élevé, mais leur faible densité les rend peu avantageux. La benzine, au contraire, malgré son pouvoir calorifique moindre (2 300 cal), possède une densité élevée (0,878) et permet aux fusées d'atteindre une portée plus grande.

Très souvent, on utilise l'hydrogène liquide à cause de son pouvoir calorifique très élevé.

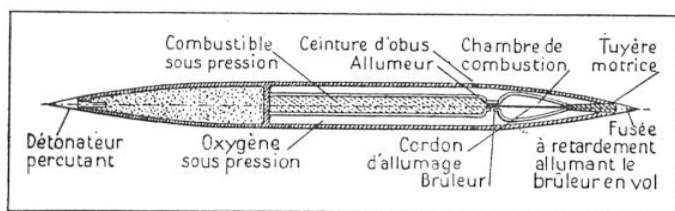


FIG. 5. — COUPE D'UN « OBUS-FUSÉE » PROJETÉ PAR UN CANON ET ENTRETIENANT SA PROPULSION PAR RÉACTION (D'APRÈS H. MÉLOT)

trométhane fournit un puissant réactif en mélange avec un combustible lourd.

En ce qui concerne les comburants, c'est plus spécialement à l'oxygène et à l'ozone qu'on fait appel.

Le prélèvement de l'oxygène contenu dans l'air fut également envisagé et expérimenté avec succès.

L'expulsion du combustible de son réservoir s'effectue par la pression d'un gaz. Ce dernier doit être neutre, c'est-à-dire être susceptible d'entrer en contact avec le liquide sans occasionner une explosion. L'azote remplit les conditions exigées. L'emploi

d'une pompe, proposé en premier lieu, s'est révélé d'une complication trop grande. On expérimenta encore un doseur vibrant qui donna d'intéressants résultats.

En ce qui concerne l'obtention de la parfaite homogénéité du mélange, elle peut être obtenue par la pulvérisation du combustible et du comburant à leur accès dans la chambre de combustion. Ce point a toute son importance, car c'est de lui que dépend la régularité du débit.

Le mélange une fois obtenu, on procède immédiatement à son allumage. Ce dernier s'effectue électriquement, quelquefois même par l'installation d'une bougie dans la chambre de combustion.

Progrès acquis sur les organes du moteur-fusée

Si nous passons maintenant à l'examen des divers organes du moteur-fusée, nous voyons avec satisfaction que ces derniers

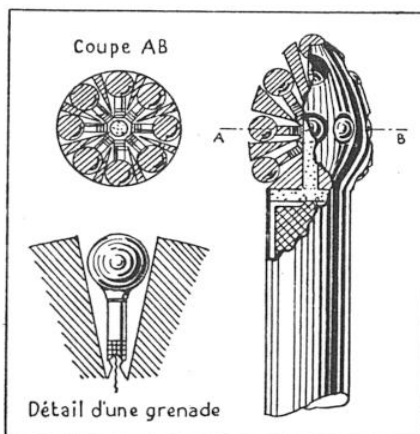


FIG. 6. — FUSÉE MUNIE DE MULTIPLES GRENADES, SUSCEPTIBLE D'ÊTRE UTILISÉE POUR LE TIR CONTRE AVION

ont subi depuis dix ans de notables progrès tant au point de vue de leur résistance aux pressions et aux températures élevées qu'à celui de leur forme économique, suivant le résultat recherché.

C'est ainsi que les parois des réservoirs constituent en même temps l'enveloppe de la fusée. Les réservoirs de grande capacité contiennent des cloisons destinées à éviter le ballonnement des liquides au cours du vol, et un dispositif ingénieux permet de maintenir tout le long de la trajectoire de la fusée le centre de gravité de l'engin à la même place. Ces deux dispositifs conservent à l'engin une stabilité parfaite.

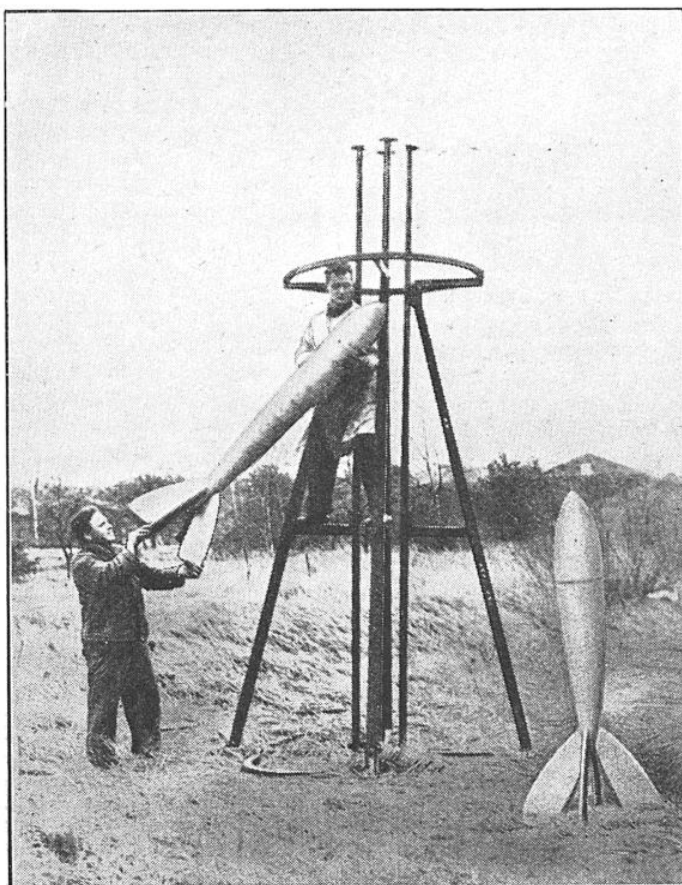
La chambre de combustion et la tuyère, plus que toutes les autres parties, doivent être construites pour supporter les températures élevées et le frottement des gaz parfois corrosifs. Malheureusement, les métaux en notre possession, peu résistants, ne peuvent servir qu'aux appareils de courte durée de combustion. La majorité des moteurs expérimentés comportaient un enchemisage à circulation d'eau ou de combustible, mais les calories ainsi détournés l'étaient au détriment de la vitesse.

La recherche du bon fonctionnement du moteur-fusée n'était pas seule à préoccuper les chercheurs et la dirigeabilité, tout comme la stabilité et la précision du tir, furent également approfondies. Ce sont surtout ces dernières études qui montrent la supériorité

des fusées actuelles sur celles d'il y a un siècle dont l'emploi fut d'ailleurs abandonné exclusivement à cause de ce manque total de précision.

Il n'est pas indiqué d'utiliser, pour une fusée autopropulsive, des ailerons fixes, ceux-ci empêchant la correction de toute erreur de tir. L'usage de tuyères parallèles, quoique plus courant, est moins précis que la tuyère unique articulée, corrigeant automatiquement la trajectoire.

La stabilité peut être obtenue par différents procédés : la disposition du moteur en tête de la fusée, l'agencement d'ailerons hélicoïdaux sur l'enveloppe ou dans l'intérieur de la tuyère d'échappement ou encore par l'installation, dans l'intérieur de la tuyère, d'un gyroscope ou d'un poste émetteur en liaison permanente avec des stations radio-goniométriques. Celles-ci déterminent, seconde par seconde, la position de la fusée



(58 847)

FIG. 8. — MISE EN PLACE D'UNE FUSÉE SUR SON CHASSIS DE LANCEMENT LORS DES EXPÉRIENCES DE HERMANN OBERTH SUR LE « RAKETENFLUGPLATZ » PRÈS DE BERLIN

et en modifiant la trajectoire de façon à la faire tomber *exactement* au lieu désiré.

L'accroissement de la portée peut être obtenu par l'usage de fusées gigognes ou composées, mais au détriment du coefficient d'utilisation, car c'est seulement une faible fraction de l'engin qui parvient au but.

Du fait qu'elle contient son propre propulseur et que, quel que soit son calibre, son affût de lancement ne supporte aucun recul, la fusée ne nécessite aucune installation encombrante ou coûteuse.

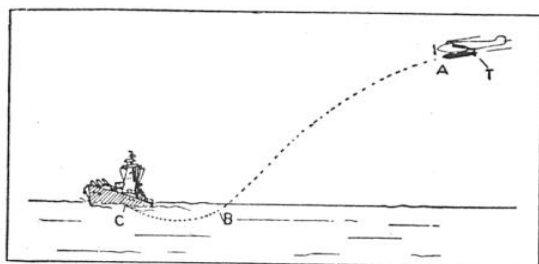


FIG. 9. — LE LANCEMENT D'UNE TORPILLE A RÉACTION CONTRE UN BATIMENT DE SURFACE

L'avion lance la torpille T suivant une trajectoire AB (aérienne) et BC (sous-marine) vers l'objectif O.

La fusée dans la défense antiaérienne

Si précis que soit le tir de notre D. C. A., nous n'avons pas le droit de négliger l'examen de tel ou tel procédé pouvant accroître, dans des proportions notables, son efficacité. Là, comme ailleurs, le principe du moteur à réaction pourrait rendre de notables services.

Supposons une fusée construite en aluminium (pour éviter que le rapport de la masse de la fusée à celle du combustible ne soit pas trop élevé) et contenant dans sa partie supérieure, en guise de charge utile, vingt et une grenades, chacune d'elles ayant un dispositif réactif indépendant pouvant fonctionner le moment venu.

La fusée, dont la charge est calculée suivant l'altitude recherchée, doit provoquer, à l'épuisement du combustible, l'allumage automatique des dispositifs propulsifs des vingt et une grenades.

Celles-ci, placées sous les angles les plus divers, assureront une dispersion parfaite autour de leur point de départ. Ainsi, la zone touchée par les éclats après l'explosion des grenades sera-t-elle plus étendue que celle obtenue par l'obus de la D. C. A.

L'efficacité de ce procédé pourrait se trouver considérablement accrue par l'adjonction de deux ou trois fusées gigognes, chacune d'elles étant pourvue d'un dispositif porte-grenade expulsant son chargement à diverses altitudes.

Il pourrait ainsi s'établir deux ou trois zones d'éclatement superposées, rendant infranchissable aux avions ennemis le secteur défendu.

Enfin, il est un point à considérer : c'est que le tir de la D. C. A. n'excède jamais une portée supérieure à 12 000 m. Aussi le passage des avions à cabine étanche, ou autre-

ment dits « avions stratosphériques », pourrait-il s'effectuer en dehors du tir zénithal des pièces de la défense. Les fusées auraient la ressource de dépasser ces limites et de porter leur pouvoir meurtrier jusque dans les plus hautes régions de la stratosphère.

Les mines réactives

Pouvoir disséminer à sa guise à travers le ciel des mines, comme on le fait communément en mer, serait sans aucun doute efficace contre les raids nocturnes, mais les rendre mobiles, tout comme les mines flottantes, ne pourrait qu'accroître leur efficacité.

Aussi pouvons-nous envisager la charge utile d'une fusée constituée par des mines spéciales, pourvues chacune d'un parachute approprié.

Parvenues à la hauteur voulue, ces dernières seraient expulsées de leurs compartiments respectifs et projetées dans des directions variées. Suspendues à leur parachute, ces mines redescendraient doucement vers la terre. Le désamorçage de celles-ci s'effectuerait automatiquement dès leur contact avec le sol.

De tels engins, utilisés la nuit à l'approche des avions ennemis, ou projetés en plein jour à l'avant d'une escadrille, pourraient provoquer des rencontres malencontreuses.

Bombes et torpilles réactives

On a envisagé déjà, à maintes reprises, la possibilité d'accroître la précision et la vitesse de chute de bombes ou de torpilles aériennes par l'application du principe réactif (1). Ce procédé comportait l'avan-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 241, page 38 et n° 235, page 59.

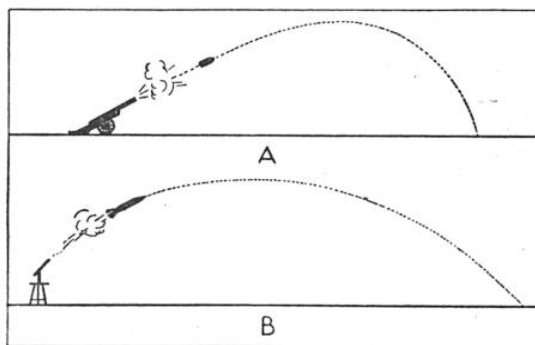


FIG. 10. — COMPARAISON DES TRAJECTOIRES D'UN OBUS ET D'UNE FUSÉE

La trajectoire de la fusée est toujours plus tendue, car tant que le moteur à réaction est alimenté, la vitesse de la fusée va en croissant.

tage d'obtenir de 3 000 m la même précision qu'on a actuellement de 1 500 m, tout en portant la vitesse de chute à plus de 600 m/s, cette vitesse élevée devant faciliter la destruction des abris les plus résistants.

Mais cette précision pourrait être encore accrue s'il était possible d'annuler la vitesse imprimée à la torpille lors du lancement, du fait du déplacement même de l'avion, et de la laisser choir à la verticale, une fois parvenue au-dessus de l'objectif.

Pour obtenir un tel résultat, il n'est qu'un moyen : communiquer à la torpille la même vitesse relative que celle de l'avion, mais en sens contraire. En d'autres termes, si l'avion marche à la vitesse de 350 km/h, il faut imprimer instantanément à la torpille cette même vitesse, mais dans le sens opposé au déplacement de l'appareil (fig. 16).

Ainsi la vitesse absolue de la torpille ou de la bombe étant ramenée à zéro, sa chute pourra avoir lieu suivant la verticale, abstraction faite du déplacement, d'ailleurs

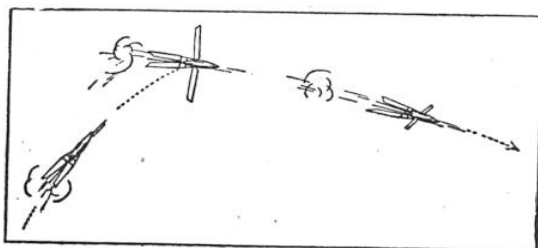


FIG. 11. — LA FUSÉE AILÉE DE R. TILING : PARVENUE A UNE CERTAINE HAUTEUR, LES AILES SE DÉCLENCHENT ET LA FUSÉE DESCEND EN VOL PLANÉ, ATTEIGNANT DES PORTÉES CONSIDÉRABLES

négligeable, que le vent latéral pourrait provoquer.

L'impulsion indispensable, de même que l'acheminement accéléré de la torpille vers son but, pourraient être obtenus avec succès par l'application du principe de la réaction.

Enfin, on peut également envisager l'emploi des fusées-torpilles contre des objectifs éloignés, par exemple sur des villes dont le tir de la D. C. A. empêcherait l'approche.

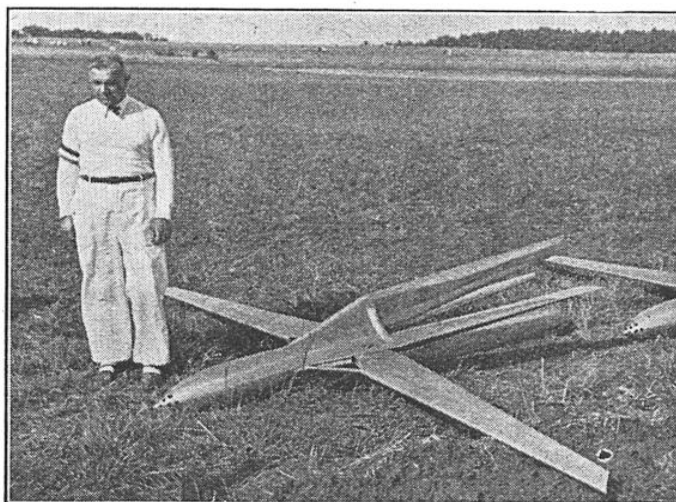


FIG. 12. — R. TILING ET SA FUSÉE AILÉE

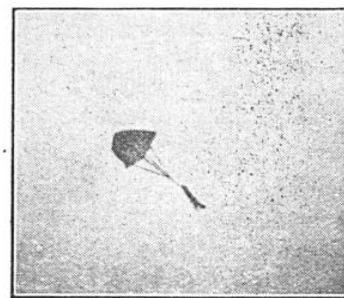
(58 849)

La fusée, auxiliaire précieux de l'artilleur

L'artillerie moderne se caractérise par une grande variété de matériels, destinés à résoudre les nombreux problèmes que soulève la tactique militaire. Les recherches qui se poursuivent dans ce domaine visent principalement l'accroissement de la portée et la diminution du poids des canons. L'automatisme et la motorisation tiennent également une place considérable, l'une devant augmenter la vitesse du tir, l'autre, celle du transport.

Si nous sommes amenés à proposer l'emploi de fusées dans ce domaine, c'est que l'artillerie se heurte à de nombreuses difficultés que l'emploi du moteur à réaction résout avec facilité. Examinons-les brièvement.

Que faut-il pour accroître la portée d'un canon ? Augmenter la vitesse initiale de l'obus. Dans la majorité des cas, celle-ci dépend de la nature physico-chimique de la poudre, dont la composition n'a guère varié depuis cinquante ans, et



(58 850)

FIG. 13. — DESCENTE D'UNE FUSÉE SOUTENUE PAR UN PARACHUTE

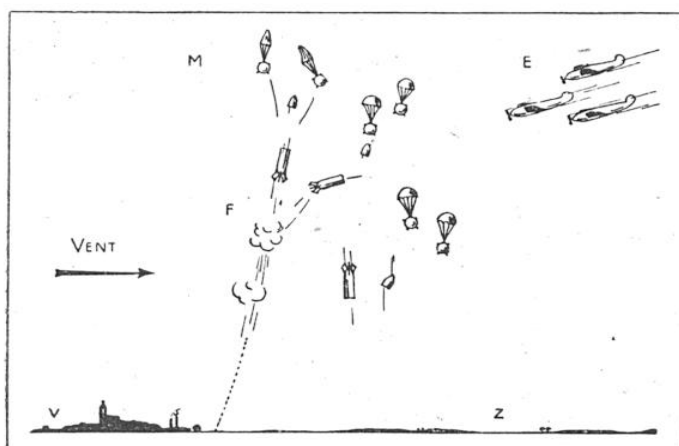


FIG. 14. — COMMENT POURRAIT ÊTRE ORGANISÉE LA DÉFENSE D'UNE VILLE PAR MINES AÉRIENNES LANCÉES PAR FUSÉES

Au-dessus de la ville V, les fusées F libèrent les mines M au-dessus des escadrilles ennemies E. Soutenues par des parachutes, elles tombent lentement sur le sol, en Z, où elles se désamorcent.

des caractéristiques du canon dont le poids augmente proportionnellement au résultat recherché. Il arrive un moment où la pièce devient d'un maniement difficile, au point d'empêcher un retrait rapide en cas d'attaque brusquée ou de repérage par l'aviation ennemie (1). D'où nous voyons que la maniabilité du canon diminue proportionnellement à l'accroissement de la vitesse initiale et du calibre de l'obus.

Cette lutte entre la portée et le poids est surtout importante pour les canons de campagne dont la légèreté et la facilité de transport constituent les principales qualités ; il en est de même pour l'artillerie de montagne dont les pièces ne peuvent tirer au delà d'une certaine limite et seulement avec des obus de faible calibre.

Les fusées à combustibles liquides conviennent, d'une manière générale, pour le tir à très grande portée, de l'ordre de 100 km et plus.

Quant aux fusées à combustible solide, convenant aux faibles portées, elles ne sont vraiment utiles qu'à partir des calibres moyens, par exemple du 90 mm, car, au-dessous, les canons se suffisent amplement. La portée des obus-fusées dépend

(1) Pour exemple, disons qu'une pièce de 155 mm pèse, en position de tir, environ 13 t et nécessite près d'une heure de travail pour être mise en position de route.

exclusivement du rapport existant entre la charge utile et la charge propulsive. En raison du faible pouvoir calorifique de la poudre et du poids relativement élevé du groupe réservoir, chambre de combustion, tuyère, une fusée à combustible solide ne pourra, dans les meilleures conditions, dépasser une portée maximum de 20 km.

Aucune installation coûteuse ou encombrante n'est nécessaire pour le lancement. L'absence de recul permet l'usage d'un châssis orientable et léger. Ces qualités font de la fusée un précieux auxiliaire de l'infanterie. Dans la guerre chimique, elle peut également jouer un rôle et non des moindres.

L'utilisation des fusées, pour la préparation des attaques massives et brusques, peut se faire avec le maximum de succès. La concentration d'une grande quantité de fusées de différents calibres sur un front restreint peut s'effectuer sans éveiller l'attention de l'ennemi, toujours par suite du faible encombrement du matériel de lancement.

L'accélération initiale, relativement faible, des fusées autopropulsives permet l'usage de métaux peu résistants, l'emploi de certaines matières explosives particulièrement sensibles et l'utilisation de percuteurs considérablement simplifiés.

On reproche souvent aux fusées de coûter très cher. Il est évident qu'à poids égal les fusées sont un peu plus coûteuses que les obus, surtout lorsqu'on a affaire aux fusées à combustible liquide de gros calibre. Mais, pour peu que nous établissions le prix de

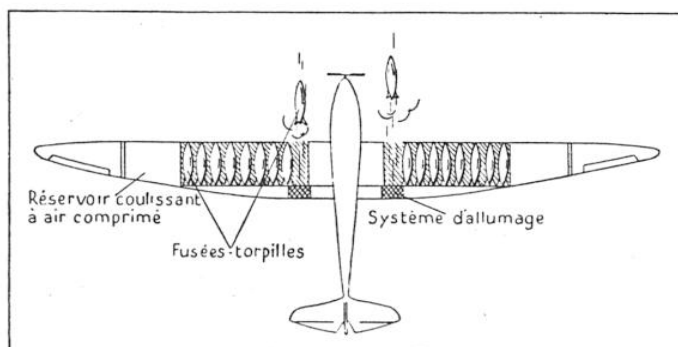
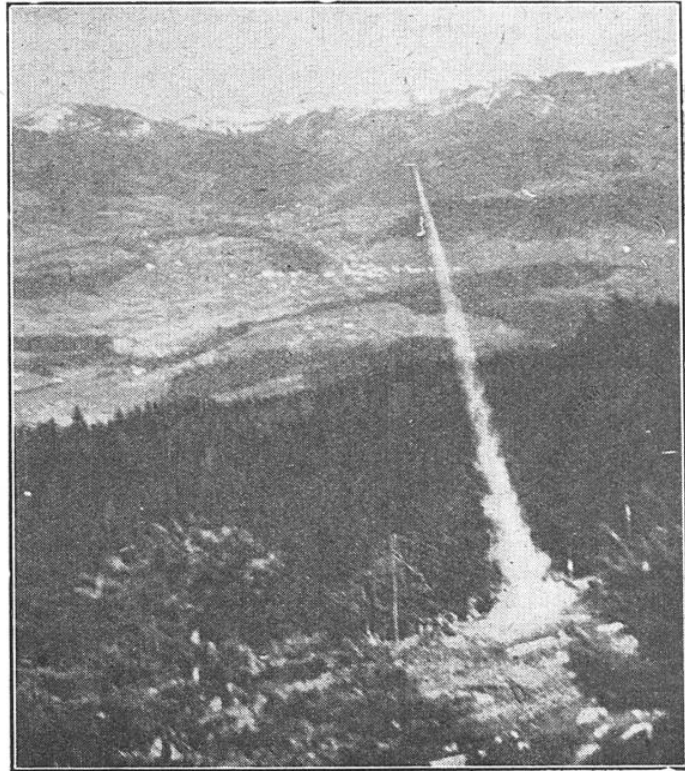


FIG. 15. — COMMENT POURRAIENT ÊTRE DISPOSÉES DES TORPILLES A RÉACTION DANS LES AILES D'UN AVION

revient du tir, nous voyons qu'entre les deux procédés il n'y a aucune comparaison possible. La différence de prix entre un canon et un châssis est tellement énorme, qu'il est inutile de souligner davantage leur application économique. Enfin, il est de toute évidence que là où l'intervention de fusées de guerre s'avère indispensable, le prix de celles-ci importe peu.

L'emploi de fusées de guerre est d'une utilité incontestable, à ne considérer qu'une seule de leurs qualités, dérivant directement de leur mode de propulsion. En effet, la fusée augmente sa vitesse tout le long de sa trajectoire, pour atteindre, à l'approche du but, des vitesses supersoniques, c'est-à-dire supérieures à celle du son (1 800 km/h d'après l'expérience de Goddard), ce qui permet aux engins réactifs, d'une part, de traverser plus facilement les abris, d'autre part, de ne laisser déceler leur présence qu'après leur chute.



(58 848)

FIG. 17. — DÉPART D'UNE FUSÉE POSTALE DE SCHMIEDL DANS LES MONTAGNES AUTRICHIENNES

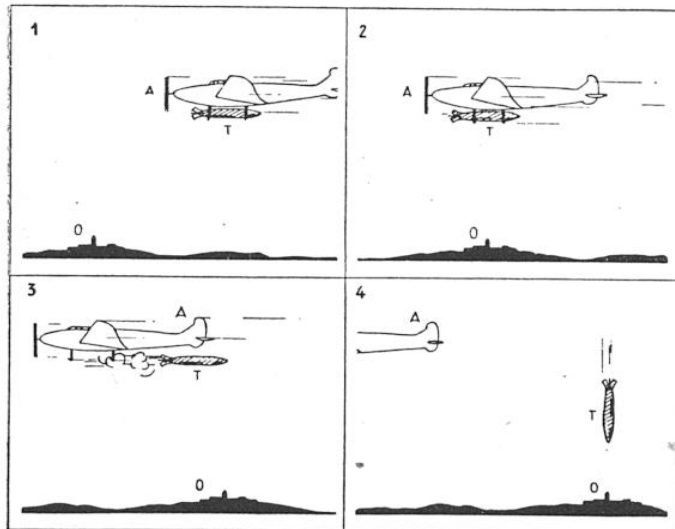


FIG. 16. — LA TORPILLE-FUSÉE PERMETTAIT DE RÉSOUDRE LE PROBLÈME DU BOMBARDEMENT PRÉCIS DES OBJECTIFS TERRESTRES PAR L'AVIATION

En 1, l'avion A, muni de la torpille réactive T, doit bombarder l'objectif O. En 2, l'avion se déplaçant à 350 km/h, parvient au-dessus de l'objectif O. En 3, on imprime à la torpille T une impulsion en sens contraire de la vitesse de l'avion, de manière à ce que sa vitesse propre soit ramenée à zéro. En 4, elle tombe ainsi verticalement vers l'objectif O.

Avant de clore cet exposé succinct sur les fusées de guerre, ajoutons que les travaux de R. Tiling permettent, d'accroître leur portée en des proportions considérables (fig. 11 et 12).

Sa fusée est munie d'ailes qui, à l'altitude maximum, se déclenchent automatiquement et assurent à l'ensemble une descente en vol plané. Une faible déflagration réactive permet d'entretenir le vol et d'obtenir de la sorte une très grande portée.

Applications du moteur réactif en aéronautique

Qu'il s'agisse d'aviation lourde, rapide ou stratosphérique, le moteur à réaction peut donner lieu à des réalisations intéressantes.

Pour l'aviation lourde, où de nombreux projets d'avions géants sont demeurés sans résultat, on

peut faire appel à la réaction pendant la période d'envol. Il est reconnu, en effet, que tous les avions, et principalement les avions de transport lourdement chargés, ont à développer une énergie considérable lors du décollage, supérieure même à celle qui leur est nécessaire pour atteindre la vitesse normale. Vu leur faible poids, des moteurs-fusées auxiliaires pourront faciliter l'envol des appareils lourds, puis, après le décollage, se détacher de l'ensemble pour éviter une augmentation de poids. Des expériences effectuées dans ce sens en Allemagne, dès 1928, donnèrent d'excellents résultats.

En ce qui concerne l'accroissement de la vitesse des avions, on peut considérer que la principale difficulté provient de la résistance atmosphérique qui abaisse, aux grandes vitesses, le coefficient d'utilisation du groupe moteur-hélice. Aussi ne progresse-t-on, dans ce domaine, qu'avec une extrême lenteur ; il est même possible de fixer dès maintenant la vitesse de 1 000 km/h comme la limite accessible avec les moteurs actuels (1).

C'est précisément à partir des vitesses de l'ordre de 800 et 1 000 km/h que le coefficient d'utilisation des moteurs à réaction se trouve être plus élevé que celui du groupe moteur-hélice ; c'est donc à partir de ces vitesses que nous pouvons envisager leur usage et la naissance de l'aviation ultra-rapide.

Enfin, on sait que le vol dans la stratosphère, comporte de nombreuses difficultés

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 266, page 99.

du fait de la faible densité de l'air et de sa basse température (1). Ce milieu particulier nécessite l'emploi d'un compresseur, d'une cabine étanche, d'ailes à surface variable, etc. tous agencements qui élèvent le poids des appareils stratosphériques et diminuent, de ce fait, leur vitesse. Par contre, le fonctionnement du propulseur à réaction s'accomplit indépendamment du milieu ambiant et même, contrairement au moteur à explosion, son rendement croît avec l'altitude.

En raison du faible coefficient d'utilisation des fusées aux basses altitudes, on peut envisager le vol stratosphérique réalisé à l'aide d'appareils mixtes c'est-à-dire fonctionnant, jusqu'à une dizaine de kilomètres d'altitude, avec le groupe moteur-hélice, puis exclusivement sur la propulsion par réaction. Il serait encore possible d'effectuer la première phase du vol avec le secours du « propulseur-trompe » (2).

La vitesse élevée et instantanée que peut obtenir le moteur à réaction permet d'envisager son emploi sur les avions en général et plus particulièrement sur les avions de chasse. Les accélérations brusques pour rattraper un fuyard ou exécuter des piqués ou montés en chandelle, pour les besoins de l'attaque ou pour échapper au tir d'un avion ennemi, peuvent être facilement réalisés dès à présent avec les moyens en notre possession.

A. ANANOFF.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 520.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 217, page 75.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 55 fr. 6 mois... 28 fr. Envois recommandés { 1 an..... 65 fr. 6 mois... 33 fr.
-----------------------------------	---

BELGIQUE

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an... 75 f.(français) 6 mois. 40 f. — Envois recommandés { 1 an... 96 f.(français) 6 mois. 50 f. —
-----------------------------------	---

ÉTRANGER

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

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 100 fr. 6 mois.. 52 fr. Envois recommandés { 1 an..... 120 fr. 6 mois.. 65 fr.
-----------------------------------	---

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 90 fr. 6 mois... 46 fr. Envois recommandés { 1 an..... 110 fr. 6 mois.. 56 fr.
-----------------------------------	---

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e

CHEQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

IL EST PLUS FACILE

d'apprendre seul
avec ou sans disques

L'ANGLAIS

L'ALLEMAND, L'ESPAGNOL
L'ITALIEN, le NÉERLANDAIS

avec

ASSiMiL

"LA MÉTHODE FACILE"

que par n'importe quel moyen

Your cigarette is finished.



La méthode **ASSiMiL** met réellement les langues à la portée de tous.

Non seulement elle réduit l'effort au minimum, mais encore, par le caractère humoristique et familier de ses textes, elle transforme l'étude en véritable distraction.

Rien de plus clair, de plus vivant, de mieux gradué, et par conséquent de plus facile à apprendre et à retenir.

Pour vous en convaincre, demandez, sans engagement, les sept premières leçons avec documentation contre 2 fr. 50 en timbres pour chaque langue.

ASSiMiL, service Sc

15 bis, rue de Marignan, Paris-8^e
51, rue du Midi, Bruxelles



*Je relie
moi-même
mes
livres!*

Le travail de Reliure, qui occupe l'esprit en même temps que les mains, est un des meilleurs dérivatifs aux soucis et aux inquiétudes. C'est le passe-temps préféré de tous ceux qui aiment les livres.

Apprenez à relier vos livres chez vous. C'est la meilleure occupation que vous puissiez entreprendre pendant les longues heures de cette période d'inquiétude.

Apprenez un métier qui pourra vous être utile un jour prochain. Notre méthode permet d'apprendre chez soi, avec un matériel spécialement adapté, sans dérangement et plus rapidement que par un enseignement sur place. Plusieurs milliers d'adhérents ont ainsi appris, en quelques mois, cet Art qui permet au goût de chacun de s'affirmer et d'habiller économiquement les livres que vous aimez.

Gagnez de l'argent pendant vos loisirs

Bien mieux, le cours lui-même ne vous coûtera rien, mais il pourra vous laisser de jolis revenus. Reliez, non seulement vos propres livres, mais encore faites de la reliure pour vos amis et relations. De nombreux adhérents de l'Institut Artisanal de Reliure exercent aujourd'hui ce métier agréable et rémunérateur. Songez qu'une simple reliure, qui est vendue de 18 à 25 francs, ne vous reviendra qu'à environ 4 francs.

Belle brochure illustrée gratuite

Demandez notre brochure illustrée en couleurs : « Reliez vos livres ». Elle vous indiquera comment, en peu de temps, vous pouvez devenir un relieur expérimenté. (Joind. 2 f. 40 en timbres p. frais d'envoi).

**Institut Artisanal
de Reliure**

5 bis, Cité
Malesherbes
PARIS-9^e

BON GRATUIT à découper ou à recopier.
Veuillez m'adresser gratuitement et sans aucun engagement votre brochure illustrée Reliez vos Livres (ci-joint 2 fr. 40 en timb. pour envoi).

NOM _____

ADRESSE _____

LE PLUS MODERNE DES JOURNAUX

Documentation la plus complète et la plus variée

EXCELSIOR

GRAND QUOTIDIEN ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES.. . . .	Trois mois	40 fr.
	Six mois.. . . .	77 fr.
	Un an.. . . .	150 fr.
BELGIQUE..	Trois mois.. . . .	75 fr.
	Six mois.. . . .	140 fr.
	Un an.. . . .	220 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit)	Trois mois.. . . .	80 fr.
	Six mois.. . . .	155 fr.
	Un an.. . . .	300 fr.
ÉTRANGER (tarif postal augmenté)..	Trois mois.. . . .	120 fr.
	Six mois.. . . .	235 fr.
	Un an.. . . .	460 fr.

Frais de chèque, mandat ou recouvrement à la charge de l'abonné.
 Les abonnements partent du 1^{er} et du 15 de chaque mois.
 L'envoi par chèque postal (compte n° 5.970) coûte 1 franc.

SERVICE PUBLICITÉ : 20, rue d'Enghien, Paris. Téléph. : Prov. 15-22

Dimanche Illustré

avec ses

chroniques d'actualité de **Clément Vautel**
 et **Didier Darteyre** ;

nombreux articles illustrés ;
 dessins des meilleurs humoristes ;
 enquêtes et reportages documentaires ;
 récits humoristiques ;
 contes et ses romans,

est bien

LE GRAND HEBDOMADAIRE POUR TOUS

En vente partout : 1 franc le numéro

VOUS VERREZ AUSSI BIEN

avec les verres scientifiques à double vue

DIACHROM DISCOPAL DIKENTRAL

montés sur une

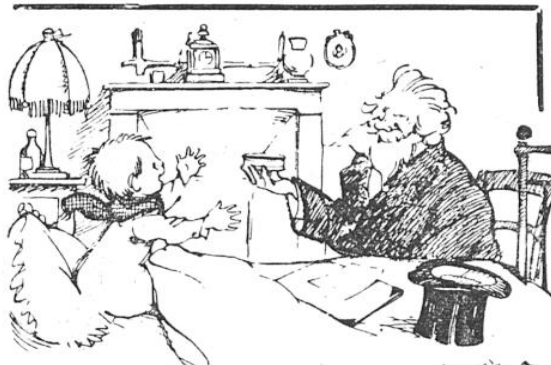
lunette HORIZON Brev. S.G.D.G.

la lunette moderne, esthétique, élégante
à champ de vision complet

HAVAS

En vente chez les opticiens-spécialistes (prix imposés). La Société des Lunetiers, 6, rue Pastourelle, Paris, ne vend pas aux particuliers.

*de loin
de près*



- De la Pâte Regnaud... il bon Docteur
vous êtes un chic médecin !

La MAISON FRÈRE
19, rue Jacob, Paris

envoie, à titre gracieux et franco par
la poste, une boîte échantillon de

PATE REGNAULD

à toute personne qui lui en fait la
demande de la part de "La Science
et la Vie".

PUBL. G. BLOCH

Radiessthésie scientifique ou Radio-Désintégration

Méthode **L. TURENNE**

Ing. E.C.P., ancien professeur de T.S.F.

Appareils sélectifs p^r l'étude de toutes ondes;
Protection contre les ondes nocives;
Recherches d'eau, de métaux, etc.

LIVRES, COURS ET LEÇONS

Envoi franco de notices explicatives

19, r. de Chazelles, Paris-17^e. T. Wag. 42-29

Le JOURNAL de TOTO

L'ami des enfants de cinq à douze ans.
Par l'immense succès qu'il a connu dès son
premier numéro, a montré combien
heureuse était sa formule et réussie
sa présentation.

TOUS LES JEUDIS — 60 centimes

Administration et publicité :
20, rue d'Enghien, Paris (X)

LA PUBLICITÉ de la LA SCIENCE ET LA VIE

est reçue par

EXCELSIOR - PUBLICATIONS, 20, rue d'Enghien, PARIS-X^e
PROV. 15-22 et la suite

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◀ **FILTRE** ▶

DANS TOUTES BONNES MAISONS
155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

*Il faut ensemen-
cer pour faire
de belles récoltes !*

95



*Il faut acheter
le bon billet
pour gagner à la*

LOTÉRIE NATIONALE

Achetez-le aujourd'hui même !

Gérant : M. LAMY.

Paris — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.

Vient de paraître : **NOUVELLE**
ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE
D'ÉLECTRICITÉ

DEUX FORTS VOLUMES

Format 21 x 29, reliés dos cuir, plat
 toile, 1.400 pages de texte. Gravures,
 dessins, schémas.

Publiée sous la direction de **M. DESARCES**, Ingénieur E. C. P.,
 avec la collaboration d'Ing. électriciens des Arts et Métiers de
 l'École Sup. d'Electricité et de l'Inst. électrotechn. de Grenoble.

SEPT MODÈLES DÉMONTABLES
 diversement coloriés de **MACHINES**
 et **INSTRUMENTS ÉLECTRIQUES**.

LA NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ est
 enfin terminée. Elle était depuis longtemps attendue par tous les
 ouvriers, les spécialistes, les contremaîtres, les chefs de chantiers, les
 ingénieurs, etc., et tous ceux également qui, de près ou de loin, ont
 fréquemment à rechercher des solutions pratiques de montage, de construction,
 d'installation, de mise au point ou de réparations quelconques de
 machines ou d'appareils électriques.

Ils trouveront dans cet ouvrage si complet tous les renseignements utiles
 qu'ils chercheraient en vain dans de nombreuses publications séparées.
 Les auteurs se sont surtout appliqués à réunir

LA THÉORIE A LA PRATIQUE

L'homme de métier trouvera dans ce nouvel ouvrage des données techniques
 ou théoriques que le temps lui a fait oublier ou que sa spécialisation ne lui a
 permis que d'effleurer au cours de ses études, et le lecteur non spécialisé, désireux

D'APPRENDRE ET DE COMPRENDRE

en trouvera ample matière à enseignement : il poursuivra sans fatigue et avec
 un intérêt de plus en plus croissant l'étude si attachante des phénomènes
 électriques et leurs féériques applications.

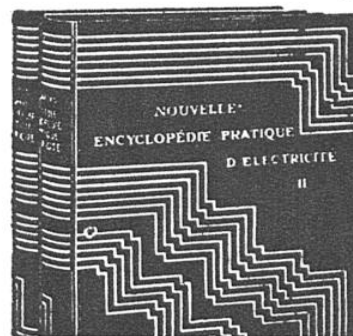


TABLE DES MATIÈRES

TOME I

Phénomènes électriques. Phénomènes magnétiques. — Courants alternatifs : Simples, Monophasés, Polyphasés. — Effets physiologiques des courants industriels. Courant à haute fréquence. — Générateurs et Moteurs Electrostatiques. — L'Electron. Symbole concernant l'Electrotechnique. — **Dynamos à courant continu**. Fonctionnement d'une Dynamo. Construction des Dynamos. Tableaux d'installation. Essai des Dynamos. Débranchement des Dynamos en fonctionnement. — **Alternateurs**. Fonctionnement. Construction. Tableaux d'installation. Essai des Alternateurs. — **Moteurs à courant continu**. — Propriétés générales. — Fonctionnement. Installation et Régulation. Essai. Cause des dérèglements. — **Moteurs à courant alternatif**. — Moteurs Synchrones, Monophasés et Polyphasés. Moteurs asynchrones, Polyphasés et Monophasés à collecteurs. — **Accumulateurs** au plomb et alcalins. — **Transformateurs** statiques. Théorie et fonctionnement. Construction, emploi. Essais de réception. — **Moteurs générateurs**. Groupes et commutateurs. Générateurs asynchrones. — **Machines spéciales** pour l'amélioration du facteur de puissance. Moteurs synchrones surexcités. Moteurs d'instruction avec collecteurs en cascades. Moteurs asynchrones synchronisés. Moteurs spéciaux à courant alternatif. — **Condensateurs** statiques. — **Redresseurs** à vapeur de mercure. Redresseur Tungar. Redresseur à oxyde de cuivre. Redresseur électrolytique. Redresseurs à vibreurs. — **Mesures** électriques des courants, des résistances, de capacité et de coefficient de self induction, de puissance. Transformateurs de mesures. Etudes des courbes et des courants alternatifs. Instruments à lecture directe. — **Compteurs** pour courants continu, alternatif. Etalonnage. Tarification de l'énergie électrique. — Système de Télécommande.

— **Transmission de l'énergie**. — Distributions. Canalisations. Type de câbles et fabrication. Essais. Pose. Recherches des câbles posés. Lignes aériennes. Eléments constitutifs. Construction et exploitation des lignes. Interconnexion des centres de production. — **Usines centrales**. Usines hydrauliques. Les mesures en hydraulique. — **Appareils de protection**. Disjoncteurs haute tension. Projection selective.

TOME II

Installations électriques dans immeubles et dépendances. — Règlements. Calcul des canalisations. Appareillage. Outillage et tours de main. Divers schémas. — **Eclairage**. Etude de la lumière. Photométrie. Principes généraux. Eclairage des voies publiques. Lampes à incandescence et à arc. Application de l'Eclairage aux Locaux, Théâtres, Bibliothèques, etc. — **Tractions** électriques diverses. Transmission de l'énergie aux Motrices et Equipement. Freinage et Récupération. Tractions spéciales par accus. — **Télégraphie** électrique. Appareils divers. Transmissions automatiques multiples, successives. Téléimprimeur. — **Téléphonie**. Récepteurs et Transmetteurs. Lignes. L'Automatique. Divers systèmes. — **Radiotélégraphie**. Ondes. Circuits oscillants et couplés. Lampes à électrodes. Emission. Réception. Ondes courtes. Applications de la radioélectricité. — **Electrochimie et Métallurgie**. Fours électriques. Soudure. — **Electricité médicale**. Radiologie. Accidents et traitements. — **Signalisation** électrique. Cellules photoélectriques. Applications. — **Appareils domestiques**. Chauffage. Cuisine électrique. Production du froid. — **Horlogerie** électrique. — **Ascenseurs** Monte-charge. — **Distribution** de l'énergie. Appareil. Installation. Réseaux. Electrification rurale.

BULLETIN DE COMMANDE

Veuillez m'expédier en compte ferme la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ en 2 volumes reliés (21 x 29) au prix de 465 francs payables aux conditions ci-après :

- a) 35 francs par mois jusqu'à parfait paiement ;
- b) En 3 paiements mensuels de 147 fr. 25 (5 % d'escompte déduit) ;
- c) En un seul paiement de 418 francs (10 % d'escompte déduit) à la livraison.

Chaque commande est majorée de 15 francs pour frais de port et d'emballage et chaque quittance de 2 francs pour frais d'encaissement.

Nom et prénoms Signature :
 Profession
 Domicile
 Ville Dép.
 Le 194 (Indiquer le paiement adopté)

BON pour une NOTICE ILLUSTRÉE

Veuillez m'adresser le prospectus spécimen de la NOUVELLE ENCYCLOPÉDIE PRATIQUE D'ÉLECTRICITÉ.

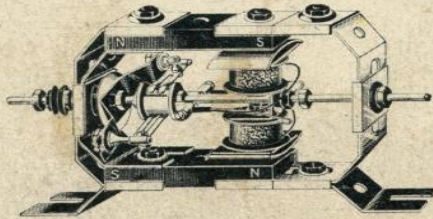
Nom
 Adresse

Copier ou détacher ce **BON** ou ce **BULLETIN** et l'envoyer à la
LIBRAIRIE ARISTIDE QUILLET S. A. au Capital de 20.000.000 de fr. **278, B^d St-Germain, Paris-7^e**
 (Service S. V.)

APPRENDRE • CONNAITRE • CRÉER

100.000

réalisations électriques sur votre table !



de l'appareillage le plus simple
aux machines les plus compliquées

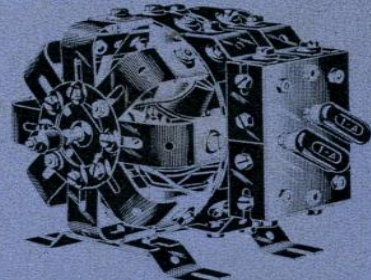
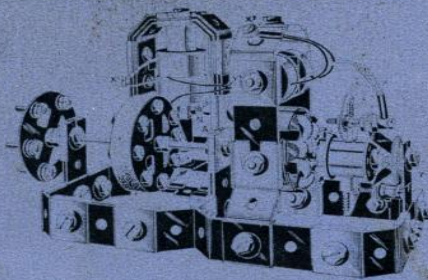
Quel que soit votre âge

Quelles que soient vos connaissances

vous construirez, en réduction, avec

MULTIMOTEUR

toutes les machines électriques connues
et vous en créerez de nouvelles



Envoi franco de la "Documentation Générale S. V." contre 5 fr. en timbres.
MULTIMOTEUR, 25, rue Garnier — NEUILLY (Seine)

Grav. et Imp. Desfossés-Néogravure.