Janvier 1940

5 francs

la Science et la Vie

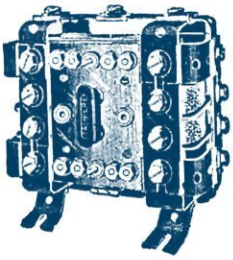
Voir page 3

APPRENDRE — CONNAITRE — CRÉER

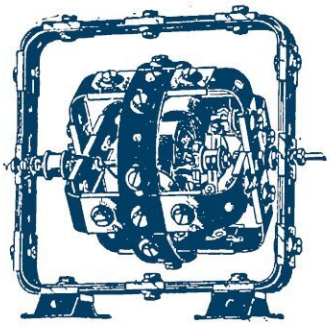
Des extraits du Livre d'Or

MULTIMOTEUR

vous feront connaître l'opinion des savants, des spécialistes, des amateurs et des débutants :



« Je suis allé chez M. avec curiosité ; j'en suis sorti avec enthousiasme. Le matériel qu'il a créé, avec L., est admirable. Ce n'est pas seulement un moyen remarquable d'enseignement pratique, le seul efficace de l'électricité : c'est encore la mise à la disposition des ingénieurs et des inventeurs de toutes les ressources de la création industrielle. Je suis convaincu que ce matériel si commode, si ingénieux, aura le plus grand succès. Je le souhaite, parce qu'il en est digne, parce qu'il est français, parce qu'il porte la marque de l'imagination la plus inventive, de la compétence la plus sûre, de la rigueur la plus consciencieuse. » X...



Envoi franco de la
DOCUMENTATION
GÉNÉRALE "S",
contre 5 fr. en timbres :

MULTIMOTEUR,
25, rue Garnier,
Neuilly (Seine)

152, avenue de Wagram
PARIS (17e)
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

SECRÉTAIRE, COMPTABLE
ET DIRECTEUR
Diplômes d'Études juridiques

SECTION DES SCIENCES

Mathématiques et appliquées

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

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

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 aériens
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. Paracini

Pour accroître la prospérité de notre Empire

mangez du chocolat

Le chocolat est un aliment économique et sain. Il est facile à faire en famille, et il est apprécié des petits et des grands.

Longtemps, les qualités du chocolat furent ignorées, mais, aujourd'hui, les médecins eux-mêmes se plaisent à reconnaître la valeur nutritive de la fève de cacao, mélangée au sucre, dont les propriétés énergétiques et stimulantes ne peuvent être niées.

Le cacao fut introduit en Espagne en 1526, par Fernand Cortès, qui le rapportait du Mexique. En France, il a été apporté par Anne d'Autriche, épouse de Louis XIII. Il fit alors fureur à la Cour et à la ville. Son goût fin et délicat, son parfum réconfortant firent sa fortune.

Au début, le chocolat fut considéré comme une gourmandise de luxe, son prix étant très élevé. Puis, peu à peu, il se vulgarisa, et sa consommation en France augmenta dans des proportions considérables.

Il y a quarante ans à peine, la presque totalité du cacao venait de l'Amérique Centrale et des Antilles. Aujourd'hui, grâce à l'effort fait par nos colons encouragés par l'Administration coloniale, le cacao nécessaire à la fabrication du chocolat consommé dans la métropole vient de nos territoires du Togo et de la Côte d'Ivoire.

Nos colonies d'Afrique, qui, en 1900, ne produisaient que 135 kilos de cabosses de cacao, en exportent aujourd'hui plus de 50.000 tonnes.

La production totale de nos territoires d'outre-mer dépasse 75.000 tonnes, production qui, à l'heure actuelle, dépasse la consommation.

Il est donc nécessaire d'ouvrir de nouveaux débouchés pour écouler ce produit qui constitue l'une des principales richesses de notre Empire.

La France occupe le troisième rang des pays producteurs de cacao. Mais elle se classe seulement cinquième quant à la consommation. Il importe donc d'intensifier la vente de cet aliment sain, naturel, économique, qui, absorbé rationnellement, constitue une nourriture réconfortante et savoureuse.

A votre petit déjeuner, à votre goûter, prenez du chocolat, pour être fort, bien portant, pour accroître la prospérité de notre Empire, pour faire œuvre de bon Français.

DIMANCHE ILLUSTRÉ

L'ILLUSTRÉ DE LA FAMILLE

Publication hebdomadaire pour les adolescents qui s'y instruisent en s'amusant ; publication pour les adultes qui y trouvent d'utiles enseignements et de précieux renseignements ; publication alerte, attrayante et digne enfin de la famille qu'elle passionne à tous les âges de la vie.

◆ ◆ ◆

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.

Admor : 20, r. d'Enghien, Paris (10e) - Publicité : EXCELSIOR-PUBLICATIONS, 118, Champs-Elysées, Paris (8e)

Les soirées d'hiver sont longues
- Utilisez-les pour vous instruire -

Choisissez celle de ces 3 occupations qui vous convient le mieux

Hier, vous n'aviez pas une minute. Aujourd'hui, vous ne savez comment passer le temps. Qu'allez-vous faire pendant les interminables veillées du sombre hiver ? Profitez du moment présent pour vous instruire en vous amusant, augmenter votre valeur personnelle et, peut-être, vos ressources. Ce que vous n'auriez sans doute jamais entrepris en temps de paix, la vie ralentie de ces mois de guerre vous donne l'occasion de le faire, grâce aux cours par correspondance des célèbres Ecoles A.B.C.

LE DESSIN

Savoir dessiner ! Quel rêve !.. En quelques mois, vous pouvez le réaliser, être capable de croquer une silhouette, une caricature, une scène pittoresque. C'est une somme de joies pour l'avenir et peut-être le début d'une carrière lucrative. L'Ecole A.B.C. de dessin spécialise chaque élève suivant ses désirs, soit dans une branche purement artistique, telle que portrait, paysage, etc., soit dans une branche commerciale telle que dessin de publicité, de mode, d'illustration, caricature, décoration, etc...

L'avenir de vos enfants se joue en ce moment. *L'Ecole A.B.C. a créé un cours de dessin spécial pour les enfants de 8 à 14 ans. Tout en les amusant, le cours leur donnera les notions préparatoires les plus complètes dont ils se souviendront toute leur vie. C'est le plus beau et le plus utile cadeau à leur faire.*

L'ART DE BIEN ÉCRIRE

Avez-vous jamais songé à ceci, qu'on vous juge par votre style? Une lettre de vous peut vous couler ou, au contraire, vous ouvrir la porte de situations inespérées. Dans toutes les professions, ceux qui savent écrire sont de plus en plus recherchés. Et que de débouchés à celui qui sait rédiger un compte rendu, une conférence, un rapport, sans parler du roman, du théâtre, du journalisme, etc. Mais il faut savoir s'exprimer avec force et clarté, ordonner ses idées, trouver le mot qui porte et la phrase qui fait image. Le cours A.B.C. de rédaction littéraire vous donnera rapidement et agréablement un style impeccable et mettra entre vos mains le vrai métier d'écrivain. Ainsi vous aurez peut-être le plaisir de vous voir imprimé !

LES LANGUES ÉTRANGÈRES
anglais, allemand, italien, etc.

De nos jours, et plus que jamais à l'heure actuelle, la connaissance des langues étrangères est indispensable. Qui que vous soyez, homme, femme ou enfant, vous devez connaître au moins une langue. Saisissez cette occasion unique qui se présente à vous aujourd'hui. La Méthode Linguaphone vous offre un moyen rapide, attrayant, d'apprendre en quelques mois n'importe quelle langue, de la parler avec le meilleur accent et de l'écrire correctement. La méthode est pratique et complète. Linguaphone édite des cours en 23 langues. Ne tardez pas. Commencez tout de suite.

LES ÉCOLES A.B.C. - 12, rue Lincoln - PARIS

Envoyez ce coupon en spécifiant bien quel cours vous intéresse. Rayez celles des mentions qui ne vous conviennent pas. *L'album que vous aurez choisi vous sera envoyé sans frais par retour du courrier.*

◆◆ **Album cours général de Dessin.** ◆◆ **Album cours spécial pour enfants.**
◆◆ **Brochure Méthode Linguaphone.** ◆◆ **Brochure Cours de Rédaction.**

La langue qui m'intéresse est .....

Nom ..... *Profession* ..... *Age* .....

Adresse B-10

POUR les ÉTUDES de vos ENFANTS

Pour vos propres études

vous ne pouvez mieux faire que de vous adresser à

l'ÉCOLE UNIVERSELLE

par correspondance de Paris, **la plus importante du monde,** dont les cours ne subissent **AUCUNE INTERRUPTION.**

Ses services sont en effet installés dès maintenant dans de vastes bâtiments à bonne distance de la capitale, où le courrier et les devoirs des élèves sont transportés par un service spécial plusieurs fois par jour. Ses cours par correspondance sont :

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° 4.301, 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. S., Professeurs de Cours complémentaires, etc.)

BROCHURE N° 4.307, 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° 4.312, 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° 4.319, 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° 4.322, 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° 4.329, 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° 4.333, 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° 4.336, 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° 4.340, 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° 4.349, 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, Modéliste, 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° 4.353, concernant la préparation aux carrières du **Cinéma** : Carrières artistiques, techniques et administratives.
(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 4.359, 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° 4.363, 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° 4.365, 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° 4.370, 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° 4.377, 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 des Grands Prix de Rome, Professeurs membres du jury et Lauréats du Conservatoire national de Paris.)

BROCHURE N° 4.381, 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° 4.386, concernant l'**Art d'écrire** (Rédaction littéraire, Versification) et l'**Art de parler en public** *(Eloquence usuelle, Diction).*

BROCHURE N° 4.388, concernant l'**enseignement** pour les **enfants débiles** ou **retardés.**

BROCHURE N° 4.392, concernant les **carrières féminines** dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 4.396, 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 (16e)

ENREGISTREZ VOUS-MÊMES...

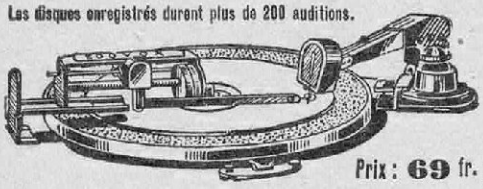
les émissions que vous transmettent des mondes lointains vos postes favoris, en adaptant sur votre pick-up...

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-8e

PUB. C. BLOCH

COURS DE RADIO

par correspondance

11, rue Vauquelin, Paris-5e

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. BLOCH

INVENTEURS

POUR VOS **BREVETS** L. DENÈS INGÉNIEUR-CONSEIL 35, Rue de la Lune, PARIS 2e

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S".

POMPES DAUBRON

57, avenue de la République, PARIS

ÉLECTRO-POMPES DOMESTIQUES

pour villas, fermes, arrosage, incendies

FONCTIONNEMENT AUTOMATIQUE

Distribution d'eau sous pression par les groupes

DAUBRON

POMPES INDUSTRIELLES

tous débits, toutes pressions, tous usages

LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation **Scientifique et Industrielle**

ÉVITEZ LES ÉPIDÉMIES

◄ FILTRE ►

DANS TOUTES BONNES MAISONS

155, faubourg Poissonnière, Paris

MALLIÉ

DEVENEZ RADIO-TECHNICIEN ou SOUS-INGÉNIEUR DIPLOMÉ...

En suivant les Cours par correspondance de **L'ÉCOLE PROFESSIONNELLE SUPÉRIEURE DE T. S. F.** 51, boulevard Magenta, PARIS-Xe

Les Cours donnés par des Ingénieurs spécialistes peuvent être suivis par tout le monde sans difficulté.

Construction, Montage, Dépannage et alignement de tout poste

Cours complet : **250** francs

DIPLOME FIN D'ÉTUDES

LA SEULE ÉCOLE OU L'ON FAIT DE LA PRATIQUE. — Demandez la première leçon gratuite

Aidez
les combattants et leur famille

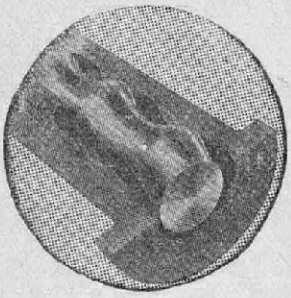
Le produit net de la **Loterie Nationale** est affecté au fonds de **Solidarité Nationale** créé en vue de contribuer aux charges des allocations militaires et des secours de toute nature accordés aux mobilisés ou à leur famille.

ACHETEZ DONC UN BILLET

DE LA

LOTERIE NATIONALE

68

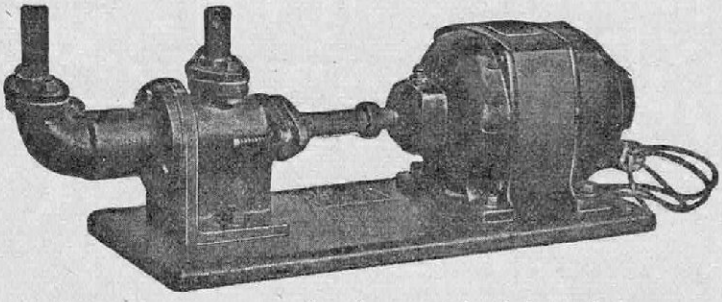


P.C.M
POMPES EN CAOUTCHOUC

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
— TOUS DÉBITS —
— TOUTES PRESSIONS —
FACILITÉ D'ENTRETIEN



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

SOCIÉTÉ
POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL. MICHELET 37-18

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	2..5 fr.
	Un an	460 fr.

Frais de chèque, mandat ou recouvrement à la charge de l'abonné.
Les abonnements partent du 1er 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

Depuis **25 ans**

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

LAUREYS Frès

17 RUE D'ENGHIEN - PARIS-10e

TÉLÉPH.: PRO. 99.37

PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE

LA RADIESTHÉSIE

scientifiquement expliquée
par la théorie de la

RADIO-DÉSINTÉGRATION

Résultats précis et applications pratiques grâce à la méthode et aux appareils sélectifs de

M. L. TURENNE

Ingénieur E. C. P., ancien professeur de T. S. F. à l'Ecole d'artillerie de Fontainebleau.

19, rue de Chazelles, PARIS (17e) Téléphone : Wagram 42-22

Etude de toutes les ondes : leur origine, leur nature, leur influence sur notre organisme. Ondes favorables. Ondes nuisibles. Le moyen de nous en protéger.

Notices, Livres, Leçons particulières et COURS PAR CORRESPONDANCE

Envoi franco de notices explicatives

RECHERCHE D'EAU, DE MÉTAUX, etc.
Etudes sur plans. — Installations d'eau
POMPES — ÉLECTRICITÉ — CHAUFFAGE

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

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-8e**
51, rue du Midi, Bruxelles

Le développement industriel toujours croissant de la Radio et de ses débouchés explique les grands besoins de l'Industrie en techniciens de — valeur, depuis le simple monteur jusqu'à l'ingénieur conseil. — *Aucun diplôme* n'est plus apprécié par les chefs d'entreprise que celui — que décerne en fin d'études —

L'ÉCOLE CENTRALE de T. S. F.

La grande école française de la Radio

JEUNES GENS...

qui lisez cette Revue et qui aimez la Radio, soyez prévoyants, préparez dès maintenant votre avenir en vous inscrivant aux COURS du JOUR — du SOIR — ou par CORRESPONDANCE de

L'ÉCOLE CENTRALE de T. S. F.

La pépinière des Radios français

qui, en quelques années, a déjà instruit, formé, diplômé et pourvu de situations enviables plus de

15.000 JEUNES TECHNICIENS

• *Demandez-nous le* « Guide des Carrières professionnelles militaires T. S. F. »

ECOLE CENTRALE DE T·S·F

12 rue de la Lune PARIS 2e — Telephone Central 78.87

PUB. SERV. PROP. ECTSF (N° 1)

Prochaines sessions : 8 et 9 janvier 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-10e
Chèques postaux : N° 91-07, Paris — Téléphone : Provence 15-21
PUBLICITÉ : *Office de Publicité Excelsior*, 118, avenue des Champs-Elysées, Paris-8e
Chèques postaux : N° 59-70, Paris — Téléphone : Elysées 65-94 à 98

Tous droits de reproduction, de traduction et d'adaptation réservés pour tous pays
Copyright by La Science et la Vie, *Décembre 1939 - R. C. Seine 116-544*

Tome LVII — Janvier 1940 — Numéro 271

SOMMAIRE

Les « Panzerdivisionen », divisions blindées allemandes .. .. — Général Brossé.. 3

Que valent les divisions blindées allemandes ? Quel va être leur rôle dans les grandes offensives qui se préparent sur le front occidental ? Que savons-nous de l'armement des chars qui les composent ? Quelle est leur doctrine d'emploi dans la bataille de rupture ? Pourront-elles percer notre front fortifié? Voici, par un spécialiste qualifié, des réponses pertinentes à toutes ces questions à l'ordre du jour.

Comment « la défense passive » détecte et neutralise les gaz de combat. — Jean Marchand.. 19
Ingénieur I. E. G.

Quand surviendront les escadres ennemies de bombardement aérien, la défense passive du territoire montrera l'excellence de son organisation : les équipes volantes de « détecteurs » déclencheront l'alerte aux gaz dès les premières traces de produits toxiques. Ainsi, dès la première minute, seront mises en œuvre sans erreur les méthodes les plus efficaces de traitement des « gazés » et de désinfection des espaces contaminés.

Le projectile « à tuer », de l'obus à balles à la bombe d'avion.. .. .. .. — Camille Rougeron. 37

L'efficacité du projectile explosif contre le personnel à découvert a été, suivant les enseignements de la guerre de 1914-1918, considérablement accrue. De ce point de vue, la bombe d'avion est l'engin dont le « rendement » est de beaucoup le plus élevé. Pour s'en protéger, point n'est besoin cependant d'un abri à toute épreuve : les caves de nos immeubles et les tranchées de nos jardins éliminent les neuf dixièmes des risques d'atteinte.

La sérothérapie de la « gangrène gazeuse » est aujourd'hui au point .. — Jean Labadié.. 45

La gangrène gazeuse, terrible infection des plaies par les microbes qui infestent le champ de bataille et les vêtements des blessés, est définitivement vaincue aujourd'hui, grâce aux travaux du professeur Vincent. C'est une victoire de plus à l'actif des méthodes de traitement par les sérums auxquelles on doit des guérisons que l'on eut qualifiées naguère de miraculeuses.

La guerre des mines.. .. .. — André Fournier.. 51

La mine constitue un des plus puissants moyens qui aient jamais été mis en œuvre pour la destruction du commerce maritime d'un adversaire. Voici un exposé complet des méthodes modernes de la guerre des mines, telle qu'elle se poursuit actuellement autour des côtes britanniques : mines de blocus, mines de fond, mines dérivantes, mines magnétiques. Comment on crée un champ de mines et comment on le drague ; comment on protège les navires marchands et les bâtiments de ligne contre l'action destructive de ces engins explosifs.

Le bilan mensuel de la guerre.. .. .. — Général Duval 63

L'intérieur de la Terre est-il gazeux? .. .. — L. Houllevigue.. 69
Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille.

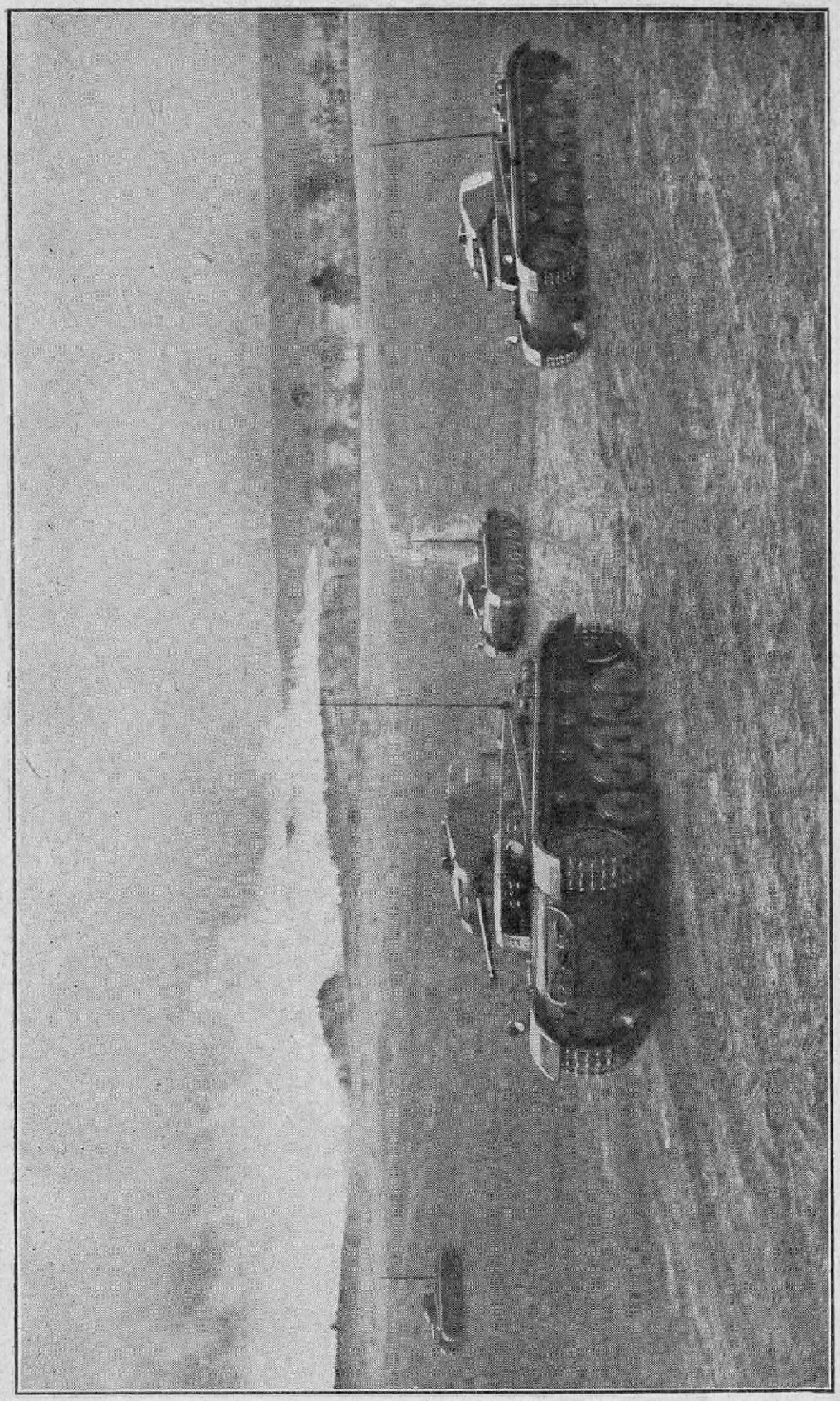
La fluidité des couches profondes de notre planète est aujourd'hui démontrée, mais nous en sommes réduits à des hypothèses sur l'état de la matière au centre même du globe. L'astronomie et la physique s'accordent à penser qu'elle s'y trouve à l'état de gaz, mais d'un gaz de propriétés extraordinaires en raison des pressions et des températures très élevées auxquelles il est soumis.

Les images « fantômes » en télévision.. .. .. — André Laugnac.. 75

La réflexion sur des obstacles naturels des ondes très courtes utilisées en télévision, produit de curieuses déformations des images reçues. Voici comment on peut, en pratique, corriger ce phénomène gênant.

Les livres qu'il faut méditer : Les quatre faces de la physique.. .. .. .. — Jean Bodet.. 78
Ancien élève de l'École Polytechnique

Les A côté de la science.. .. .. — V. Rubor 82



ÉVOLUTIONS DE CHARS LÉGERS DE 3,5 TONNES LORS DES MANŒUVRES ALLEMANDES DE 1938

Ces chars, armés d'une mitrailleuse de gros calibre, peuvent circuler sur route à la vitesse de 25 km/h et en terrain varié à 8 ou 10 km/h. Le chemin de roulement de la chenille est à nu. Le char ne possède qu'un blindage léger.

LES « PANZERDIVISIONEN », DIVISIONS BLINDÉES ALLEMANDES

Par le général BROSSÉ (C. R.)

Les divisions blindées « Panzerdivisionen », qui ont joué le rôle de grandes vedettes dans la campagne de Pologne, ne sont pas inconnues du public français. Leur composition a déjà été indiquée dans plusieurs études publiées au cours de ces dernières années. Mais les renseignements donnés alors paraissent aujourd'hui un peu anciens. L'Etat-Major allemand a sérieusement modifié leur organisation, il y a un ou deux ans. Elles étaient, autrefois, très étoffées. Elles comptaient alors de 550 à 600 chars. Il semble que l'expérience acquise ait amené les Allemands à reconnaître que c'étaient là des formations trop lourdes et difficilement maniables. D'autre part, la guerre d'Espagne a apporté des enseignements pratiques sur la faible valeur de certains chars légers, dont la cuirasse trop mince était percée avec la plus grande facilité par les antichars de toute nature. A la suite de ces leçons expérimentales, les Panzerdivisionen ont reçu diverses améliorations. Les chars trop fragiles ont été éliminés. Un certain nombre de modèles mieux protégés ont été construits et mis en service. En décembre 1938, il existait en Allemagne : cinq divisions blindées; quatre divisions légères; quatre divisions motorisées. La division blindée *est une formation de rupture, d'exploitation et de poursuite qui a pour élément essentiel une brigade de chars. C'est à elle qu'est consacrée exclusivement l'étude ci-dessous. La* division légère *est une unité d'exploration, d'exploitation et de poursuite, analogue à notre division légère mécanique, comprenant par conséquent, en majorité, des autos-mitrailleuses. La* division motorisée *est une division de toutes armes dont les troupes sont portées sur des véhicules automobiles non protégés, mais qui se distinguent complètement des camions ordinaires. Ce sont des voitures à six roues motrices, nullement liées aux routes, mais aptes, au contraire, à se déplacer rapidement à travers champs, et même à franchir des obstacles naturels tels que fossés et talus de moyennes dimensions. Ce sont ces treize grandes unités — blindées, légères et motorisées — qui ont fait un travail si important en Pologne et dont chacun se demande quel rôle elles seront appelées à jouer dans les offensives à entreprendre sur le front occidental.*

La constitution des « Panzerdivisionen »

Dans un livre intitulé *Achtung, Panzer! (Garde à vous, les chars!)* le général allemand Guderian, qui était, avant la guerre, inspecteur de toutes les troupes blindées du Reich, a exposé avec une grande clarté les idées qui ont présidé, en Allemagne, au choix des types généraux de véhicules, à l'organisation des divisions blindées et à l'adoption de la tactique d'emploi de ces grandes unités. Nous donnerons dans les pages qui vont suivre le résumé des parties essentielles de cet ouvrage dont l'intérêt paraît d'autant plus grand que les événements de Pologne ont montré l'application concrète de toutes les théories qui s'y trouvent développées.

Idées allemandes sur l'emploi des chars, d'après le général Guderian

Après la guerre, les Anglais, disposant de peu d'effectifs, en vinrent rapidement à l'idée d'utiliser leurs possibilités industrielles pour créer une armée peu nombreuse, mais possédant, grâce à la motorisation et à la mécanisation, une grande mobilité, une grande capacité de porter un coup par surprise, une grande puissance offensive. Une telle force pouvait aussi bien servir à une défense efficace de l'Empire qu'apporter un renfort précieux à des alliés.

Les Anglais mirent donc au premier rang de leurs préoccupations non pas le blindage, mais la rapidité, la faible dimension, la maniabilité du char, les moyens de liaison et l'engagement en masse par surprise au point décisif.

L'avantage de l'utilisation de toute la vitesse et de tout le rayon d'action des chars, c'est la possibilité de s'emparer du système défensif dans toute sa profondeur avant l'intervention des réserves adverses, d'exploiter le succès, de rendre à la guerre les caractères de la guerre de mouvement.

Cette doctrine conduisit les Anglais à l'établissement de « l'Instruction provisoire sur les chars et voitures blindées » de 1927.

Après divers essais, une grande unité de toutes armes, la brigade blindée, fut, en 1934, organisée pour la première fois.

En 1935, la cavalerie britannique, à l'exception des unités destinées à entrer dans la composition des groupes de reconnaissance divisionnaire, fut mécanisée et forma avec la brigade blindée une « division mécanique ».

Après la guerre, l'armée allemande se trouva, en ce qui concerne les forces blindées, dans une situation très désavantageuse. Elle n'avait dans ce domaine aucune tradition et à peu près aucune expérience, puisqu'elle n'avait construit que 45 chars pendant la guerre.

Elle dut se contenter longtemps de moyens d'instruction quelque peu ridicules comme les fameuses « attrapes » (1).

Un élan décisif dut donné par Hitler dès qu'il prit le pouvoir en janvier 1933.

Dès le 1er juillet 1934, les essais avaient déjà été poussés assez loin. En octobre 1935, trois divisions blindées étaient créées.

Quel exemple fallait-il suivre dans la doctrine à donner aux chars, en l'absence d'une expérience allemande suffisante ?

« Après mûre réflexion, il fut décidé que nous nous appuierions essentiellement sur les théories anglaises, telles qu'elles étaient exprimées dans la deuxième partie de « l'Instruction provisoire sur les chars et voitures blindées » de 1927, jusqu'à ce que nous ayons acquis une expérience suffisante. Ce règlement, très clair, donnait la base nécessaire pour entreprendre des essais, tout en laissant toute la liberté voulue pour des développements ultérieurs ; au contraire, les règlements français connus, avec la liaison rigide qu'ils établissaient alors entre les chars et l'infanterie, paraissaient barrer la route à cette évolution. » (1).

(25 902)

FIG. 1. — VOICI, LORS D'UNE REVUE RÉCENTE, LE GROUPE DE RECONNAISSANCE MOTORISÉ D'UNE « PANZERDIVISION »

On remarque au second plan les autos-mitrailleuses légères et au fond, à gauche, les voitures T. S. F.

(1) Il s'agissait de châssis automobiles ordinaires recouverts de panneaux de bois ou de toile peinturlurés et qui, au cours des manœuvres, figuraient des chars de combat.

(1) Toutes les parties entre guillemets sont la traduction du texte même du livre *Achtung, Panzer !*.

Dès 1933, le règlement anglais servit de base à l'instruction des futurs officiers de la nouvelle arme ; puis, peu à peu, des idées allemandes se firent jour, car naturellement des circonstances générales différentes dans la situation des divers pays créent des problèmes différents.

La mission des divisions blindées

« Il fallait poser les principes répondant à cette question : Pourquoi voulons-nous créer cette nouvelle arme ? »

Allait-on négliger les possibilités données par la vitesse et le rayon d'action des chars, renoncer d'emblée à toute décision rapide de la bataille et de la guerre, en enchaînant la nouvelle arme au lent processus du combat d'infanterie et d'artillerie ?

« La troupe blindée n'est plus aujourd'hui une arme auxiliaire de l'infanterie.

« Personne ne peut contester que ce serait folie de ne pas vouloir faire rendre à une arme tout ce qu'elle peut donner. Lorsqu'on pose les fondements de cette arme, on doit donc placer le but à atteindre aussi haut que le permet le cours actuellement prévisible de l'évolution technique. »

Si on veut donner aux unités blindées la mission de percer les positions ennemies, les chars ont besoin d'une cuirasse qui les mette, au moins partiellement, à l'abri de la masse des projectiles antichars, d'une vitesse et d'un rayon d'action plus grands, d'un armement qui va de la mitrailleuse au canon de 75 mm. Leur capacité de franchissement et leur hauteur d'étanchéité, ainsi que leur puissance d'écrasement de la fortification de campagne, doivent être suffisantes. Pour le nettoyage de la position d'infanterie, on peut utiliser, dans le cadre de ces unités de chars puissants, des chars-mitrailleuses légèrement blindés, car la plupart des armes antichars auront été mises hors de combat par les chars plus lourds qui les précèdent. Ces formations de chars seront réunies en grandes unités : celles-ci ayant, dès le temps de paix, un commandement exercé à la manœuvre des masses d'engins blindés, disposant d'unités d'appui et d'armes auxiliaires, pourront transformer le succès tactique en succès stratégique. On pourra livrer le combat, chars contre chars, inévitable dans un conflit futur, avec des grandes unités qui seront exercées à ce combat, de même qu'elles sauront manœuvrer dans l'enveloppement, la poursuite, la contre-attaque.

Enfin, il faudra disposer, pour l'attaque des fortifications permanentes ou semi-permanentes, de chars qui aient un très fort blindage et un armement lourd (jusqu'au canon de 150 mm).

(25 900)

FIG. 2. — VOITURE T. S. F. BLINDÉE, ARMÉE D'UNE MITRAILLEUSE, TRAVERSANT UN GUÉ AU COURS D'UNE MISSION DE RECONNAISSANCE

« On arrive très vite pour ces chars à des poids de 70 à 100 tonnes. Des chars de ce tonnage ne seront pas nombreux. Selon l'emploi qui en sera fait, ils agiront seuls ou dans le cadre des détachements blindés. Ils constitueront un adversaire très dangereux qui ne devra pas être sous-estimé.

« Le principe d'organisation qui a donc prévalu, dès l'origine, en Allemagne, est celui de l'unité dans le commandement et l'instruction des forces blindées. Tenant compte des enseignements de la guerre, on ne voulut pas se limiter à leur emploi comme unités d'accompagnement de l'infanterie.

« C'est pourquoi on créa d'emblée une arme, qui fût à même d'apprendre à combattre en grands détachements et qui, par suite, pût s'élever avec le temps à la hauteur de grandes missions. »

Chars de combat et fusiliers motorisés

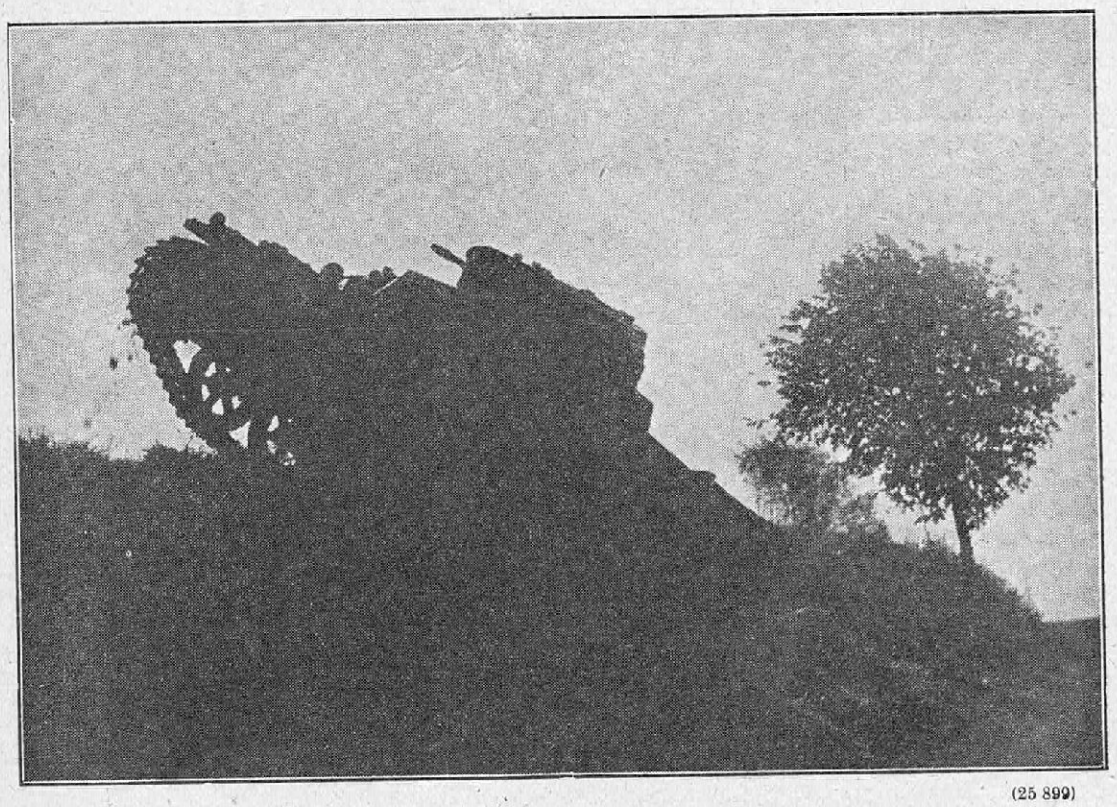
C'est ce raisonnement qui a conduit à la création de divisions blindées, qui comprennent dans la proportion voulue les chars de combat et toutes les formations qui sont nécessaires pour les appuyer et les faire vivre ; elles sont naturellement entièrement motorisées.

A l'intérieur du régiment de chars, l'armement en mitrailleuses et en canons est calculé de telle sorte que chaque bataillon soit en mesure de mener un combat efficace par le feu aux petites, moyennes et grandes distances, et qu'avant tout, il puisse faire face à une attaque de chars ennemis avec un nombre suffisant d'armes antichars.

« A défaut de voitures de transport blindées tous terrains dont nous ne disposons pas, nous utilisons, pour agir en liaison avec les chars, des unités de fusiliers, soit motocyclistes, soit portés sur camions tous chemins. » Les fusiliers motocyclistes sont rapides, se dissimulent facilement, sont utilisables sur toutes les routes et sur les terrains faciles. Les fusiliers portés sont protégés contre les intempéries, et leurs camions peuvent transporter, en plus de l'armement nécessaire, une charge utile importante (munitions, vivres, matériel du génie). Leur véhicule de transport n'est pas idéal cependant ; il a des difficultés sur les routes étroites à tournants brusques ; il est difficile à camoufler.

La mission principale des fusiliers portés est d'utiliser et de compléter immédiatement les succès des chars. Elle nécessite une grande puissance de feu et, par conséquent, une forte dotation en armes automatiques et naturellement en munitions.

« Ce que nous voulons, c'est une troupe de fusiliers moderne, rapide, dotée d'une grande puissance de feu, qui soit spécialement équipée, organisée et exercée pour une collaboration constante avec les chars. »



(25 899)

FIG. 3. — CHAR LÉGER DE 3,5 TONNES FRANCHISSANT UN TALUS

La « Panzerdivision » en action : la rupture d'une position défensive de campagne

Essayons de voir comment la nouvelle arme combat en liaison avec les autres armes.

Nous étudierons avec le général Guderian la rupture d'une position défensive de campagne.

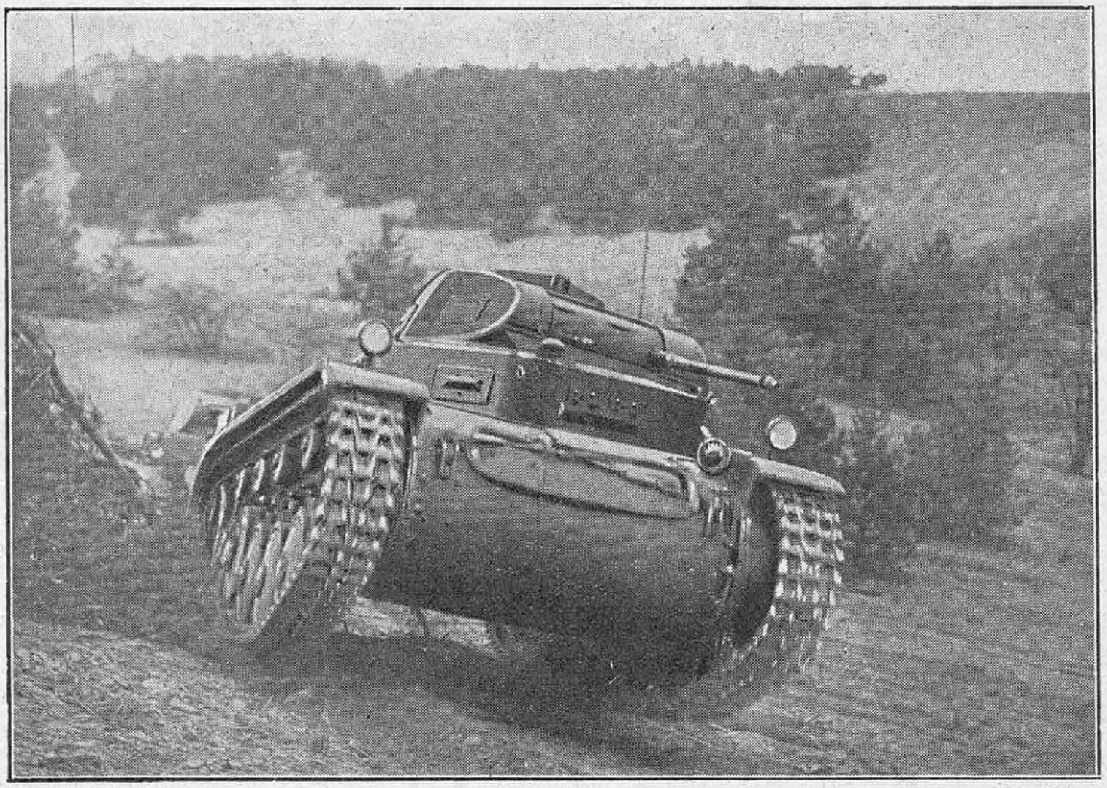
C'est au génie que revient la mission de reconnaître si l'ennemi a établi des champs

de mines ou d'autres obstacles ; c'est à lui de rétablir la liberté de passage. Il remplira cette mission sous le couvert de l'obscurité, du brouillard artificiel, du feu de l'artillerie et des mitrailleuses ; il pourra au besoin utiliser des chars. Depuis longtemps, on a même étudié dans divers pays des chars spéciaux chercheurs de mines ou poseurs de ponts. La première vague pourra donc être constituée par les chars des sapeurs.

un couvert ou encore attaquant en essaim.

Il est avantageux d'attaquer au petit jour ou par léger brouillard, parce que les armes antichars ne peuvent pas utiliser toute leur portée et sont surprises par la brusque apparition des chars.

Comme, en outre, les unités antichars de réserve sont vite alertées, il importe de pénétrer rapidement et profondément dans la position ennemie avec des chars nombreux,



(25 897)

FIG. 4. — CHAR ALLEMAND DE 3,5 TONNES, ARMÉ DE DEUX MITRAILLEUSES, DONT UNE LÉGÈRE ET UNE CONTRE LES CHARS

Après les mines, les chars rencontrent les armes antichars, les unes en batterie, les autres en réserve et, en partie du moins, sur roues.

L'assaillant ne peut pas s'amuser à s'occuper, devant les armes antichars, d'objectifs secondaires. Il doit avant tout détruire ces armes.

Les armes antichars seront donc neutralisées par le feu de l'artillerie et des mitrailleuses, aveuglées par les fumigènes (cette neutralisation s'appliquera en particulier aux endroits inaccessibles aux chars, aux bois, localités).

Elles seront détruites par les chars tirant à vue directe, arrêtés et abrités derrière

de surprendre et de détruire ces unités pendant leur déplacement. Sinon, le jour venu, ce sont les chars qui se trouveront dans une position défavorable.

Il faut, en même temps, attaquer les batteries ennemies, qui, de leurs positions, prennent part à la lutte antichar.

Nous devons aussi supposer que l'adversaire dispose de chars d'une valeur équivalente à celle des nôtres. Il faut s'attendre à les voir apparaître soit dans la zone de l'infanterie, soit au moins dans la zone de l'artillerie. Les chars de l'ennemi ont, sur ceux de l'attaque, la supériorité de la connaissance du terrain. Ils constituent les adversaires les plus redoutables. Si l'on

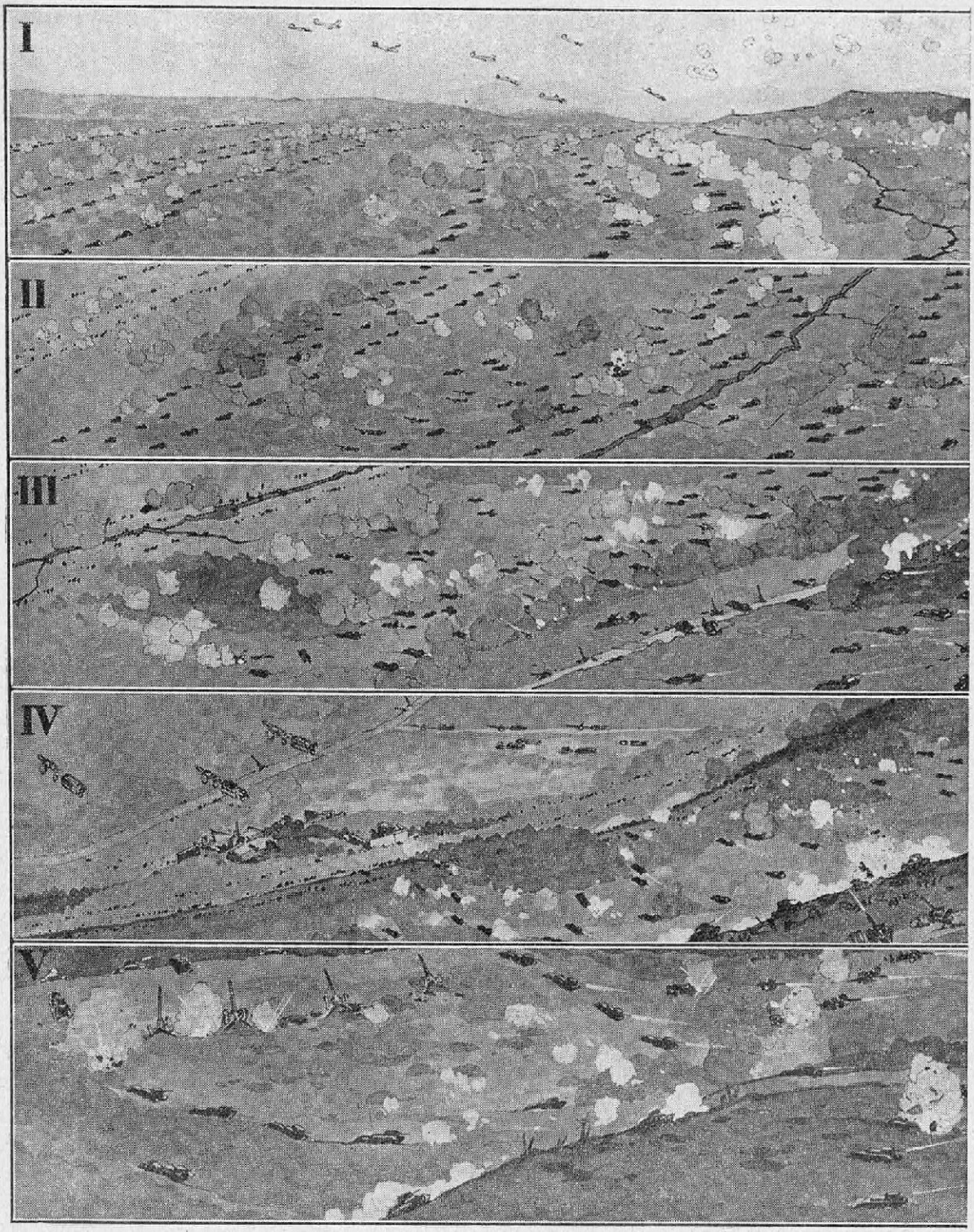
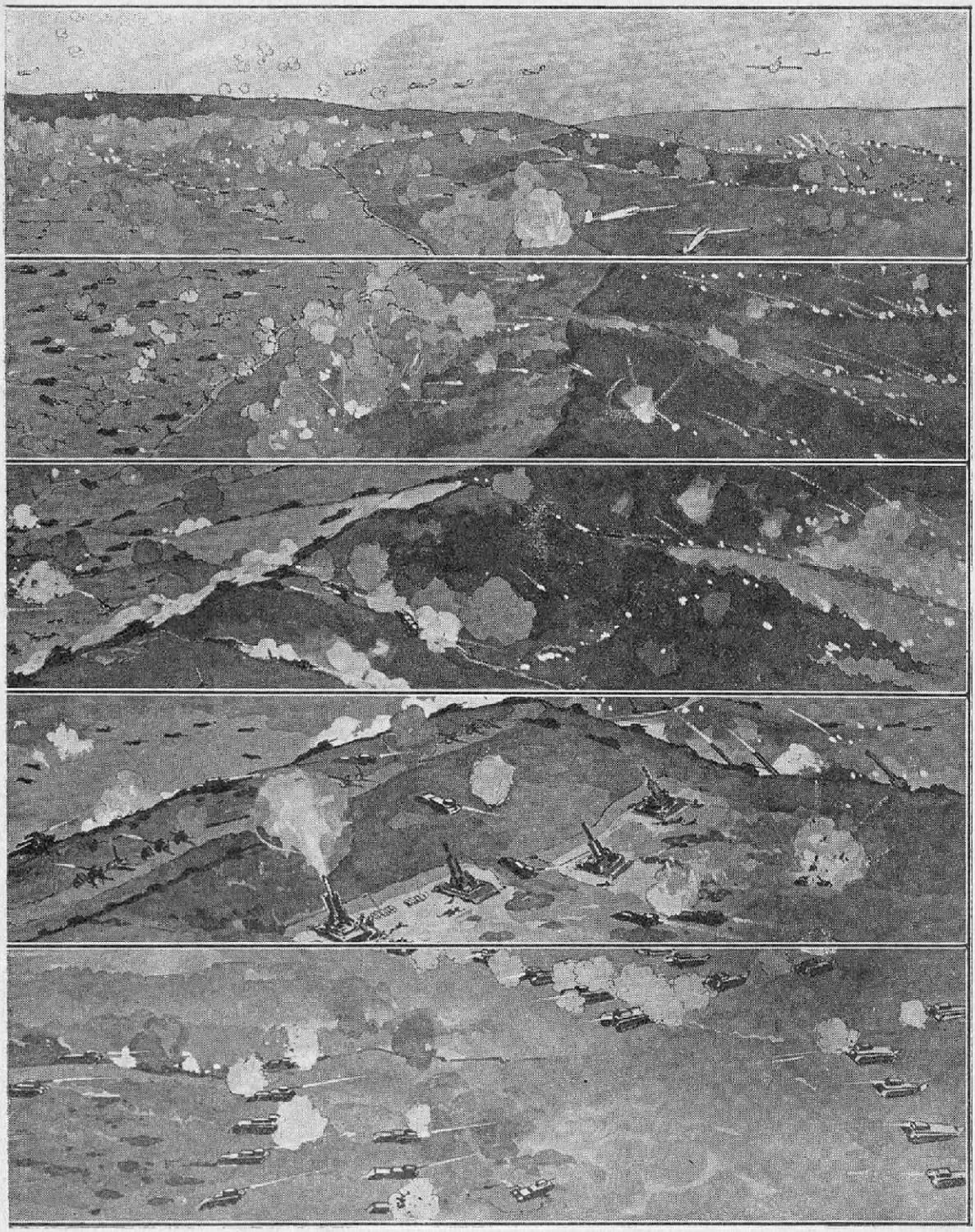


FIG. 5. — LES PHASES SUCCESSIVES DE LA PERCÉE D'UNE POSITION DÉFENSIVE DE CAMPAGNE

I. *Début de l'attaque : la première vague du premier échelon de chars aborde les avant-postes et les champs de mines qui couvrent la ligne principale; activité de l'aviation d'assaut qui attaque les premières lignes à la mitrailleuse et à la bombe, et de l'aviation de bombardement qui attaque les réserves.* — II. *Attaque des armes antichars par les chars du premier échelon : l'infanterie fait son apparition derrière le troisième échelon de chars, qui comprend des engins légers chargés de la destruction des nids de mitrailleuses; l'artillerie de l'assaillant effectue, comme précédemment, des tirs d'encagement pour gêner les observateurs et empêcher l'intervention des réserves de la défense.* — III. *Suite de la progression des échelons de chars dont le premier débouche sur la crête et commence l'attaque de la ligne d'arrêt à contre-pente.* — IV. *Le premier échelon de chars, qui a franchi la ligne d'arrêt à contre-pente et les positions d'artillerie du*



PAR UNE DIVISION BLINDÉE (PANZERDIVISION), D'APRÈS LES CONCEPTIONS DU GÉNÉRAL GUDERIAN

défenseur, pousse en avant pour détruire les organes de commandement de la défense et disperser les réserves. Le deuxième échelon donne l'assaut aux batteries du défenseur placées derrière la ligne d'arrêt et les prend sous son feu; le troisième échelon et l'infanterie, qui ont dépassé la ligne principale, progressent vers la crête. — V. La bataille des chars : les chars de la défense se portent par vagues successives au-devant du premier échelon de l'assaillant; l'artillerie de la défense, ou ce qu'il en reste, prend les divers échelons des chars de l'attaquant sous son feu; l'infanterie, qui suit les chars de l'assaillant, va occuper la ligne d'arrêt; les pièces antichars motorisées, qui ont suivi pendant toutes ces opérations le premier échelon de chars d'aussi près que possible, prennent position pour soutenir leurs chars pendant le combat contre les formations blindées adverses; l'artillerie de l'assaillant se porte en avant pour couronner la crête.

n'en vient pas à bout, la percée est vouée à l'échec ; ni l'infanterie, ni l'artillerie ne passeront. Il faut donc retarder l'intervention des chars adverses, ainsi que celle des unités réservées d'armes antichars, et ce sera là une des missions les plus importantes de l'aviation. L'artillerie à longue portée rendra également des services à cet égard. Il faudra aussi lancer de bonne heure des unités de chars armés pour la lutte contre les chars dans la zone arrière du système défensif ennemi, où se trouvent les réserves et les organes de commandement.

Conditions du succès de la bataille de rupture

La bataille de rupture pose donc aux chars des problèmes difficiles à résoudre. Il semble que le succès ne soit possible que si tout le système défensif ennemi est attaqué à peu près simultanément. Dès le début de l'attaque, l'aviation doit surveiller attentivement les arrières, y découvrir les mouvements des réserves et attaquer celles-ci de manière à les empêcher d'intervenir ou à retarder leur intervention. Après avoir franchi les champs de mines et les autres obstacles, les chars doivent s'articuler en profondeur en plusieurs échelons et attaquer rapidement les lieux de rassemblement des réserves et les postes de commandement, la zone de position de batterie et des unités antichars mobiles, et enfin la zone de combat de l'infanterie. C'est à la victoire sur la défense contre les chars et sur les réserves de chars qu'il faut attacher la plus grande importance. Si ce dernier résultat est atteint, des forces deviendront immédiatement disponibles pour la poursuite et pour l'enveloppement des points du front qui résistent encore.

L'attaque de la défense ennemie dans toute sa profondeur à la fois se justifie donc. Mais, pour atteindre ce but, il faudra de très nombreux chars articulés en profondeur, des unités et des chefs qui aient appris à se battre en grandes masses et à briser rapidement les résistances imprévues. Il faudra que l'attaque ait non seulement de la profondeur, mais une largeur suffisante pour qu'elle ne soit pas arrêtée par les flanquements adverses.

(25 891 *bis*)

FIG. 6. — UN DES TROIS MODÈLES DE CHARS EXPOSÉS AU DERNIER SALON DE L'AUTOMOBILE DE BERLIN

Le plus léger n'est armé que de mitrailleuses ; le moyen possède une mitrailleuse et une arme antichar ; le plus lourd, ici représenté, possède, outre les mitrailleuses, un canon de 37 mm et un canon de 75 mm en tourelle. Il est ainsi capable d'engager l'action directe contre les chars de l'adversaire.

En résumé, les conditions d'un succès décisif sont toujours les suivantes : un terrain propice, la surprise, l'engagement en masse sur un front et une profondeur convenables.

« On se basera, sur une vitesse moyenne de marche, le jour de 20 km à l'heure, la nuit, de 12 à 16. Au combat, la vitesse moyenne horaire sera de 16 km, si le temps et le terrain sont favorables. »

L'attaque sera précédée d'une *reconnaissance de terrain* préparée par tous les moyens d'information utiles.

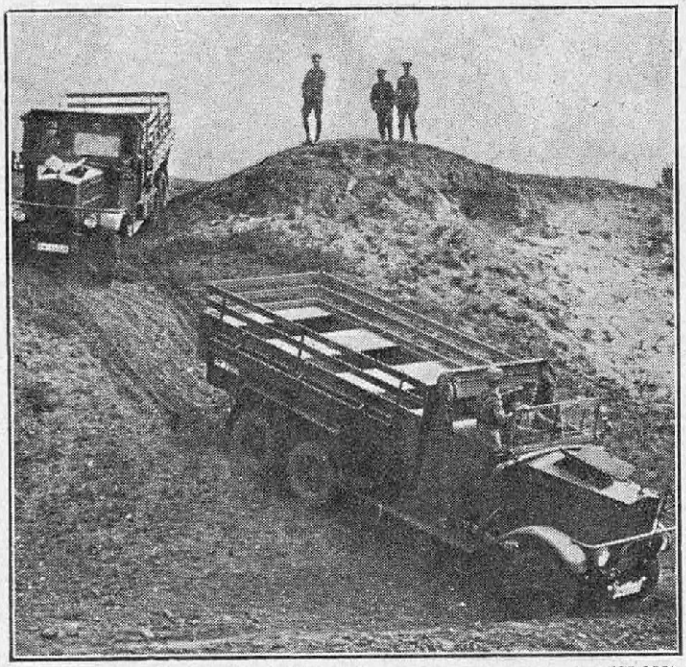
La surprise sera réalisée grâce à la grande mobilité stratégique et tactique des chars, à condition que les préparatifs des autres armes soient réduits à l'extrême, que les marches d'approche se fassent de nuit, que les ravitaillements soient camouflés, la circulation de nuit soigneusement réglée.

Les chars gagneront leurs places de rassemblement de nuit, sans lumières, par des itinéraires nettement déterminés, bien fléchés, spécialisés. Ces emplacements seront choisis, en principe, hors de la portée de l'artillerie ennemie, afin de donner aux unités toutes facilités pour les préparatifs de l'attaque : plein d'essence, relève des équi-

pages si la marche a été longue, distribution des repas, liaison avec les autres armes ; cette règle peut souffrir des exceptions, notamment en raison des difficultés présentées par le terrain.

Les chars quittent leurs emplacements de départ en temps voulu pour franchir la première ligne amie à l'heure fixée. Le *déploiement* est l'opération qui consiste à répartir les chars en largeur et en profondeur, comme ils le seront pour l'attaque. Les unités restent généralement en colonnes.

Les distances et les formations des *lignes et échelons de soutien* dépendent de la mission, du terrain, de la formation des troupes amies qu'il faut d'abord traverser, ainsi que des effets du feu ennemi et de la marche générale du combat ; il est essentiel que les unités qui en font partie puissent soutenir rapidement les unités qui sont devant elles et conservent cependant une liberté de mouvement suffisante pour éviter les entassements et pouvoir changer éventuellement de direction.



(25 898)

FIG. 7. — VOITURES TOUS TERRAINS A SIX ROUES (DEUX ESSIEUX MOTEURS) DESTINÉES A TRANSPORTER LA BRIGADE DE « FUSILIERS », UNITÉ D'INFANTERIE FAISANT PARTIE DE LA « PANZERDIVISION » ET DESTINÉE A APPUYER L'ACTION DES CHARS EN OCCUPANT LE TERRAIN

On distingue, d'autre part, le tir à l'arrêt et le tir en marche. Le premier doit être préféré quand la situation l'autorise. Le tir en marche peut être imposé par la réaction ennemie ou les nécessités de la cohésion. A l'arrêt, on peut compter sur de bons résultats jusqu'à la limite de la hausse ; en marche, le tir n'est pas efficace au-dessus de 400 m pour la mitrailleuse, au-dessus de 1 000 m pour le canon.

Souvent, il sera possible aux vagues et lignes de soutien de surveiller les unités qui sont devant elles et d'appuyer leur avance par un tir exécuté à l'arrêt.

Les chars peuvent aussi agir par écrasement et détruire ainsi le matériel, les obstacles, les abris de l'adversaire, parfois même le personnel.

Le combat du char contre le char

Il reste enfin à parler du combat char contre char. C'est un sujet que les écrivains militaires ont, jusqu'ici, évité de traiter parce que l'expérience faisait défaut en cette matière. Le général Guderian s'est cependant décidé à l'aborder, car il est convaincu que ce combat est inéluctable, et que l'issue de la bataille dépend de sa conclusion victorieuse, que l'on se place du côté de l'attaque ou du côté de la défense.

Pendant la guerre, les chars anglais et allemands ne se sont rencontrés que deux fois, à Villers-Bretonneux, le 24 avril 1918, et à Niergnies-Séranvillers, le 18 octobre 1918.

De l'étude de ces deux combats, malgré le très petit nombre de chars engagés, on peut tirer les enseignements suivants :

1° Un char qui se trouve face à face avec un adversaire qui peut percer son blindage, tandis que la réciproque n'est pas vraie, n'a qu'à céder la place. Des chars-mitrailleuses ne peuvent rien contre des chars-canons dont le blindage est à l'épreuve des balles perforantes ; ils en ont fait récemment encore l'expérience en Espagne ;

2° Le char est l'ennemi le plus dangereux du char. Toute unité de chars a donc l'obligation d'abandonner aussitôt toute autre mission pour se tourner contre les chars ennemis, à condition, bien entendu, d'avoir l'armement nécessaire ;

3° C'est le feu qui décide du combat entre

deux chars. Les chars amis doivent donc se rapprocher de l'ennemi jusqu'à bonne portée de tir en utilisant le terrain pour n'offrir à l'adversaire qu'une cible petite, peu visible. Ils doivent, surtout quand ils ouvrent le feu, tirer à l'arrêt, de manière à assurer leur coup. Il est important de s'assurer l'avantage de la lumière et du vent ;

4° Il ne faut pas se contenter de s'exercer au duel char contre char ; il faut étudier aussi la tactique du combat entre grandes unités de chars. Dans un combat de ce genre, l'emploi du tir en marche sera inévitable :

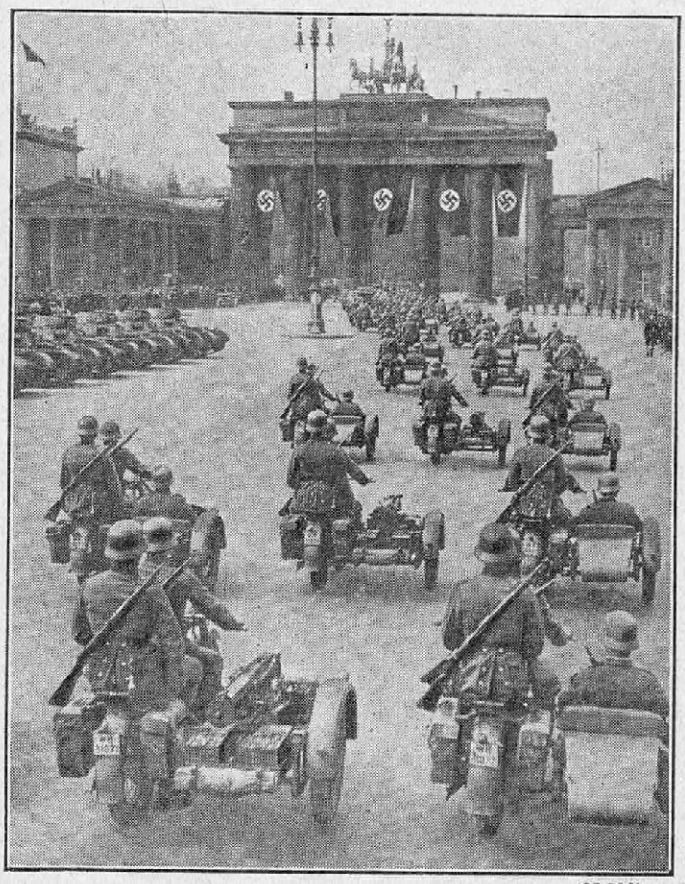
a) Pour se soustraire au feu efficace de l'ennemi ;

b) Pour s'opposer à des débordements ou des enveloppements de l'adversaire par l'engagement de réserves ou par le mouvement d'unités déjà engagées dans le combat par le feu ;

c) Pour exécuter avec ses propres réserves un débordement, prolongé par un enveloppement, de l'adversaire, et pour s'assurer l'avantage, en réunissant le feu d'un nombre de chars supérieurs à celui des chars ennemis.

Le combat contre les chars demande une stricte discipline, une bonne conduite du feu et une excellente instruction des tireurs ;

5° Les autres armes, en particulier l'artillerie et les canons antichars, ne doivent pas se contenter pendant le combat des chars du rôle de spectateurs désintéressés. Elles doivent faire tout leur possible pour aider leurs chars ;



(25 896)

FIG. 8. — DÉFILÉ DU BATAILLON MOTOCYCLISTE DE LA BRIGADE DE FUSILIERS D'UNE « PANZERDIVISION »

A chaque mitrailleuse sont affectées trois motocyclettes. Les servants de l'arme automatique sont transportés sur les sièges arrière et dans des sidecars.

6° Le combat contre les chars ennemis doit être mené jusqu'à la destruction de ces derniers ; ce n'est qu'ensuite qu'on peut passer à l'exécution d'autres missions.

Après une attaque de chars, il faut remettre les unités en ordre pour qu'elles soient prêtes à remplir une nouvelle mission : compléter la percée, poursuivre l'ennemi, envelopper les fronts qui résistent encore, arrêter et disperser des réserves.

La bataille des forteresses précédera la guerre de mouvement

Il est plus que douteux, disait le général Guderian, que la guerre future commence par une guerre de mouvement, comme ce fut le cas, jusqu'à un certain point, en 1914, après la chute de Liége. Il faudra sans doute commencer par la bataille des forteresses ou des zones fortifiées ; la guerre de mouvement ne commencera qu'après la rupture du front. Mais la liberté de mouvement une fois conquise, il faudra l'utiliser très vite, si l'on ne veut pas que le front se cristallise à nouveau, car la défense garde la possibilité de contre-attaquer avec les forces très mobiles dont elle dispose.

« Nous croyons rester dans les limites des possibilités techniques, lorsque, tout en pesant minutieusement les risques, nous demandons aux chars d'être beaucoup plus que des caudataires de l'infanterie.

« Nous savons que l'infanterie, très forte dans la défense, est, précisément en raison

de cette capacité défensive, relativement faible, et lente en tout cas, dans l'attaque ; nous ne comptons pas sur l'efficacité du plus puissant appui d'artillerie pour permettre une pénétration rapide et profonde dans la zone de combat de l'adversaire. Nous estimons qu'il est impossible, en raison de l'existence chez l'ennemi de réserves motorisées et blindées, d'obtenir une percée, un succès décisif avec les procédés utilisés jusqu'ici.

« Nous essayons donc, en élevant l'aviation et les chars au rang d'armes principales, d'obtenir, en suivant des voies nouvelles, une décision tactique rapide, et de l'exploiter immédiatement sur le plan stratégique.

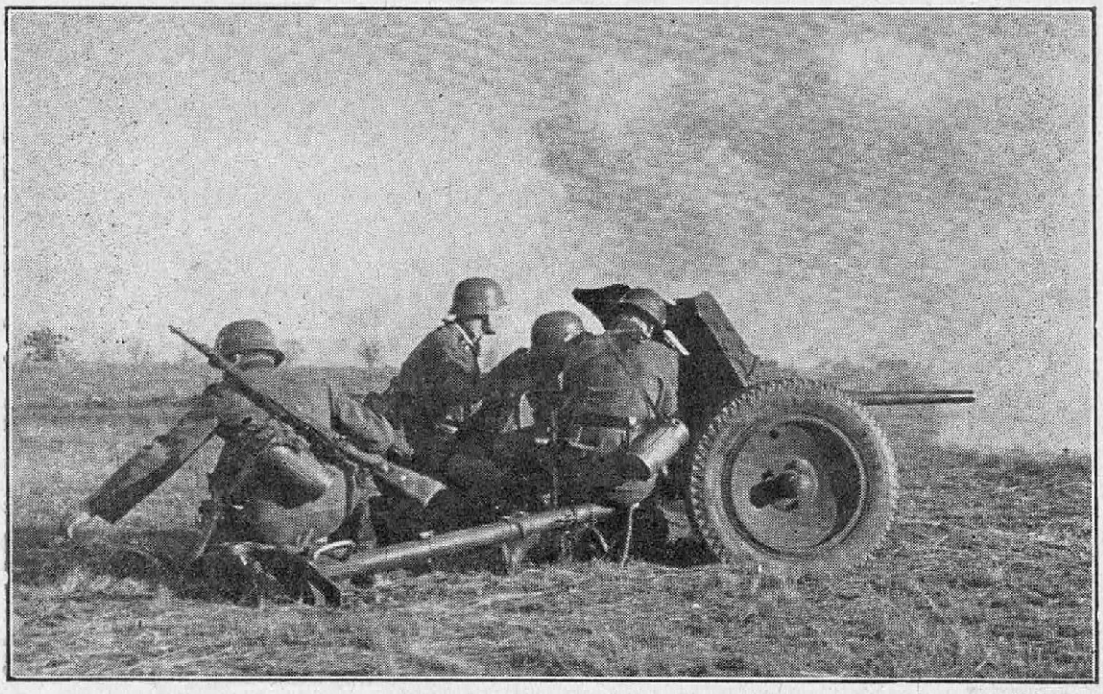
« Cet effort sera-t-il couronné de succès? La guerre seule nous l'apprendra. Mais une chose est certaine : c'est que les procédés d'attaque et les moyens offensifs du passé n'ont abouti, en quatre années d'une guerre sanglante, à aucun succès décisif, et ne donneront aucun résultat à l'avenir.

« Nous posons donc, en principe, que nous voulons un succès éclatant, une rupture du front suivie de poursuite avec enveloppement des fronts qui tiennent encore, et que nous étudierons la coopération des autres armes en partant des conditions nécessaires d'une attaque de chars. »

Sans vouloir en faire un schéma rigide, le général Guderian articule son attaque en quatre échelons.

Le premier doit paralyser l'action des réserves et des chars ennemis, et mettre hors de combat les états-majors et les organes de commandement. Sur son chemin, il se bornera à détruire les armes antichars ennemies, sans se laisser engager dans d'autres combats.

Le deuxième échelon a pour mission de détruire l'artillerie ennemie et les armes antichars qui sont dans le voisinage de cette dernière.



(25 901)

FIG. 9. — CANON ANTICHAR EN BATTERIE, CALIBRE 37 MM

Le troisième échelon doit permettre aux fantassins et aux armes auxiliaires des chars de traverser la position d'infanterie ennemie.

Le quatrième échelon enfin, qui ne peut être constitué que si les forces blindées engagées sont importantes, est utilisé comme réserve du commandement et pour l'enveloppement des fronts qui résistent.

Cette attaque puissante doit pénétrer sur un large front dans la position ennemie et les vagues doivent se suivre sans interruption jusqu'à l'objectif. Tous les échelons, après avoir rempli leur première mission, doivent pousser de l'avant, afin d'être disponibles pour le combat contre chars, auquel il faut s'attendre ; le premier échelon doit

être particulièrement fort pour remplir cette dernière tâche, qui va certainement lui échoir ; les deuxième et troisième échelons peuvent être plus faibles. La force du quatrième échelon dépend de la situation et du terrain.

L'attaque est précédée d'une reconnaissance de l'ennemi et du terrain, d'une approche et d'une mise en place.

La reconnaissance incombe d'abord à l'*aviation*, puis aux groupes de reconnaissance motorisés, ou aux autres armes, qui sont déjà au contact de l'ennemi.

La reconnaissance qui précède une attaque doit renseigner sur l'articulation de la défense adverse, l'emplacement de ses réserves, particulièrement des réserves motorisées, de la défense antichar et des chars. Elle doit être poussée très loin en arrière du front, car les forces motorisées peuvent en quelques heures parcourir des distances considérables. Elle facilite ainsi non seulement la répartition des missions de chars et la détermination du dispositif d'attaque des unités, mais aussi l'engagement de l'aviation de combat dans la bataille terrestre.

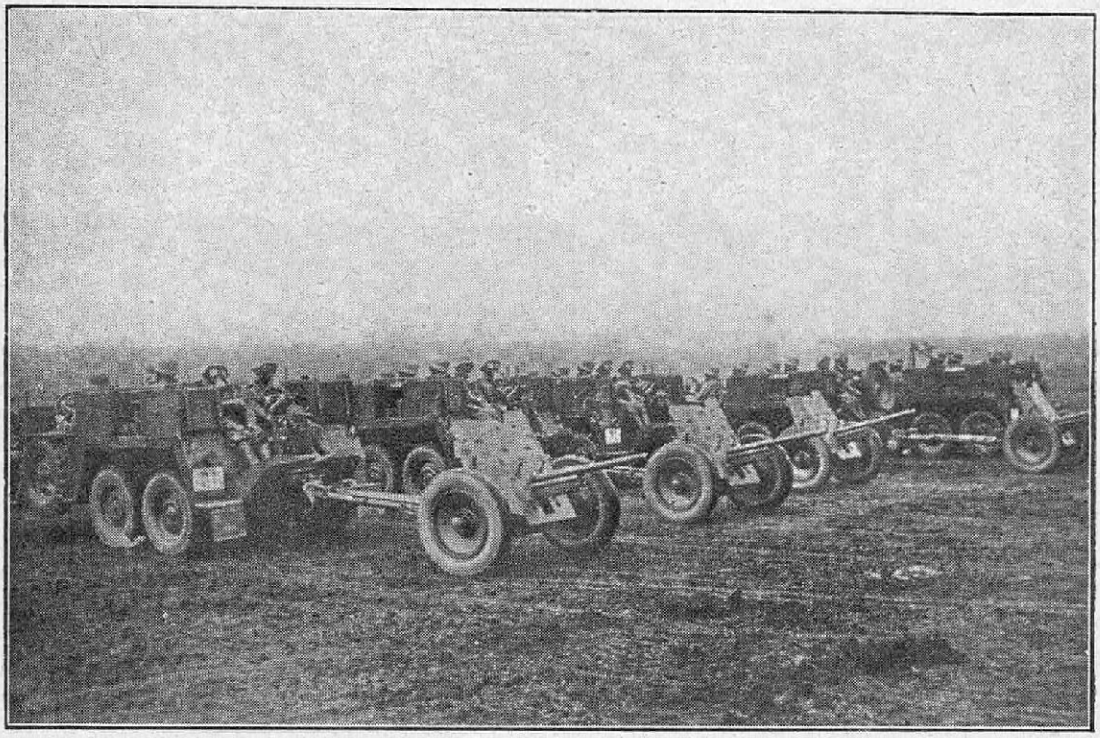
Au début de l'attaque, deux autres armes prennent une importance particulière pour les chars : l'artillerie et le génie.

En ce qui concerne l'*artillerie*, la première question qui se pose est la suivante : doit-on faire une préparation longue, une préparation courte ou bien éviter de déposer cette « carte de visite » ?

Les opinions diffèrent à ce sujet. Une chose est certaine : plus il sera possible de réduire la durée de la préparation, mieux cela vaudra. Une longue préparation indique à l'ennemi le lieu et, dans une certaine mesure, le moment de l'attaque, lui permet d'alerter les réserves, de les mettre en place, éventuellement de se dérober ou de contre-attaquer. Elle transforme le terrain d'attaque en un champ d'entonnoirs qui rendent la progression difficile pour toutes les armes et surtout pour les chars destinés à se porter rapidement en avant.

Une courte préparation d'artillerie peut être nécessaire, lorsque, avant l'attaque des chars, le génie doit enlever des obstacles ou établir des passages sur des cours d'eau ou des terrains marécageux.

La réunion d'une forte artillerie est une opération longue, difficile à camoufler ; elle rend la surprise assez improbable. Quand on



(25 903)

FIG. 10. — VUE PARTIELLE D'UN BATAILLON ANTICHAR DONT LES CANONS DE 37 MM SONT TRACTÉS PAR DES VOITURES TOUS TERRAINS A SIX ROUES

le pourra, il vaudra mieux par conséquent se passer de préparation.

Composition de la division blindée allemande

Les extraits et résumés précédents de l'ouvrage du général Guderian montrent dans quel esprit a été conçue l'organisation des divisions blindées allemandes. Passons maintenant aux réalisations pratiques.

La « Panzerdivision » comprend :

Un état-major ;

Un groupe de reconnaissance motorisé ;

Une brigade de chars ;

Une brigade de fusiliers portés ;

Un régiment d'artillerie ;

Un bataillon de pionniers ;

Un bataillon antichars ;

Un bataillon de transmissions ;

Tous les éléments de la division blindée sont motorisés.

Groupe de reconnaissance motorisé. — Il se compose de :

Une compagnie hors rang, comprenant, entre autres éléments, une section d'autos-mitrailleuses légères et une section de motocyclistes de liaison ;

Deux compagnies d'autos-mitrailleuses légères et lourdes à quatre sections, soit quarante autos-mitrailleuses ;

Une compagnie motocycliste forte de trois sections moto à trois groupes de mitrailleuses légères et une section lourde à quatre mitrailleuses : au total, treize mitrailleuses légères ou lourdes ;

Une compagnie lourde, comportant deux mortiers de 76 mm et trois pièces de 37 mm.

Brigade de chars. — La brigade de chars est à deux régiments de deux bataillons.

La composition sommaire d'un régiment de chars est la suivante :

Un état-major ;

Une section de commandement, possédant des voitures de reconnaissance et des motocyclistes ;

Deux bataillons comprenant chacun un état-major, doté de chars et d'autos-mitrailleuses, et cinq compagnies : 1° trois légères, à quatre sections de six chars, armés de mitrailleuses légères ou de mitrailleuses de 20 mm ; 2° une compagnie de chars lourds comportant quatre chars de commandement et quatre sections de quatre chars, armés de canons de 37 ou de 75 antichars, et 3° une compagnie lourde, transportant deux mortiers de 75, trois canons de 37 et une mitrailleuse lourde.

Chaque bataillon compte donc près de 90 chars, appartenant aux sections de combat, plus 25 environ affectés aux états-majors et 10 de remplacement.

Le régiment compte un peu moins de 180 chars de combat, plus 70 environ à la disposition des états-majors et 20 de remplacement.

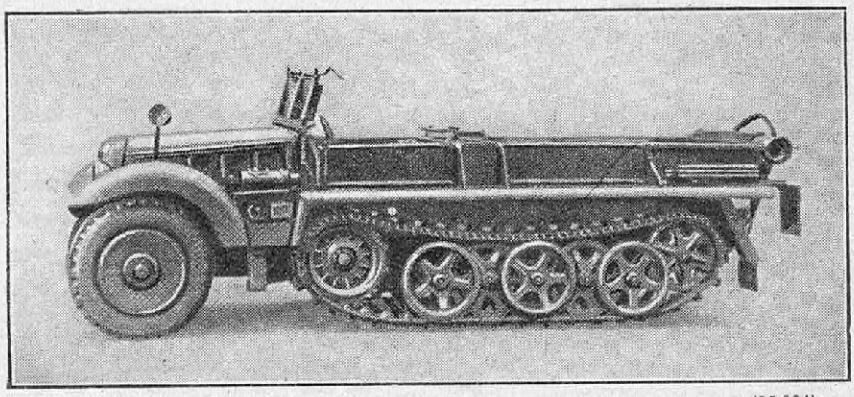
La brigade est forte de près de 375 chars de combat, plus 130 utilisés par le commandement ou réservés pour les remplacements.

Brigade de fusiliers. — Les fusiliers sont des unités d'infanterie très mobiles, destinés à appuyer l'action des chars, en occupant le terrain, et à assurer leur sécurité.

La brigade de fusiliers portés comprend un régiment de fusiliers et un bataillon motocycliste.

Le régiment de fusiliers est à deux bataillons, portés sur des voitures tous terrains à six roues. Chaque bataillon se compose de cinq compagnies : trois compagnies de fusiliers armés de mitrailleuses légères et lourdes, une compagnie lourde emportant deux mortiers de 75 et trois pièces de 37 antichars, et une compagnie d'accompagnement possédant huit mitrailleuses lourdes et six lance-grenades de 80 mm.

Le bataillon motocycliste est formé de quatre compagnies, dont trois compagnies de fusiliers, armées respectivement de neuf mitrailleuses légères et une compagnie de mitrailleuses servant douze mitrailleuses lourdes.



(25 894)

FIG. 11. — TRACTEUR LÉGER DE 1 TONNE UTILISÉ, DANS LES DIVISIONS BLINDÉES, POUR REMORQUER LES CANONS ANTICHARS

Régiment d'artillerie — Le régiment d'artillerie est à deux groupes de douze pièces de 105. Au total, 24 canons.

Bataillon de pionniers. — Il comprend trois compagnies de pionniers, une formation de pontonniers, dite colonne de ponts, et une colonne légère.

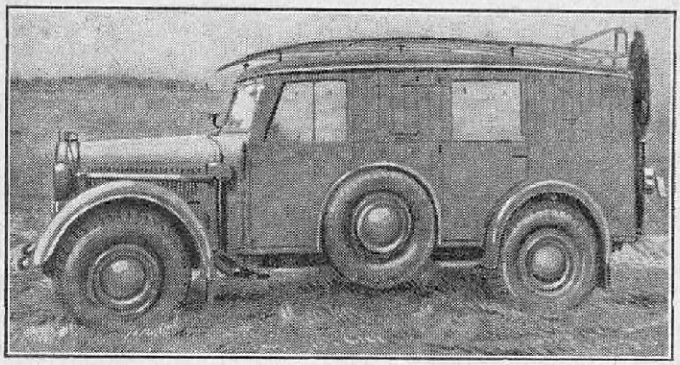
Bataillon antichar — Il est composé de trois compagnies armées chacune de douze canons antichars de 37, tractés derrière des voitures tous terrains ou des avant-trains à six roues. Au total, pour le bataillon, 36 pièces.

Le nombre des canons antichars appartenant à la division se monte à près de 50 pièces

Bataillon de transmissions. — Il est formé d'une compagnie télégraphique et une compagnie radio.

On voit donc que la « Panzerdivision » est armée à la fois pour l'action contre les troupes non protégées : infanterie et personnel d'artillerie, et pour la lutte contre les chars.

Le chiffre total des véhicules automobiles de toute espèce qui la composent, y compris les motocyclettes, ne doit pas être loin d'atteindre le millier dont environ 500 chars et autos-mitrailleuses et 24 canons.



(25 893)

FIG. 12 .— VOITURE T. S. F. DU BATAILLON DE TRANSMISSIONS DE LA « PANZERDIVISION »

Il s'agit ici de la voiture portant le poste émetteur. Une deuxième voiture analogue porte le récepteur. L'antenne est constituée par un mât télescopique, haut de 8 m, qui donne une portée de l'ordre de 200 km.

C'est un ensemble considérable dont la longueur, quand il est étiré tout entier en une seule colonne, dépasse sensiblement 100 km.

Les possibilités de la division blindée : la « surprise » stratégique

Comme on l'a dit, la Panzerdivision est une unité de rupture. Cependant la puissance de choc d'une formation blindée est essentiellement fonction de la résistance plus ou moins grande que présentent, aux coups des antichars opposés, les cuirasses de ses véhicules, Or, comme l'indique le général Guderian, les Allemands ont cherché avant tout à créer des chars rapides et d'un grand rayon d'action. La protection a été, dans une certaine mesure, sacrifiée à la vitesse. Il en résulte que la division blindée ne paraît pas à même de rompre un front défendu par un système de feux d'antichars continu, dense et échelonné en profondeur.

Le succès d'une attaque livrée par une formation de cette nature contre une position tenue par des forces de toutes armes repose donc sur la surprise.

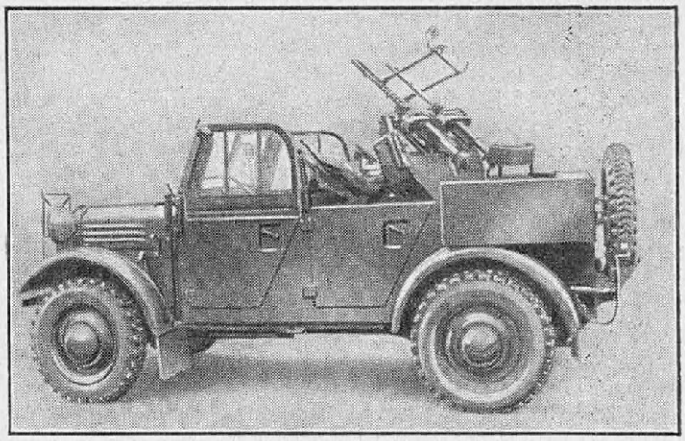
Etudions les chances que peut avoir une Panzerdivision de l'obtenir.

On précisera, pour les lecteurs non avertis de la terminologie militaire, que la surprise doit être envisagée à deux plans différents : la surprise tactique, ou surprise de la troupe, est acquise quand les exécutants, sous la contrainte d'un danger pressant, se voient forcés d'utiliser leurs moyens de défense, et en particulier leurs armes, dans des conditions précaires ; la surprise stratégique ou surprise du chef, est obtenue quand celui-ci n'a pas le temps de prendre ses dispositions pour parer à la menace qui se révèle.

Il faut noter que la surprise stratégique ne peut se produire que sur un point faible du dispositif de la défense, car, si l'attaque frappe un secteur fort, les mesures prises par le commandant du parti assailli conviennent justement pour contrecarrer les projets de l'agresseur.

Grâce à la rapidité de ses déplacements, une force mécanique est particulièrement apte à obtenir la surprise stratégique. Par exemple, en guerre de position, il sera facile de rassembler en secret des divisions blindées à 100 ou 150 km du front qu'elles doivent assaillir et de les amener, par deux marches de nuit, à des emplacements de départ bien dissimulés ou camouflés.

Bien entendu, ainsi que nous l'avons déjà signalé, les reconnaissances terrestres nécessaires à leur mise en œuvre seront faites à l'avance, sans éveiller l'attention, par un personnel réduit, tandis que les batteries de renforcement seront installées discrètement, à la faveur de l'obscurité. De même, en guerre de mouvement, de grandes unités de chars, stationnées à 50 kilomètres en arrière du front, peuvent attaquer le lendemain, au point du jour.



(25 895)

FIG. 13. — VOITURE AUTOMOBILE LÉGÈRE DE D. C. A., PORTANT DEUX MITRAILLEUSES JUMELÉES, MONTÉES SUR TOURELLE ORIENTABLE

Cette voiture est à quatre roues motrices, ce qui lui permet de quitter les routes et de circuler en terrain varié.

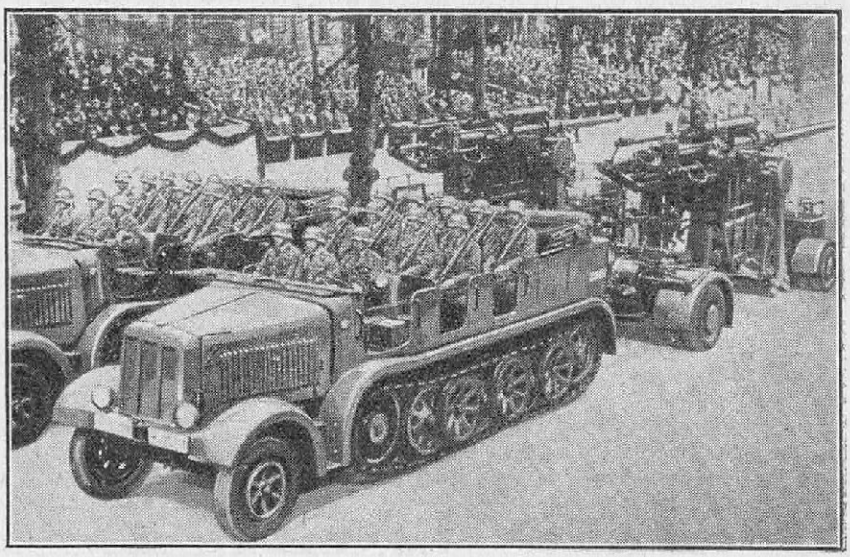
La « surprise » tactique

En ce qui concerne la surprise tactique, les conditions seront différentes, selon que l'action se passera en guerre de position ou en guerre de mouvement.

Dans le premier cas, la recherche de la surprise tactique offrira aux forces cuirassées peu de chances de réussite. En effet, les chars ne sont pas silencieux et ils sont visibles de loin. Or, les antichars occupent leurs emplacements de combat. Selon toute vraisemblance, les servants, qui se trouvent à proximité de leur pièce, seront à leur poste en temps voulu. On considère souvent comme avantageux de supprimer la préparation d'artillerie qui prévient le défenseur et présente, d'autre part, l'inconvénient de bouleverser le terrain que doivent parcourir les chars. Mais, sans une sérieuse préparation, la neutralisation de la majorité des antichars, à l'arrivée des chars, ne sera possible que si l'attaque dispose d'une artillerie très nombreuse : or, la mise en place de tant de batteries sera longue et fort difficile à cacher. Renoncer à un tel luxe de canons, tout en supprimant la préparation, c'est jouer la partie sur la faible probabilité de voir les antichars ignorer jusqu'au bout la menace qui s'approche.

On préconise fréquemment aussi les attaques au petit jour ou l'emploi des fumigènes, pour empêcher les antichars d'utiliser toute leur portée. Mais, en procédant ainsi, on risque de nuire aux chars eux-mêmes, qui, en tout temps, voient mal le terrain et qui deviendront ainsi presque aveugles. De plus, la conduite du combat sera difficile pour les chefs de tout grade, qui ne distingueront pas ce qui se passera en avant d'eux.

En somme, le problème de la surprise tactique d'un système organisé d'antichars par une attaque de chars offre beaucoup d'analogies avec celui qui concerne la surprise d'une ligne de mitrailleuses par une attaque d'infanterie. Les antichars, comme les mitrailleuses, sont de petites dimensions, invisibles tant qu'ils n'ont pas tiré et d'un maniement facile. Or, pendant la guerre, il est arrivé bien rarement qu'une troupe d'assaut disposée sur sa base de départ dans un secret absolu, soit parvenue jusqu'aux mitrailleuses ennemies sans que celles-ci n'aient ouvert le feu, même quand la distance à franchir était faible. Les cas exceptionnels qu'on peut citer se rapportent à des affaires très localisées, des coups de main exécutés sur des fronts étroits. C'est pourquoi, dans les grandes offensives, on a toujours cherché à obtenir la neutralisation des armes automatiques, au moment de l'attaque, par l'artillerie qui forçait leur personnel à s'abriter. Pour sauter sur elles, l'infanterie disposait du court laps nécessaire aux servants pour reprendre leurs postes et rouvrir le feu. De même, on ne conçoit pas comment, en présence d'une défense bien agencée et vigilante, les chars pourraient arriver sur les antichars avant que ceux-ci ne fussent en action et, par suite, on ne voit pas d'autre procédé, pour assurer la neutralisation de ces adversaires si dangereux, que des tirs d'artillerie précis et nourris.



(25 892)

FIG. 14. — DÉFILÉ DE L'ARTILLERIE DE D. C. A. MOTORISÉE

Il s'agit ici de canons de 88 mm, remorqués par des voitures tous terrains portant les servants.

En guerre de mouvement, la question se présente tout autrement. Au cours d'une marche offensive non couverte par un échelon avancé en position, il sera toujours

difficile et, sur certains terrains, tout à fait impossible d'avoir constamment en place un dispositif d'antichars capable d'assurer à la troupe une protection certaine. D'autre part, une fois les avant-gardes parvenues sur un emplacement de combat, il leur faudra un certain temps pour disposer un système de feux d'antichars cohérent et bien adapté au terrain, car ce travail exigera des reconnaissances précises. Si une irruption de chars surgit soit pendant la progression, soit avant que l'installation des antichars soit achevée, la surprise tactique jouera au profit des agresseurs.

La surprise tactique sera particulièrement redoutable pour une formation motorisée qui se verra assaillie, en cours de marche ou de débarquement, par une grande unité de chars, car les forces transportées en camions ne sont pas en mesure de soutenir la lutte, ni de tirer avantageusement parti de leur armement, tant qu'elles ne sont pas déployées.

En résumé, les divisions blindées seront susceptibles, pour peu que les circonstances s'y prêtent, de procurer au commandement les bénéfices de la surprise stratégique, en se jetant sur une partie faiblement tenue du front opposé. Quant à la surprise tactique, elles pourront y prétendre contre un adversaire en cours de déplacement, qui n'aura pas pris les mesures voulues pour se protéger des chars, mais fort rarement contre un parti en position.

Si la capacité de rupture de la Panzerdivision contre un adversaire largement doté d'un armement moderne, paraît assez faible, par contre, ses possibilités d'exploitation, en face d'un ennemi déjà sérieusement ébranlé, dont le dispositif est plus ou moins dissocié et dont la défense antichar présente des lacunes, sont considérables. Les premiers renseignements concernant les opérations des forces mécaniques en Pologne nous en apportent la preuve.

Nous sommes aujourd'hui en mesure de reconstituer, d'une façon plus ou moins grossière, quelques manœuvres exécutées par des groupements blindés sur la Vistule, la Narew et la Bug. Toutes procèdent d'une idée commune et ont été réalisées dans des conditions tout à fait comparables. Schématiquement, elles se résument ainsi :

Un corps cuirassé, comprenant vraisemblablement une division blindée ou légère et une division motorisée, opère sur le flanc d'une armée allemande, ou assure la liaison entre deux armées voisines. Au moment où, sous la pression exercée par ces dernières, le front polonais commence à se disloquer, le groupement de chars, en formation de combat, se porte en avant et ouvre une brèche dans la ligne ennemie déjà en partie dissociée. Puis, quand il a gagné assez de terrain en avant, il se reforme en plusieurs colonnes et, continuant sa route, il se porte au loin sur les derrières des forces polonaises, jusqu'à la première grande ligne d'eau transversale. Arrivé sur cet obstacle bien avant les premières fractions des troupes adverses qui refluent, il en occupe tous les passages, face en arrière, ou, suivant le terme usité en tactique, à front renversé. Quand l'armée battue se présente pour franchir le cours d'eau, elle trouve toutes les issues barrées. Dans tous les cas que nous connaissons, les troupes polonaises, ayant leurs routes de retraite interceptées et étant refoulées par le gros des armées allemandes, ont dû capituler.

Il y a là, sur le plan stratégique, une méthode d'emploi des groupements blindés qui répond à une doctrine très ferme et qui a dû faire l'objet de nombreux exercices, en temps de paix, chez nos ennemis. Nous pouvons penser que de telles manœuvres se renouvelleront dans l'avenir et c'est là pour nous un sujet de méditation qui ne saurait passer pour négligeable.

Un cas bien différent est celui de la division blindée qui, lancée, dans la poursuite, loin en avant de son armée, est arrivée isolément devant Varsovie, dès le 8 septembre. Son chef conçut alors le projet d'enlever la ville, par surprise, avec ses seuls moyens. L'entreprise, cette fois, ne correspondait plus aux possibilités des chars. Les régiments blindés, forcés de défiler dans les rues, parvinrent bien à forcer un certain nombre de barricades, mais criblés de projectiles de toute nature lancés des fenêtres et des toits, ils furent forcés de rétrograder.

Ainsi la capacité d'exploitation d'une division blindée, contre un adversaire dissocié et en retraite, est considérable, mais les résultats que peuvent obtenir ces formations, réduites à leurs propres forces, sont limités par les propriétés techniques des engins à chenilles. D'autre part, des forces mécaniques opérant isolément en avant de leurs armées constituent, pour un adversaire manœuvrier et possédant des réserves, en particulier de grandes unités cuirassées, une proie facile à capturer. L'étude d'opérations de cette nature particulière exigerait des développements qui sortiraient du cadre de cette étude générale.

Général J. Brossé (C. R.).

COMMENT "LA DÉFENSE PASSIVE" DETECTE ET NEUTRALISE LES GAZ DE COMBAT

Par Jean MARCHAND
INGÉNIEUR I. E. G.

La protection individuelle contre les produits chimiques agressifs dont la guerre de 1914-1918 a inauguré l'emploi, et auxquels on doit toujours craindre de voir l'adversaire déloyal recourir non seulement dans son action contre les unités combattantes, mais aussi contre les populations civiles, est fondée sur l'utilisation du masque dont l'efficacité, pour tous les gaz actuellement connus, ne saurait être mise en doute. Mais à quel moment faut-il mettre son masque ? La « détection d'alarme » est confiée, sur tout le territoire, à des équipes spéciales chargées de reconnaître immédiatement et sans erreur la présence anormale dans l'atmosphère d'un « gaz », surtout d'après son odeur caractéristique. Elle est complétée par la « détection de contrôle » qui permet de déterminer avec exactitude la nature du produit agressif employé et de décider, en connaissance de cause, quels soins devront être donnés aux gazés et quelles méthodes de désinfection devront être mises en œuvre. Certes, rien ne vaut un abri dans lequel aucun gaz nocif ne peut pénétrer, ce que l'on réalise aujourd'hui en le mettant en légère surpression par rapport à l'atmosphère ambiante. Mais, après une alerte, la reprise de la vie normale exige le rétablissement rapide de la circulation et, par suite, la disparition de tout danger. C'est alors qu'interviennent les équipes de désinfection qui, en pulvérisant ou en épandant des substances appropriées, doivent faire disparaître toute trace du produit agressif.

LA DÉTECTION DES GAZ

La menace que fait planer sur les agglomérations urbaines l'emploi possible d'une arme aussi invisible et sournoise que les « gaz » de combat inquiète à juste titre les citadins, même possesseurs d'un masque. L'alerte sera-t-elle donnée à temps et à bon escient ? C'est là une nécessité, sous peine de voir diminuer la confiance du public envers ceux qui ont mission de le protéger.

C'est le rôle de la détection des gaz et des équipes entraînées qui la pratiquent, de renseigner, avec autant de rapidité que de sûreté sur la présence, probable ou certaine, de produits agressifs lancés par des avions ennemis. Mais n'oublions pas ce principe absolu : *mieux vaut mettre le masque une fois de trop et le garder trop longtemps que de s'en trouver démuni au moment opportun.* Nous avons montré déjà l'efficacité des masques dont nous disposons contre tous les produits agressifs utilisés (1). Rappelons qu'ils sont fondés aujourd'hui sur un phénomène physique, *l'adsorption*, ou pouvoir que possèdent certains corps poreux (comme le charbon de bois) de retenir à la surface de leurs innombrables cavités de grands volumes de gaz, surface considérablement accrue par l'*activation* du charbon (1). En outre, les particules extrêmement fines (diamètre, de 0,1 à 1 millième de millimètre) des poussières d'arsines suffocantes ou sternutatoires que n'arrêterait pas le charbon, sont elles-mêmes retenues sur des filtres spéciaux (2). Aucun phénomène chimique n'étant mis en jeu dans les masques actuels, il est évident que leur efficacité n'est pas fonction de la nature du gaz (3).

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 236, page 151.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 107, page 365.

(2) Il ne s'agit plus d'adsorption. D'ailleurs, les interstices entre les fibres de ces filtres sont plus grands que le diamètre des poussières d'arsines. La phénomène est plus complexe. D'une part, intervient la tension superficielle entre les particules et les fibres ; d'autre part, les particules n'ayant pas une trajectoire rectiligne heurtent les fibres des filtres successifs rencontrés, perdent leur vitesse et sont finalement arrêtées.

(3) Seul l'oxyde de carbone n'est pas retenu. Nous verrons plus loin ce qu'il faut penser de son emploi. Signalons, d'ailleurs, que certains filtres arrêtent ce gaz, mais ils ne sont applicables que dans les cas particuliers où seul ce gaz est à craindre. Ils sont à base d'oxydes métalliques (oxyde de cuivre, peroxyde de manganèse, oxyde d'argent) qui transforment l'oxyde de carbone en gaz carbonique, lui-même neutralisé par la soude. Ce mélange d'oxydes est l'*hopcalite* (voir *la Science et la Vie*, n° 299, page 79).

Que doit être la détection des gaz ? Ses buts multiples

Puisque le masque nous protège efficacement, il est donc du plus haut intérêt de le mettre, sans hâte, mais sans délai.

La première qualité d'une détection est donc la *simplicité* et la *rapidité*. De plus, la détection doit être *sensible*, c'est-à-dire déceler la présence des produits agressifs avant que leur concentration ne soit dangereuse ; enfin, elle doit être *sélective*, c'est-à-dire permettre de discriminer la nature des différents gaz.

A vrai dire, pour le public, il lui suffit d'être renseigné sur le moment opportun où il doit se protéger au moyen de son masque. Mais la détection a d'autres buts aussi importants : elle doit permettre aux équipes de secours de prévoir le genre de traitement à appliquer aux gazés et leur triage, enfin les procédés de désinfection à mettre en œuvre. Pour cela, la détection doit être plus complète, c'est-à-dire donner, au moyen d'appareils appropriés, des indications précises sur la nature des gaz ou produits agressifs.

Aussi l'instruction sur le fonctionnement des services sanitaires en matière de défense passive prévoit-elle trois stades de détection :

La détection de suspicion ou d'alarme, permettant de constater le plus rapidement possible une contamination en général, de prendre les premières dispositions de sécurité (masques) et de soupçonner le caractère physiologique des produits toxiques.

La détection de contrôle, qui dispose d'un peu plus de temps, utilise un matériel réduit et fournit les renseignements utiles pour les soins à donner aux gazés, et la désinfection.

Enfin, *la détection spécifique ou d'analyse*, qui, effectuée au laboratoire par des chimistes spécialisés, fait connaître la nature et la concentration des produits agressifs, peut renseigner le commandement sur l'emploi de nouveaux gaz.

Du point de vue de la défense passive, nous retiendrons seulement les deux premières.

Pour donner l'alarme, l'organisme humain constitue un excellent détecteur

Simplicité, rapidité, sensibilité, telles sont, avons-nous dit, les qualités premières de la détection d'alarme chargée, répétons-le, de donner l'« alerte aux gaz », quels qu'ils soient. Or, il se trouve précisément que les effets physiologiques sur l'organisme humain permettent, à un grand nombre de sujets, de remplir le rôle de détecteurs.

Tout d'abord, nos sens : lorsqu'une bombe tombe, notre *ouïe* est souvent capable de discerner le bruit, en général un peu « mou » de l'explosion d'un engin à gaz, dans lequel la charge explosive est réduite au minimum, de celui, beaucoup plus éclatant, d'une bombe explosive. De même, le grésillement résultant de la combustion de chandelles d'arsines est assez caractéristique.

Certains produits se distinguent aussi par le *goût*. Le phosgène, la palite et la surpalite, par exemple, donnent à la fumée de tabac une saveur désagréable.

La *vue* fournit également de très utiles indications de suspicion. Ainsi, pour la même cause que celle qui influe sur l'oreille, l'entonnoir creusé par un projectile à gaz est moins profond, plus évasé que celui d'une bombe explosive et son « souffle » est beaucoup moins puissant. De même, certaines nappes de gaz se reconnaissent aisément à leur couleur (le chlore, jaune-verdâtre, les vapeurs de brome, brun-rouge).

C'est cependant *l'odorat* qui constitue le détecteur le plus sûr, puisqu'il permet de déceler des concentrations extrêmement faibles, inférieures au seuil d'agressivité, de l'ordre de 1/100 mg par mètre cube. Nous verrons plus loin comment des procédés spéciaux permettent d'éduquer l'odorat et aussi de l'utiliser sans danger pour les équipes chargées de la détection des gaz.

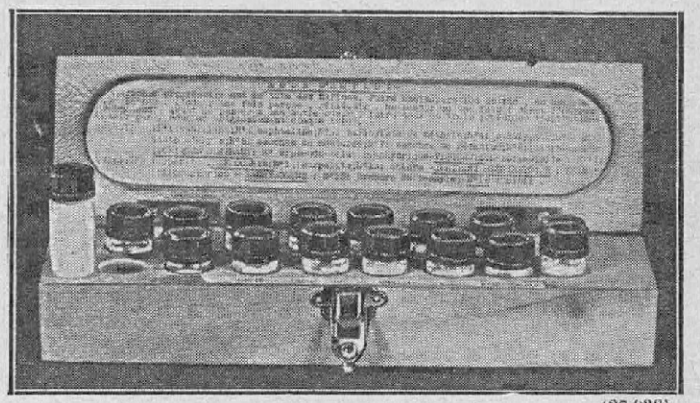
Ainsi, le chlore (Cl) a une odeur âcre et irritante, rappelant celle du chlorure de chaux ou de l'eau de Javel ; le brome (Br) a également une odeur irritante très désagréable ; le phosgène ($COCl^2$) sent le terreau, le foin pourri ; la palite et la surpalite (chloroformiates de méthyle chlorés) ont une odeur éthérée pénétrante (1) ; la chloropicrine (CCl^3NO^2) perd, aux très faibles dilutions, son odeur piquante, pour prendre une odeur caractéristique rappelant celle du pain d'épices ; l'ypérite (sulfure d'éthyle dichloré) a une odeur d'ail ou de moutarde ; la lewisite (chlorovinylchlorarsines) dégage une odeur de géranium flétri ; l'acide cyanhydrique exhale une forte odeur d'amandes amères ; le bromure de benzyle laisse un arrière-goût d'amandes amères ; le cyanure de benzyle a une odeur agréable comme la chloracétophénone.

Seul, *l'oxyde de carbone*, non retenu par les masques, est un gaz parfaitement incolore et inodore. Toutefois, il ne faut pas s'exagérer le danger qu'il pourrait présenter.

(1) Ces cinq corps agissent sur la végétation en provoquant le jaunissement, puis la chute des parties vertes, surtout des feuilles.

En effet, d'une part, son insidiosité même en fait une arme à double tranchant, tout au moins sur le front, puisqu'une saute de vent risquerait de le renvoyer vers l'ennemi sans que celui-ci s'en aperçoive. D'autre part, son emploi dans le bombardement d'agglomérations situées à l'arrière de meure fort problématique, car ce gaz est un peu plus léger que l'air (densité 0,9679), et il n'est liquéfiable qu'à — 190° C et solidifiable à — 207° C. Il ne paraît donc guère possible de l'enfermer à l'état liquide ou solide dans des obus ou des bombes. Il faudrait le comprimer très fortement à l'état gazeux, ce qui exigerait l'utilisation de projectiles d'un poids prohibitif.

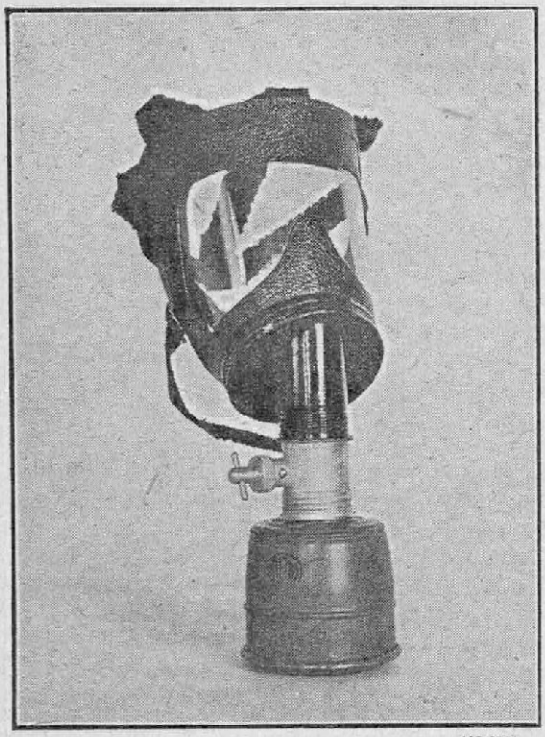
La détection physiologique ne se borne pas cependant à l'utilisation des organes des sens. Elle englobe tous les moyens qui permettent de noter et d'évaluer une action quelconque sur l'organisme, depuis l'action irritante et suffocante, jusqu'à la propriété vésicante, l'action sur le cœur, le système nerveux, etc.



(27 038)

FIG. 2. — BOITE « COT ET GENAUD » POUR L'ENTRAINEMENT A LA DÉTECTION PHYSIOLOGIQUE

Les huit tubes de la première rangée contiennent des produits inoffensifs : de gauche à droite, n° 1 vanîline ; n° 2 naphtaline ; n° 3 salicylate de méthyle ; n° 4 eucalyptus ; n° 5 acétate d'amyle ; n° 6 essence de moutarde ; n° 7 essence de géranium ; n° 8 nitrobenzène. Au deuxième rang, de droite à gauche, un toxique général : n° 9 pseudo-acide cyanhydrique ; deux vésicants : n° 10 lewisite, n° 11 ypérite ; deux suffocants : n° 12 surpalite, n° 13 chlore ; un irritant respiratoire : n° 14 chloropicrine ; un lacrymogène : n° 15 bromure de benzyle. Enfin le n° 16 ne recèle aucun produit. Cette boîte permet donc d'entraîner les équipes de détecteurs à reconnaître chaque produit agressif par son odeur et cela sans danger, en utilisant les « ersatz » contenus dans les tubes de la première rangée. Le tube n° 16 est utilisé en vue d'examiner le sujet du point de vue de sa suggestibilité.



(27 039)

FIG. 1. — MASQUE A PRISE DIT : « LE FLAIREUR »

Entre la cartouche filtrante et le masque proprement dit se visse un raccord à double filetage comportant un robinet à pointeau. Le « détecteur » humain peut ainsi effectuer des prises dans l'atmosphère suspecte sans aucun danger puisqu'il règle à volonté l'ouverture du pointeau.

Le détecteur humain ressent-il une violente irritation immédiate des yeux ? Il a affaire à un gaz lacrymogène (gaz « croix blanche » des Allemands) : bromure de benzyle, chloroacétophénone ou cyanure de benzyle bromé.

Une irritation très rapide du nez ou de la gorge, provoquant la toux, fait craindre un certain nombre d'arsines (gaz « croix bleue » des Allemands), comme le « Dick » des Allemands, la sternite (« Clarks » des Allemands), l'Adamsite.

Une suffocation, produite par les caustiques du poumon (gaz « croix verte » des Allemands), doit faire suspecter le chlore, le phosgène, la palite, la surpalite ou la chloropicrine.

Enfin, la présence de l'oxyde de carbone lui-même se traduit par un début d'obnubilation, des vertiges, des battements de tempes.

En résumé, la détection physiologique, qui ne nécessite aucun appareil, apparaît comme le détecteur d'alarme par excellence et

s'applique à tous les produits agressifs connus. Pour être vraiment efficace, elle nécessite cependant des équipes entraînées.

Comment on devient « détecteur » ou « flaireur »

L'instruction de tout porteur d'un appareil de protection individuelle étant pratiquement irréalisable, ce sont les éléments actifs de la Défense passive (chefs d'abris, d'îlots, équipes de guet, d'alerte, de police, d'incendie et surtout les équipes sanitaires) qui sont soumis à un entraînement rationnel à la détection des gaz.

A cet égard, l'odorat est, avons-nous dit, le plus sensible de nos sens. Une première sélection permet cependant de ne retenir que les sujets dont l'acuité olfactive est maximum. Mais un « détecteur » ne doit pas seulement *sentir*, il doit aussi posséder la *mémoire* des odeurs, savoir les *discriminer* et ne pas présenter une *suggestibilité* susceptible de fausser les indications de l'odorat.

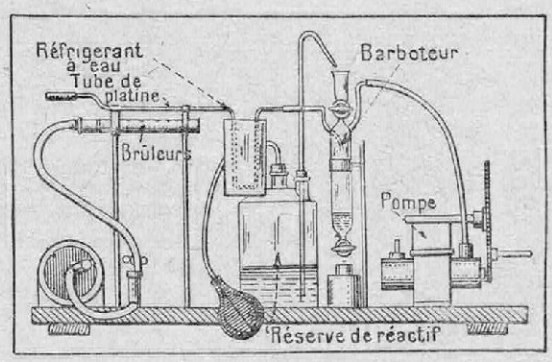


FIG. 3. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU DÉTECTEUR KLING

Les produits agressifs contenus dans l'air aspiré par la pompe passent dans un tube chauffé; la décomposition qui en résulte met en liberté une certaine quantité de l'acide correspondant à l'halogène (chlore, brome, iode) entrant dans la composition du produit. Les substances, même difficilement hydrolysables, agissent alors rapidement sur le réactif au bromophénol contenu dans l'appareil et le font virer du bleu au jaune.

De nombreux pays se sont préoccupés de cet entraînement.

En Allemagne, on trouve dans le commerce :

1° Des allumettes spéciales qu'il suffit de frotter pour qu'elles produisent, par combustion, des vapeurs odorantes et même irritantes. Toutefois, leur emploi n'est pas sans danger, comme le prouvent les conseils de thérapeutique joints au mode d'emploi ;

2° Des cartouches spéciales pouvant être percutées dans un pistolet ;

3° Une caisse d'instruction générale renfermant des tubes contenant 2 cm³ des principaux agressifs ;

4° Un nécessaire portatif comprenant 12 tubes dont le bouchon vissé porte une tige de verre trempant dans le produit (comme pour certains flacons à parfum) qu'il suffit de passer sous le nez.

En Suisse, le matériel utilisé consiste en petits flacons dans lesquels on introduit une solution du produit dans de l'huile de paraffine (inodore) ; pour l'ypérite et la lewisite, il suffit d'en mettre directement une goutte dans le flacon.

La Tchécoslovaquie, la Hollande, l'Italie, etc.... utilisent des méthodes analogues.

Toutefois, il semble que c'est en France que la solution la plus rationnelle ait été mise au point. Le médecin-général Cot et son adjoint, le médecin-capitaine Genaud, ont étudié et réussi à diffuser, en vue de la sélection et de l'entraînement des « flaireurs », une boîte spéciale dont la simplicité même assure d'excellents résultats. Elle renferme, en effet, deux rangées de huit tubes d'apparence identique contenant, fixés sur un même support inerte : ceux de la rangée arrière, des produits agressifs ; ceux de la rangée avant, des substances inoffensives dont l'odeur correspond à celle du tube placé derrière lui. Voici, rapidement, les différents tests autorisés par cette boîte :

La distance à laquelle un sujet « sent » l'odeur des tubes les plus odorants de la première rangée permet de définir son *acuité* olfactive.

Le sujet ayant senti les tubes de la première rangée, le nombre d'erreurs commises lors d'un « flairage » dans un ordre différent indiquera la *mémoire* olfactive du sujet. Ceux qui satisfont à ce test sentent ensuite les tubes agressifs et doivent reconnaître les produits.

L'odorat est d'autant plus *sélectif* qu'il distingue des odeurs plus voisines.

Un des tubes ne contient aucune substance odorante. Le sujet qui, par *suggestion*, y reconnaît un produit agressif est éliminé d'office.

Enfin, des séances répétées, à intervalles plus ou moins longs, permettent de « rafraîchir » la mémoire des flaireurs.

Il va de soi que toutes précautions sont prises pour que le sujet n'aspire pas une trop grande quantité de produit dangereux (un « flairage » de deux à trois secondes suffit).

La détection sous le masque

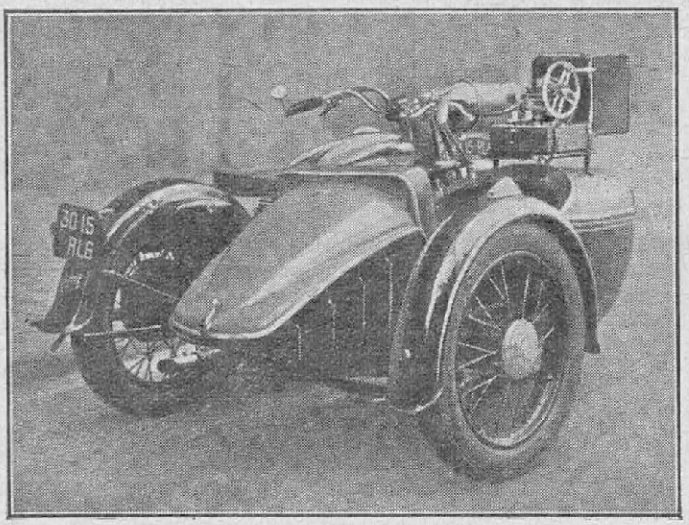
L'entraînement terminé, l'équipe de détection se rend, en cas de bombardement, à proximité des points de chute. Motocyclettes avec sidecars, petites voitures sont utilisées à cet effet. Mais il va de soi que la prudence exige le port du masque. Comment, dans ces conditions, détecter la présence de gaz ?

Un premier procédé, consistant à soulever légèrement le bord du masque ou à dévisser la cartouche, est à éliminer comme dangereux, aucun contrôle n'étant exercé sur le volume d'air introduit dans le masque.

Mais voici beaucoup mieux, avec le dispositif « à prise », « le Flaireur Ramès », raccord qui se visse entre la cartouche filtrante et absorbante et le masque proprement dit. Ce raccord comporte un robinet à pointeau dont la manœuvre, au moyen d'un petit levier, établit une communication plus ou moins large entre l'intérieur du masque et l'atmosphère. Le pointeau est, bien entendu, normalement fermé. Le sujet détecteur peut effectuer aisément des « prises » successives en l'ouvrant de 1/4, 1/2, de 3/4 ou d'un tour complet et déceler ainsi l'odeur ou les effets physiologiques du toxique sans risquer d'en aspirer une trop grande quantité.

La détection physiologique constitue donc un moyen extrêmement simple et rapide. On lui reproche cependant d'être inefficace vis-à-vis des gaz *insidieux* (comme l'oxyde de carbone, mais nous avons vu ce qu'il fallait en penser et signalé les troubles caractéristiques (1) dus à ce gaz) ; de discerner difficilement dans un tir « panaché » (où des solvants à odeur forte peuvent masquer celles des produits agressifs) les différents gaz utilisés.

Aussi, cette détection, très utile parce qu'ultra-rapide, est-elle utilement complétée par d'autres procédés.



(27 040)

FIG. 4. — SIDECAR ÉQUIPÉ D'UN APPAREIL KLING

Arrivé rapidement à proximité du point de chute d'une bombe, le détecteur actionne la manivelle de la pompe qui, d'une part, fait fonctionner en chalumeau la flamme de la lampe à alcool chauffant le tube de platine où passent les gaz et, d'autre part, oblige les gaz à barboter dans le réactif. Si celui-ci ne change pas de couleur, aucun produit agressif n'est à signaler. Si, au contraire, le réactif vire du bleu au jaune, l'alerte aux gaz est donnée.

La détection physicochimique d'alarme

La condition primordiale demeure toujours, puisqu'il s'agit d'une alarme, d'aller vite, sans chercher à discriminer en détail la nature des produits agressifs. C'est dire que l'appareillage doit être réduit au strict minimum.

Les méthodes physicochimiques de détection sont fondées sur deux propriétés communes à la majorité des toxiques de guerre : action de la chaleur, d'une part, de l'eau, d'autre part.

Ainsi, la pyrogénation de ces produits, dont la plupart renferment des halogènes (chlore, brome, iode), sauf l'oxyde de carbone et l'acide cyanhydrique, les dissocie en libérant soit l'halogène, soit son acide, soit le mélange des deux. Un indicateur coloré virant à leur contact caractérise donc leur présence. Le procédé à mettre en œuvre consistera par conséquent à aspirer l'air suspect dans un tube de quartz chauffé au rouge et à diriger le courant gazeux à la sortie du tube sur un réactif sensible aux halogènes ou à leurs acides. Cette sensibilité doit évidemment être telle que le produit agressif soit décelé avant que sa concentration soit dangereuse. De plus, l'appareil détecteur doit fonctionner quel que soit le toxique, sans être influencé par les varia-

(1) On utilise aussi, pour l'oxyde de carbone, de petits animaux (passereaux, souris, etc.) dont la circulation pulmonaire est très rapide. A poids égal, un serin fait passer dans ses poumons 800 fois plus d'air qu'un homme dans le même temps. Les animaux manifestent donc beaucoup plus rapidement que l'homme les symptômes qu'ils ressentent.

tions normales de la composition de l'atmosphère.

L'action de l'eau, outre l'entraînement mécanique ou la dissolution des produits, se traduit par une hydrolyse, c'est-à-dire par une décomposition mettant en liberté un acide halogéné qu'un réactif coloré met aisément en évidence. C'est là un procédé très général (seule la chloropicrine ne subit pas cette hydrolyse, mais sa pyrogénation la transforme en phosgène), très simple et très rapide. Il suffit d'utiliser des papiers imprégnés de réactifs convenables — (teinture de tournesol qui vire du bleu au rouge; réactif iodoplatinique qui, rouge-bordeaux, devient incolore; réactifs de Bruère : hélianthine en solution dans l'alcool amylique ou rouge de méthyle en solution dans l'alcool à 60°) pour obtenir un indice indirect de la présence de produits agressifs (en particulier ypérite ou lewisite) et pour donner l'alarme.

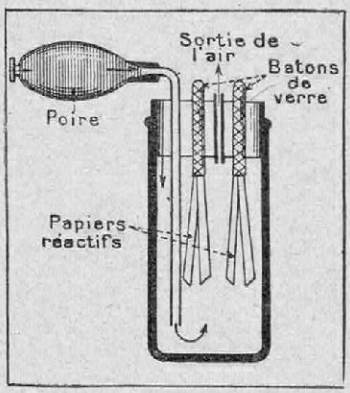


FIG. 5. — SCHÉMA DE PRINCIPE D'UN DÉTECTEUR A POIRE

La poire aspirante et foulante envoie l'air suspect dans un flacon à large goulot contenant les papiers réactifs. Le n° 1 vire du rouge au bleu avec le phosgène (réaction d'alerte). Le n° 2 vire du jaune à l'orange avec l'acide cyanhydrique (réaction spécifique (1); le n° 3 vire du blanc au bleu par le chlore et les halogènes (réaction d'alerte); le n° 4 vire du jaune pâle au jaune foncé avec le phosgène (spécifique).

Le détecteur de M. Kling

A la recherche d'une méthode générale rapide de détection, M. Kling, directeur du Laboratoire municipal de Chimie de Paris, a réalisé un appareil dont le fonctionnement est fondé sur les réactions dont nous venons de parler, autrement dit, scientifiquement parlant, sur l'activité ionique des agressifs en présence d'eau. Ainsi, tandis que le passage de l'air ne contenant que les gaz normaux de l'atmosphère dans de l'eau teintée en bleu par un indicateur de pH (2) au bleu de bromophénol (3) ne provoque aucun virage, la présence dans cet air d'un produit agressif hydrolysable (même à des doses extrêmement faibles), modifie le pH de l'eau et provoque le virage du bleu au jaune dès que le pH devient inférieur à 4 (ce qui correspond à un accroissement d'acidité). Toutefois, comme tous les agressifs ne sont pas également hydrolysables, M. Kling accélère cette réaction par une décomposition pyrogénée mettant en liberté une certaine quantité d'acide. Dans ce but, il oblige l'air suspect à traverser un tube de platine chauffé. L'action sur le réactif en solution est, de ce fait, notablement accélérée et devient extrêmement sensible.

Rappelons enfin que, au cours de la précédente guerre, d'assez bons services ont été rendus par un appareil simple, formé d'une lampe à flamme non éclairante dans laquelle était placée une toile de cuivre; une trace d'halogène, se combinant au cuivre, communiquait à la flamme la teinte verte caractéristique de ce métal.

La détection de contrôle

Les procédés précédents ont permis de prendre les dispositifs de sécurité nécessaires en indiquant la présence des produits agressifs avant que leur concentration ne soit dangereuse (1). Leurs indications manquent cependant de spécificité si l'on veut n'utiliser que des détecteurs dont la simplicité soit maximum. Le choix des méthodes de désinfection et de la thérapeutique à mettre en œuvre exige une discrimination plus poussée des produits, assez rapide cependant, c'est-à-dire ne visant qu'à discerner les principaux toxiques. On se borne donc à un certain nombre de réactions permettant d'affirmer la présence ou l'absence de tel ou tel corps dans l'air ou les matériaux suspects. Les appareils de

(1) La réaction est dite spécifique quand elle permet de caractériser un gaz déterminé et même, dans une certaine mesure, d'évaluer sa concentration. La réaction d'alerte indique la présence d'un produit agressif.

(2) Le pH indique la concentration en cations H d'une liqueur (Voir *La Science et la Vie*, n° 248, page 95.)

(3) Le réactif (Clark et Lubs) s'obtient par addition de 3 cm³ de soude au vingtième à 0,1 g de bromophénol. Le mélange est dilué à 250 cm³ par addition d'eau. Enfin, on dilue cette solution au 1/10 dans de l'alcool à 95° et on ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique au centième, de sorte que 4 gouttes de cet acide versées dans 20 cm³ du réactif provoquent le virage du bleu-violet au vert-jaune.

(1) Le chlore fait virer au bleu le papier ioduro-amidonné pour une concentration de 20 mg par m³ d'air alors que la dose mortelle, au bout d'une minute, atteint 7 500 mg par m³. Le phosgène et la surpalite font virer le papier d'Harrison pour 35 mg par m³ d'air et la concentration mortelle, au bout d'une minute, est de 400 à 500 mg par m³. Quant à l'oxyde de carbone, il fait virer au gris le papier saumon clair et humide au chlorure de palladium pour 1 000 mg par m³ d'air et la dose mortelle, au bout d'une minute, est de 70.000 mg par m³.

contrôle ont également pour objet de vérifier, dans les abris, le fonctionnement correct des dispositifs de protection collective et l'efficacité des opérations de désinfection.

C'est encore aux papiers réactifs ou aux réactifs en solution que l'on fait appel. Les premiers sont utilisés, soit en faisant passer l'atmosphère suspecte (au moyen d'une poire en caoutchouc ou d'une pompe à bicyclette, etc...) dans une enceinte en verre où les papiers sont suspendus, soit en les appliquant, secs ou humides, sur les surfaces souillées. Les seconds, en général plus spécifiques, nécessitent un appareillage plus compliqué, comprenant un dispositif d'aspiration obligeant l'air à traverser un appareil absorbeur et à barboter dans le réactif en solution.

Il n'existe pas moins de sept sortes de papiers réactifs et six de réactifs en solution, qui permettent de discriminer les suffocants, les vésicants, les irritants respiratoires, les lacrymogènes, les toxiques généraux.

Le modèle le plus simple d'appareil de détection est celui des services de l'artillerie, utilisé pour déceler l'oxyde de carbone dans les casemates (1). Une poire en caoutchouc refoule l'air dans un flacon à large ouverture, contenant un tube garni d'acétate de plomb (pour absorber l'hydrogène sulfuré s'il y a lieu) et un papier blanc imbibé d'une solution récente de chrolure de palladium. Celui-ci vire au gris ou au noir en présence de l'oxyde de carbone.

Sur ce même principe, le pharmacien-colonel Bruère a réalisé un détecteur multiple schématiquement représenté figures 5 et 6. L'air suspect est refoulé par une poire en caoutchouc dans un flacon dans lequel sont suspendus les papiers réactifs (numérotés au crayon et conservés normalement dans les étuis en aluminium). Quatre papiers réactifs sont prévus : le n° 1 (Lutèce-Congo) vire du rouge au bleu avec le phosgène, etc... (réaction d'alerte) ; le n° 2 (picro-sodique) vire du jaune à l'orange par l'acide cyanhydrique (réaction spécifique) ; le n° 3 (ioduro-amidonné) vire du blanc au bleu par le chlore et divers halogènes (réaction d'alerte) ; le n° 4 (Harrison) vire du jaune pâle au jaune foncé par le phosgène (réaction spécifique).

L'ensemble du détecteur et des tubes est enfermé dans un coffret métallique contenant également un tampon explorateur (boule de coton hydrophile recouvert de gaze) imbibé avec une solution jaune obtenue en faisant dissoudre un ou deux comprimés spéciaux dans un demi-verre d'eau ordinaire.

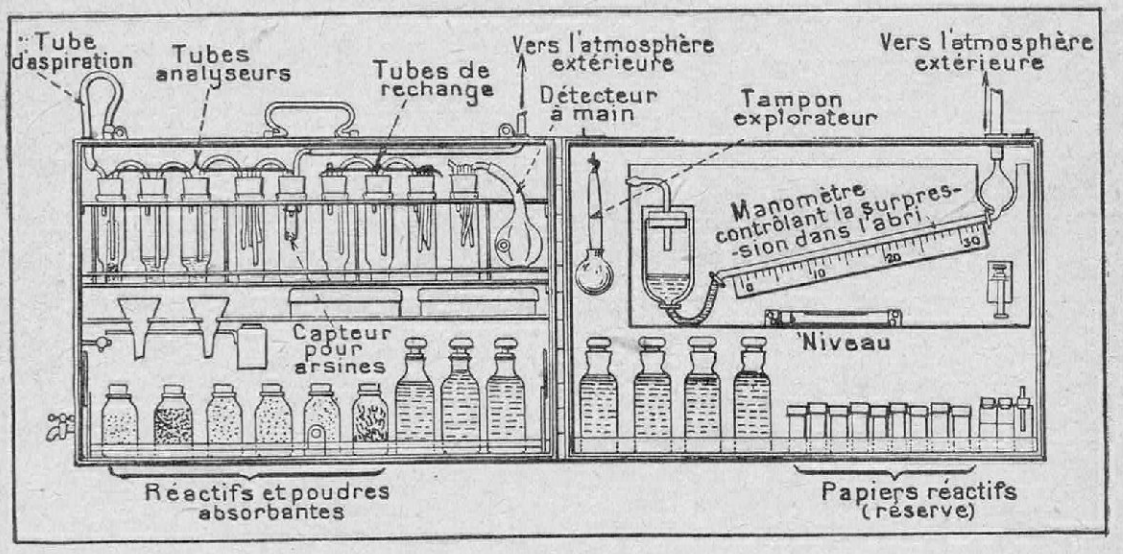


FIG. 6. — L'AUTOANALYSEUR DE P. BRUÈRE

Ce polydétecteur comporte cinq tubes analyseurs, trois de rechange, un détecteur à main (poire). Il est fondé d'ailleurs sur le même principe que le détecteur de la figure 5. En outre, cet appareil, situé dans un abri, permet de contrôler la surpression qui y existe grâce au manomètre à eau dont le tube incliné est ouvert sur l'atmosphère externe et le récipient d'eau est soumis à la pression régnant dans l'abri. Cet analyseur permet enfin de contrôler la teneur en gaz carbonique et en oxygène d'une atmosphère confinée.

(1) Une détection de prudence est, en effet, nécessaire par suite de la grande quantité d'oxyde de carbone dégagé par la combustion de la poudre B : 1 kg de poudre produit 900 litres de gaz dont 300 litres d'oxyde de carbone.

PRODUITS AGRESSIFS		DÉTECTION DE SUSPICION OU D'ALARME		DÉTECTION DE CONTROLE	
		Biologique	Physico-chimiq.	PAPIERS RÉACTIFS	RÉACTIFS EN SOLUTION
SUFFOCANTS	Chlore, Brome	Odeur irritante	Pyrolyse	Iodure-amidonné (bleuissement) à la fluorescéine (virage au rose).	»
	Phosgène	Odeur de terreau	Hydrolyse	Papier de Harisson (virage au brun).	Solution d'aniline (précipité blanc).
	Palite et surpalite	Odeur éthérée	Pyrolyse		
	Chloropicrine	Odeur de pain d'épices.	Pyrolyse donne phosgène.	Papier à la diméthylaniline (virage au brun).	Solution alcoolique de thiophénol (précipité blanc).
VÉSICANTS	Ypérite	Odeur d'ail ou de moutarde.	Hydrolyse Pyrolyse.	Papier au chlorure d'or (virage au brun-rouge).	Réactif au chlorure d'or (précipité jaune). Réactif de Grignard (précipité jaunâtre).
	Lewisite	Odeur de géranium	Hydrolyse Pyrolyse.	.....	Solution aqueuse de SH^2 (précipité jaune).
IRRITANTS	Arsines diverses	Odeur irritante.	.....	.....	Solution aqueuse de SH^2 (précipité jaune).
RESPIRATOIRES	Adamsite	Odeur irritante.		Papier spécial + NO^3H + soude, coloration rouge.	»
LACRYMOGÈNES	Chloracétophénone	Odeur agréable.	Pyrolyse.	.....	»
	Cyanure de bromobenzyle				
TOXIQUES	Acide cyanhydrique	Odeur d'amandes amères.	.....	Papier à l'acétate de cuivre - benzidine (bleuissement).	»
GÉNÉRAUX	Oxyde de carbone	Inodore	.....	Papier au chlorure de palladium (virage au gris).	»

TABLEAU DES PRINCIPAUX TOXIQUES MILITAIRES ET DES MOYENS PRATIQUES PERMETTANT DE LES DÉCELER RAPIDEMENT (D'APRÈS LA NOTICE OFFICIELLE DU 31 MARS 1938 SUR L'ORGANISATION ET LE FONCTIONNEMENT DES SERVICES SANITAIRES EN MATIÈRE DE DÉFENSE PASSIVE)

La détection spécifique

Nous n'entrerons pas dans le détail des opérations de la détection spécifique, véritable travail de chimiste au laboratoire, qui a pour but d'analyser les produits, de déterminer leurs constantes physiques, leurs propriétés chimiques, etc... et dont le rôle est double : vérification des résultats obtenus sur le terrain, identification des produits douteux ou indéterminés. Disons simplement que cette détection exige que des prélèvements de l'atmosphère ou de matériaux (terre, végétation, eau, etc...) souillés soient toujours effectués par les équipes mobiles de détection.

Les prélèvements de l'atmosphère sont exécutés soit en vidant au sein du milieu suspect des flacons remplis d'eau, soit en interposant un appareil absorbeur (flacon laveur, charbon activé, tampon de coton pour les arsines solides, couche de sulfate de sodium pulvérisé et sec ou papier spécial à arsines utilisé dans les masques à gaz) entre l'air souillé et un dispositif d'aspiration quelconque (pompe à bicyclette modifiée en vue de la rendre aspirante et soufflante, poire en caoutchouc, pompe rotative, etc...).

La détermination de la teneur en gaz carbonique et en oxygène d'une atmosphère

Bien qu'il ne s'agisse pas là de produits toxiques dits militaires, il est cependant du plus haut intérêt de connaître, notamment dans les abris, le moment où l'atmosphère doit être renouvelée. L'absorption d'oxygène et le dégagement de gaz carbonique dans la respiration normale risquent, en effet, de vicier l'air au point de le rendre impropre aux échanges indispensables à la vie.

Notons, tout d'abord, qu'une première indication générale est donnée par la règle dite « des trois uns » : un mètre cube d'air est nécessaire par personne au repos et par heure pour que l'accumulation de gaz carbonique ne rende pas l'atmosphère inconfortable (2 % de gaz carbonique). En outre, on montre aisément que le temps au bout duquel il y a lieu de libérer de l'oxygène est le double de celui au bout duquel l'absorp-

tion du gaz carbonique s'impose. D'ailleurs, le chiffre de 2 % pour la teneur en gaz carbonique n'est pas absolu : il peut être doublé sans grand inconvénient et même triplé lorsque la température et l'état hygrométrique ne sont pas excessifs.

Les méthodes d'appréciation de la teneur en gaz carbonique font appel, soit à des dispositifs manométriques (carbomètre Genaud) qui mesurent la diminution de pression résultant de l'absorption du gaz dans une chambre étanche, soit à des dosages acidimétriques. De nombreux procédés, fondés sur la coloration de réactifs, ont été imaginés dans ce but.

En ce qui concerne l'oxygène, rappelons qu'une indication générale est donnée par la possibilité d'une combustion : ainsi, il est possible d'enflammer une allumette tant que la proportion d'oxygène dépasse 17,5 % ; une bougie s'éteint au-dessous de 16 % d'oxygène. (On sait que l'air normal contient 21 % d'oxygène).

La méthode Kling et Claraz consiste à faire barboter le mélange gazeux à débit constant dans une solution ferrosotartrique alcaline additionnée de bleu de méthylène, jusqu'à décoloration. Une courbe d'étalonnage donne le pourcentage d'oxygène en fonction du volume du mélange gazeux qui a été nécessaire pour la décoloration.

Les recherches sur la détection des produits toxiques et les conditions de vie dans un abri étanche ont donc abouti à des méthodes sûres et suffisamment précises pour que, d'une part, le public soit averti dès qu'un danger le menace et que, d'autre part, les services de la Défense passive puissent, en connaissance de cause, prendre les mesures nécessaires aussi bien à la suppression rapide de ce danger (désinfection) qu'au traitement thérapeutique le mieux approprié.

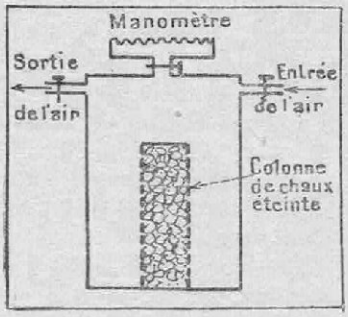


FIG. 7. — SCHÉMA DU CARBOMÈTRE GENAUD

Un volume déterminé de l'atmosphère à analyser est admis sous la pression atmosphérique par un orifice dans une chambre étanche et ressort par un autre orifice. Le gaz carbonique est absorbé par de la chaux éteinte. La diminution de pression qui en résulte, fonction de la concentration en gaz carbonique, est indiquée par un manomètre.

(27 042)

FIG. 8. — VUE EXTÉRIEURE DU CARBOMÈTRE GENAUD UTILISÉ POUR MESURER LE CONFINEMENT DES ABRIS

La détection par cellules radioactives

Il convient ici de dire quelques mots d'un procédé très général de détection des gaz, qui consiste à mesurer les variations d'intensité d'un courant électrique traversant un gaz rendu conducteur par ionisation. On sait que, parmi les rayonnements α, β, γ, émis au cours de la désintégration du radium ou d'un sel radioactif, le premier est constitué par des particules matérielles lancées à une vitesse de l'ordre de 18 000 km/s qui ne sont autres que des noyaux d'hélium, c'est-à-dire des atomes d'hélium ayant perdu deux électrons.

Le passage de ce rayonnement dans un gaz détermine la production d'ions gazeux chargés positivement et négativement. Soumis à un champ électrique, ces ions s'animent d'un mouvement d'ensemble qui se traduit au sein du gaz ainsi ionisé par un courant électrique mesurable et dont l'intensité est fonction de la nature du gaz.

Un appareil, fondé sur ce principe, comporte essentiellement une cellule, par exemple un cylindre creux ouvert à ses deux extrémités, dont la paroi interne est

recouverte d'un sel radioactif (en l'espèce le sulfate de radium, qui ne s'altère pas à l'humidité) et par une électrode centrale. Cylindre et électrode sont reliés à une source fournissant le potentiel accélérateur du mouvement des ions, et un galvanomètre permet de mesurer le courant qui passe dans le gaz ionisé traversant la cellule. En fait, pour accroître la sensibilité de l'appareil, on monte deux cellules en série, l'une formée par un cylindre creux fermé et consenant un gaz connu, et offrant au passage du courant une résistance constante; l'autre ouverte, dans laquelle circule le gaz à déceler, et dont la résistance varie avec la nature de ce gaz. Dans ces conditions, un point situé sur le conducteur qui relie les électrodes des deux cellules se trouve soumis à des variations de potentiel que l'on peut amplifier au moyen de lampes triodes.

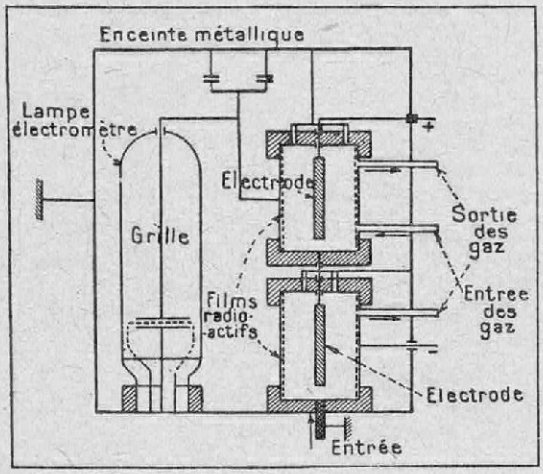


FIG. 9. — SCHÉMA DU DÉTECTEUR RADIOACTIF MALSALLEZ

Les deux cellules radioactives sont montées en série. L'une est parcourue par un gaz connu, l'autre par le gaz à analyser. Elles n'offrent donc pas la même résistance au passage du courant électrique résultant de l'application d'une tension donnée entre chaque électrode et le cylindre qui l'entoure. Un point situé sur le conducteur qui relie les deux électrodes, est donc porté à un potentiel variable que l'on applique à la grille de la lampe électromètre. Le courant amplifié agit ensuite sur un galvanomètre dont la déviation est fonction de la nature du gaz.

En choisissant l'air normal comme gaz témoin et en faisant passer l'air suspect dans la cellule, une déviation de l'aiguille du galvanomètre indique la présence de gaz étrangers. L'anhydride carbonique, l'oxyde de carbone, l'acide cyanhydrique, etc... sont électronégatifs et font dévier l'aiguille vers la gauche. Le chlore, le phosgène, la chloropicrine, l'ypérite, électropositifs, font dévier l'aiguille vers la droite.

Ainsi toute déviation fournit une détection d'alarme. De plus, l'appareil ayant été étalonné pour chaque catégorie de gaz, constitue également un détecteur de contrôle. Enfin, combiné avec les absorbeurs, qui ne laissent passer qu'un gaz, il permet de doser ce dernier et par conséquent d'effectuer la détection spécifique.

LA PROTECTION COLLECTIVE

Ainsi, comme autrefois la cuirasse, le casque et le bouclier protégeaient le combattant contre les coups, le masque, mis en temps voulu grâce aux indications des services de détection, assure la protection individuelle contre les produits agressifs de la guerre chimique. De même, si la protection collective offerte par les ouvrages de la fortification permanente ou de campagne réduit considérablement les effets néfastes du bombardement par projectiles explosifs, elle doit être complétée par des dispositifs spéciaux contre les gaz de combat.

Dans les villes, cette protection collective est fondée sur l'*abri*. Nous supposerons donc un local capable de résister tout au moins aux éclats de bombes et aux projectiles de dimensions moyennes. Pour constituer un véritable abri, il doit permettre à ses occupants d'y séjourner plusieurs heures sans qu'aucun produit toxique y puisse pénétrer et sans que son atmosphère y devienne irrespirable.

Un abri à parois parfaitement étanches, muni de portes pouvant être hermétiquement closes, a paru à priori la meilleure solution au premier de ces deux problèmes. Il suffit, semble-t-il, d'absorber, au moyen de chaux sodée, le gaz carbonique rejeté par la respiration et de disposer de réserves d'oxygène susceptibles de remplacer celui qui est consommé pour que l'atmosphère demeure respirable. La nacelle du ballon stratosphérique du professeur Piccard (1) n'était-elle pas ainsi aménagée et sa sphère sous-marine (2) ne doit-elle pas être munie de ces dispositifs de régénération de l'atmosphère ?

La pratique a mis en relief cependant certaines difficultés.

Tout d'abord, malgré l'appoint d'oxygène nécessaire aux échanges respiratoires, l'absorption du gaz carbonique par la chaux

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 184, page 334.
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 259, page 3.

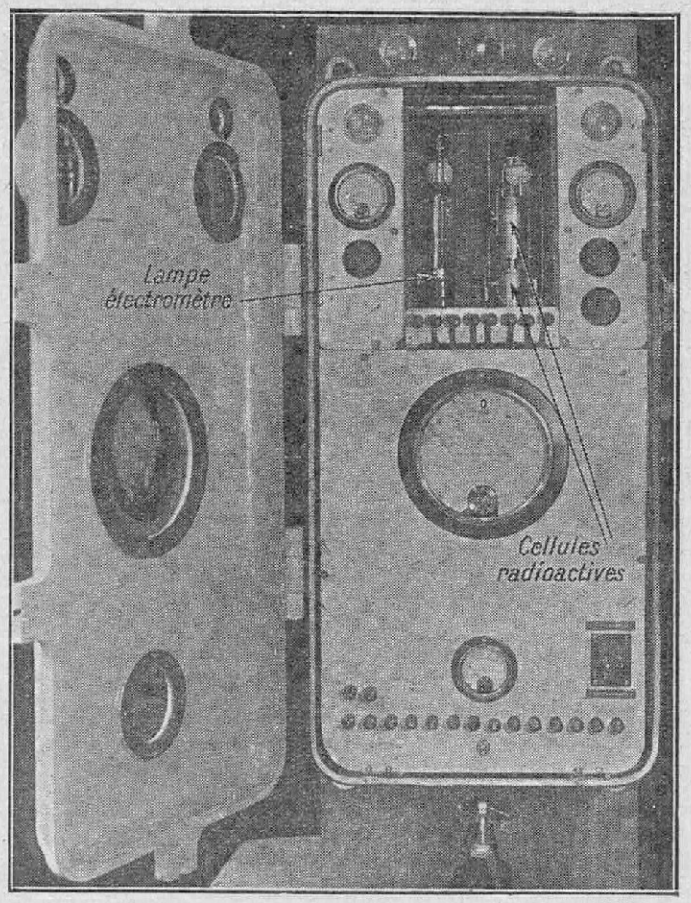
sodée déterminerait une dépression dans l'abri, dépression qui rendrait beaucoup plus difficile la réalisation d'une étanchéité parfaite et qui risquerait par conséquent de faciliter la pénétration dans l'abri de l'atmosphère extérieure souillée. Pour éviter cet inconvénient, il faudrait donc émettre une quantité d'oxygène supérieure aux besoins de l'organisme et cette concentration croissante présenterait un danger certain au-dessus de 60 %.

En outre, est-on certain de disposer, au moment voulu, de bouteilles d'oxygène comprimé ou de générateurs d'oxygène (peroxydes alcalins, chlorate de potasse, etc.) en quantité suffisante ?

Enfin, et ceci semble condamner le principe de l'abri simplement étanche, il est indispensable de prévoir, même au moment d'une attaque par les gaz, et tout au moins pour certains locaux spécialisés (1), l'entrée et la sortie du personnel nécessaire au fonctionnement des services qu'ils abritent.

Aussi a-t-on été amené à envisager le principe de la *surpression* dans le circuit fermé de l'abri : une surpression de 5 à 10 mm d'eau suffit pour s'opposer à la pénétration des gaz sans apporter aucun risque physiologique aux occupants (1).

(1) Abris de secours, centraux, téléphoniques, abris de commandement, de sapeurs-pompiers, etc...



(27 041)

FIG. 10. — VUE D'ENSEMBLE DU DÉTECTEUR RADIOACTIF MALSALLEZ

L'aiguille du cadran central se déplace vers la droite ou vers la gauche, selon le type de gaz qui traverse les cellules radioactives de l'appareil. La valeur de la déviation, proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse le gaz ionisé des cellules, permet d'identifier ce gaz. La sensibilité de cet appareil est remarquable. Ainsi on a pu déceler de l'oxyde de carbone à 0,014 % en volume en 74 s; de la chloropicrine à 25 mg/m³ en 37 s; du phosgène à 40 mg/m³ en 45 s; de l'ypérite à 2 mg/m³ en 44 s.

L'emploi de l'air comprimé

L'emploi de l'air comprimé est, à cet égard, fort précieux. On peut l'utiliser d'ailleurs de trois façons différentes. On fera, par exemple, appel à lui en vue d'obtenir *uniquement le minimum de surpression* dans un abri étanche dont l'habitabilité est assurée par absorption de gaz carbonique et dégagement d'oxygène. Cette solution intéressante n'exige qu'une faible quantité d'air comprimé. C'est le cas, par exemple, de l'abri de la centrale électrique Arrighi. Bien que sa surface atteigne 259 m² et malgré deux manœuvres d'ouverture des sas et une vidange automatique de la fosse des W.-C., il n'a fallu, pendant un essai de six heures, que 3 m³ par heure d'air comprimé pour maintenir une surpression de 5 mm d'eau.

Toutefois, ce procédé demeure lié à l'approvisionnement en oxygène.

Dans un deuxième mode d'emploi, on

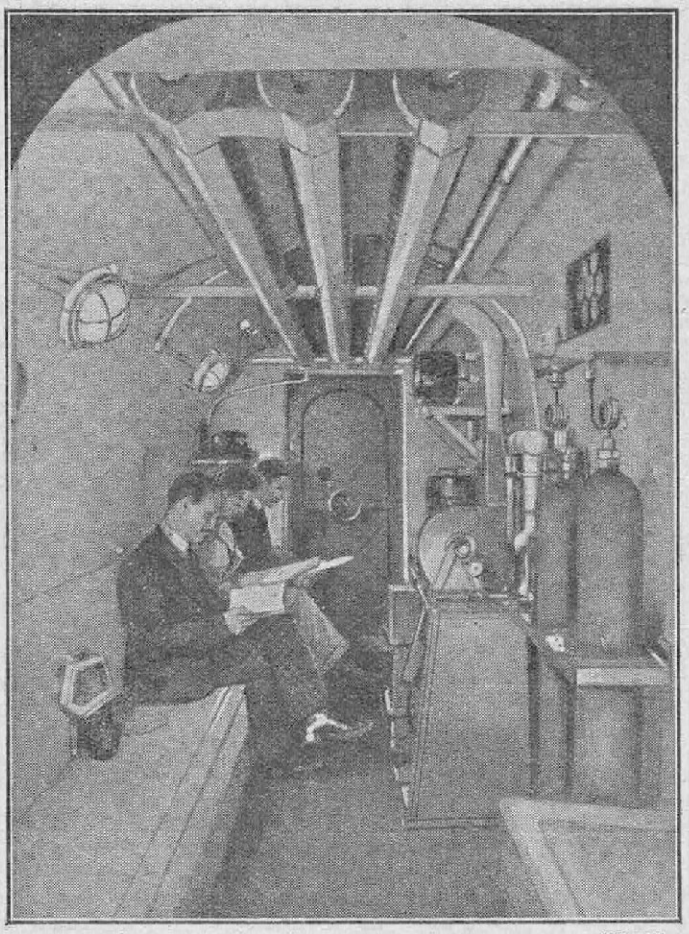
(1) On sait qu'une trop forte compression amène la dissolution dans le sang de l'azote de l'air et qu'ensuite le dégagement tumultueux de cet azote, provoqué par une décompression trop rapide, constitue un danger mortel. C'est un des problèmes soulevés lors des plongées aux grandes profondeurs par les scaphandriers.

peut demander à l'air comprimé d'assurer à la fois le *minimum de surpression* et l'*habitabilité de l'abri étanche par renouvellement d'air*. Dans des abris métalliques ou de béton dont l'étanchéité est renforcée par des feuilles minces de cuivre ou de tôle ondulée, de bitume ou d'enduit à base d'huile, ce procédé exige environ 1 m³ par heure et par habitant pour maintenir la concentration en gaz carbonique inférieure au taux de 3 % reconnu inoffensif.

Enfin, le dernier mode d'emploi envisagé par l'Inspection générale de la Défense Antiaérienne du Territoire consiste à utiliser l'air comprimé pour réaliser à la fois *le minimum de surpression* et une *teneur convenable en oxygène* dans un abri étanche *où est prévue en même temps l'absorption du gaz carbonique*. Si le taux maximum admis pour celui-ci est de 3 %, il suffit d'un kilogramme de chaux sodée par occupant pour dix heures de fonctionnement, grâce à un nouveau procédé de circulation méthodique de l'air dans le décarbonateur.

En admettant un taux de consommation de 20 à 25 litres d'oxygène par occupant (1), le débit d'air maximum peut être évalué à 750 litres par heure. On peut même descendre à 500 litres. Si l'on songe que 400 l d'air comprimé à 200 kg/cm² n'occupent qu'un volume de 2 dm³ (2 litres), on voit que le stockage de cet air comprimé n'offre pas un encombrement prohibitif.

Un abri de ce genre, à l'épreuve par ailleurs d'une bombe de 500 kg, a été réalisé. D'un volume de 1 200 m³, il peut contenir 300 personnes qui disposent donc chacune de 4 m³ d'air, soit un volume suffisant pour respirer pendant six à sept heures sans l'emploi d'air comprimé ; 9 bouteilles de 50 m³ d'air à 200 kg/cm², permettent une durée de fonctionnement de neuf heures. Elles peuvent être rechargées par un compresseur.



(27 043)

FIG. 11. — ABRI AMÉNAGÉ CONTRE LES GAZ A LONDRES
On voit, au fond, la porte étanche et, à droite, les dispositifs de régénération de l'atmosphère (bouteilles d'oxygène, ventilateur aspirateur, absorbeur de gaz carbonique).

Mais toutes ces solutions supposent une étanchéité qu'il est presque impossible d'obtenir dans des sous-sols d'immeubles aménagés en abris. Dans ce cas, c'est au *milieu surpressé par aspiration d'air filtré* que l'on a recours. En effet, la captation d'air à une hauteur assez grande pour éviter sa pollution ne présente pas une sécurité suffisante, tout d'abord en raison du cône de dispersion des gaz toxiques qui peut s'élever à une altitude notable (1), ensuite par suite du peu de résistance d'une cheminée de 20 à 30 m de hauteur que le souffle d'une bombe détruirait sans peine. Le procédé consiste donc à appliquer à l'abri un véritable masque filtrant analogue aux masques individuels mais de dimensions appropriées. On doit compter sur un débit d'environ 5 m³

(1) Taux suffisant pour des personnes au repos.

(1) Ainsi on a pu constater une teneur en gaz carbonique plus forte à la troisième plate-forme de la Tour Eiffel qu'au sol. Il suffit, en effet, d'une différence de température de 3° C par 100 m d'air en hauteur pour que les gaz s'élèvent.

par heure et par occupant, car le dispositif d'aspiration doit compenser les pertes de l'abri non étanche (quoique calfeutré).

Dans ces conditions, le renouvellement de l'air pur est assuré et la surpression interdit aux gaz nocifs de pénétrer dans l'abri où, durant toute l'attaque par produits agressifs, les occupants trouvent toute la sécurité désirable.

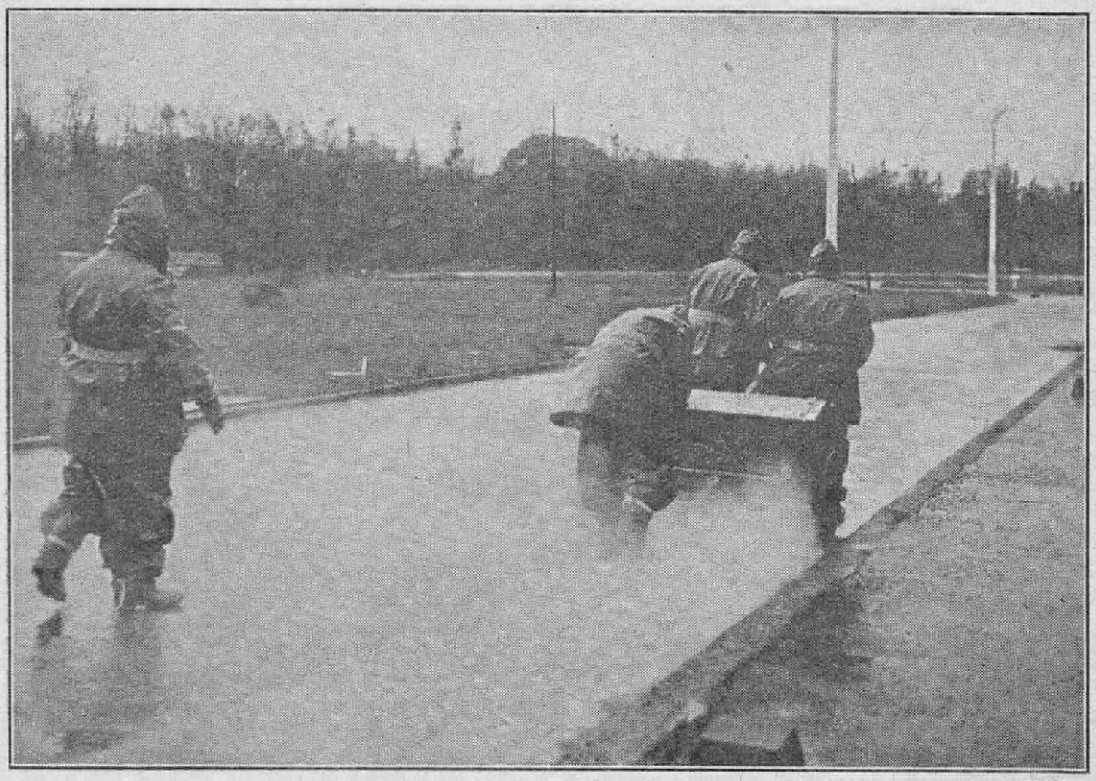
Il ne faudrait pas cependant conclure que, dès la fin de l'alerte annoncée par les sirènes, tout danger soit complètement écarté. Les gaz lourds peuvent s'être accumulés dans certaines zones ; ils n'ont pas été encore dispersés si le temps est calme. D'autre part, des liquides comme l'ypérite peuvent former sur le sol ou sur les murs des immeubles des taches dangereuses. Aussi est-il recommandé à chacun d'être prudent pour rentrer chez soi et même de mettre le masque individuel. Ici intervient un nouveau service de la Défense Passive : celui de la *désinfection*.

LA DÉSINFECTION

Voici, en effet, qu'au sortir de l'abri, dans la zone bombardée, nous trouvons des équipes au travail revêtues de leurs vêtements spéciaux. Elles sont occupées soit à répandre sur la chaussée, soit à pulvériser dans l'air, sur les façades des immeubles ou sur les objets contaminés certains produits neutralisants, soit à mettre le feu à des matériaux combustibles disposés sur le sol, etc., en vue d'éliminer les gaz de combat qui souillent encore l'atmosphère, les terrains, les immeubles.

D'une façon générale, d'ailleurs, l'atmosphère se renouvelle d'elle-même à l'air libre, les gaz fugaces (acide cyanhydrique, phosgène, surpalite, chloropicrine, etc.) étant très volatils. Cependant, dans les locaux où ils auraient pu s'accumuler, la ventilation, soit naturelle si l'air extérieur est pur (ouverture des portes et fenêtres), soit mécanique par ventilateurs munis de dispositifs filtrants, s'impose. Enfin, elle peut être utilement complétée par une pulvérisation d'agents neutralisants tels que le mélange hypo-Solvay (1) ou le « foie de soufre » (2).

Mais la tâche la plus importante consiste



(27045)

FIG. 12. — SUR UN TERRAIN SOUILLÉ D'YPÉRITE, ON RÉPAND DU CHLORURE DE CHAUX QUI, AVEC LE PRODUIT AGRESSIF, DONNE DES COMPOSÉS INOFFENSIFS OU PEU DANGEREUX

(1) Hyposulfite de sodium, 200 gr. ; carbonate de sodium cristallisé, 475 gr ; eau, 1 litre.

(2) Produit assez mal défini, mélange de polysulfures de sodium plus ou moins riches en soufre.

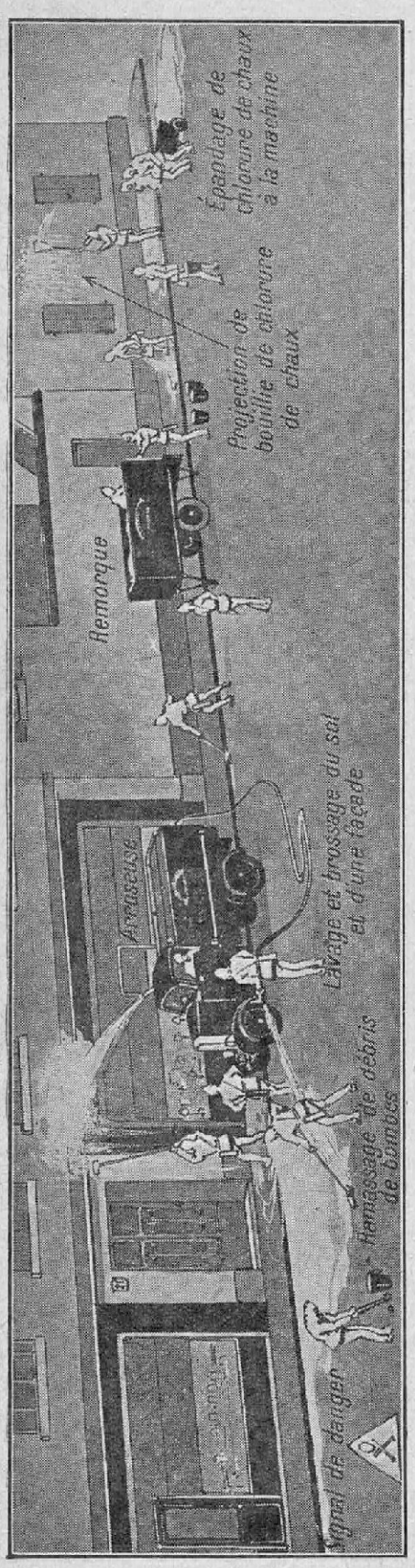


FIG. 13. — OPÉRATION D'ENSEMBLE DE DÉSINFECTION D'UNE VOIE PUBLIQUE

Un panneau signale le terrain encore souillé d'un produit agressif comme l'ypérite. Les équipes de désinfection répandent, à la machine ou à la main, le chlorure de chaux qui neutralise l'ypérite. Sur les façades est projetée une bouillie de chlorure de chaux ; on peut également pulvériser du « foie de soufre ». L'arroseuse est utilisée pour le rinçage de la chaussée et le lavage des immeubles soit au moyen de la lance orientable, soit avec la lance dévidoir.

à détruire ou à neutraliser les *toxiques persistants*, notamment les vésicants, comme l'ypérite et la lewisite, signalés par les services de détection et qui peuvent subsister pendant plusieurs jours.

Les équipes s'occupent tout d'abord des chaussées afin de rétablir la circulation dès que possible. S'il s'agit de fines projections, un arrosage à la lance et un recouvrement de terre meuble (5 cm) annule tout risque d'infection par les vapeurs dégagées et les poussières toxiques.

Dans les infections plus importantes, l'équipe, travaillant si possible du côté d'où vient le vent, utilise généralement le chlorure de chaux, après avoir arrosé d'eau le terrain au moyen de pulvérisateurs. Munis de balais et de râteaux, les désinfecteurs malaxent la boue ainsi formée et le chlorure de chaux. On peut admettre qu'en une heure, la neutralisation du toxique est à peu près complète. Après ce laps de temps, un lavage à grande eau, au moyen d'une arroseuse à jet puissant, complète le rinçage du sol. Cependant, par temps très froid, l'ypérite se fige et adhère fortement au sol. Après balayage, on répand de l'eau chaude avant le chlorure de chaux. Le sol est-il recouvert de neige? On balaye encore, puis on répand du sel de cuisine et du chlorure de chaux.

Telle est la méthode générale du traitement qui s'applique notamment sur les pavés de pierre et le béton. S'il s'agit de surfaces goudronnées, bituminées ou asphaltées, il faut éviter la dissolution du liquide toxique et le ramollissement du goudron qui adhère aux pneus et aux semelles et étend le danger d'infection. On mélange alors le chlorure de chaux à de la terre qui absorbe le toxique et on arrose légèrement. Le macadam et le pavé de bois demandent un brossage énergique, rapide, avec une bouillie de chlorure de chaux et, une heure après, un rinçage abondant. Quant aux entonnoirs produits par les bombes, on les comble avec de la terre meuble mélangée à du chlorure de chaux et on arrose copieusement. Enfin, sur les terrains nus, l'auto-désinfection suffit en général. Les trous sont comblés avec de la terre et on signale simplement leur présence au moyen d'écriteaux.

Un immeuble infecté et détruit pose des problèmes analogues. On recouvre les décombres de chlorure de chaux et de terre afin d'éviter tout danger pour les voisins. On les transportera plus tard sur des terrains à l'air libre où la désinfection se produira naturellement.

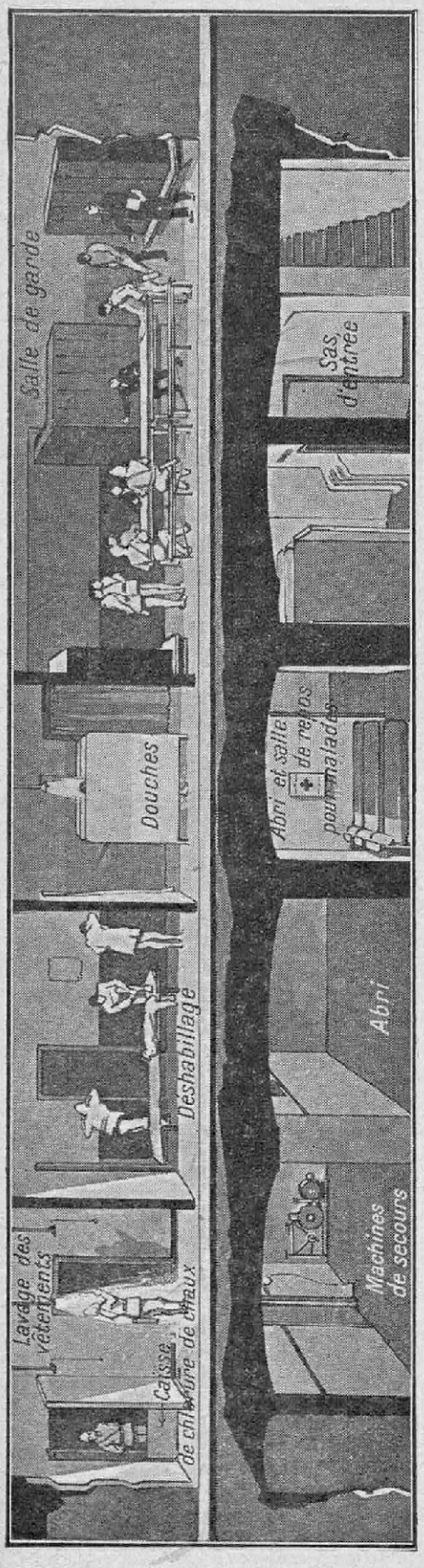


FIG. 14. — LES ÉQUIPES DE DÉSINFECTION DOIVENT, APRÈS LEUR TRAVAIL, ETRE ELLES-MÊMES DÉSIMPRÉGNÉES

Les chaussures sont tout d'abord désinfectées par un passage dans une caisse contenant du chlorure de chaux. Les vêtements sont ensuite sommairement lavés. Après déshabillage, le personnel passe sous la douche, puis revêt des vêtements propres et attend dans la salle de garde... une nouvelle alerte.

Si l'immeuble n'est pas détruit et doit être réoccupé, la désinfection est plus complexe. Murs extérieurs et intérieurs, tapissés ou peints, planchers, meubles et articles de ménage seront désinfectés soit au chlorure de chaux, soit à l'hypo-Solvay, directement ou après un nettoyage au pétrole ou autres solvants, selon les matériaux traités.

Comment agissent les neutralisants ?

Nous avons mentionné dans cette revue rapide des travaux qui incombent aux équipes de désinfection, la ventilation, l'action du feu, de l'eau, du chlorure de chaux, etc. C'est qu'en effet les procédés de désinfection sont fondés sur les propriétés physiques ou chimiques des toxiques.

Du point de vue physique, nous savons — c'est une méthode de détection — que les gaz de combat sont détruits par pyrogénation, les produits de combustion étant dispersés par le vent. De même, certains solvants organiques, comme le pétrole, l'essence, l'alcool, etc., ou mieux le tétrachlorure de carbone ininflammable, permettent d'extraire les toxiques qui imprègnent les objets. Ajoutons la formation d'émulsions avec certains savons spéciaux (de résine, etc.), qui accélère l'action postérieure des neutralisants, et l'absorption par des corps poreux (terre, cendres, coke, sable, sciure de bois, charbon de bois) pour étancher les flaques ou les grosses gouttes de toxiques.

Du point de vue chimique, les agents neutralisants sont nombreux et agissent sur les produits agressifs par leur acidité, leur alcalinité, leur pouvoir réducteur, oxydant, chlorurant, oxydochlorurant, ou par hydrolyse.

Le chlorure de chaux, que l'on rencontre à la base du traitement des terrains, des immeubles, des vêtements protecteurs, des chaussures, etc., agit à la fois par ses propriétés oxydantes et chlorurantes. Il détruit un grand nombre de produits agressifs, et notamment les vésicants. Malheureusement, il se conserve mal. Même dans des récipients étanches, la perte en chlore actif est rapide si la température dépasse 20° C.

Aussi utilise-t-on également des hypochlorites de calcium à haut titre (Perchloron, Jav, Javelithe, Siclor, Caporit, Perfix, etc.), relativement stables et solubles dans l'eau, ce qui permet leur emploi dans des appareils pulvérisateurs.

L'eau de Javel, oxydante et chlorurante, possède, quoique à un moindre degré, les mêmes propriétés que le chlorure de chaux.

Son action peut être accélérée par addition de produits émulsifs. Elle peut être utilisée pour la désinfection des linges, des literies, des parois, des planchers, des meubles, etc.

En ce qui concerne l'hydrolyse, ou décomposition par l'eau, nous l'avons signalée à propos de la détection. Très lente à froid, elle s'accélère sous l'action de la chaleur. La vapeur d'eau notamment, utilisée en étuves avec ou sans pression, sert au traitement des tissus.

(27 044)

FIG. 15. — LES OBJETS SOUILLÉS PAR UN VÉSICANT (YPÉRITE) SONT DANGEREUX

Avant d'être transportés pour être détruits ou neutralisés, les objets tels que les éclats de bombe, etc... sont saisis avec précaution au moyen de pinces.

D'une manière générale, les méthodes les plus simples et les plus rapides, et s'appliquant au plus grand nombre de produits, sont de préférence utilisées. Le grand intérêt présenté par la rapidité, surtout lorsque l'on se trouve en présence de vésicants qui risquent d'imprégner les terrains, les objets, les vêtements, et sont ensuite difficiles à éliminer, fait que l'on s'adresse surtout au chlorure de chaux répandu, soit au moyen de pelles trouées ou de cribles, soit au moyen d'engins mécaniques saupoudrant la chaussée. Quant au lavage qui doit suivre, il est effectué, à Paris, par les arroseuses-balayeuses municipales qui fournissent l'eau sous pression sans qu'il soit nécessaire d'approcher, de dérouler et de mettre en batterie de longs tuyaux. Chaque arroseuse est pourvue d'une remorque pour le transport du matériel et du personnel de l'équipe de désinfection. Des camions sont spécialement aménagés pour amener à pied-d'œuvre les renforts en matériel et en personnel qui pourraient être nécessaires.

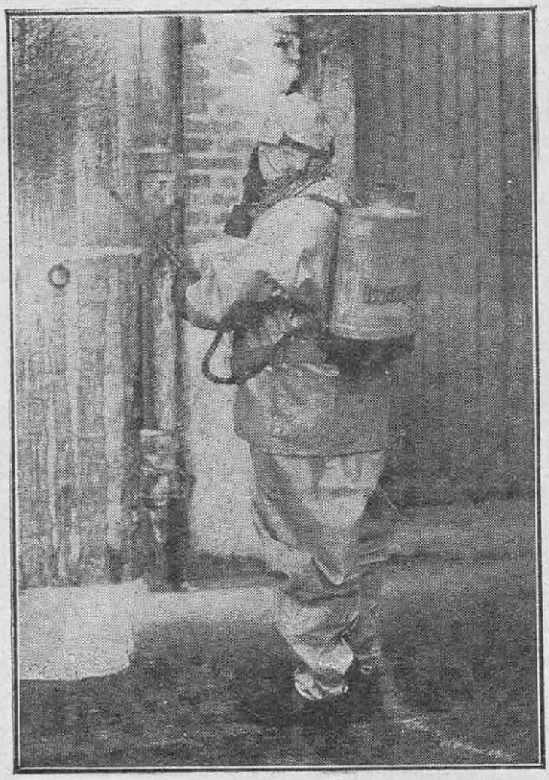
Une équipe mobile de désinfection est prévue par 10 000 habitants. Elle agit en liaison avec le service de détection, qui détache un détecteur compétent auprès de chaque équipe pour les conseiller et s'assurer de l'efficacité de la désinfection, et avec les services sanitaires, en particulier avec les équipes de premier secours.

Nous trouvons également une station de désinfection par 10 000 habitants. Elle a pour mission de désinfecter les effets d'habillement des vésiqués et tous les objets qui ne peuvent être traités sur place. Le chlorure de chaux ne peut être utilisé pour les étoffes dont il attaque les fibres. On peut soit les suspendre à l'air libre, secs ou mouillés (procédé long), soit les laver à l'eau froide

ou mieux chaude (une ébullition d'une heure est efficace ; mais, pour la laine, qui ne supporte pas plus de 50° C, on la chauffe pendant une heure avec une solution de carbonate de soude à 0,5 %, puis on rince avec de l'eau à 50° C). On utilise également des étuves en prenant soin de neutraliser la vapeur qui, à la sortie de l'appareil, renferme un peu de toxique.

Quant aux vêtements spéciaux de protection des désinfecteurs et aux outils, ils sont d'abord lavés sommairement dès la fin du travail, et arrosés, ainsi que les bottes et les gants, avec du chlorure de chaux. Leur désinfection s'effectue ensuite par arrosage à l'alcool méthylique, trempage dans des solutions faibles d'hypochlorite et rinçage à l'eau tiède.

Enfin, un parc central de désinfection dans les villes de plus de 100 000 habitants centralise et entretient l'outillage et dispose de réserves de personnel et de matériel.



(27 046)

FIG. 16. — DÉSINFECTION D'UNE FAÇADE D'IMMEUBLE PAR PULVÉRISATION AU MOYEN D'UN « VERMOREL » DE MÉLANGE « HYPOSOLVAY » OU DE « FOIE DE SOUFRE »

Peut-on récupérer les aliments souillés par les gaz de combat ?

Il va de soi que, tout d'abord, des précautions doivent être prises en vue de protéger les denrées alimentaires, précautions qui varient selon le péril à éviter (incendie, produits toxiques), la nature des aliments, le lieu où ils se trouvent.

Aussi a-t-on envisagé la *protection collective* dans les usines de fabrication de produits d'épicerie, de conserves, etc., dans les centres de production de viande, pour les farines, les liquides et notamment l'eau, dans les dépôts, dans les centres de vente et de consommation, dans les abris, au cours des transports, et la *protection individuelle* au sujet de laquelle de nombreux conseils ont été donnés par les services compétents (enveloppes rigides, en bois ou en métal, ou souples : toiles imperméabilisées, feuilles de cellophane, papier sulfurisé, etc.).

Il n'en demeure pas moins qu'au cours d'une attaque par gaz de combat, la pollution des denrées insuffisamment protégées est toujours à redouter.

Les produits agressifs agissent, en effet, sur elles physiquement ou chimiquement.

Ainsi, les gaz de combat, peu solubles dans l'eau en général, voient leur dissolution favorisée par les produits d'hydrolyse formés et se dissolvent rapidement dans les graisses solides ou liquides. En outre, le phénomène d'adsorption, utilisé dans les masques filtrants, retient les gaz dans les pores de certains aliments, de même que l'adhésion à la surface de certains légumes est à craindre.

Chimiquement, nous retrouvons l'hydrolyse qui donne avec le phosgène, le diphosgène et l'ypérite des produits non toxiques, mais avec les arsines des composés très dangereux.

Dans la zone d'action des gaz de combat, toutes les denrées alimentaires sont *a priori* suspectes. Un contrôle chimique rigoureux, voire même une minutieuse expérimentation physiologique, doit s'exercer avant l'utilisation de ces denrées.

Celles qui sont reconnues impropres à la consommation sont dénaturées (matières colorantes, pétrole, chlorure de chaux, etc.), puis détruites, à moins qu'elles ne puissent servir à des usages industriels (farines pour la distillerie, graisses pour savonnerie, etc.). Leur expédition doit être effectuée dans des emballages et des véhicules de transport portant une marque très apparente en vue de signaler le danger.

D'autres, imprégnées de toxiques fugaces comme le phosgène, peuvent être « dégazées » par aération prolongée jusqu'à disparition

de toute odeur. L'acide cyanhydrique peut être également éliminé. Toutefois, le lait, l'eau retiennent ce produit et ne doivent pas être consommés. La récupération des denrées souillées par l'ypérite est très difficile, et mieux vaut n'y pas songer. L'ébullition prolongée ne suffit pas et une hydrolyse complète exige une ébullition de plusieurs heures qui rend l'aliment non consommable. Il en est de même *a fortiori* des arsines, dont les produits d'hydrolyse sont très toxiques. Ainsi l'herbe des prés souillée par des arsines demeure toxique pendant plusieurs mois.

Enfin, bien qu'en principe les conserves non ouvertes paraissent intactes, il ne faut pas oublier que l'attaque du fer-blanc peut provoquer des piqûres par où risque de pénétrer le gaz nocif. Dans tous les cas, il est recommandé de procéder à une désinfection superficielle des boîtes soit par lavage et rinçage (cas des toxiques fugaces) soit par trempage dans du chlorure de chaux.

On a beaucoup parlé de l'alimentation en eau des agglomérations. Effectivement, une eau qui a subi le contact de gaz de combat est dangereuse. Dans les villes, le service de détection signale au moyen de matières colorantes (bleu de méthylène, fluorescéine) les eaux contaminées. Une eau souillée d'arsines ne peut être épurée. Une eau ypéritée maintenue à l'ébullition pendant 30 mn devient inoffensive pour l'organisme. Toutefois, elle est pratiquement « imbuvable » par suite de son odeur et de son goût écœurants et ne peut être utilisée que pour les lavages. Aussi les précautions indispensables à l'alimentation de la population sont-elles prises même avant toute attaque et une distribution d'eau potable prévue au moyen de véhicule-citernes.

Le problème de la désinfection apparaît donc comme l'un des plus complexes de la défense passive. Si une nation qui a recours à la guerre chimique se met elle-même au ban de l'humanité, les pays qui se conforment aux règles internationales de la guerre ne sont pas pris au dépourvu devant une telle éventualité. Détection, protection, désinfection, sans parler des soins aux blessés et aux gazés, ont reçu des solutions susceptibles de diminuer dans des proportions considérables le danger des gaz de combat.

JEAN MARCHAND.

Le rôle du manganèse dans l'industrie du fer, et s rtout des aciers fondus, donne aux minerais de manganèse une importance stratégique considérable. On sait que, tant dans le procédé Bessemer que dans le procédé Martin, et même dans l'électrométallurgie, l'addition de spiegels (fonte blanche à 20 % de manganèse) ou de ferromanganèse (alliages à 30-80 % de manganèse) est absolument indispensable : le manganèse agit à la fois comme désoxydant et comme désulfurant, il rend le métal malléable en le débarrassant des inclusions d'oxyde ou de sulfure ; de plus, de nombreux aciers spéciaux contiennent des proportions non négligeables de manganèse ; le manganèse est également indispensable pour d'autres fabrications : désoxydant et désulfurant dans l'industrie du cuivre et dans celle du nickel, obtention de bronzes d'aluminium ou de silicium manganèsifères résistant à la corrosion, notamment par l'eau de mer, etc., etc. On comprend ainsi facilement que la consommation d'un grand pays industriel comme l'Allemagne atteigne, en temps de paix, 400 000 ou 500 000 t de minerai, constitué en général par le bioxyde ou pyrolosite.

D'où venait ce minerai ? Une grande partie était importée d'outre-mer, et surtout de l'Afrique du Sud ou des Indes anglaises. La Russie, grosse productrice, exportait avant la guerre un million de tonnes de minerai, mais une faible partie seulement était dirigée vers l'Allemagne (moins de 100 000 t). Il semble que les Allemands fondent aujourd'hui de larges espoirs sur l'exploitation intensive du minerai russe. Mais celui-ci vient surtout de l'Oural, et l'insuffisance des moyens de transport terrestres en Russie rend bien improbable que l'Allemagne puisse recevoir, outre les vivres, les laines, le lin, etc., qu'elle espère tirer de l'U. R. S. S., le manganèse qui lui est indispensable.

L'Allemagne a, il est vrai, mis la main sur les gisements tchécoslovaques, mais ceux-ci ne produisaient guère que 100 000 t de minerai pauvre.

Il semble donc difficile que l'Allemagne réussisse à se procurer cette matière première essentielle en quantités réellement suffisantes.

LE PROJECTILE « A TUER » : DE L'OBUS A BALLES A LA BOMBE D'AVION

Par Camille ROUGERON

Le projectile destiné à agir contre le personnel a subi, depuis quelque vingt-cinq ans, une évolution profonde. Après l'obus à balles fusant de 1914, dont le rendement était déjà très supérieur à ce point de vue à celui de l'obus explosif percutant, mais auquel la fortification de campagne même très sommaire apporta immédiatement la parade, l'un des enseignements de la guerre de 1914-1918 fut l'efficacité, d'une part, du projectile à fusée instantanée, tiré sous de grands angles, d'autre part, de la bombe d'avion de profil aérodynamique. C'est pourquoi de nombreuses armées ont développé depuis lors les mortiers de tranchée et d'accompagnement à âme lisse, à tir vertical et à projectile stabilisé par empennages, auquel le poids élevé d'explosif et la forme biogivale confèrent un rendement sensiblement accru contre les combattants non protégés. Le projectile d'artillerie, pour cette utilisation particulière contre le personnel, s'apparente ainsi à la bombe explosive d'avion qui demeure cependant, à la fois du point de vue forme, teneur en explosif et angle de chute, de beaucoup le plus efficace des projectiles « à tuer ».

Bien des siècles avant qu'apparût l'arme à feu, les hommes se lançaient déjà par des moyens divers des projectiles explosifs pour s'entre-tuer. La découverte des effets explosifs de la poudre est, en effet, très antérieure à la découverte de ses effets propulsifs et, parmi les divers engins chargés de l'un des produits que l'on confond sous la dénomination commune de « feu grégeois », les effets mécaniques de l'explosion sur le personnel voisin l'emportaient souvent sur les effets incendiaires. Le « feu » grégeois ne tirait pas son nom de son aptitude à consumer un navire ou une tour en charpente, ce que la poix faisait tout aussi bien, c'était le globe des flammes qu'une troupe voyait brusquement surgir au milieu d'elle, abattant pour toujours un homme à vingt pas.

Il ne suffit pas de remplir d'explosif un récipient plus ou moins résistant et de le munir de quelque mécanisme ingénieux destiné à en provoquer le fonctionnement pour en obtenir un rendement convenable dans le tir « à tuer ». Ce qui peut convenir pour perforer un blindage, désagréger le béton d'un abri, abattre les murs d'une cave, n'aura qu'un effet négligeable sur l'homme à l'air libre. Ce qui donne le rendement le meilleur contre le personnel à découvert en terrain dégagé sera un gaspillage de métal et d'explosif contre le même personnel abrité derrière un arbre, dans un trou d'obus ou une ligne de tranchées.

En cette matière comme en toutes autres, le progrès est indéfini. Le progrès, ce n'est pas ici le petit gain d'un rendement qui tend asymptotiquement vers une limite infranchissable : pendant les vingt-cinq dernières années, le projectile contre le personnel a fait plus de progrès qu'il n'en avait réalisé aux cours des siècles précédents. Le progrès, ce n'est pas davantage l'application régulière à la technique militaire des résultats obtenus par les autres techniques à mesure qu'ils apparaissent : ce que l'on peut obtenir de la penthrite, des aciers au tungstène ou des laitons au glucinium n'est rien à côté de quelques principes d'organisation du projectile qui apparaissent d'autant plus élémentaires et évidents que leur découverte est plus tardive.

Avant 1914

Le gros progrès du projectile contre le personnel avant 1914 a été l'emploi de l'obus à balles fusant.

Le tir de l'obus à balles fusant reprenait l'idée de la boîte à mitraille efficace jusqu'à quelques centaines de mètres des pièces, en expédiant à quelques kilomètres un véritable petit canon constitué par le corps du projectile, rempli de balles en plomb durci, qui en étaient expulsées à l'éclatement par une charge de poudre mélangée aux balles ou disposée à l'arrière.

En tir tendu, la gerbe de balles balayait le terrain sous un angle de chute faible et restait efficace jusqu'à grande distance de l'éclatement.

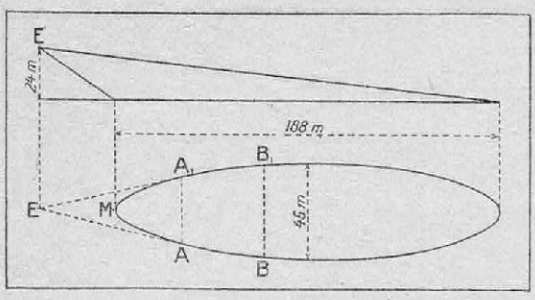


FIG. 1. — TIR FUSANT D'UN OBUS A BALLES

A l'instant de l'éclatement, déterminé par le débouchage de la fusée, la charge de poudre contenue dans le corps chasse les balles vers l'avant sans fragmenter ni ouvrir le corps du projectile qui fonctionne comme un véritable petit canon. Les balles se répartissent en une gerbe couvrant une vaste zone. Si tout le métal du projectile n'est pas utilisé, puisque le corps retombe non fragmenté, l'énergie totale (poudre plus énergie cinétique du projectile) est tranférée aux balles. Le corps projeté sur l'arrière par la poudre pendant que les balles sont envoyées vers l'avant, perd, en effet, à peu près sa vitesse restante au profit de celles-ci. La figure donne les dimensions de la gerbe dans le cas du tir d'un obus à balles de 155 mm, tiré à la charge 0, éclatant à la hauteur la plus convenable pour la distance de 6 000 m. La zone battue est une ellipse de 45 m × 188 m. La moitié des balles se trouve dans la zone M A A_1 ; *les 5/6 dans la zone* M B B_1.

Ce fut le rendement de ce tir fusant, très supérieur contre le personnel à celui du tir percutant, qui obligea à chercher abri dans la fortification de campagne, beaucoup plus encore que le tir du fusil à répétition, ou le tir des armes automatiques, que l'on ignora presque complètement jusqu'en 1914.

Le tir fusant réagit sur le matériel d'artillerie lui-même. Son efficacité poussait à l'abandon de l'obusier à tir courbe au profit du canon de campagne à tir tendu. C'est en vue du tir fusant qu'ont été établis le canon de 77 modèle 1896 de l'armée allemande, et, l'année suivante, le canon de 75 de l'armée française.

L'emploi du tir fusant marqua pendant quelques décades le triomphe de l'artillerie à tir tendu sur le champ de bataille. Malgré le nombre limité des pièces et l'approvisionnement modeste de coups dont elles disposaient en position de batterie, les tirs de « fauchage » fusants balayaient de vastes étendues de terrain qu'ils interdisaient aussi bien à l'assaillant qu'aux défenseurs non abrités. Dans les quelques occasions qu'elle eut de diriger ainsi son tir contre l'ennemi au cours de la retraite de Charleroi à la Marne, notre artillerie de 75 fit la pleine démonstration de la puissance de son feu.

Mais la parade, en situation défensive du moins, était facile et plus efficace encore : 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 reparaissait au créneau dès que le tir s'arrêtait. Tchataldja fut le triomphe de cette parade, et l'aveu de l'impuissance de l'artillerie de campagne à tir tendu à faire sortir un homme de son trou sans une débauche de projectiles percutants qu'on ne songeait pas alors à se permettre.

L'artillerie française était probablement la seule à avoir donné de ce problème une solution presque acceptable : le tir de l'obus explosif à ricochet avec fusée percutante à léger retard. En tir tendu, à courte distance, sur terrain horizontal, l'obus explosif ricochait et éclatait à faible hauteur au-dessus du sol, distribuant, outre quelques gros éclats d'ogive et de culot, une nappe d'éclats nombreux à grande vitesse dans un plan normal à la trajectoire. C'était le « coup de hache », dont l'effet sur le personnel était à peu près le même qu'il fût abrité ou non, mais qui restait évidemment très inférieur à celui du tir fusant contre personnel non abrité.

De 1914 à 1939

La guerre de 1914 fut l'occasion de progrès d'une importance extrême auxquels on n'a pas toujours prêté l'attention voulue

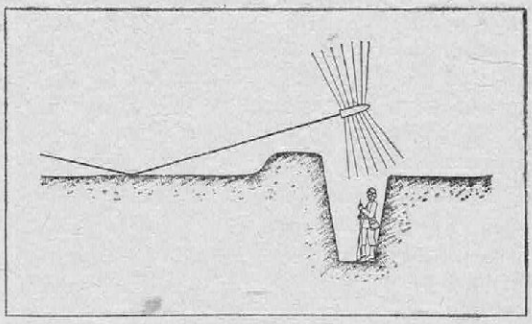


FIG. 2. — LE « COUP DE HACHE » DE L'OBUS EXPLOSIF APRÈS RICOCHET

L'obus explosif tiré aux courtes distances, donc aux faibles angles de chute, et muni d'une fusée à retard, ricoche avant d'exploser. Les gros éclats d'ogive et de culot sont projetés au loin sans grands résultats. Les éclats provenant du corps sont projetés transversalement à très grande vitesse et peuvent atteindre le personnel abrité dans la tranchée au-dessus de laquelle ils éclatent, et qui serait parfaitement à l'abri d'un tir fusant par obus à balles.

en dehors d'un cercle étroit de spécialistes. Le grand public et nombre de militaires s'attachaient beaucoup plus à l'aspect quantitatif du problème des destructions par l'artillerie qu'à son aspect qualitatif.

La solution française du tir à ricochet d'obus explosifs échoua, non sans avoir prouvé, techniquement, sa puissance contre le personnel abrité dans la plupart des conditions pour lesquelles elle avait été étudiée. On eut, en effet, des exemples, dès août 1914, de colonnes entières détruites dans des chemins creux où elles s'étaient abritées, et l'on ne peut oublier, aux débuts de la guerre de tranchées, lorsque l'infanterie allemande ne disposait pas encore d'abris enterrés, les pertes qu'elle subit sous le feu de notre artillerie.

Quelles furent les causes de l'échec ?

Tout d'abord, la solution du tir à ricochet n'avait pas le caractère de généralité indispensable.

Elle ne s'appliquait qu'au tir à courte distance. En dehors de limites étroites pour l'angle de chute, le projectile pénétrait dans le sol au lieu de ricocher, et, le retard de la fusée aidant, l'effet était à peu près nul. Or, dans bien des cas, il était difficile de se mettre en batterie à 2 500 ou 3 500 m de la ligne de tranchées à battre. L'emplacement de cette ligne sur une pente orientée vers les batteries conduisait au même résultat. Enfin, souvent, c'est l'infanterie française elle-même qui obligeait l'artillerie à prendre position à distance ; dans le cas de lignes trop rapprochées, le tir tendu distribuait presque également ses effets sur les troupes amies et ennemies.

Le tir à ricochet, comme tout autre tir tendu, ne s'appliquait pas davantage aux objectifs fortement défilés. On essaye quelquefois de réduire l'importance de cette objection en soutenant qu'en terrain moyen, elle n'exclut du champ de tir possible qu'une zone totale d'étendue restreinte. Mais l'ennemi, malin, découvre vite où il est en sûreté ; il en profite pour s'y organiser.

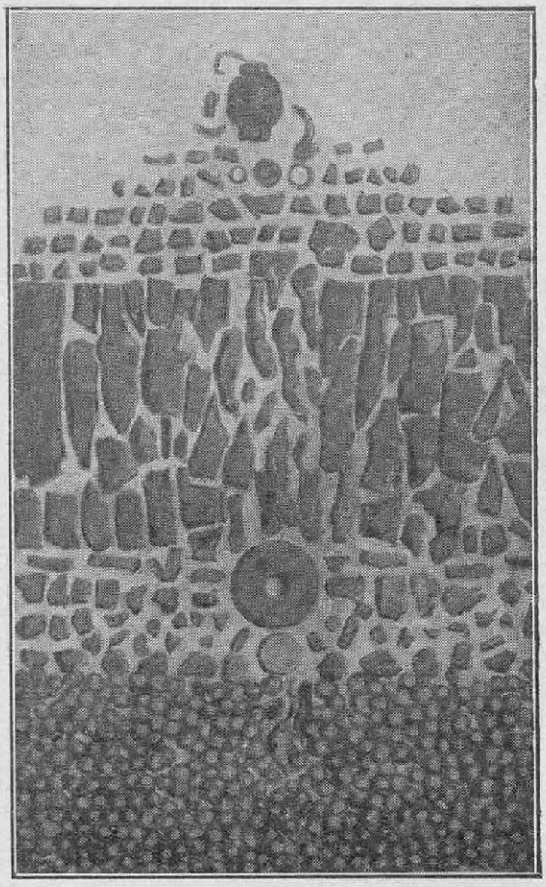


FIG. 3. — EXPLOSION D'UN OBUS A BALLES

On a recueilli, après l'avoir fait fonctionner en chambre blindée, ce qui reste d'un obus à balles. On retrouve, en haut, à peine fragmentées, les parois latérales du corps qui fonctionne en canon, et, en bas, les balles projetées à grande vitesse dans le prolongement de la trajectoire.

Dans de nombreux cas où le tir à ricochet remplissait très correctement son rôle contre le personnel en tranchée, notre infanterie restait arrêtée par les réseaux non détruits que battait une mitrailleuse ou quelques fusils en deuxième ligne. Ce n'est pas que le projectile de 75 ne fût apte à détruire les réseaux aussi bien que le personnel en tranchée, mais il y fallait une autre méthode de tir, avec fusée adaptée ; le tir à ricochet ne convenait certainement pas.

L'artillerie allemande n'était guère plus avancée.

En tir fusant, son projectile de 77, comme ses projectiles d'artillerie lourde, n'avaient pas plus d'effet que nos 75 fusants contre le personnel abrité.

En tir percutant, ce même projectile, à très faible charge d'explosif, sans l'appoint du tir à ricochet, était infiniment moins efficace que notre projectile explosif de 75.

Il lui restait la ressource du projectile explosif percutant de ses obusiers et de son artillerie lourde, parfaitement capable de niveler des tranchées ou de faire brèche dans un réseau, mais qui, employé contre le personnel, était très loin du rendement d'un projectile spécialement adapté.

Pendant des années, les adversaires échangèrent des tonnages croissants de projectiles, détruisant de plus en plus complète-

ment des positions de mieux en mieux organisées. La destruction n'épargnait évidemment pas le personnel qui s'y trouvait, encore qu'il apprit très vite à se protéger en abri souterrain, mais aucun progrès notable n'était à signaler dans le projectile destiné à la destruction du personnel.

Ce n'est que vers 1917 qu'apparut dans l'armée française l'emploi du projectile à fusée instantanée tiré sous grand angle de chute. La fusée instantanée, et même au début allongée, avait pour effet de faire éclater le projectile avant qu'il eût pénétré dans le sol. Les éclats d'ogive s'enfonçaient dans la terre, les gros éclats de culot, projetés en l'air, retombaient sans être guère plus dangereux. Mais la nappe d'éclats provenant des parois latérales balayait le sol d'autant plus efficacement que l'axe du projectile était plus près de la verticale.

Contre le personnel non abrité, le résultat était supérieur à celui du même projectile explosif tiré à ricochet. La méthode s'adaptait très bien au tir lointain, au tir contre objectif fortement défilé, au tir sur position très voisine des lignes amies. Le tir était parfaitement efficace contre les réseaux.

Contre le personnel abrité, en tranchée, les seuls coups efficaces étaient ceux qui atteignaient la tranchée même, comme d'ailleurs les seuls coups efficaces en tir à ricochet étaient ceux qui éclataient au-dessus. Mais le projectile à fusée instantanée tombant en tranchée balayait le personnel dans la limite de deux pare-éclats, quand le même coup avec fusée à léger ou grand retard se bornait le plus souvent à le couvrir de terre.

Le deuxième progrès important introduit au cours de la guerre de 1914-1918 fut l'œuvre de la bombe d'avion. Après avoir lancé au début de simples projectiles d'artillerie munis d'un empennage de fortune, l'aviation de bombardement entreprit d'avoir ses projectiles à elle et leur donna la forme aérodynamique du corps de moindre résistance. Cette forme n'avait certainement aucun intérêt aux vitesses d'avions et aux altitudes de lancement en usage alors ; il n'est même pas bien sûr, aujourd'hui encore, que ses avantages compensent ses inconvénients. Mais il se trouva que la forme nouvelle présentait, au point de vue de son efficacité contre le personnel, une supériorité très nette sur la forme cylindrique, supériorité que l'on n'avait certainement pas cherchée et dont nous exposons plus loin la raison.

La même forme fut reprise, cette fois avec quelque justification d'ordre aérodynamique, pour les projectiles stabilisés par empennage tirés dans les mortiers de tranchée et les mortiers d'accompagnement à âme lisse. Le développement de ces matériels est d'ailleurs surtout une œuvre d'après-guerre, et l'efficacité de leurs projectiles est, au même titre que leur précision, une des raisons principales de leur succès actuel.

Les facteurs d'efficacité du projectile contre le personnel

Le premier de ces facteurs est évidemment la *teneur en explosif*, à brisance donnée de celui-ci.

Il y a évidemment une teneur optimum. S'il n'y a que très peu d'explosif, on obtient seulement quelques gros éclats à faible vitesse, en nombre insuffisant pour leur efficacité globale. S'il y a trop d'explosif dans une paroi trop mince, on obtient une multitude d'éclats à grande vitesse, mais leurs dimensions trop faibles les empêchent de la conserver et ils n'ont aucune efficacité à quelque distance.

Le premier cas est celui des projectiles des canons allemands qui tiraient sur Paris en 1918, et qui ne pouvaient pas avoir la teneur en explosif convenable pour une double raison : résistance mécanique du projectile dans l'âme, conservation de leur vitesse sur long parcours. Leur rendement s'en ressentait ; ils n'avaient pas grand effet.

Le deuxième est celui de notre grenade d'infanterie dite O. F. (grenade offensive), à laquelle on a précisément donné une paroi en fer-blanc mince pour éviter les éclats en retour sur le personnel qui s'en sert en combat rapproché. Son efficacité est limitée au voisinage immédiat du point de chute.

Si évidemment nécessaire que paraisse la détermination de la teneur optimum d'explosif d'un projectile, l'artillerie allemande n'avait attaché aucun intérêt à cette question dans l'établissement du projectile explosif de 77 qu'elle employait en 1914. C'est la très faible teneur d'explosif de ce projectile qui explique son efficacité réduite. C'est la teneur très convenable de notre projectile explosif de 75, près de quatre fois plus forte, qui explique son efficacité élevée. La supériorité du 75 sur le 77 était avant tout une supériorité de projectile.

Même aux pressions modérées en usage dans l'artillerie de campagne, la teneur en explosif est limitée à une valeur inférieure à la teneur optimum par la condition de résistance mécanique du projectile dans l'âme. C'est une des causes de supériorité

du mortier d'accompagnement, qui tire à une pression cinq ou six fois plus faible, de pouvoir employer un projectile à teneur en explosif plus voisine de l'optimum. C'est également une des causes de l'efficacité encore supérieure de la bombe d'avion contre le personnel de ne dépendre en rien de l'engin qui la lance, quant à la répartition du métal et de l'explosif.

L'une des erreurs les plus répandues dans l'appréciation du rendement consiste à classer les matériels d'après le *poids des projectiles* qu'ils tirent. « Vous avez des pièces de 24 et de 18, disait déjà Napoléon, et vous vous croyez inexpugnables. Les gens du métier vous diront que de bonnes pièces de 4 et de 8 font autant d'effet pour la guerre de campagne et sont préférables, sous bien des points de vue, aux gros calibres. »

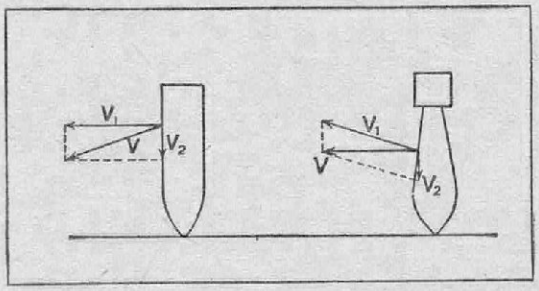


FIG. 4. — RÉPARTITION DES ÉCLATS D'UN PROJECTILE CYLINDRO-OGIVAL ET D'UN PROJECTILE BIOGIVAL

La vitesse V de l'éclat est la résultante d'une vitesse V_1 imprimée par l'explosion, à peu près normale à l'élément de paroi qui donne naissance à l'éclat, et de la vitesse restante V_2 du projectile. La vitesse V_1 est de l'ordre de 1 000 à 1 200 m/s, la vitesse V_2, très variable suivant le canon et la portée, de l'ordre de quelques centaines de mètres-seconde. Dans le cas du projectile cylindro-ogival, projectile habituel des canons rayés, on voit que la nappe d'éclats, qui est horizontale dans l'explosion au repos, est rabattue vers le sol par la vitesse restante dans un espace de quelques mètres carrés. Dans le cas du projectile biogival, bombe d'avion ou projectile de mortier à âme lisse stabilisé par empennage, la vitesse restante ramène au contraire à l'horizontale la nappe d'éclats conique qui serait projetée vers le haut dans l'éclatement au repos, au grand bénéfice de l'efficacité à une certaine distance du point d'impact.

Lorsqu'il s'agit de perforer un blindage, de détruire un ouvrage en béton, d'atteindre un abri profondément enterré, de tirer à grande distance, le gros calibre est indispensable. Lorsqu'on veut tuer du personnel en terrain découvert ou à l'abri dans une simple tranchée, le gros calibre est un gaspillage. Pris individuellement, le projectile de gros calibre fait certainement un effet supérieur au projectile de petit calibre. Mais les munitions se payent au kilogramme et non à la pièce. Il faut se demander si l'on n'obtiendrait pas un résultat global supérieur avec un même poids total de projectiles de poids unitaire plus faible. Il ne faut pas confondre l'efficacité absolue et « l'efficacité spécifique ».

Sur terrain nu et horizontal, contre personnel non abrité, l'expérience la plus simple et la plus ancienne montre que l'efficacité spécifique croît à mesure que diminue le poids unitaire. Pour des projectiles semblables, à même teneur d'explosif, la vitesse des éclats est à peu près indépendante du poids unitaire ; les éclats du gros projectile portent plus loin parce que plus gros, mais le supplément de portée ne compense pas la réduction du nombre.

Contre du personnel abrité en tranchée, ou en terrain bouleversé par l'artillerie, l'expérience n'est même pas nécessaire. La grenade d'infanterie, tombant dans un trou d'obus où sont terrés trois fantassins, suffit à les tuer. A quoi bon les réduire en bouillie par un projectile de 105 qui n'aurait aucun effet contre ceux qui s'abritent dans les trous d'obus voisins, si, pour le poids de ce projectile, on peut lancer 30 grenades ?

Tel est bien le principe du rendement supérieur de la grenade partout où on peut l'employer, qu'on la lance à la main, ou à l'aide du fusil, ou au moyen d'un lance-grenades.

C'est le même principe qui fait le rendement élevé des différents types de mortiers d'accompagnement qui, n'ayant à tirer qu'à courte distance, peuvent employer, avec un bon rendement balistique, des projectiles de poids faible. Le projectile normal du mortier de 81 ne pèse guère que 3 kg, soit deux fois moins que le projectile des canons de 75 ou de 77 ; le projectile du mortier de 60 est deux fois plus léger encore.

C'est un autre avantage de l'avion de pouvoir faire appel dans la plupart des cas, c'est-à-dire dans tous ceux où il ne lance pas à haute altitude contre un objectif de faible étendue, à des bombes de poids unitaire aussi faible qu'on le désire. Contre le personnel, la bombe d'avion de rendement le meilleur n'est pas la bombe de 50 à 500 kg employée contre le matériel ; c'est la gamme des bombes qui vont de la bombe de 10 kg à la grenade de 500 g, dont sont munies aujourd'hui toutes les aviations.

Tout projectile percutant de forme allongée, projectile cylindrique stabilisé par rotation, projectile biogival empenné du mortier lisse, bombe d'avion, a un rendement d'autant plus élevé que l'*angle de chute* est plus grand. Ce principe a été longtemps aussi méconnu que les autres. « Certains qu'un obus donné, armé d'une fusée instantanée donnée, produit des gerbes d'autant plus efficaces que l'angle d'arrivée est plus grand, nous avons passé presque toute la durée de la guerre à l'employer sous de faibles angles (1) »

Le projectile à axe horizontal ou voisin de l'horizontale distribue, en effet, ses éclats les plus dangereux, ceux de ses parois latérales, dans un plan voisin de la verticale. La moitié de ces éclats s'enfonce aussitôt dans le sol ; presque toute l'autre moitié est projetée en l'air et retombe avec une vitesse insuffisante pour une blessure grave. Seuls ceux qui sont projetés au voisinage de l'horizontale peuvent avoir quelque effet à distance, mais cette zone dangereuse est limitée au voisinage de la normale à la direction d'arrivée du projectile.

Au contraire, le projectile qui éclate avec son axe voisin de la verticale distribue dans toutes les directions les éclats de ses parois latérales. Il balaye efficacement, et d'une façon à peu près homogène, les environs du point d'éclatement.

Ce mode d'action du projectile suppose évidemment l'emploi d'une fusée instantanée, c'est-à-dire dont le retard est nettement inférieur au millième de seconde, pour que le projectile ait éclaté alors que l'ogive ne s'est encore enfoncée que de quelques centimètres dans le sol. Au contraire, le projectile éclatant après ricochet pouvait s'accommoder d'une fusée avec retard de l'ordre du centième de seconde.

C'est le plus grand angle de chute qui est l'un des facteurs principaux de supériorité des projectiles de mortiers d'accompagnement, dont l'angle de tir est toujours supérieur à 45°, par rapport aux projectiles des canons et obusiers dont l'angle de tir est inférieur à 45°. C'est le même facteur qui joue, plus encore, en faveur de la bombe d'avion destinée à agir contre le personnel, dans tous les cas au moins où la bombe est lancée à haute altitude.

La forme du projectile est d'une importance comparable à sa position.

Lorsqu'un projectile cylindro-ogival arrive au sol dans la position voisine de la verticale la plus favorable à son efficacité, les éclats sont projetés par l'explosion à peu près normalement à l'élément de paroi d'où ils proviennent.

Leur vitesse absolue est donc la résultante de la vitesse qu'ils prennent ainsi sous l'effet de l'explosion et qui dépasse, en général, 1 000 m/s, et de la vitesse restante du projectile qui est de l'ordre de quelques centaines de mètres à la seconde.

Cette composition de vitesses ne modifie en rien l'effet utile, ou plutôt inutile, des éclats d'ogive qui s'enfoncent simplement un peu plus profondément dans le sol au point d'impact. Rien n'est changé non plus au rôle des éclats de culot, qui partent simplement en l'air avec une vitesse moindre, et retombent avec une vitesse encore plus insuffisante à produire la blessure grave. Mais l'effet néfaste est celui de la vitesse restante

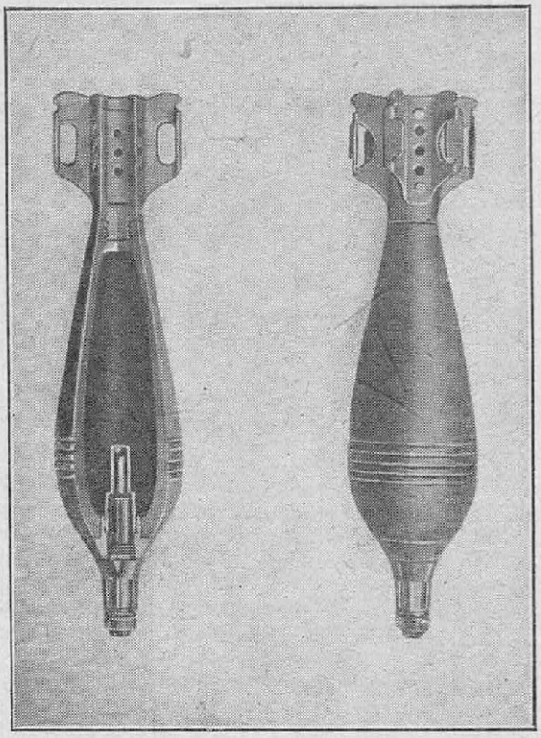


FIG. 5. — PROJECTILE BIOGIVAL POUR MORTIER D'ACCOMPAGNEMENT

Les deux vues, dont une en coupe partielle, se rapportent au projectile stabilisé par empennage tiré dans le mortier Brandt de 81 mm, qui est le matériel d'accompagnement de l'armée française et de plusieurs armées étrangères. L'effet principal contre le personnel est obtenu par l'arrière du projectile répartissant ses éclats en nappe horizontale sous l'effet combiné de la vitesse restante et de l'explosion.

(1) *L'évolution de l'artillerie pendant a guerre de 1914-1918*, par le général Gascouin.

sur les éclats efficaces, ceux des parois latérales. Au lieu d'être projetés horizontalement et de balayer ainsi une zone de terrain étendue, ils sont projetés vers le sol, où ils s'enfoncent dans un cercle dont le rayon est à peine quelques longueurs de projectile.

Si, au lieu du projectile cylindro-ogival stabilisé par rotation, qui est celui que tirent les canons rayés, on examine le rendement du projectile biogival aux formes aérodynamiques courantes, stabilisé par empennage et tiré dans les mortiers à âme lisse ou lancé d'avion, le résultat est tout différent. Les éclats de l'ogive avant sont bien encore expédiés au sol sous l'effet de la somme de la vitesse de l'explosion et de la vitesse restante. Mais les éclats de l'ogive arrière, qui seraient projetés dans une direction légèrement inclinée vers le haut si l'explosion avait lieu au point fixe, sont rabattus vers le sol par la vitesse restante et suivent une trajectoire dangereuse à peu près horizontale pour les valeurs moyennes des vitesses d'éclats et des vitesses restantes.

C'est, très probablement, la cause principale de l'effet puissant de ces projectiles dans l'emploi contre le personnel, effet qui avait déjà été observé dans le cas de la bombe d'avion dès 1915, et qu'on a pu constater à nouveau au cours des quelques guerres où l'on a employé depuis le mortier d'accompagnement.

L'effet de la bombe d'avion contre le personnel

Le combattant parvient très rapidement à une connaissance suffisante des principes de « défense passive » qui peuvent l'aider à s'abriter des projectiles. Les anciens, qui ont déjà connu le feu, forment les jeunes. L'instinct supplée le raisonnement. Même lorsque l'un et l'autre ne sont pas d'accord, le résultat reste assez bon. Soumis à un tir d'artillerie en rase campagne, le combattant sait très bien s'abriter dans les premiers entonnoirs pour se protéger des coups suivants. Même si la tranchée ne protège pas contre tous les coups, le fantassin qui vient de la creuser lui-même avec son outil portatif sous le feu d'une mitrailleuse, apprécie pleinement la valeur de l'abri qu'elle lui fournit.

FIG. 6. — EFFET DU RETARD DE LA FUSÉE SUR L'EFFICACITÉ DE L'OBUS EXPLOSIF PERCUTANT

La même photographie a permis de saisir deux coups de grosse artillerie arrivant simultanément et ne différant que par la nature du retard de la fusée. Sur le coup de gauche, avec fusée à très léger retard, presque tous les éclats restent enfouis dans le sol, à l'exception de quelques gros éclats de culot qui n'apparaissent d'ailleurs pas sur le cliché. Sur le coup de droite, muni d'une fusée instantanée et qui a donc éclaté alors qu'il se trouvait entièrement au-dessus du sol, on aperçoit distinctement la nappe de poussière de quelques dizaines de mètres carrés soulevée par les éclats qui atteignent le sol.

Le civil est plus difficile. Il a entendu parler de ces abris à l'épreuve de tous les types de bombes connus, où quelques mètres de béton vous protègent des plus gros projectiles, où centrales souterraines, ventilateurs et caisses filtrantes vous dispensent du port du masque, où des chambres de triage vous évitent le contact de quelque réfugié qui arrive souillé d'ypérite. En attendant cette réédition de la ligne Maginot à l'usage des arrières, il reste sceptique sur les vertus de la simple tranchée ou de la cave étayée qu'on lui offre. Jusqu'à ce que l'expé-

rience l'ait formé, il ne sera peut-être pas inutile d'essayer de dissiper ce scepticisme.

La bombe explosive, déclare l'affiche qui essaie d'inculquer aux populations quelques principes de défense passive, est le plus grave des dangers qui menacent le civil. C'est une affirmation qu'il faut prendre au sérieux. Des dizaines de milliers de civils polonais qui viennent de tomber sous les coups de l'aviation allemande, la plupart seraient encore en vie s'ils avaient réfléchi aux moyens de s'en prémunir.

La bombe explosive d'avion est actuellement, de beaucoup, le plus efficace des projectiles « à tuer ». Elle réunit au plus haut degré la teneur élevée en explosif, le faible poids unitaire (sous les formes les plus dangereuses qui sont la grenade et la bombe légère), la bonne présentation à l'arrivée au sol, la forme convenable à l'action à distance des éclats. Que le combattant de la dernière guerre, qui a vécu des journées sous le tir des 210 dans les champs d'entonnoirs et qui en est revenu, veuille bien ne pas mépriser la grenade dont pourrait l'arroser l'avion qui survole à 8 000 m les rues de la ville où il vaque aujourd'hui à ses occupations : tenu compte du projectile et du terrain, il se trouve en présence d'une arme d'efficacité cent fois supérieure.

Ce qu'il faut craindre avant tout et ce dont il faut se protéger, c'est la grenade ou la bombe légère. On ne nie pas les effets de souffle de la grosse bombe tombant au milieu d'une foule dense ; des centaines de Chinois ont été déchiquetés de la sorte à Shanghaï. Mais le souvenir des photographies de leurs débris amoncelés ne doit pas faire mépriser la grenade de 500 g dont les éclats filent en rasant le sol et vous tuent à 50 m du lieu d'une toute petite explosion. La bombe de 500 kg qui éclaterait sur les Champs-Elysées pulvériserait les passants sur quelques centaines de mètres carrés ; les mille grenades de 500 g de même poids total qu'on répartirait de l'Etoile au Rond-Point n'épargneraient pas grand monde.

Contre les éclats, la tranchée, même non couverte, est une protection excellente. Elle met à l'abri des éclats dangereux, ceux qui filent à grande vitesse à hauteur d'homme. Ceux qui retomberaient dans la tranchée, après avoir été expédiés en l'air, ne sont pas à craindre. Ils n'ont pas la vitesse suffisante pour être réellement dangereux.

Assurément, si la bombe ou la grenade tombent exactement dans la tranchée, elle y feront des dégâts. Les occupants n'en auront pas moins été protégés contre toutes celles qui seront tombés à 20 m de là et les auraient tués tout aussi bien. On a tort d'hésiter à s'entasser dans une tranchée en songeant aux ravages de la bombe qui atteindrait cette foule. Ayons plutôt la crainte des espaces libres où les éclats filent sans rencontrer d'obstacle. Contre eux, le cadavre du voisin est une excellente protection.

Lorsqu'on aura supprimé les neuf dixièmes des risques d'atteinte en s'abstenant de circuler à découvert sous les grenades ou les bombes, on pourra examiner les moyens d'éliminer les trois quarts des risques restants. A cet effet, les autorités recommandent de se réfugier dans les caves et, spécialement, dans les caves étayées. Les sceptiques ne manquent pas de sonder les étais et les poutrelles, d'affirmer que tout ça ne résisterait guère à une bombe de 500 kg, et de conclure que, tant qu'à mourir, il est plus agréable de le faire dans son lit que dans une cave.

Si l'affirmation est juste, la conclusion n'en est pas moins erronée. Dès l'instant où l'aviation de bombardement renonce à s'attaquer au personnel pour détruire les immeubles, soyons certain qu'elle a choisi le retard de ses bombes pour en tirer le meilleur profit. Elle l'aura réglé pour qu'elles éclatent après traversée des étages supérieurs, de manière qu'elles puissent abattre les immeubles voisins, et non pas pour qu'elles pénètrent jusque dans la cave où elles ne seraient guère efficaces que contre le seul immeuble atteint. Les photographies de pâtés d'immeubles à plusieurs étages écroulés en Espagne sous les coups des bombes nationalistes ne laissent pas de doute sur la nature du retard choisi et sur sa convenance.

La cave étayée n'a donc pas à résister à la traversée ou l'explosion au contact de la grosse bombe, mais à la chute des matériaux de l'immeuble. Ayons la même confiance dans les calculs et les essais des ingénieurs des Ponts et Chaussées qui ont réglementé les étaiements que dans ceux des ingénieurs militaires qui déterminent le retard optimum des fusées.

C. Rougeron.

LA SEROTHERAPIE DE LA « GANGRENE GAZEUSE » EST AUJOURD'HUI AU POINT

Par Jean LABADIÉ

Comme s'il ne lui suffisait pas d'être, en elle-même, le pire des maux, la guerre comporte l'aggravation d'un grand nombre des maladies qui guettent en permanence l'humanité. Autrefois, la peste, le choléra, le typhus ; naguère, la typhoïde ; hier, la grippe étaient quasi inséparables de l'état de guerre. Aujourd'hui, la prophylaxie scientifique entre en scène, à l'échelle même du problème qu'il s'agit de résoudre. C'est ainsi que la mortalité par les fièvres typhoïde et paratyphoïde s'est trouvée abaissée du taux de 118 pour 100 000 hommes aux armées françaises de 1914 à un taux rigoureusement nul dans les derniers mois de 1918. Ce résultat inespéré fut obtenu, en moins de six mois, par l'intervention du professeur Hyacinthe Vincent, dont la mission aux armées, pour l'application de sa vaccination antityphoïdique, commença juste à la fin de 1914. Une « infection », encore plus spéciale à la guerre que les précédentes, a été vaincue — moins aisément du reste, puisque la vaccination préventive à longue échéance, jusqu'à présent irréalisée, doit céder la place, en ce qui la concerne, à la sérothérapie curative ou immédiatement préventive. Il s'agit de la « gangrène gazeuse », infection des plaies traumatiques par les agents pathogènes « anaérobies », qui coexistent soit dans le terrain du champ de bataille, soit dans les vêtements ou même sur la peau du blessé dont les lambeaux se trouvent généralement entraînés par le projectile (ou ses éclats) jusqu'au plus profond de la blessure. Les résultats chimiques acquis dans la lutte contre ce fléau, au nom sinistrement évocateur, apportent la preuve expérimentale que les problèmes qu'il posait à nos praticiens et à nos biologistes, sont aujourd'hui complètement résolus.

Le bacille du *tétanos* est l'un de ces germes anaérobies qui vivent le plus souvent à l'état « sporulé » — donc en état de grande résistance aux agents extérieurs — en attendant la rencontre du milieu vivant nécessaire à leur prolifération. Celle-ci s'effectue (comme leur nom l'indique) sans recourir à l'oxygène atmosphérique : c'est par la décomposition des chairs attaquées que les « anaérobies » se procurent simultanément et leur nourriture *carbonée* et l'*oxygène* nécessaire à sa transformation. Mais le tétanos se trouve depuis longtemps neutralisé par un sérum antitétanique injecté préventivement.

La « pourriture d'hôpital », qui fut la terreur des chirurgiens de l'ère pré-pastorienne, est également due à une symbiose bactérienne anaérobie qui a été découverte par le professeur H. Vincent en 1896 : *Bacillus fusiformis* et *Spirochæta vincenti*. Une hygiène rigoureuse des mains du chirurgien et de ses aides a eu raison de cette complication autrefois redoutable.

Plus dangereuse, en raison de sa rapidité d'évolution, est la famille microbienne qui provoque la *gangrène gazeuse*. Celle-ci peut se développer en quelques heures et tuer même, en certains cas, le blessé en vingt-quatre à quarante-huit heures si l'on n'intervient pas *à temps* par le nettoyage chirurgical de la blessure, parfois l'amputation du membre, enfin par l'injection d'un sérum « antigangréneux ». Celui-ci vient alors à la rescousse de la « phagocytose » normale, c'est-à-dire qu'il aide les globules blancs dans leur lutte contre les bacilles, en même temps qu'il neutralise les toxines sécrétées par ces mêmes bacilles.

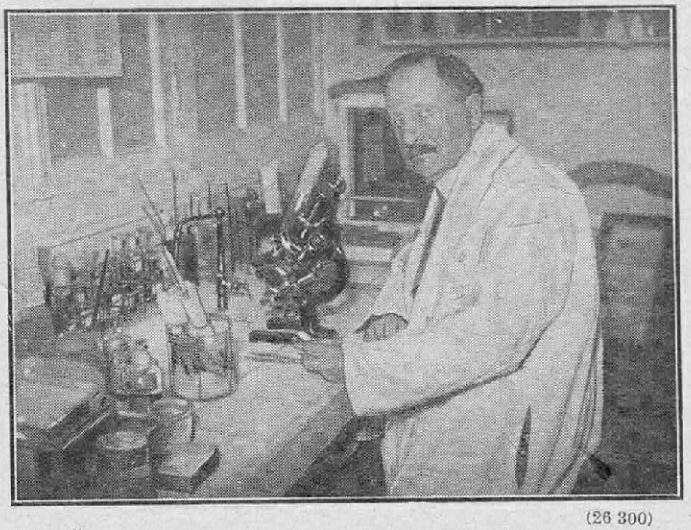
La guerre de 1914-1918 a posé d'une façon très aiguë le problème de la sérothérapie antigangréneuse, qui doit être appliquée, en raison de l'allure souvent foudroyante du mal, dans les ambulances de première ligne, aussitôt que le blessé accuse les premiers symptômes — même si ceux-ci n'ont pas encore acquis une précision irrécusable.

Dans ce cas, la sérothérapie est *préventive*. Si le mal est déclaré, elle est *curative*. Ce n'est là qu'une nuance, puisque, dans un cas, c'est le microbe seul qui est visé et

dans l'autre cas, le microbe et les toxines qu'il a déjà sécrétées.

Dès la dernière guerre, la sérothérapie antigangréneuse est apparue parfaitement au point. Si les études concernant la gangrène gazeuse ont semblé, entre les deux guerres, passer par une ère de stagnation, cela provenait, ni plus ni moins, de la disparition à peu près complète du mal lui-même qui n'est jamais fréquent dans les hôpitaux du temps de paix. Les circonstances capables d'amener ladite complication ne se trouvent que rarement réunies dans le cas des traumatismes qui peuvent frapper une population civile. Nous parlons bien entendu des études pratiques, d'application clinique.

Quant aux études strictement bactériologiques, concernant les divers bacilles responsables de la gangrène gazeuse, il va sans dire qu'elles ont progressé théoriquement avec l'ensemble de la bactériologie.



(26 300)

FIG. 1. — LE PROFESSEUR HYACINTHE VINCENT DANS SON LABORATOIRE

La « bactériologie » de la gangrène gazeuse

Les microbes anaérobies que l'on récolte dans les plaies évoluant en « gangrène gazeuse » sont nombreux. Le premier repéré, le *vibrion septique*, l'avait été par Pasteur en personne. Puis fut identifié le *Bacillus perfringens*, principal responsable de cette forme d'infection.

Au début de la guerre de 1914, c'étaient là les seuls agents bien identifiés du phénomène pathologique.

Le mécanisme biochimique du mal est, d'ailleurs, très simple. Le microbe anaérobie, vivant aux dépens des tissus qu'il attaque dès qu'il les a pénétrés, accomplit une fermentation avec dégagement de gaz dont la masse principale est composée de gaz carbonique, avec un appoint de gaz hydrogénés qui donnent aux émanations leur odeur particulièrement fétide. Les gaz sécrétés par les microbes *asphyxient* les tissus sains. Les « toxines » ou les poisons de ces microbes amènent leur mort, leur « nécrose » très rapide. Devenus dès lors une proie facile pour les anaérobies gangréneux, les muscles, le tissu cellulaire, les filets nerveux prennent une teinte noirâtre, perdent toute vitalité et toute sensibilité par l'effet d'un véritable phénomène de putréfaction *in vivo*.

Le développement du phénomène est *extrêmement rapide*, une fois qu'il a « démarré ». Une fois de plus, nous sommes là devant une extension « exponentielle » dans la désagrégation — strictement inverse de la cicatrisation également « exponentielle » que Lecomte du Nouy a mise en évidence dans ses travaux avec Alexis Carrel (1). Ces formules ont l'avantage de faire comprendre que, le *temps* intervenant dans la marche du phénomène, non pas à la manière d'un simple *coefficient*, mais comme un *exposant*, les premières heures sont *capitales* dans l'intervention. L'efficacité d'un traitement immédiat est *incommensurablement* plus élevée que celle d'un traitement retardé, pour quelque raison que ce soit. C'est là, d'ailleurs, une loi générale en médecine thérapeutique.

Autre cause d'accélération du mal : le mécanisme de fermentation proprement dit est préparé (comme il fut reconnu par la suite) par un microbe « spécialisé », pour ainsi dire, dans cette tâche : le *Bacillus histolyticus* ou « destructeur de tissu ». A lui seul, le bacille histolytique n'est pas suffisant pour caractériser la gangrène gazeuse : il se contente de désagréger les tissus, sans les « digérer », avec l'effrayante voracité qu'y apportent ses congénères précités. En quoi il facilite leur propre travail. Aidés par ce sinistre fourrier, ceux-ci accomplissent mieux encore leur sinistre besogne.

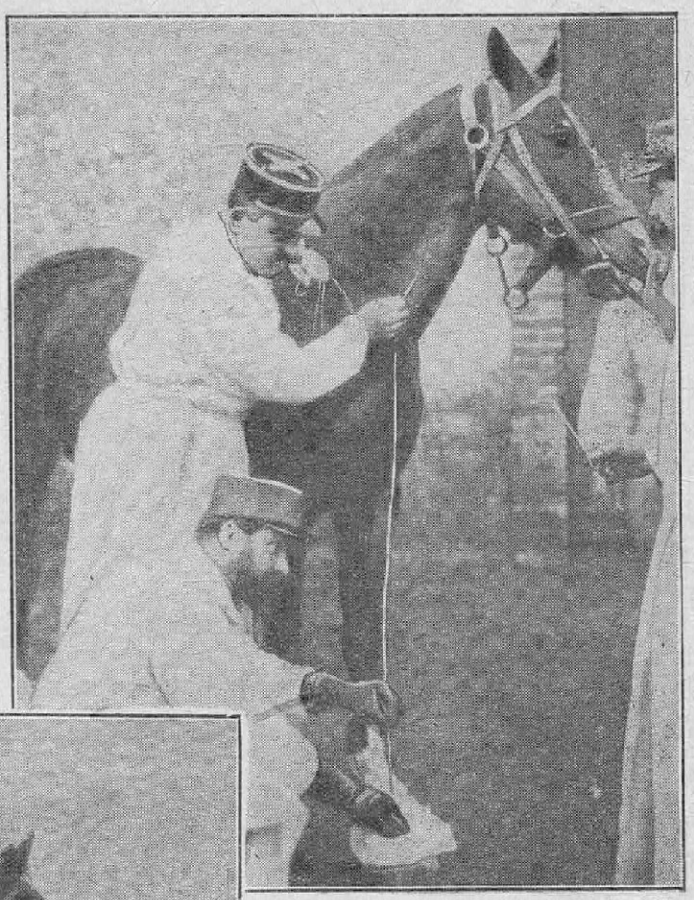
M. Sacquépée, le médecin général successeur de M. Vincent à la direction des services sérothérapiques de l'Armée, a décou-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 228, page 450.

vert une espèce nouvelle d'anaérobie, le *Bacillus bellonensis*, spécifique, lui aussi, de la fermentation gazeuse.

Les travaux effectués à l'Institut Pasteur par M. Weinberg et Seguin, à la demande de M. Millerand, ministre de la Guerre en 1914, ont enrichi la flore microbienne observée dans la gangrène gazeuse : le *Bacillus œdematiens*, appelé en Amérique *Bacillus Nodge*, s'est révélé comme auxiliaire le plus courant du *vibrion septique* et du *Bacillus perfringens*.

Il faudrait citer encore le *Bacillus Sordelli*, identifié à Buenos-Aires par le médecin de ce nom, dans certains cas spéciaux de gangrène gazeuse. Ce bacille semble fort rare en Europe. Mais nous ne pouvons pas exposer ici la bactériologie détaillée de l'infection.



(26 299)

FIG. 3. — LA RÉCOLTE DU SÉRUM SUR L'UN DES CHEVAUX QUI RÉSISTAIENT A L'INOCULATION (1914-1918)

(26 298)

FIG. 2. — L'INOCULATION DU VIRUS POLYVALENT A L'UN DES NOMBREUX CHEVAUX DONNEURS DE SÉRUM ANTI-GANGRÉNEUX A LA STATION DE VERSAILLES (1914-1918)

Ce qu'il faut retenir, c'est que la flore microbienne de la gangrène gazeuse est variable, et de manière imprévisible, puisque la présence ou l'absence de tel ou tel de ses bacilles spécifiques dépend des conditions d'habitat de ceux qui y sont exposés.

C'est ainsi que le *Bacillus perfringens* demeura le microbe le plus communément observé en 1914, tant que la guerre conserva son caractère de « mouvement ». Après la stabilisation des armées dans les tranchées, le *vibrion septique* et le *Bacillus œdematiens* auraient apparu à leur tour, sans parler des autres spécimens de la flore qui parut atteindre, à partir de ce moment, sa plus grande variété. Le *Bacillus perfringens* demeure toujours très prédominant.

Une particularité importante des bacilles gangreneux, sur laquelle insiste le professeur Vincent, est que *tous* peuvent proliférer dans le milieu extérieur : ils sont donc « saprophytes » et ne semblent devenir « pathogènes » qu'en abordant un milieu propice, *in vivo*, tel que la chair broyée, écrasée, avec « hématomes » (épanchements sanguins sans issue). La fatigue, le surmenage, particulièrement intenses chez les combattants, privent l'organisme de sa dose normale *d'alexine* (principe protecteur antimicrobien, aisément titrable, que l'organisme sécrète et entretient toute la durée de la vie). Et ceci est un facteur capital de la prolifération infectieuse. Dans tout ce comportement, les bacilles de la gangrène s'avèrent, ici encore, procéder comme celui du tétanos (Vincent).

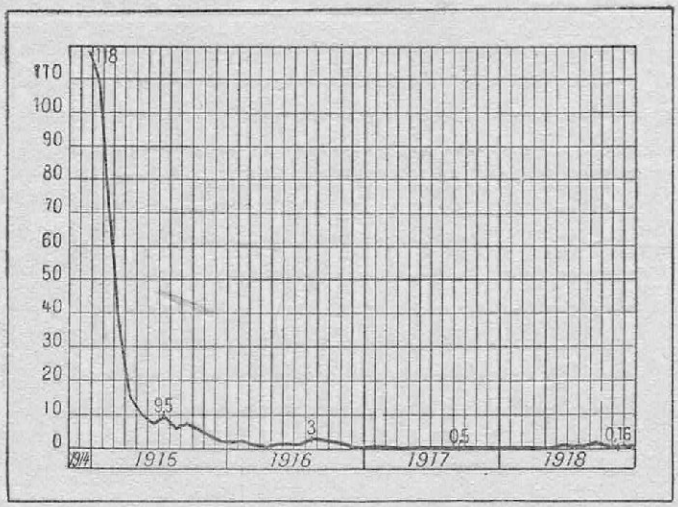


FIG. 4. — LE SUCCÈS SANS PRÉCÉDENT D'UN VACCIN « POLYVALENT » T. A. B.

Le vaccin Vincent antityphoïdique, antiparatyphoïdique A, antiparatyphoïdique B (T. A. B.) fut dispensé aux armées en décembre 1914. Aussitôt la mortalité par typhoïde descend en verticale, comme l'indique le graphique ci-dessus, pour se stabiliser au voisinage de zéro. Les légères recrudescences des étés 1916 et 1918 correspondent à l'arrivée des troupes fraîches, en des périodes particulièrement critiques.

La « sérothérapie » de la gangrène gazeuse : le mélange des sérums « titrés »

De ces premières notions bactériologiques, il ressort nettement qu'une sérothérapie effective doit procéder par « polyvalence » — comme disent les spécialistes — c'est-à-dire au moyen d'un sérum obtenu à partir de *tous* les agents infectieux constituant la flore microbienne gangréneuse.

Ce n'est pas dans les ambulances ou dans les hôpitaux du front qu'un médecin-major aurait la possibilité de s'inquiéter de la nature microbienne *exacte* de l'infection gangréneuse qu'il diagnostique ou qu'il redoute.

Ceci n'est pas, bien entendu, pour déprécier les travaux effectués dans la voie d'une sérothérapie « monovalente », c'est-à-dire visant à combattre *séparément* chacun des microbes responsables.

L'immunisation active (vaccination) de certains animaux contre le *vibrion septique* a été réalisée, voilà déjà bien longtemps, par Chauveau et Arloing. Dès 1887, Roux et Chamberland obtinrent l'immunisation de cobayes par des vaccins du même vibrion, *atténué par chauffage*, suivant la méthode initiale de leur maître Pasteur.

Ce n'est, toutefois, qu'en 1898 que le professeur Leclainche réalisa, en collaboration avec Vallée, le premier sérum curatif valable simultanément contre le *vibrion septique* et contre le *Bacillus perfringens*.

On sait comment s'obtient un sérum soit antimicrobien, soit antitoxique. On injecte au cheval (animal prédestiné à cette fabrication *in vivo*), soit le *microbe*, soit les *toxines* sécrétées par le microbe. Si l'animal inoculé réagit victorieusement, c'est que son sang a fabriqué les « anticorps » (spéciques antimicrobiens) ou les « antitoxines » capables de neutraliser les toxines mortelles. Chargé de ces anticorps, de ces antitoxines, le sérum du cheval est devenu *ipso facto* le médicament désiré.

Opérant de la sorte, tantôt par injection du microbe et tantôt par injection des toxines, Klose, Weinberg et Séguin ont obtenu à l'*Institut Pasteur* le sérum efficace *antiperfringens*.

La même méthode a fourni les sérums spécifiques des autres microbes pathogènes de la gangrène gazeuse. Tant et si bien que, présentement, si l'on envisage le problème thérapeutique de façon « rationnelle », on peut envisager sa solution « logique » par l'administration d'un sérum « polyvalent » que l'on obtiendrait par *mélange* des sérums « monovolents » afférents *à chacun des bacilles en cause*.

Si l'on admet que ces sérums, pris indi-

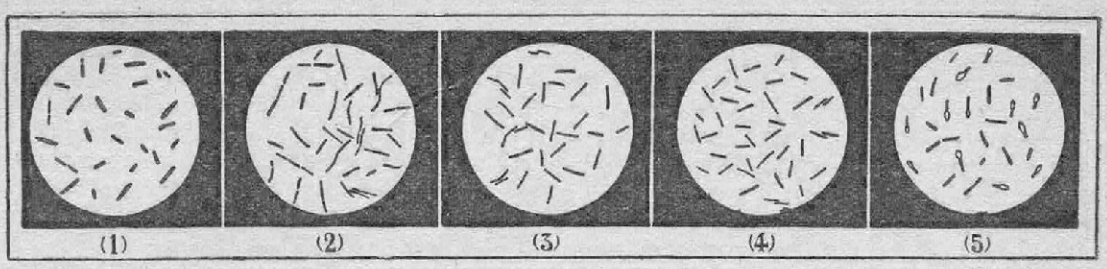


FIG. 5. — LA DIVISION DU TRAVAIL DANS L'INFECTION DE LA GANGRÈNE GAZEUSE

Les trois premiers bacilles (de gauche à droite) : B. perfringens ; *le* vibrion septique ; B. œdematiens *représentent pour ainsi dire les « chimistes » de l'entreprise destructive : ils sont les vrais responsables de la « fermentation » gazeuse. Les deux autres bacilles :* B. histolyticus ; B. sporogenes *sont les « préparateurs » de l'infection en ce sens qu'ils désagrègent les tissus et favorisent le pullulement des précédents.*

viduellement, puissent recevoir une mesure numérique de leur « effet antitoxique » ; si, en d'autres termes, on croit pouvoir « titrer » leur efficacité par un nombre — ce qui est évidemment possible si l'on « se donne », comme disent les mathématiciens, cette contre-partie indispensable : *le « titre » de l'infection à combattre* — par exemple le nombre des microbes actifs existant par cm³ de la culture à neutraliser — on aboutit, en effet, à des formules de polyvalence d'une apparence rigoureuse. Mais est-il vraiment possible d'établir une « commune mesure » entre des sérums différents ? Les phénomènes biologiques sont encore loin de pouvoir se décrire par des rapports numériques analogues aux rapports qui régissent les combinaisons chimiques.

L'autre aspect de la « polyvalence » : le principe de H. Vincent

La polyvalence du sérum antigangréneux s'imposant comme une nécessité d'évidence, le professeur Vincent fait observer que c'est une polyvalence intégrale à laquelle il a atteint, du premier coup, dans la méthode thérapeutique dispensée par ses soins à nos armées de la précédente guerre.

Le sérum fut alors obtenu par inoculation aux chevaux des virus directement prélevés sur les plaies des malades. Autrement dit, c'est l'*ensemble* des microbes anaérobies gangréneux que l'on inoculait au cheval. Celui-ci résistait ou périssait. Mais, s'il résistait, le sérum fourni se révélait simultanément *antitoxique* (c'est-à-dire capable de neutraliser les toxines spécifiques des microbes) et *antimicrobien* (c'est-à-dire capable de faire échec à la prolifération des microbes).

N'allons pas croire toutefois que cette méthode pour obtenir la polyvalence désirée est simplement empirique. Le professeur Vincent avait étudié les sérums monovalents obtenus avant 1914. Des essais personnels (1909-1913) de pur laboratoire lui avaient même procuré un sérum *antivibrion septique* qui protégeait le cobaye et le lapin. Mais la pensée directrice de la nouvelle méthode était celle-ci : *la réaction « anticorps » du cheval à l'ensemble des microbes et de leurs toxines* comporte un caractère *sui generis* irremplaçable. Autrement dit : à l'attaque de « l'ensemble » virulent correspond une réaction anticorps « d'ensemble » et, par conséquent, un sérum absolument typique. Le sérum ainsi obtenu *ne saurait être reproduit a posteriori* par aucun mélange, même

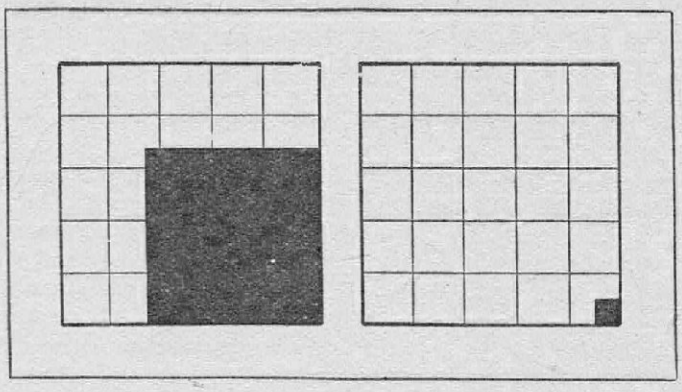


FIG. 6. — LA CHUTE DU TAUX DE MORTALITÉ PAR GANGRÈNE GAZEUSE, GRACE AU SÉRUM POLYVALENT VINCENT, ACCUSE LE MÊME SUCCÈS QUE CELUI DU T. A. B.

A gauche : *la mortalité totale 67,5 % est représentée par le* carré noir *comparé au gris : elle a trait aux blessés non traités par le sérum.* A droite : *le même rapport des décès aux guérisons ressort à 9,87 %. Le carré noir (décès) est minuscule.*

savamment titré, des sérums « monovalents » obtenus séparément — soit par inoculation des microbes isolés, soit par inoculation de leurs toxines. « Polyvalent » par définition, le sérum Vincent est donc encore, par surcroît, « double » — c'est-à-dire antimicrobien et antitoxique.

C'est donc bien un principe sérothérapique nouveau et d'ordre général qu'a posé — et pratiquement vérifié — le professeur Vincent qui insiste en précisant : loin d'être affaiblie par la réaction d'ensemble, la sécrétion, chez le cheval, des « anticorps » et des « antitoxines » *spécifiques de chaque microbe* PARTICULIER se trouve *renforcée!*

« Ce principe général, écrit M. Vincent, découle de mes recherches déjà anciennes sur diverses associations microbiennes : infections spirochétiennes de la « pourriture d'hôpital » dont j'ai découvert les microbes ; infections mixtes au cours de la fièvre typhoïde... *J'ai appliqué le même principe à la vaccination de l'homme* contre trois maladies : fièvre typhoïde, paratyphoïde A et paratyphoïde B (1889-1890). Vaccin T. A. B. »

Le graphique (fig. 4) relatif aux résultats préventifs de cette dernière vaccination est une illustration de la fécondité du principe. Il s'applique à des millions de vaccinés. Le graphique (fig. 6) relatif aux résultats de la sérothérapie antigangréneuse en est une autre non moins probante.

Les résultats cliniques

Des remarques qui précèdent, nous pouvons conclure que la « bactériologie » rationnelle d'une maladie infectieuse, étude essentiellement « d'analyse » et d'une importance théorique évidemment capitale, n'est pas obligatoirement le chemin qui conduit à la « sérothérapie » ou à la « vaccinothérapie » de cette maladie. N'oublions jamais que la première vaccination cliniquement réalisée par Pasteur l'a été sans que le microbe ait été découvert. La médecine n'est pas, ne sera jamais, identifiable à la biologie pure.

La médecine est et reste « l'art de guérir ». Or voici, entre cent, quelques-unes des guérisons quasi miraculeuses obtenues lors des hostilités de 1914-1918.

Un blessé très grave de la cuisse — ce sont les parties du corps charnues, massives, qui offrent nécessairement à la gangrène gazeuse ses champs de prolifération optima — arrive à l'hôpital dans un état désespéré. Les infiltrations gazeuses se prolongent jusqu'à l'ombilic. Il s'agit donc d'un blessé présenté *tardivement* au traitement. Il reçoit 60 cm³ de sérum Vincent dans la veine. Quatre heures plus tard, les gaz ont disparu ; il n'en reste qu'au voisinage de la plaie. Le blessé est sauvé.

Autre exemple rapporté à la Société de Chirurgie par l'éminent chirurgien Jalaguier. Celui-ci reçoit un soldat gravement blessé de l'épaule : la région deltoïdienne est envahie par la gangrène gazeuse qui s'étend jusqu'à la région dorsale.

« L'infiltration gazeuse était tellement rapide, rapporte M. Jalaguier, qu'on aurait pu la cinématographier ! » Le chirurgien injecte le sérum dans la veine, puis « désarticule » l'épaule « en désespoir de cause » et quitte le blessé, pensant ne retrouver le lendemain qu'un mort de plus. A tel point que, ce même lendemain, le chirurgien n'ose pas demander des nouvelles du blessé. Il s'y résigne finalement entre deux interventions urgentes.

« — Quand donc est mort mon opéré d'hier? demanda-t-il comme pour prévenir le pire.

— Mais, il est bien vivant et tout éveillé !... Il vous attend ! lui répond l'infirmière. »

En présence de tels résultats cliniques, le professeur Vincent estime qu'il serait aussi imprudent de remettre en question la technique sérothérapique de la gangrène gazeuse, telle qu'il l'a établie dans les services médicaux de notre armée, qu'il le serait de remettre en question sa vaccination polyvalente T. A. B.

La proportion des blessés graves atteints de gangrène gazeuse oscillait, durant la précédente guerre, de 3 % à 10 et 12, parfois 20 %, dans les affaires très dures au cours desquelles les services chirurgicaux étaient débordés. Que réserve la guerre présente? Sans être grand prophète, nous pouvons prévoir que la seule grande amélioration possible — celle de l'organisation du traitement rapide — sera réalisée par l'admirable corps médical militaire.

JEAN LABADIÉ.

LA GUERRE DE MINES

Par André FOURNIER

La recrudescence de la guerre de mines par l'emploi de « mines magnétiques » attire à nouveau l'attention sur l'un des plus puissants moyens de destruction du commerce maritime. Voici, par un spécialiste qualifié, un exposé complet des moyens techniques mis en œuvre dans cette forme de la guerre navale, des différents types de mines de blocus, de mines dérivantes, de mines de fond à commande électrique ou magnétique, ainsi que des procédés modernes de dragage.

Les résultats en 1914-18 et en 1939

Pour apprécier exactement l'importance de la guerre des mines actuelle, il ne sera pas inutile de rappeler le rôle de la mine dans la lutte navale au cours de la guerre de 1914-18. On verra que les pertes alliées et neutres, pour sévères qu'elles soient aujourd'hui, étaient infiniment plus importantes que celles qui ressortent de l'annonce journalière de quelques navires coulés.

D'août 1914 à novembre 1918, les sous-marins, les mines et les corsaires détruisirent 10 436 000 t de navires alliés, 2 287 000 t de navires neutres. La France perdit à elle seule 878 000 t, soit près du tiers de sa flotte en service.

En gros, le tonnage coulé augmenta régulièrement pendant près de trois ans, d'août 1914 à avril 1917, le « mois noir » de la guerre au commerce. Ce mois-là, pas moins de 532 navires de commerce furent attaqués par les sous-marins, dont 233 à la torpille, 299 au canon ; 424 furent coulés. Ce fut le premier mois où l'Allemagne signala avoir dépassé le million de tonnes au tableau mensuel de la guerre sous-marine. Elle exagérait, comme aujourd'hui. Elle n'en coula pas moins, d'après le recensement exact fait après la guerre, 874 576 tonnes de navires alliés et neutres. Puis les pertes diminuèrent régulièrement, de mois en mois. Un an plus tard, en avril 1918, elle n'étaient déjà plus que de 278 000 t ; en octobre 1918, à la veille de l'effondrement, 116 000 t seulement figuraient au tableau.

Lorsque 20 navires par jour auront été attaqués par les sous-marins, les « cuirassés de poche », les cargos camouflés en corsaires et les mines, magnétiques ou non ; lorsque 15 d'entre eux auront été journellement envoyés au fond, et cela pendant un mois, l'Allemagne n'aura encore obtenu que le résultat bien faible qui, voici vingt-deux ans, ne lui permit pas de desserrer l'étreinte navale des alliés.

Sur ce total, la guerre de mines donna, en 1914-18, des résultats qui n'atteignirent évidemment pas, de loin, au tonnage coulé par sous-marins, mais n'en dépassèrent pas moins le million de tonnes. D'août 1914 à novembre 1918, il n'y eut pas un mois où les mines n'aient coulé quelque navire. Le maximum fut atteint en juillet 1917, avec plus de 60 000 t. Pendant toute l'année 1916 et l'année 1917, c'est une moyenne de 30 000 t de navires qui durent leur perte à la guerre de mines.

La guerre de mines en mer du Nord

La mer du Nord, en raison de ses fonds très faibles, se prête particulièrement à l'emploi des mines, quand d'autres mers, comme la Méditerranée, sont à peu près immunisées par leurs grands fonds en dehors des abords immédiats des ports, où il est facile de maintenir un chenal dragué.

On a longtemps considéré que la limite des fonds pouvant être minés était de 200 m. Des progrès ont été faits qui auraient permis en certains pays, affirme-t-on, de mouiller des mines par 1 000 m de fond. Mais de telles conditions de mouillage n'en sont pas moins très défavorables. Munie d'un orin de cette longueur — câble reliant la mine au crapaud — la mine devient lourde et coûteuse. Le réglage de l'immersion est délicat. Le moindre courant augmente beaucoup la profondeur d'immersion et la mine, mouillée à l'instant où le courant est nul, n'est plus dangereuse. Inversement, la mine mouillée par léger courant vient en surface et décèle la présence du champ.

Dès le début de la guerre, et en dehors des eaux territoriales des belligérants où les mines sont mouillées sans avertissement par l'un et l'autre des adversaires, quatre

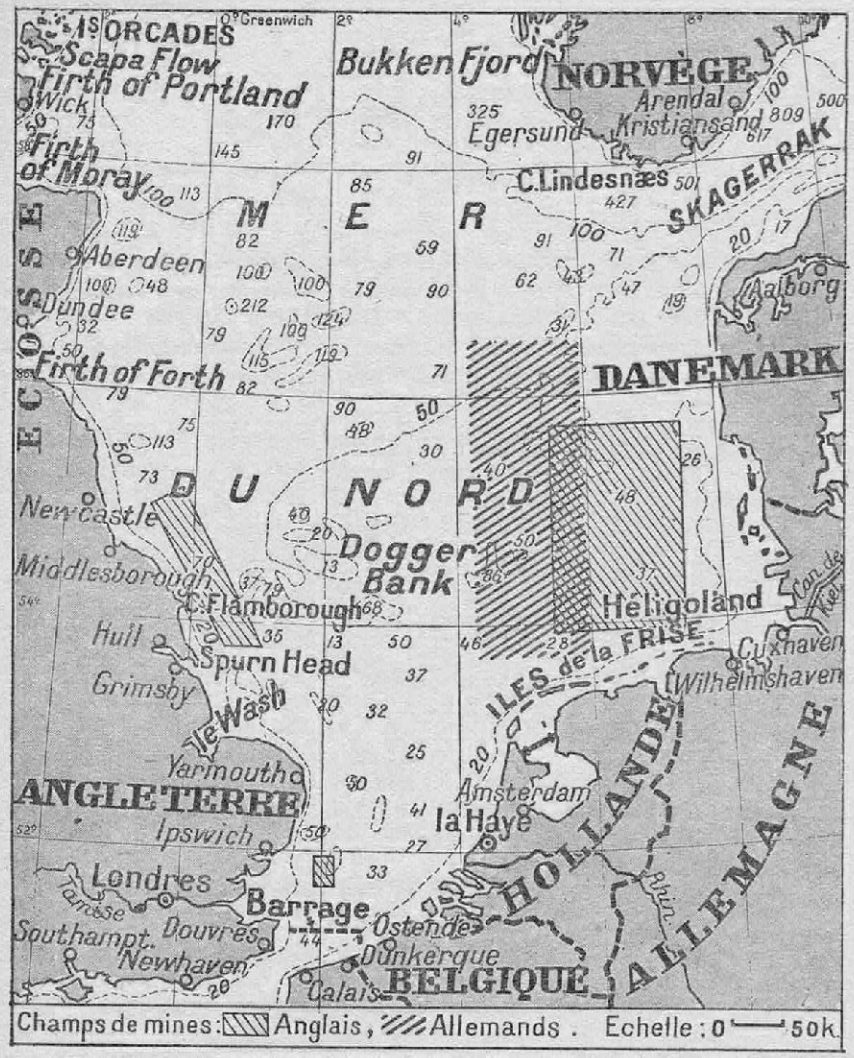


FIG. 1. — CARTE DE LA MER DU NORD MONTRANT LA DISPOSITION DES CHAMPS DE MINES POSÉS PAR LES ALLEMANDS ET LES ANGLAIS

La mer du Nord, très peu profonde, comme l'indiquent les cotes de la carte, se prête particulièrement bien à la guerre de mines. On remarquera que l'Allemagne pourrait voir tous ses débouchés maritimes bloqués par des mines, étant donné les bas-fonds qui bordent ses côtes.

champs de mines de grande étendue ont été mis en place en haute mer par la marine britannique et par la marine allemande. Notification en avait été faite à l'époque aux neutres, conformément aux règles du droit international.

Trois champs de mines ont été mouillés par la marine anglaise ; leur position est indiquée sur la carte. Un premier champ, limité au 5° de longitude E et au 56° de latitude N, interdit la navigation dans la baie allemande. Un deuxième champ protège la côte anglaise entre Grimsby et Sunderland. Un troisième, plus récent, s'étend à mi-chemin entre la Tamise et l'Escaut.

L'unique champ de mines allemand, à l'est du Dogger Bank, interdit l'accès de la baie allemande aux flottes de guerre alliées.

Puis, fin novembre 1939, apparurent brusquement, aussi bien au large que dans les eaux territoriales, de nouveaux champs de mines allemands qui n'avaient pas été signalés et dont la pose avait été faite en violation évidente de la convention de La Haye de 1907. Le but était l'interdiction de toute navigation commerciale, alliée ou neutre, en mer du Nord. A son habitude, la propagande allemande se lança dans les explications les plus contradictoires.

Elle accusa d'abord la Grande-Bretagne d'avoir semé elle-même les mines sur lesquelles sautaient ses propres navires et les navires neutres, argument qui avait déjà servi lors du torpillage de l'*Athenia*. Puis, lorsque le succès de la nouvelle entreprise s'avéra intéressant, elle ne voulut pas s'en retirer le mérite, et annonça que l'Allemagne avait enfin trouvé le moyen de venir à bout du commerce maritime de son adversaire. Elle ne manqua pas alors d'expliquer qu'elle ne violait pas les dispositions de la convention de La Haye de 1907 ; on ne mouillait pas de mines sur les routes commerciales avec l'intention d'y couler des navires de commerce ; on en était simplement réduit à cette extrémité parce que les navires de guerre britanniques utilisaient pour eux-mêmes ces routes commerciales.

La stratégie de la guerre de mines

Où faut-il mouiller des mines pour tirer de l'opération le rendement militaire maximum ?

Depuis près d'un siècle que l'on se sert de cet engin, la question n'a reçu de réponse satisfaisante, semble-t-il, qu'au cours de la guerre de 1914.

Le 17 août 1914, l'amiral allemand Mischke mouilla un vaste champ de mines, qui barrait à peu près complètement le golfe de Finlande. Les Russes s'empressèrent de le conserver en le complétant pour barrer le golfe en totalité. Le haut commandement allemand s'aperçut assez rapidement de l'erreur, qui coûta son commandement à l'amiral Mischke.

Elle n'en fut pas moins répétée, par la même marine allemande, lorsqu'elle fit mouiller, du 6 au 9 août 1915, un champ de mines par le *Météor* dans le Firth of Moray. La marine britannique lui donna la réplique par un mouillage de mines en baie d'Helgoland. Voici comment Jellicoe apprécie ces deux opérations : « L'ennemi avait obligeamment mouillé dans le Firth of Moray un champ de mines qui protégeait notre zone d'exercices du côté du large. De même, le champ de mines britannique en baie d'Helgoland paraît avoir eu pour unique effet de renforcer la ceinture à l'abri de laquelle la « Hochseeflotte » pouvait en toute tranquillité effectuer ses exercices. »

Le barrage de mines mouillées sur la côte belge en avril 1916 et en juillet 1917 par la marine britannique ne paraît pas davantage avoir gêné la sortie des navires allemands, qui y pratiquèrent facilement des brèches ; mais il imposait un lourd service de surveillance aux Anglais.

Par contre, tous les barrages mouillés hors de portée d'une action normale des dragueurs ennemis sont très efficaces. Tels étaient, en 1914-18, le barrage turc des Dardanelles, le barrage défensif de la baie allemande, le barrage contre sous-marins de Folkestone à Gris-Nez.

Il est donc admis aujourd'hui que le mouillage de vastes champs de mines au voisinage des côtes ennemies est une lourde faute. Une fois le barrage mis en place, l'ennemi s'y ménagera un passage qu'on ne connaîtra pas. Le dragage se fera sans difficulté, la proximité de ses bases navales et aériennes interdisant à l'adversaire toute surveillance efficace du barrage. Ces passages pratiqués, on se gardera bien de déblayer le reste de l'obstruction, qui lui sert de protection. L'opération a donc comme résultat presque immédiat de paralyser dans ces eaux l'action ultérieure de celui qui l'entreprend et de protéger l'ennemi au lieu de le gêner. Cela revient à lui fournir bénévolement des mines et à les mettre en place.

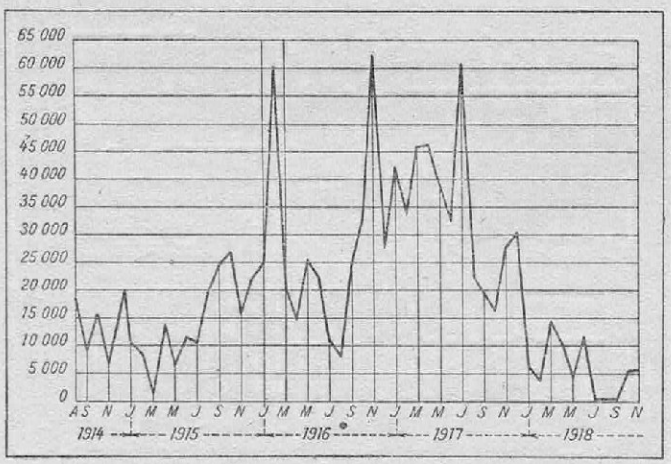


FIG. 2. — TONNAGE COULÉ PAR LES MINES DE 1914 A 1918

Plus d'un million de tonnes de navires alliés et neutres ont été coulées par les mines de 1914 à 1918. Le tonnage mensuel coulé a dépassé par trois fois 60 000 t.

Le meilleur rendement des mines mouillées dans les zones aisément contrôlées par l'adversaire n'est donc pas obtenu par le barrage général, mais par la dissémination de champs de mines de faible étendue qui oblige à une très lourde tâche de dragage.

La mine de blocus

La mine de blocus, automatique, est la seule dont on se soit pratiquement servi au cours de la guerre de 1914-18. Tous les pays avaient été conduits à employer un modèle à peu près uniforme, consacré par des dizaines d'années d'expérience. Ce sont encore des mines de ce type qui ont été mouillées au cours des deux premiers mois de la guerre actuelle par les marines anglaise et allemande.

Ce type de mine comporte trois parties essentielles :

Le flotteur, qui contient la charge d'explosif et le dispositif de mise de feu ;

L'orin, câble d'acier qui relie le flotteur à son ancrage ;

Le crapaud, masse lourde placée sur le fond qui constitue, par son seul poids, cet ancrage.

Jusqu'en 1914, l'explosif employé dans les mines était presque toujours le coton-poudre humide, contenant en moyenne 20 % d'eau, amorcé par du coton-poudre sec. Il présentait, quant à sa stabilité chimique, l'inconvénient de tous les cotons-poudre qui exigent des visites fréquentes. D'autre part, le pourcentage élevé d'eau d'humectation réduisait la puissance.

Aussi remplaça-t-on rapidement le coton-poudre par les explosifs nitrés, tels que la mélinite ou la tolite lorsque l'on voulut augmenter la puissance de la charge.

La mélinite, employée en France au début, offre le même avantage de puissance légèrement supérieure à la tolite qui l'avait fait admettre pour le chargement des projectiles d'artillerie. Mais elle présente de nombreuses difficultés de chargement et d'emploi. C'est un explosif acide qui forme avec certains métaux, comme le plomb, des picrates instables. Elle ne doit être employée qu'au contact de bronze ou de soudures absolument exemptes de plomb. Elle est peu sensible à l'introduction d'eau de mer qui ne la dissout presque pas à l'état fondu, et laisse son pouvoir explosif intact si elle est convenablement amorcée. Mais il n'en est pas de même de la mélinite pulvérulente qui sert d'amorçage. D'autre part, les sels contenus dans l'eau de mer donnent, eux aussi, avec la mélinite, des picrates instables, et l'on était obligé de visiter et de décharger tous les engins, obus, cônes de torpilles, flotteurs de mines, mouillés par l'eau de mer accidentellement ou en cours d'exercices.

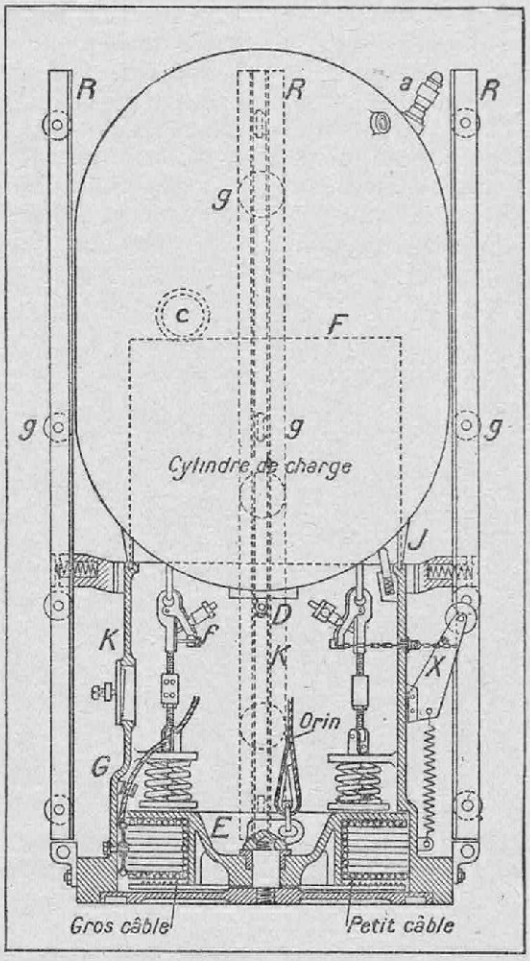


FIG. 3. — MINE ALLEMANDE POUR SOUS-MARINS

Le flotteur et le crapaud sont enserrés entre quatre bras rabattables R *portant des galets* g, *qui servent à guider la mine dans l'alvéole de mouillage. Dès que la mine est sortie, le bras* X, *sous l'action d'un ressort, provoque le rabattement des bras* R *qui servent à améliorer l'ancrage sur le fond. Le crapaud est étanche, l'étanchéité au contact avec le flotteur étant assurée par le joint* J *jusqu'à la séparation ; on maintient ainsi à l'abri de l'eau le mécanisme contenu dans le crapaud.*

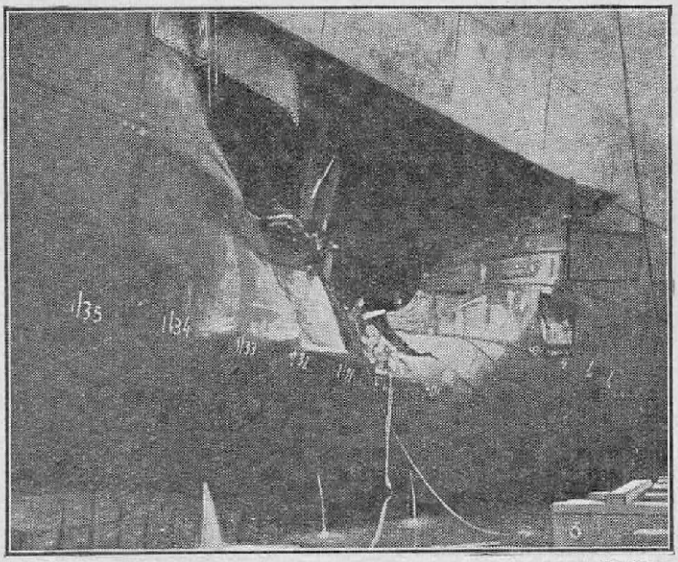
Aussi, l'explosif à peu près universellement employé aujourd'hui, dans le chargement des mines comme dans les autres applications navales, est-il le trinitrotoluol ou tolite. C'est un explosif neutre, qui n'attaque pas les métaux. D'une couleur jaune pâle, sa manipulation est beaucoup moins désagréable que celle de la mélinite. Il ne colore presque pas la peau. Ses poussières ne sont pas irritantes. La valeur de son point de fusion permet de le fondre au bain-marie, à l'eau bouillante, tandis que la mélinite ne fond qu'à une température de 122°.

La charge des mines a subi, au cours de la guerre de 1914-18, la même progression rapide que la charge des torpilles. Alors qu'on se contentait, au début, de 60 kg de coton-poudre humide, on termina la guerre avec des mines au moins quatre fois plus puissantes, contenant plus de 200 kg de tolite. La mine allemande type E, la plus employée, contenait 160 kg de tolite. Aussi la gravité des atteintes s'est-elle considérablement accrue. De nombreux navires de ligne allemands, munis d'une protection assez légère ou sans protection du tout, ont pu recevoir, de 1914 à 1918, sans avaries très graves, des atteintes de mines ou de

torpilles. Quantité de navires de commerce ont pu, au cours de la même guerre, rentrer au port après l'atteinte d'une torpille ou la rencontre d'une mine. Il semble, au début de cette guerre-ci, que peu de navires en réchappent.

Le crapaud sert à ancrer la mine au fond. Une fois en place, la mine ne doit pas être entraînée par arrachement du crapaud ou par inclinaison de l'orin.

La première condition est réalisée par le poids du crapaud qui, suivant les types de mines, représente de deux à quatre fois le déplacement du flotteur. Des aspérités convenablement disposées peuvent encore améliorer la tenue, comme c'est le cas pour une ancre ou un grappin, mais elles sont assez gênantes pour les manutentions ou le mouillage. Quelquefois, on dispose des éléments d'ancrage dépliants, comme dans les mines allemandes de sous-marins, qui ne s'ouvrent qu'après être sortis de l'alvéole de mouillage. Le plus souvent, le crapaud a la forme d'une caisse dans laquelle est placé le flotteur; la caisse tout entière tend à s'envaser, ce qui en améliore la tenue.



(28 757)

FIG. 4. — EFFET D'UNE MINE SUR UN CAISSON DE PROTECTION

Cette photo du « Bayern », l'un des plus modernes cuirassés allemands de la dernière guerre, montre l'effet d'une mine sur le caisson de protection d'un navire de guerre. Le bordé de carène a été complètement enfoncé ; la cuirasse de ceinture, immédiatement au-dessus, est restée absolument intacte.

Elle n'est jamais parfaite. Si la mer du Nord, notamment, est très favorable au mouillage en haute mer de champs de mines à faible longueur d'orin, la tenue de ces mines n'est guère assurée. La faible longueur d'orin ne permet pas un bon ancrage. A mer basse et par mauvais temps, les mines émergent dans le creux des lames ; les chocs répétés cisaillent les orins ; les mines, surtout celles des champs à très faible immersion, destinés à la lutte contre les dragueurs, partent en dérive et s'échouent sur les côtes. C'est ainsi que, fin 1917, on avait déjà recueilli sur les côtes des Pays-Bas 4 000 mines britanniques ou allemandes.

Les mines dérivantes

Les mines dérivantes sont jetées à la mer dans une région où l'on attend l'ennemi. Elles doivent être invisibles ou du moins peu visibles de la surface. Elles ont le gros avantage de ne pas pouvoir être draguées et de se porter d'elles-mêmes à la rencontre de l'ennemi si le courant est favorable. Ce sont elles qui permirent, efficacement, la défense contre le forcement des Dardanelles par les flottes alliées en mars 1915.

Elles sont non moins bien adaptées au combat entre flottes de haute mer pour couvrir la retraite d'un des deux partis. C'est la crainte des mines dérivantes tout autant que des torpilles qui empêcha Jellicoe de partir au Jutland à la poursuite de la Hochseeflotte.

Les premières mines dérivantes étaient de simples bombes à flottabilité négative très faible. Elles étaient maintenues à l'immersion désirée par un petit flotteur de surface peu visible, qui les portait au bout d'un cordon.

On voulut ensuite supprimer l'inconvénient résultant de ce flotteur et de ce cordon qui permet le dragage, et on imagina des mines dérivantes à réglage mécanique de l'immersion.

Certaines, du genre ludion, chargées d'air comprimé, avaient leur immersion réglée par une chambre extensible, disposée de manière que le volume de la mine augmentait lorsqu'elle s'immergeait au delà de la profondeur normale.

Dans d'autres, la mine a une flottabilité légèrement négative. Dès qu'elle dépasse de 1 à 2 m son immersion normale, un

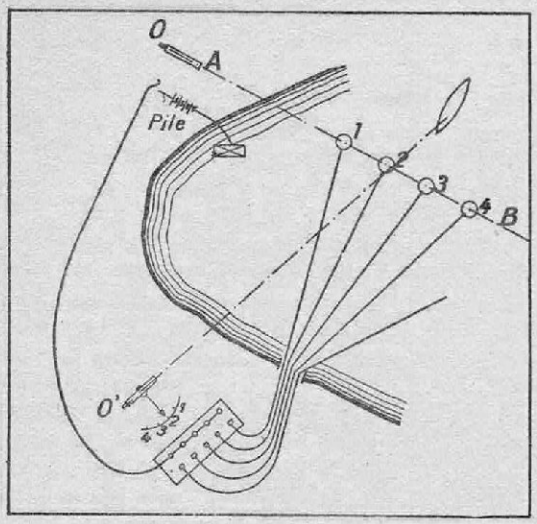


FIG. 5. — PLAN DE DÉFENSE D'UNE RADE PAR DES MINES DE FOND

On dispose toutes les mines du barrage sur une même ligne A B. *Un observateur* O, *placé à terre sur cette ligne, observe avec une lunette fixe le passage des navires. Un interrupteur de mise de feu est fermé par cet observateur lorsque le navire franchit la ligne. Un deuxième observateur, placé en* O', *muni d'une lunette mobile, la pointe sur le navire qui entre. Tous les fils conducteurs d'une même polarité viennent atterrir en* O'. *La lunette, en se déplaçant, met en circuit la mine la plus voisine de son axe. Le circuit se ferme par un fil unique, reliant les postes* O *et* O'. *La mer peut être utilisée comme deuxième conducteur, ainsi que le représente la figure. On peut combiner la commande à distance et la mise de feu automatique: on a ainsi des mines dites « vigilantes ». La mise de feu électrique est commandée par le choc d'un flotteur immergé au contact de la carène du navire, aussi bien que par la fermeture des interrupteurs à terre. Une disposition plus perfectionnée encore fait passer à terre, dans un conjoncteur, l'ensemble des circuits de mise de feu, de telle sorte que la mine peut, à volonté, être rendue inoffensive, même au choc.*

piston hydrostatique se déplace, met en marche un petit moteur électrique et une hélice qui remonte la mine, et le moteur stoppe. La mine fait ainsi une série de bonds successifs, d'ailleurs assez lents, qui la maintiennent à la profondeur voulue. Un mécanisme d'horlogerie peut retarder l'entrée en action du moteur, de telle sorte que la mine reste un certain temps au fond avant de fonctionner.

Les accords internationaux exigent que les mines dérivantes coulent après un temps qui ne doit pas dépasser une heure.

Ont-elles été employées par la marine allemande dans des conditions qui violent cette prescription ?

Il semble que, dès la guerre de 1914, les mines dérivantes aient été semées par les sous-marins allemands sur le passage des convois. Il est donc fort probable qu'il en a été de même en 1939. Mais rien ne permet d'affirmer que ces mines n'aient pas été d'un type qui respectait la condition imposée : couler au bout d'une heure. Nous ne croyons pas que l'on ait retrouvé de mines dérivantes allemandes conçues pour rester actives indéfiniment. Il ne faut pas confondre avec la mine dérivante les flotteurs de mines à orin dont l'orin aura été cisaillé, et qui sont d'ailleurs munies d'un dispositif les rendant inoffensives dès qu'elles montent en surface après rupture de l'orin.

Les mines de fond

Ce type de mine, que l'on appelait autrefois « torpille de fond », « torpille vigilante », est une mine sans crapaud ni orin reposant directement sur le fond. Il a connu de nombreux succès, notamment de 1861 à 1865 au cours de la guerre de Sécession. C'est l'ancêtre de la mine de blocus actuelle, à crapaud et orin. Mais il présentait des inconvénients multiples qui l'ont fait abandonner.

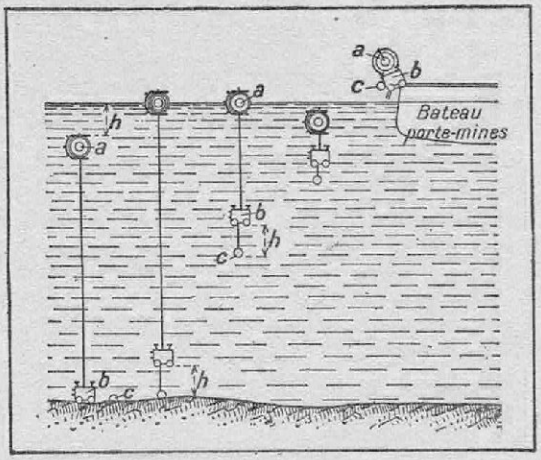


FIG. 6. — LES PHASES SUCCESSIVES DU MOUILLAGE D'UNE MINE A PLOMB-SONDE

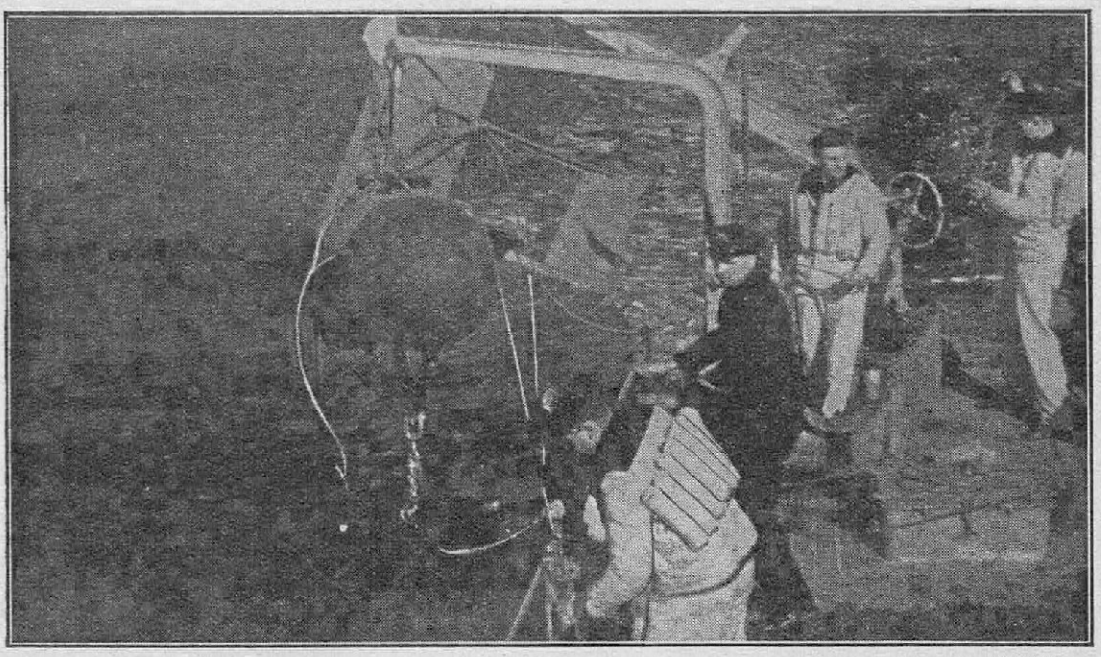
Sous le crapaud qui sert à l'ancrage et qui contient, enroulé sur un touret, l'orin de la mine, est disposée une ligne de sonde de longueur h, *tendue par un plomb, qui règle automatiquement l'immersion de la mine à cette même profondeur* h. *Dès que la mine est jetée à la mer, la ligne de sonde se tend sous l'action du plomb. Le crapaud suit. L'orin se déroule de son touret. Au moment où le plomb touche le fond, la ligne prend du mou et libère un verrou qui vient bloquer le déroulement du touret. Le crapaud continue seul son mouvement de descente en entraînant le flotteur sur une longueur égale à la ligne de sonde.*

Ces mines font explosion sur fermeture d'un circuit électrique commandé par deux postes d'observation terrestres. Elles sont donc tributaires de ces derniers, ne peuvent être employées au large et exigent un réseau fort compliqué de conducteurs sous-marins. L'entretien en est coûteux. Le défaut d'un câble peut compromettre le bon fonctionnement général et même causer des accidents. Aussi la défense d'un port ou d'une rade par un réseau de mines de fond n'est-elle appliquée qu'à des bases de première importance, et l'installation est-elle le plus souvent établie dès le temps de paix.

La figure 5, reproduite de l'ouvrage *Mines et torpilles*, de M. l'ingénieur en chef du génie maritime Stroh (collection Armand Colin), indique les dispositions les plus fréquemment employées pour la commande d'un réseau de mines de fond.

Outre cette complication, la mine de fond présente le gros inconvénient de ne pas éclater au contact même de la coque, mais à une distance qui réduit beaucoup l'effet de l'explosion. A l'époque où l'on considérait l'explosif comme un produit de luxe dont on consentait tout au plus à placer une soixantaine de kilogrammes dans une mine, ce seul inconvénient suffisait à faire rejeter la mine de fond au bénéfice de la mine de blocus, à orin, qui, explosant au contact, utilisait beaucoup mieux la charge d'explosif. Mais la mécanique assez compliquée d'une mine est aujourd'hui beaucoup plus chère que l'explosif. Avec les 50 000 f que coûte la moindre mine de blocus contenant 150 kg d'explosif et 850 kg de mécanique diverse (crapaud, treuil, orin), on aurait largement une mine de fond contenant 800 kg d'explosif et ne pesant pas davantage au total.

Les destructions obtenues par les mines de fond allemandes, revenues à la mode grâce à la mise de feu « magnétique », indiquent, sans le moindre doute, que la marine allemande a préféré la mine de fond à très forte charge d'explosif à la mine de blocus à charge modérée. On peut être certain que le prix n'en est pas plus élevé.



(28 754)

FIG. 7. — SUR UN AVISO-DRAGUEUR DE LA MARINE FRANÇAISE, ON PROCÈDE A LA MISE A L'EAU DU FLOTTEUR DE DRAGUE SUSPENDU A SON BOSSOIR

Les dispositifs de mise de feu

Les différents types de mines, mines de blocus, mines dérivantes, mines de fond, et même les torpilles, comportent un ou plusieurs dispositifs de mise de feu qui mettent en jeu les principes les plus variés, et dont chacun peut s'appliquer à la plupart de ces engins.

Pour faire exploser correctement une charge de cette importance, il est indispensable de disposer, à peu près au centre géométrique de la charge, une charge d'amor-

çage puissante à laquelle le dispositif de mise de feu transmettra l'explosion. On ne peut donc se contenter de l'amorçage en bout par une fusée-détonateur du type employé sur un simple projectile. Le dispositif de mise de feu comportera une véritable commande à distance de cette charge d'amorçage par une ou plusieurs antennes.

Cette commande à distance peut être *électrique*. La mise de feu électrique a été très anciennement employée ; c'est cette mise de feu qui était en usage sur les mines allemandes de la guerre de 1914-18.

Le détonateur de ces mines, chargé en fulminate, comporte, en outre, une composition d'allumage à base de chlorate de potasse et de sulfure d'antimoine, qui est enflammée par un fil de platine où passe un courant électrique.

Ce courant provient d'une quelconque des quatre antennes, organisées en piles. L'antenne, en plomb mince, contient à son intérieur une ampoule de verre remplie d'une solution de bichromate de potasse dans l'acide sulfurique. La pile d'antenne comporte un cylindre creux en zinc, pôle négatif, et un cylindre central en charbon de cornue, le tout convenablement isolé à sec. Le bris de l'ampoule de verre par la carène du navire qui heurte l'antenne, met la pile en tension par invasion du liquide.

Le courant n'est envoyé au détonateur que par l'intermédiaire d'un conjoncteur-retardateur. Le contact s'établit avec le retard dû à l'action d'un frein à glycérine ; l'explosion de la mine, provoquée généralement par la rencontre de l'avant du navire, ne se produit donc qu'au moment où elle a glissé d'une longueur suffisante le long de la carène pour atteindre des régions plus dangereuses que l'avant.

Une autre mise de feu électrique, fondée sur un principe entièrement différent, est celle de la *mine américaine Brown*, qui, même mouillée à grande immersion, est dangereuse pour les bâtiments de surface qui ne heurteraient pas directement le flotteur.

Au-dessus de celui-ci se trouve une antenne conductrice maintenue verticalement par un dispositif de flottabilité très léger, qui pourrait même être enroulé le long de l'antenne. Si celle-ci est rencontrée par une coque en acier, le couple électrique formé débite un courant dans le circuit que ferme l'eau de mer. Le courant passe dans un galvanomètre qui, en tournant, laisse tomber une bille qui vient fermer le circuit de mise de feu.

La mise de feu Brown s'appliquerait très bien à des mines de fond du genre de celles qu'a employées la marine allemande ; l'antenne à flottabilité positive peut parfaitement échapper à la drague.

La mise de feu magnétique a été employée ou préconisée depuis une vingtaine d'années pour les torpilles qu'on voulait faire éclater au passage sous l'objectif, même si leur immersion était inférieure au tirant d'eau du navire visé.

On peut concevoir un dispositif très voisin de la mise de feu électrique Brown, dans lequel l'aiguille du galvanomètre serait remplacée par une aiguille aimantée, déviée au voisinage d'une coque métallique, et qui, en tournant, fermerait le circuit de mise de feu en laissant tomber une bille.

C'est une mise de feu magnétique qui est montée sur les mines de fond allemandes mouillées en mer du Nord. On peut atteindre par ce procédé à une très grande sensibilité et détecter des masses métalliques de dimensions très inférieures à un navire. On sait notamment que la détection magnétique a permis aux services de police allemands la recherche des armes enfouies en terre dans les territoires de l'ancienne Tchécoslovaquie.

La *mise de feu hydrostatique*, qui est employée sur plusieurs mines étrangères, et, en France, sur les mines Sautter-Harlé, conduit à une disposition extérieure de flotteur analogue à celle des mines allemandes à mise de feu électrique. Les antennes, portées par l'hémisphère supérieure du flotteur, sont vissées sur des douilles en métal présentant un étranglement facile à briser. Au choc sur la carène, la rupture d'une des antennes permet l'irruption de l'eau sous pression dans un conduit qui l'amène à la mise de feu. Elle agit sur un piston par l'intermédiaire d'un diaphragme en caoutchouc qui assure l'étanchéité. Le mouvement du piston arme le ressort de percussion, puis déclenche le percuteur.

La *mise de feu entièrement mécanique* est employée sur plusieurs types de mines, notamment les mines Vickers, et, en France, les mines Bréguet construites sur brevets Elia Vickers.

Les antennes sont fixées sur un demi-cercle qui entoure à demi le flotteur de la mine, dans un plan vertical. Une rotation d'une quinzaine de degrés de ce demi-cercle, sous l'action du choc, cisaille une goupille de sécurité et libère le percuteur. Le ressort du percuteur est bandé par la traction de l'orin, qui le laisse échapper ensuite.

Les sécurités

Les exigences auxquelles doit satisfaire le dispositif de mise de feu sont nombreuses.

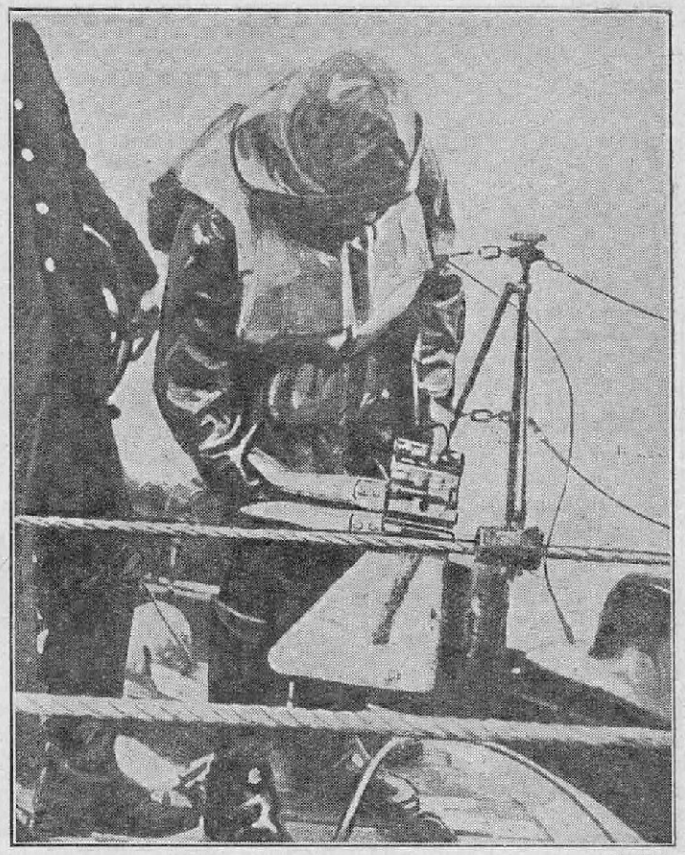
Le fonctionnement doit être sûr en toutes circonstances, si léger que soit le choc subi par la mine; on cherche même, dans certains cas, à obtenir l'explosion quand une carène passe au voisinage.

L'armement ne doit se produire qu'au bout de quelque temps après mouillage, de manière à ne faire courir aucun risque au bâtiment mouilleur.

Pour satisfaire aux conventions internationales, la mine doit être inoffensive lorsqu'elle remonte en surface, ou qu'elle part en dérive après avoir rompu son orin.

L'une des sécurités les plus employées pour donner le retard à l'armement après mouillage est un cylindre soluble en sel marin ou, de préférence, en sel ammoniac, qui bloque la mise de feu avant immersion et ne la libère qu'au bout de plusieurs minutes.

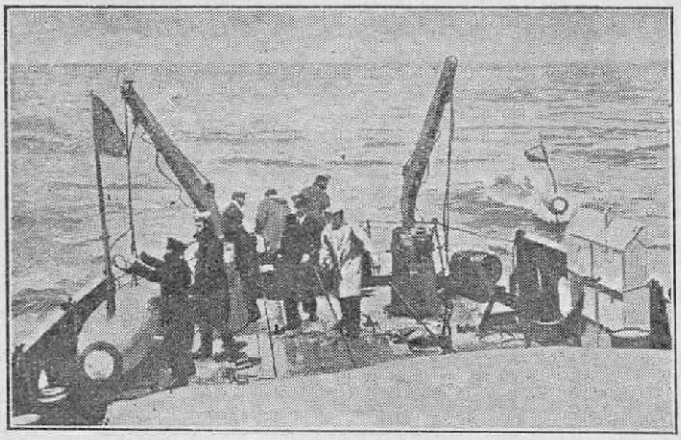
Une sécurité hydrostatique peut empêcher à la fois l'explosion avant mouillage et l'explosion après retour éventuel en surface. La mise de feu n'est débloquée que lorsqu'une pression suffisante aura agi sur un piston.



(28 756)

FIG. 9. — CISAILLE UTILISÉE LORS DU DRAGAGE DES MINES SOUS-MARINES

Le long de la drague sont fixées, de place en place, des cisailles qui couperont l'orin de la mine rencontrée. Le flotteur a plongé; la drague s'est tendue ; une mine vient d'apparaître en surface qu'on coulera au fusil. On rentre la cisaille dont on va changer les couteaux, fortement entamés par le choc.



(28 755)

FIG. 8. — DRAGAGE DE MINES EN MER DU NORD

Le dragage terminé, on rentre à bord les deux flotteurs divergents qui soutiennent la drague. Celui de tribord vient d'être mis à poste par la grue. On se prépare à rentrer celui de bâbord, dont on aperçoit le sillage.

Le mouillage des mines

Les mines sous-marines peuvent être mises en place soit à l'aide d'un bâtiment de surface, soit par sous-marins, soit par avions.

Sur les *bâtiments de surface*, l'ensemble du crapaud et du flotteur forme une sorte de chariot monté sur roulettes, qui se déplace sur des rails inclinés et tombe à l'eau à l'arrière. Le mouillage est commandé de la passerelle. Sa vitesse est réglée à une valeur convenable pour que l'écartement entre les mines mouillées ne permette pas le franchissement du barrage par un navire de largeur moyenne

sans qu'il rencontre au moins un engin.

Les *sous-marins* comportent divers systèmes de mouillage. Le plus simple est, théoriquement, le mouillage au moyen des tubes lance-torpilles. Il a été employé sur un certain nombre de sous-marins allemands au cours de la guerre de 1914-18, mais il exige des mines spéciales de faible diamètre. Une variante est le mouillage au moyen de tubes analogues, mais de dimensions supérieures, pouvant contenir chacun plusieurs mines. Ces deux dispositifs, avec sas étanches, ont donné d'excellents résultats. Ils assuraient une bonne conservation des mines maintenues à l'état sec. Mais ils avaient l'inconvénient d'augmenter le déplacement du sous-marin.

La solution la plus légère est l'emploi de puits verticaux, où les mines sont superposées par 2 ou 3 et baignées dans l'eau. Telle était la disposition adoptée sur les sous-marins allemands types U C, où les alvéoles contenant les mines étaient disposées à l'avant.

Le mouillage de mines par avions ou hydravions est une des nouveautés de cette guerre. La pose de mines par des hydravions allemands, qu'on avait d'abord pris pour des appareils de simple reconnaissance, n'est plus discutée.

Les hydravions ne peuvent emporter qu'un faible nombre de mines : il leur est même difficile d'emporter des mines de gros tonnage.

Aussi, ce procédé de mouillage est-il limité aux mines dérivantes, placées sur la route d'un convoi (mines «bulles» pesant 200 kg environ) et aux mines de fond à mise de feu magnétique, à l'exclusion des mines de blocus à orin, dont le poids est de l'ordre d'une tonne.

Quel que soit le système de mouillage employé, la mise en place du flotteur de la mine à l'immersion désirée peut être obtenue par *plomb-sonde* ou par *hydrostat*.

La figure 6 représente le principe de l'immersion par plomb-sonde. Lorsqu'on jette la mine à l'eau, le plomb-sonde se détache, coule le premier, et par son poids bande un ressort qui libère le touret sur lequel est enroulé l'orin. Celui-ci se déroule, et le crapaud coule à la suite du plomb-sonde, tandis que le flotteur reste en surface. Lorsque le plomb-sonde touche le fond, le premier, il cesse d'agir par son poids sur le ressort; le touret est de nouveau enclenché et le crapaud, continuant à couler jusqu'au fond, entraîne le flotteur auquel il donne une immersion égale à la

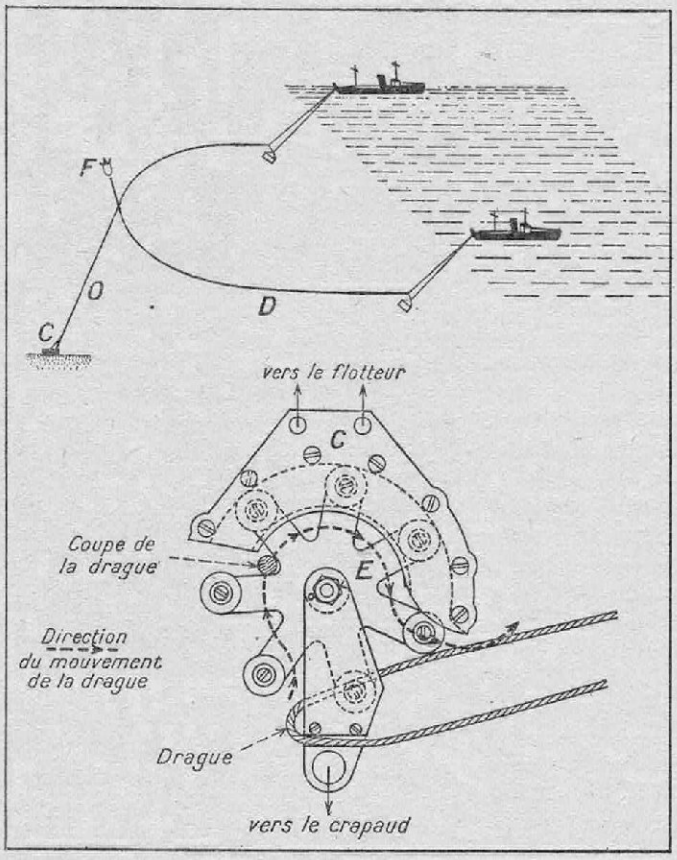


FIG. 10. — DISPOSITIF DE CONTRE-DRAGAGE

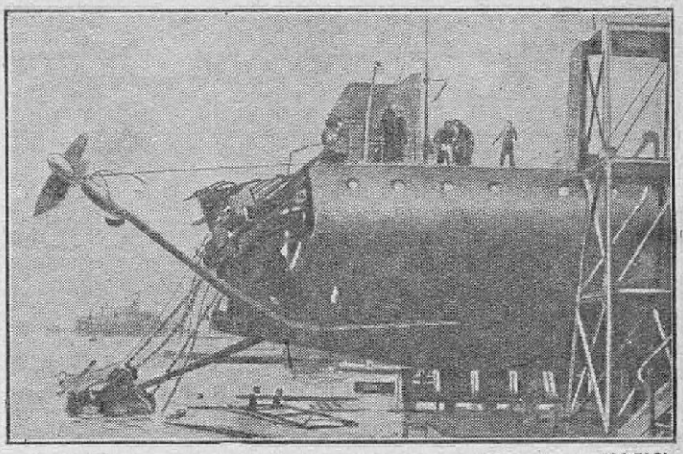
Les dispositifs de contre-dragage insérés sur l'orin de la mine ont pour but de permettre le franchissement de l'orin O par la drague D sans interrompre la liaison mécanique entre le flotteur F et le crapaud C. Le dispositif représenté sur la figure du bas permet ce franchissement. L'étoile à sept branches E tourne autour d'un axe relié au crapaud par la partie basse de l'orin. La chape C, creusée d'une rainure circulaire où sont constamment engagés trois au moins des branches de l'étoile par leurs galets d'extrémité, est reliée au flotteur par la partie haute de l'orin. Le filin de la drague venant de la gauche vers la droite de la figure s'engage entre deux branches de l'étoile qui se met à tourner et lui fait franchir le dispositif sans qu'à aucun moment la liaison mécanique ait été interrompue entre les deux parties de l'orin.

longueur de ligne du plomb-sonde.

Le réglage de l'immersion par plomb-sonde présente de graves inconvénients. Le flotteur de la mine reste assez longtemps en surface. Le mouillage est donc visible, même s'il est effectué par sous-marins. Il serait bien préférable que le flotteur fût entraîné au fond avec le crapaud et ne se décrochât qu'ensuite, en déroulant l'orin pendant sa remontée.

Sur certains modèles de mines anciens, le touret sur lequel est enroulé l'orin était fixé au flotteur de la mine. Celui-ci allait d'abord au fond avec son crapaud, puis remontait, et s'arrêtait lorsqu'un petit flotteur auxiliaire, muni d'une ligne de longueur égale à l'immersion désirée, manœuvrait l'enclenchement du touret. Mais le flotteur auxiliaire restait visible; il fallait ensuite le faire disparaître si l'on voulait assurer l'invisibilité du champ.

En fixant le touret sur le flotteur (mines allemandes anciennes), on peut obtenir un résultat analogue, sans aucun inconvénient quant à la visibilité du champ, au moyen d'un piston hydrostatique qui interdit le déroulement du touret lorsque l'immersion voulue est atteinte.



(28 758)

FIG. 12. — UN DRAGUEUR EN DIFFICULTÉS

La tâche des dragueurs n'est pas toujours aisée. Ce dragueur allemand, qui sauta sur une mine au cours de la dernière guerre, n'a conservé de son arrière que ses deux lignes d'arbres amarrées au pont supérieur pour la mise sur dock.

En fixant le touret sur le crapaud, ce qui présente l'avantage d'alléger le flotteur, on peut obtenir le même résultat au moyen d'un orin à deux brins. L'orin est fixé par une extrémité au crapaud; il passe au-dessous du flotteur dans une poulie et revient s'enrouler sur le touret du crapaud. A son passage sur le flotteur, il file entre les mâchoires d'un « hydrostat » porté par celui-ci. Lorsque le flotteur, en remontant, atteint l'immersion pour laquelle on a réglé l'hydrostat, la pression coince les mâchoires, et la mine se trouve fixée. Tel est, notamment, le mécanisme de prise d'immersion des mines allemandes type UE pour sous-marins.

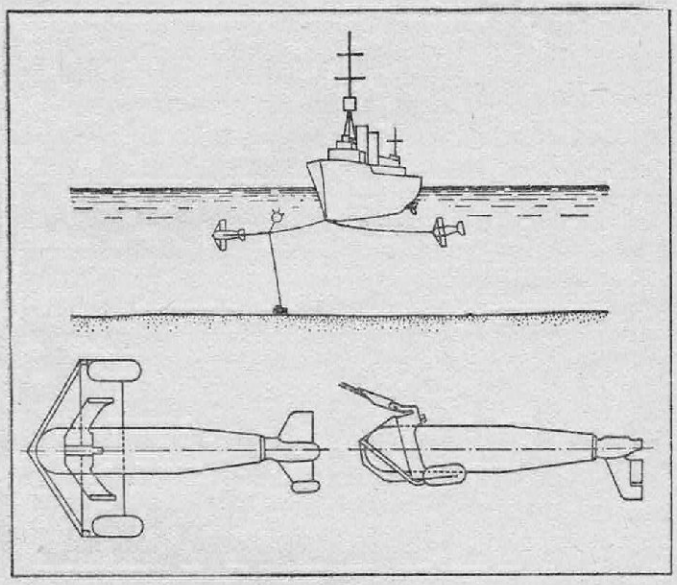


FIG. 11. — PROTECTION PAR « OTTER » D'UN NAVIRE CONTRE LES MINES

Les deux brins de la drague, attachés par une extrémité au pied de l'étrave, sont soutenus à l'autre extrémité par un flotteur qui leur donne, suivant réglage, la divergence désirée. L'orin de la mine, qui n'est pas touchée directement par l'étrave, est écarté du navire. Lorsqu'il atteint l'otter, il s'engage dans la cisaille que l'on voit à sa partie haute (figure du bas, à droite). Il est sectionné et la mine vient en surface.

Le dragage

Dès avant la guerre de 1914, on avait employé, pour déblayer un chenal à travers un champ de mines, le procédé du dragage par un câble métallique traîné à une profondeur donnée.

Le premier procédé qui fut utilisé exigeait deux bâtiments

dragueurs cheminant sur routes parallèles et tirant les deux extrémités d'une aussière en acier que font plonger deux panneaux et dont un flotteur soulève le centre.

On a créé ensuite, en divers pays, des dragues divergentes remorquées par un seul navire et dont la divergence est obtenue soit par des panneaux spéciaux, soit par des flotteurs fuselés du genre des « paravanes » ou « otters », qui servent à la protection individuelle des navires en marche.

Lorsque la drague rencontre une mine, on peut la remorquer vers de petits fonds ; le flotteur vient alors en surface ou s'échoue. On le désarme si l'opération est facile ; on le détruit au moyen d'un pétard si l'on peut en approcher ; on le fait sauter au canon ou on le coule dans le cas contraire.

Pour éviter cette opération, particulièrement délicate dans le dragage avec deux navires, on peut munir la drague de cisailles qui coupent les orins des mines. Certaines fonctionnent par le seul effet de la vitesse de remorquage. D'autres sont actionnées mécaniquement par un ressort que l'orin déclenche en s'engageant entre les mâchoires. D'autres, enfin, sont des cisailles à explosif, qui peuvent sectionner les orins les plus résistants ; elles avaient été adoptées depuis longtemps par la marine allemande. Une fois le flotteur en surface, il est détruit au canon.

Paravanes et otters

Pour écarter les mines des bâtiments de surface en marche, on utilise, en Angleterre et en France, le « protector paravane », et, en Allemagne, l'appareil « Otter », conçu suivant des principes identiques.

Les dragues, au nombre de deux, sont fixées par une extrémité à la partie inférieure de l'étrave du navire à protéger, par l'autre à un flotteur ayant la forme générale d'un avion monoplan. La dissymétrie des flotteurs est obtenue par un lestage différent des extrémités d'ailes.

L'appareil de protection peut être remorqué à des vitesses atteignant 28 nœuds. Au cours de la guerre de 1914, il en avait été délivré à tous les navires de ligne et croiseurs des alliés et des empires centraux ainsi qu'à plus de 3 000 navires marchands.

André Fournier.

Au seuil de 1940, l'avion de chasse rapide, volant à 700 km/h, apparaît de réalisation prochaine, étant donné les possibilités actuelles de la technique aéronautique. Prenant pour terme de comparaison l'avion de 1921 volant à quelque 260 km/h, la revue italienne *le Vie dell'Aria* a publié quelques chiffres montrant la part qui revient respectivement aux perfectionnements apportés aux cellules et aux moteurs, depuis une vingtaine d'années, dans l'amélioration des performances de vitesse des avions. On sait qu'aujourd'hui on sait réaliser des moteurs dont la puissance unitaire dépasse 2 000 ch avec, grâce au refroidissement par liquide, une surface frontale minimum, ne dépassant pas 1 m² pour certains moteurs de 1 800 ch. Leur poids, rapporté à l'unité de puissance, est tombé à 500 g/ch et leur consommation à 190 g/ch-h. L'adoption de l'hélice à pas variable permet d'utiliser la puissance ainsi développée dans les meilleures conditions et l'emploi du compresseur de la ramener à sa valeur nominale à l'altitude normale de vol. Enfin les pertes sont réduites au minimum par le tracé rationnel des capotages, en même temps que la plus grande partie de l'énergie libérée à l'échappement est récupérée par la disposition des tuyautages, utilisant l'effet de réaction pour la propulsion de l'avion. De 260 km/h, la seule adoption d'un moteur moderne aurait fait passer la vitesse de l'avion type 1921 à 350 km/h ; le rétablissement de cette puissance en altitude aurait permis d'atteindre 410 km/h ; enfin, ce sont les perfectionnements d'ordre aérodynamique qu'il faut faire entrer en ligne de compte pour franchir la marge de 410 à 700 km/h.

LE BILAN MENSUEL DE LA GUERRE

(3 Novembre - 3 Décembre 1939)

Par le général DUVAL

Comme chaque mois, le général Duval dresse ici le bilan des opérations terrestres, navales et aériennes au cours de la période qui va du 3 novembre au 3 décembre. Limité volontairement dans le temps, cet exposé rassemble les éléments épars dans les informations fugitives de la presse quotidienne et permettra ainsi au lecteur de situer dans leur cadre synthétique les événements de l'actualité présente.

Le mois de novembre s'est ouvert par le discours que M. Molotov a prononcé devant le Soviet suprême. Il a évoqué le développement des événements depuis le 23 août, date à laquelle fut conclu le pacte germano-russe. La brusque transformation des relations existant entre l'Allemagne et l'U. R. S. S. devait avoir une influence profonde sur la situation internationale en Europe. La première conséquence fut la désagrégation de l'Etat polonais. L'U. R. S. S. entra en Pologne pour secourir « la population sœur de l'Ukraine et de la Russie blanche ».

M. Molotov a rappelé ensuite l'activité politique de l'U. R. S. S. dans les Etats baltes, avec lesquels furent conclus des pactes d'assistance mutuelle, assistance militaire comprise. Il a enfin posé le problème de la Finlande sous une forme aiguë. « L'U. R. S. S., a-t-il dit, veut assurer sa sécurité. Aucun gouvernement en Russie, sauf le gouvernement soviétique, n'aurait toléré l'existence d'une Finlande indépendante aux portes mêmes de Leningrad. »

Parlant de la négociation avec la Turquie, M. Molotov l'a résumée dans les termes suivants : « Il s'agissait de la conclusion d'un pacte bipartite d'assistance mutuelle limité aux régions de la mer Noire et des détroits. L'U. R. S. S. estimait, en premier lieu, que la conclusion de ce pacte ne pouvait l'engager à des actes de nature à l'entraîner dans un conflit armé avec l'Allemagne, et, deuxièmement, elle voulait avoir la garantie que la Turquie ne laisserait pas passer par le Bosphore, dans la mer Noire, des navires de guerre appartenant à des puissances non riveraines de la mer Noire. La Turquie déclina ces deux réserves de l'U. R. S. S. et rendit par là impossible la conclusion du pacte. »

Ce sont là des déclarations très importantes qui ne peuvent pas être négligées dans une relation abrégée de cette guerre ; elles peuvent jeter une clarté nécessaire sur des entreprises militaires peut-être prochaines. J'en dirai autant de ce commentaire fait par M. Molotov de l'accord conclu entre la Turquie, la France et la Grande-Bretagne. « La Turquie, a-t-il dit, a accepté, non sans risques pour elle, de soutenir une des parties belligérantes », et il a opposé à cette politique celle de l'U. R. S. S., « qui préfère garder les mains libres et pratiquer avec esprit de suite sa neutralité ».

Il y a, en effet, de l'esprit de suite dans la politique de l'U. R. S. S., mais il a consisté jusqu'à présent à profiter de l'inattention forcée ou de la complicité des grandes puissances de l'Europe pour remplir ses mains, demeurées libres, avec les dépouilles des petites puissances voisines. Un programme existe, à n'en pas douter, sur lequel l'U. R. S. S. et l'Allemagne se sont mises d'accord. L'Allemagne masque une suite d'opérations frauduleuses qui donnent à l'U. R. S. S. la souveraineté d'abord dans la Baltique, demain peut-être dans la mer Noire. Les avantages accordés à l'Allemagne en compensation de concessions aussi contraires à ses ambitions traditionnelles restent à définir.

La guerre en Finlande

L'incendie grandit et gagne peu à peu en Europe. L'U. R. S. S. règle les affaires qui l'intéressent après les avoir rangées dans un ordre de difficulté croissante. Pour la Pologne, il suffisait d'un coup de poignard dans le dos. Pour les pays baltes, il n'y avait pas de grandes résistances à vaincre de la part de trois petits Etats habitués à vivre chacun pour soi (car il est constant que les faibles soient incapables de s'unir), et qui, adossés à la mer, ne pouvaient, en

raison de la brièveté de leur territoire, prolonger longtemps la guerre. Il en allait autrement avec la Finlande.

Si l'on compare la Finlande avec la Russie, en rapprochant simplement les chiffres de population, la Finlande n'existe évidemment pas. Elle oppose 3 600 000 habitants à 168 000 000 de Russes. Son territoire ne représente que la cinquante-deuxième partie du territoire de l'U. R. S. S. Il n'est cependant pas très petit. Ses 388 000 km² font les deux tiers de la France métropolitaine et six fois la Belgique et la Hollande réunies. Quant à établir un parallèle entre les forces militaires des deux pays, comment y songer ? L'effectif de l'armée finlandaise du temps de paix était, en 1936, d'environ 33 000 hommes ; celui de l'armée russe s'élevait, la même année, à 1 300 000 hommes. Mais il faut apporter des correctifs sérieux à une telle comparaison.

L'armée de campagne finlandaise est formée des hommes de vingt et un à quarante ans. Elle compte, mobilisée, 400 000 hommes environ. Les hommes de quarante à soixante ans appartiennent à la deuxième réserve ; ils représentent un appoint de 400 000 à 500 000 hommes, médiocrement instruits. L'armée de campagne est très solide. Le Finlandais est, physiquement et moralement, un excellent soldat. Le patriotisme finlandais est ardent ; il s'est affirmé au cours de luttes séculaires. Même conquise, la Finlande n'a jamais été réduite. Le pays se prête à la défense pied à pied. Soixante-dix-sept pour cent de son territoire sont recouverts de lacs et de forêts ; les jours n'ont, en décembre et janvier, qu'une durée de quelques heures. Le froid y est extrêmement vif.

Mais quelque effort qu'ait fait la Finlande pour son armée de terre, elle souffrait d'une faiblesse qui devait stériliser tout le reste. Elle ne possédait que 150 avions alors que son adversaire allait en jeter sur elle 1 500 à 2 000. Lorsque l'U. R. S. S. l'a menacée d'une dévastation totale par le bombardement aérien, elle a eu brusquement conscience de sa faiblesse. Contre l'avion, toute l'infanterie, toute la cavalerie, toutes les troupes terrestres ne peuvent rien. Rien ne peut donner l'espoir d'échapper aux coups d'un ennemi sans scrupule, si soi-même on est dépourvu d'avions et de canons contre avions.

Ainsi l'U. R. S. S. s'est efforcée de résoudre le conflit par des moyens qui lui donnent une supériorité certaine : la propagande idéologique et la guerre aérienne. Elle ne s'est pas attaquée aux armées, mais à la résistance morale des populations. Comme son alliée l'Allemagne, elle a pratiqué le plus profond mépris pour toutes les règles habituelles du droit. Alors qu'elle n'occupait pas 100 km² du territoire de Finlande, elle a institué un gouvernement insurrectionnel, et alors que ce gouvernement n'avait aucune attache légale, ni même de fait, avec le pays, elle a déclaré qu'elle ne traiterait avec aucun autre. M. Molotov a nommé lui-même le ministre des Affaires étrangères de Finlande, et a entamé immédiatement des négociations avec lui. Le cynisme est sans limites. Dans le même temps, des avions bombardaient Helsinki, Viborg et les principales villes du sud de la Finlande. La flotte russe bombardait Hango et quelques autres points du littoral du golfe de Finlande. Un détachement, venu de Mourmansk, occupait Petsamo, port finlandais sur l'océan Glacial.

Mais les opérations terrestres doivent être ramenées à leur juste valeur. La principale a pour objectif l'isthme de Carélie. Elle s'impose, ne serait-ce que pour couvrir Leningrad. Elle se heurte au barrage fortifié dont les ailes, appuyées au lac Ladoga et au golfe de Finlande, ne peuvent être débordées. Les Russes réussiront-ils à le rompre ? C'est peu probable, si l'armée finlandaise a résolu de leur opposer une résistance sérieuse.

Deux attaques visent la frontière de Carélie au nord du lac Ladoga. Elles doivent se poursuivre dans des régions couvertes de forêts où la supériorité numérique des Soviets a peu de chances de se faire sentir. Il n'y existe aucune voie ferrée, aucune route importante de pénétration. Ce n'est pas sur des traîneaux tirés par des chiens que l'on peut transporter de quoi ravitailler une armée importante.

Quant au détachement russe qui a occupé Petsamo, et qui, d'ailleurs, en a été chassé le lendemain, laissant 800 prisonniers entre les mains des Finlandais, que pouvait-il faire dans ce pays plongé dans la nuit perpétuelle ? Il avait 500 ou 600 km à faire pour atteindre la frontière suédoise, à travers des régions glacées et à peine peuplées. Ce n'est pas avec ses forces terrestres que l'U. R. S. S. a jamais eu l'espoir de réduire la Finlande.

Comment et quand se terminera cette guerre ? Si les Finlandais, faute de pouvoir négocier avec l'U. R. S. S., sont contraints de se retirer vers le nord de leur pays, il est peu probable que les armées soviétiques,

maîtresses de la région convoitée par elles, les y suivent. L'état de guerre n'aurait, dès lors, pas de terme. La situation créée dans ce canton de l'Europe pourrait se compliquer de l'attitude prise par la Suède. Là est le nœud politique d'une guerre russo-finlandaise.

Sans en attendre la fin, l'U. R. S. S. passera-t-elle à la phase suivante de son activité politique ? Entamera-t-elle quelques opérations dans la région de la mer Noire et dans les Balkans, ou a-t-elle conçu quelque grand dessein vers l'Iran, l'Afghanistan, les Indes ? De telles ambitions peuvent paraître disproportionnées avec la force militaire de l'U. R. S. S., qui n'a d'autre valeur que le nombre. Mais trouvera-t-elle jamais plus belle occasion ?

La guerre économique

Cependant, sur le théâtre de l'Europe occidentale, l'Allemagne continue de manifester une agitation vélléitaire, faite de propos menaçants et d'actes sans lendemain.

La lutte économique domine la guerre. La Grande-Bretagne en a pris la direction et s'efforce de rendre de plus en plus étroit le blocus de l'Allemagne. L'Allemagne a essayé de passer sur ce terrain à la contre-offensive. Hitler a proclamé que son principal but de guerre était la destruction de l'Empire britannique, ni plus, ni moins. Comme l'Empire britannique n'est sérieusement vulnérable qu'en Grande-Bretagne et aux Indes, nous devons supposer que, laissant à son alliée, l'U. R. S. S., le soin de lui porter le coup mortel aux Indes, Hitler se charge, en ce qui le concerne, de le frapper en Grande-Bretagne. Il a, pour cela, projeté de réaliser le contre-blocus.

Il y pensait dès le temps de paix et, pour cela, il avait préparé la guerre sous-marine. Mais ce moyen semble déjà périmé. Le sous-marin paye mal ; il est détruit avant d'avoir coulé en bateaux ennemis l'équivalent de sa valeur, surtout si l'on tient compte de la perte des équipages d'élite, irremplaçables, qui ont fait sa véritable force. Comme il a fallu trouver autre chose, l'Allemagne a organisé la guerre de mines et, récemment, utilisé les mines magnétiques. Le succès a d'abord été très grand. Mais, dès maintenant, tout permet de croire qu'il sera bientôt médiocre. Il sera plus facile, dit-on, de se débarrasser d'une mine magnétique, facilement et automatiquement décelée par des instruments appropriés, que d'une mine ordinaire.

Cependant, pour fortifier leur résistance, la France et la Grande-Bretagne ont décidé, le 17 novembre, de constituer un front économique unique. Une convention a été passée entre les deux gouvernements pour « assurer une action commune dans les domaines suivants : aviation, armement et matières premières, pétrole, ravitaillement, transports maritimes, guerre économique. Les nouvelles mesures adoptées par les deux gouvernements permettront de réaliser la meilleure utilisation, dans l'intérêt commun, des ressources des deux pays en matières premières, moyens de production, tonnage maritime, etc., ainsi que de répartir également entre eux toutes restrictions qui pourraient résulter d'une réduction de programmes d'importations que les circonstances imposeraient. Les deux pays établiront désormais en commun leurs programmes d'importations... L'application des dispositions prises sera confiée à des comités exécutifs permanents franco-anglais et à un comité franco-anglais de coordination, qui seront créés immédiatement ».

L'importance d'un tel accord, même au point de vue de la conduite de la guerre, est trop grande pour ne pas le signaler dans le récit des événements.

Cependant, des raids aériens continuent d'être exécutés par les Allemands dans la mer du Nord, jusqu'à Scapa Flow et jusqu'aux îles Shetland. Ils sont justifiés par les stations navales britanniques, chargées de surveiller le déroutement des navires qui évitent les champs de mines barrant l'entrée nord de la mer du Nord, entre la Norvège et les Iles Britanniques. Ces raids ont peu de résultats. A la guerre, ce sont les actions de masse qui comptent. Les exploits individuels sont un exemple ; ils ouvrent la voie vers le succès. Mais ce sont les organisations, les formations disciplinées et instruites qui remportent les victoires. Il n'y a d'ailleurs de formation efficace qu'avec un chef à sa tête. L'as véritable, celui dont la valeur est productive, c'est le chef à tous les degrés.

L'action du blocus sur l'Allemagne est lente, mais certaine. Celle du contre-blocus tentée contre la Grande-Bretagne peut, jusqu'à présent, être considérée comme sans valeur. Il faut beaucoup de continuité dans l'effort pour que les conséquences d'un blocus deviennent sensibles. Ces conséquences sont d'ailleurs longtemps morales plus que matérielles. Si grandes que soient les restrictions imposées aux Allemands, elles existent depuis si longtemps que la population y est plus ou moins habituée ; elles n'ont plus

qu'une importance relative. D'autres motifs tendent à rendre en Allemagne la vie intolérable ; ils ont leur origine dans le régime, fondé sur la délation et la police et qui ne fonctionne dans chaque ville qu'au profit d'un nombre plus ou moins grand de partisans. Les arrestations et les exécutions sont fréquentes ; l'inquiétude, l'angoisse, la terreur même règnent dans beaucoup de familles. Chacun doit surveiller ses attitudes et ses paroles sous peine des plus graves conséquences. L'Allemand n'a jamais été bien exigeant en fait de liberté individuelle, ni même de respect de sa personnalité. Mais, à l'heure actuelle, il y en a trop qui vivent, dans leur propre pays, comme des bêtes traquées pour que cette situation puisse durer bien longtemps. Qu'une fissure se produise, et tout le système s'écroulera.

Mais alors, dira-t-on, à quoi bon le blocus ? La réponse est facile : c'est lui qui prépare la fissure. Il fournit l'argument tangible et tacite du mécontentement général. Souffrir moralement est plus dur que souffrir matériellement ; mais la souffrance matérielle jointe à la souffrance morale rend celle-ci intolérable. Il suffit alors d'un échec militaire pour achever le découragement général.

La menace contre la Hollande et la Belgique

Le projet qu'avait formé Hitler de répondre au blocus de l'Allemagne par le contre-blocus de la Grande-Bretagne devait lui inspirer le désir d'organiser des bases aéro-navales en Hollande. Rotterdam, Flessingue seraient dans ses mains des atouts redoutables. De là, il pourrait prétendre à dominer la mer du Nord ; il la disputerait tout au moins à la Grande-Bretagne avec ses sous-marins, tandis qu'avec ses hydravions il serait à bonne portée pour attaquer ses ports et même Londres, qui n'est pas à plus de 200 km de Flessingue.

On admet qu'une centaine de divisions allemandes ont été réunies sur le front occidental. Une centaine de divisions avec tout ce qui les complète : éléments de corps d'armée et d'armée, services de l'avant et de l'arrière représentent un effectif d'environ 2 millions d'hommes. Le dispositif de stationnement d'une telle masse peut normalement couvrir toute la région qui s'étend depuis la Sarre jusqu'à la mer du Nord. Dans de telles conditions, la présence de nombreux éléments au voisinage des frontières de Belgique et de Hollande n'a en soi rien de bien surprenant. Néanmoins, des dispositions peuvent être facilement prises pour une entrée soudaine en Hollande ou en Belgique. A tort ou à raison, on a cru, pendant toute la première quinzaine de novembre, à l'imminence de cette opération.

Le 6 novembre, le roi Léopold de Belgique partit soudain pour La Haye, où il eut, dans la soirée et pendant une partie de la nuit, un long entretien avec la reine Wilhelmine. Le résultat officiel de cette visite fut une offre de médiation pacifique adressée aux belligérants, tentative sans espoir, qui reçut un accueil courtois de la part de la France et de la Grande-Bretagne, mais à laquelle l'Allemagne ne répondit même pas sous une forme correcte.

On se demanda, par la suite, si l'intention des deux souverains, et surtout du roi de Belgique, n'avait pas été simplement de manifester l'accord qui régnait entre leurs deux pays. Cet accord était, en effet, de nature à faire réfléchir Hitler. En effet, si l'on suppose l'occupation par les Allemands de Rotterdam et de Flessingue, le problème de l'exploitation de ces bases contre la Grande-Bretagne se pose très différemment si la Belgique reste neutre ou si elle intervient. L'entrée de la Belgique dans la guerre, c'est la réunion en un théâtre unique d'opérations de toute l'Europe occidentale : Allemagne, Hollande, Belgique, France. Les armées françaises cessent d'être enfermées entre le Luxembourg et la Suisse, la ligne Siegfried et la ligne Maginot. En manœuvrant par la Belgique, l'armée française peut atteindre la première les bouches de l'Escaut, et, dans tous les cas, en interdire l'accès aux Allemands, donner à la guerre sur le continent un nouvel élan qui ne permettrait plus aux forces aériennes allemandes de se consacrer entièrement à l'attaque de la puissance britannique sur mer et chez elle.

Il est vraisemblable qu'Hitler souhaitait entrer en Hollande sans provoquer la Belgique à sortir de sa neutralité. Il était peu probable qu'il réussît à mettre la main sur Rotterdam. La Hollande a été depuis longtemps mise en éveil. Elle est prête à couvrir par l'inondation le cœur du pays, c'est-à-dire la Hollande proprement dite et la province d'Utrecht. Rotterdam n'est donc pas accessible. Il n'en est pas de même de Flessingue, qui peut être atteinte par le Brabant septentrional, dont toute la partie sud n'est pas inondable. L'armée hollandaise opposerait une résistance sérieuse sur

la Meuse ; elle utiliserait ensuite l'obstacle que représentent, sur une partie de ce front, les marais de Peel ; mais il est peu vraisemblable que les forces allemandes n'en viennent pas très vite à bout. Elles progresseraient alors rapidement en poussant en avant leurs formations motorisées. Leur objectif serait la région Breda-Bergen op Zoom, puis les îles de la Zélande et Flessingue.

Les Anglais auraient-ils le temps et le moyen d'atteindre avant les Allemands les îles de Zélande ? Le succès de l'opération exigerait de la part des Allemands beaucoup de hardiesse et de bonheur, mais l'entente de la Belgique et de la Hollande et l'intervention de la Belgique le rendraient certainement plus que douteux.

Il y a donc tout lieu de croire que si Hitler a réellement projeté d'entrer en Hollande dans la semaine du 7 au 14 novembre, il a été amené à y renoncer par l'attitude du roi Léopold de Belgique.

La situation des armées sur le front occidental

Les Allemands ont pris sur le front, entre Rhin et Moselle, un dispositif défensif. Tout indique que, pour le moment, ils n'ont pas, dans cette région, d'intention offensive sérieuse. Leurs troupes sont étalées en profondeur ; elles cherchent à concilier les exigences militaires et celles qu'impose leur conservation. Les divisions préposées à la garde de la ligne Siegfried sont juxtaposées. Dans chaque division, les trois régiments sont accolés. Dans chaque régiment, les bataillons sont, en général, placés l'un derrière l'autre. Le bataillon de tête a la charge des avant-postes, au contact des nôtres ; le deuxième bataillon se trouve sur la ligne Siegfried ; le troisième bataillon est assez loin en arrière pour trouver une zone de cantonnements où le repos soit assuré. Ce bataillon est le seul qui jouisse d'un certain confort. Sur la ligne Siegfried, composée de petites casemates construites exclusivement pour le combat, il y en a fort peu ; aux avant-postes, il n'y en a pas du tout ; c'est le bivouac.

Quant à nous, la masse de nos divisions, réparties dans de larges cantonnements, est couverte par la ligne Maginot, dont la garnison est spécialisée. La ligne Maginot est, à son tour, couverte par des avant-postes situés à quelques kilomètres en avant d'elle, au voisinage de la frontière. Les avant-postes allemands, qui font face aux nôtres, n'en sont distants que de quelques centaines de mètres, au maximum un kilomètre ou deux.

Le communiqué nous parle fréquemment d'activité locale, traduite par des patrouilles, des reconnaissances, des coups de main ; le 10 novembre, il nous a même signalé deux attaques. A quoi tout cela répond-il ?

La proximité de l'ennemi rend fatalement la vie aux avant-postes un peu fébrile. Les sentinelles de la ligne de surveillance sont attentives au moindre indice, la nuit au moindre bruit. Les coups de fusil partent quelquefois tout seuls ; la tiraillerie de nuit aux avant-postes est un mal contagieux contre lequel l'officier et le sous-officier doivent constamment réagir par leur calme. Le remède préventif contre la surprise, c'est la patrouille qui utilise le terrain pour se rapprocher de l'ennemi et observer ses faits et gestes. Mais comme l'ennemi en fait autant, il arrive que des patrouilles se rencontrent et échangent des coups de fusil.

Une patrouille plus étoffée devient une reconnaissance. Un détachement plus gros, section ou compagnie, qui a pour mission d'obtenir des précisions plus complètes, cherche à pénétrer dans les positions de l'ennemi, à y faire des prisonniers : c'est un coup de main. Quant à l'attaque, elle a plus d'ambition ; elle cherche à s'emparer de tout ou partie de la position ennemie avec l'intention d'y rester.

L'artillerie participe à ces opérations dès qu'elles prennent quelque ampleur. Pour ménager l'infanterie, il est de règle de lui attribuer un rôle actif.

Le 10 novembre, les Allemands ont monté deux attaques, l'une sur un front de 600 m, l'autre sur un front de 1 000 à 1 200 m. L'effectif engagé dans chacune représentait environ un bataillon, appuyé par huit ou dix batteries. Nos postes de surveillance, après avoir donné l'alerte, se sont repliés sur la position de résistance. Sous les feux de cette position, l'infanterie allemande s'est bientôt terrée ; puis, prise à partie par une violente intervention de notre artillerie, elle a décampé pour regagner ses points de départ. Nos postes de surveillance ont repris leurs emplacements, et tout s'est ainsi terminé. Ces deux attaques représentent ce qui s'est passé de plus important dans le mois. A quoi répondaient-elles ? On peut supposer que l'ennemi voulait provoquer une réaction de notre part pour se rendre compte de notre volonté et de notre capacité de résistance. On peut aussi penser qu'il cherche ainsi à tenir ses troupes en

haleine et à les familiariser peu à peu avec le combat.

Ces indications nous permettent d'imaginer ce qu'il y a de réel derrière les quelques mots des communiqués. La vérité est qu'il n'y a pas grand'chose.

La stratégie de Hitler

Il est naturel qu'ayant adopté une attitude militaire d'attente vis-à-vis de l'Allemagne, nous cherchions à deviner ses intentions. Le tout est de ne pas nous laisser aller dans cette voie aux fantaisies de notre imagination. L'information, plus encore en temps de guerre qu'en temps de paix, est abondante et contradictoire. Sur l'état moral de l'Allemagne, sur sa situation économique, sur les projets mêmes de son chef, de nombreux renseignements nous parviennent, parmi lesquels les optimistes et les pessimistes peuvent également faire leur choix.

Peut-être vaut-il mieux s'en tenir simplement à la logique des événements. L'Allemagne vivait déjà en temps de paix sous un régime de restrictions ; l'état de guerre et le blocus n'ont pu que le renforcer. Mais, je l'ai déjà dit, l'Allemand souffre moins des restrictions, précisément parce qu'elles lui sont devenues familières, que du régime politique. Toutefois, le découragement général est lié à un échec militaire. En effet, si l'Allemagne croit à la victoire et tant qu'elle y croira, elle supportera tout, dans l'espoir qu'alors tout s'arrangera, misères politiques et misère alimentaire.

C'est ainsi qu'apparaît l'importance de l'événement militaire, seul capable de maintenir ou de détruire la confiance dans l'avenir. Hitler, jusqu'à présent, évite l'événement militaire, ce qui démontre qu'il le redoute. Mais, comme, provisoirement, nous ne le cherchons pas davantage, il tire de notre abstention des conclusions favorables, et cherche dans ses communiqués et même dans des organes de presse étrangère, à exploiter les plus petits avantages, vrais ou faux, pour affirmer sa supériorité.

Il cherche ainsi à ramener même le conflit armé sur le terrain psychologique, celui de la propagande, où il se sent et se croit supérieur. Il continue ses méthodes du temps de paix, alors qu'il s'agissait de contestations diplomatiques. Il s'est joué des hommes d'Etat et des diplomates avec d'autant plus de facilité que, n'étant lui-même ni homme d'Etat ni diplomate, il ne s'embarrassait pas comme eux de traditions ni de règles. Il mentait, il manquait à ses engagements avec une désinvolture qui désorientait ses interlocuteurs. Ceux-ci ne croyaient jamais qu'il irait aussi loin dans la duplicité et attribuaient chaque fois à ses déclarations une certaine dose de sincérité.

Dans la conduite de la guerre et même des opérations, il continue. N'étant pas stratège, il s'amuse des stratèges. Depuis trois mois, il n'a exactement rien fait sur le front occidental, mais le bruit a constamment couru de ses offensives prochaines : sur la ligne Maginot, sur la Grande-Bretagne, sur la Hollande, sur la Belgique, sur la Suisse. Il ne manœuvre pas avec ses armées, mais seulement par la propagande : déclarations, presse, fausses rumeurs, sans parler des manœuvres cachées de démoralisation intérieure, les plus perfides de toutes.

Un jour viendra où cette atmosphère sera balayée par le canon. Mais, en attendant, soyons fermes, ne nous laissons pas manœuvrer par des nouvelles venues on ne sait d'où, ni par l'affirmation d'infériorités ou de malfaçons imaginaires. Efforçons-nous de voir clair dans le jeu de l'Allemagne ; n'en soyons pas dupes en nous faisant l'écho de rumeurs dont nous ignorons la source. Hitler a, pour nous parler, des moyens plus perfides, parce que plus sournois, que la radio de Stuttgart.

Général DUVAL.

A la période *mécanique*, qui débuta à l'âge de pierre et s'étendit jusqu'au milieu du XIXe siècle, a succédé la période *chimique* jusque vers 1909. Après avoir seulement travaillé mécaniquement les matières naturelles, l'homme avait alors appris a les transformer chimiquement. Depuis 30 ans s'est ouverte la période *synthétique*, marquée par la création de substances entièrement nouvelles — les matières plastiques —, souvent supérieures, de par leur résistance mécanique et leurs propriétés physiques et chimiques, aux produits naturels et dont la diversité d'emploi est presque illimitée.

L'INTERIEUR DE LA TERRE EST-IL GAZEUX ?

Par Louis HOULLEVIGUE

PROFESSEUR A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE MARSEILLE

Le rayon du globe terrestre mesure 6 000 km, mais nous ne possédons de notions un peu précises, géologiquement parlant, que sur les deux ou trois premiers. Deux ordres de phénomènes peuvent seuls nous renseigner directement sur la structure des couches profondes, encore si mystérieuse ; d'une part, l'existence des marées de l'écorce terrestre, révélées grâce à l'extraordinaire sensibilité du « pendule horizontal » et qui apportent la preuve décisive de la fluidité au moins partielle de notre globe ; d'autre part, la propagation des ondes sismiques, grâce à laquelle il a été possible d'évaluer les dimensions de ce noyau fluide. Est-il liquide, est-il gazeux? On sait aujourd'hui qu'aucun des corps connus ne saurait être liquide au-dessus de 8 000° C. Bien que nous ne disposions d'aucun moyen pour mesurer effectivement la température qui règne au centre de la Terre, toutes les observations astronomiques portant sur les autres astres du système solaire s'accordent pour montrer que, selon toute probabilité, elle dépasse de beaucoup cette valeur critique. Ainsi la croûte terrestre solide recouvrirait comme une mince pellicule un gaz à très haute température, soumis en outre à des pressions formidables, ayant acquis de ce fait des propriétés comparables à celles des solides et possédant, en particulier, une rigidité du même ordre que l'acier.

Chaque science comporte un certain nombre de « grands problèmes », à la fois insolubles et passionnants, et ils nous passionnent justement parce que nous sentons notre impuissance à les résoudre. La géologie, pour son compte, en présente deux : le premier est l'origine de la vie sur la Terre, et spécialement celle de l'espèce humaine. Quant au second, qui nous occupe plus spécialement dans cet article, il s'inquiète de l'ignorance véritablement scandaleuse où nous restons en ce qui concerne la structure interne de la petite boule qui nous emporte à travers l'espace : 2 ou 3 kilomètres à peine sur plus de 6 000, voilà tout ce que nous en savons de science certaine ; sur ces régions intérieures, nous sommes moins bien renseignés que sur la structure des nébuleuses situées à des millions d'années-lumière.

Pourtant, à défaut des renseignements certains qui nous manquent, nous pouvons édifier certaines hypothèses ; si elles se modifient au cours des ans, c'est parce que le progrès continu des sciences change les conditions auxquelles toute explication doit satisfaire; c'est pour cela que telle représentation, vieille seulement d'un quart de siècle, nous semble aujourd'hui imparfaite et périmée.

C'est cette évolution dont nous voudrions expliquer les raisons au lecteur.

Les preuves de la fluidité interne du globe

Un corps fluide est celui dont les éléments peuvent glisser les uns sur les autres de façon à prendre à chaque instant la figure d'équilibre déterminée par les forces agissantes. Dans les milieux qui nous entourent, les liquides et les gaz possèdent cette propriété, à l'exclusion des solides ; de plus, ils peuvent être plus ou moins visqueux, c'est-à-dire prendre un temps plus ou moins long pour réaliser cette figure d'équilibre.

Lorsqu'on considère la forme générale de la Terre (1), qui est celle d'un ellipsoïde de révolution autour de l'axe polaire, on ne peut douter que notre Globe n'ait été fluide dans le passé ; mais cela ne prouve pas qu'il le soit encore actuellement : la Lune, et maints autres corps célestes, présentent une forme analogue, et cependant certains pourraient bien être gelés jusqu'au cœur. En réalité, il n'existe qu'une seule preuve de la fluidité actuelle du Globe, *mais cette preuve est décisive :* elle consiste dans l'existence de ce qu'on a appelé les *marées de l'écorce*, pour les différencier des marées océaniques ; dénomination très impropre, car l'écorce terrestre ne fait que transmettre par son élasticité les mouvements de la masse fluide interne, comme la boîte métal-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 503.

lique d'un baromètre anéroïde transmet les variations de la pression intérieure. On me permettra de rappeler en quelques mots le principe de cette constatation capitale. Considérons deux cas extrêmes ; si la Terre était, dans son ensemble, parfaitement fluide, sa surface libre serait, à chaque instant, perpendiculaire aux forces agissantes, qui varient par suite des déplacements de la Lune et du Soleil ; la surface de notre géoïde serait donc constamment modifiée, mais nous n'en saurions rien, faute de points de repère pour mesurer ces mouvements; et même le pendule nous paraîtrait immobile, parce qu'il resterait constamment perpendiculaire à la surface libre qui définit, en chaque lieu, le plan horizontal.

Supposons, au contraire, que le Globe terrestre soit, dans sa masse entière, rigide et indéformable, la Lune et le Soleil pourront bien tourner autour de lui, cela ne changera rien à sa forme, ni, par conséquent, à l'horizontale; mais le pendule sera soumis à l'attraction variable de ces deux astres, qui l'écartera périodiquement de sa position d'équilibre vertical; il subira donc une oscillation, dont l'amplitude est d'ailleurs extraordinairement faible, car sa valeur maximum calculée est de quelques centièmes de seconde d'arc, autrement dit, elle déplacerait à peine d'un dixième de millimètre l'extrémité d'un pendule long d'un kilomètre !

Si faible que soit ce déplacement, il n'est pas inaccessible à la science moderne, grâce à l'emploi d'un appareil extraordinairement sensible, qu'on nomme le *pendule horizontal* (fig. 1) ; on pourra donc poser à la Terre ce dilemme décisif, et, bien qu'elle réponde à la normande, cette réponse est quand même un aveu : les expériences poursuivies longuement par Hecker, dans les caves profondes de l'Observatoire de Potsdam (pour éviter les perturbations dues aux variations de température), ont été continuées par M. Eblé dans les caves de l'Observatoire de Paris ; de cette dernière série d'observations, on a pu déduire l'action exercée par la Lune seule ; elle est représentée en traits pleins par les figures 2 et 3, tandis que l'action correspondant à la rigidité parfaite du Globe est marquée en traits discontinus.

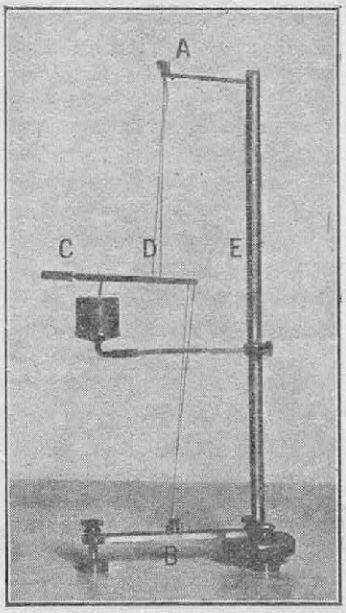


FIG. 1. — PENDULE HORIZONTAL TYPE « ZOELLNER » DE HAUTE SENSIBILITÉ

Le levier rigide C D E *est suspendu par deux fils aux points fixes* A *et* B, *situés à peu près sur la même verticale. Le pendule s'oriente dans le plan vertical passant par la droite qui joint les deux points fixes, laquelle est ainsi l'axe du pendule. Les variations de la durée d'oscillation du levier permettent de mettre en évidence des variations extrêmement faibles dans la direction de l'intensité de la pesanteur, de l'ordre du millième de seconde d'arc.*

Ces résultats ont été confirmés, de 1913 à 1917, par le grand physicien américain Michelson et son collaborateur Gale, grâce à l'emploi d'une méthode entièrement différente : elle consiste à observer les mouvements d'un colossal niveau d'eau, formé par deux tubes de 150 mètres de long, orientés N. S. et E. W., et enfouis dans le sol; on comprend sans peine que si l'écorce terrestre se soulève à une extrémité du niveau, l'eau doit paraître baisser dans cette partie du tube, et ce déplacement infime peut être mesuré par les procédés délicats de la métrologie, en observant les déplacements de franges d'interférences.

Dans l'ensemble, les expériences de Michelson et Gale ont confirmé les résultats qu'on avait déduits de l'observation du pendule horizontal; il est donc établi avec certitude que l'état réel de notre Globe est intermédiaire entre les deux cas extrêmes envisagés plus haut; la Terre, prise dans son ensemble, n'est donc ni parfaitement fluide, ni parfaitement rigide; elle obéit partiellement, et avce un léger retard qui prouve sa viscosité, aux attractions de la Lune et du Soleil et cette respiration, dont la hauteur verticale est comprise entre 15 et 20 centimètres, nous apporte la preuve incontestable de sa fluidité partielle.

Il est vrai que de ces expériences combinées avec certaines données astronomiques on peut tirer une valeur du coefficient de rigidité du Globe, qui mesure sa résistance à la déformation ; le nombre ainsi obtenu, $8{,}6 \times 10^{11}$, est très voisin du coefficient analogue pour l'acier, $7{,}7 \times 10^{11}$, ce qui a fait dire que, pour tordre notre Globe, un

géant aurait autant de peine que s'il était en acier. Pourtant, cette rigidité de la Terre est due, non aux forces attractives entre molécules, comme c'est le cas pour les solides, mais à la gravitation ; elle est mille fois plus grande encore pour le Soleil, bien que cet astre soit, de l'avis de tous les astronomes, entièrement gazeux ; tout ceci nous montre qu'un gaz soumis à des pressions formidables peut acquérir des propriétés entièrement nouvelles qui l'apparentent, par certains côtés, à un solide : les molécules qui le constituent sont théoriquement libres et indépendantes, mais, en fait, elles sont tellement serrées qu'elles ne peuvent plus profiter de cette liberté.

Où commence le « noyau central » ?

Les théories de l'élasticité nous enseignent que tout ébranlement produit en un point de la croûte terrestre, c'est-à-dire tout séisme, se propage à l'intérieur du Globe suivant deux modes différents : par des vibrations *longitudinales*, c'est-à-dire où le déplacement est, comme c'est le cas pour les ondes sonores, dans le sens de la propagation, et par des vibrations *transversales*, pareilles à celles d'une corde qu'on pince ou aux ondulations lumineuses, où le déplacement élastique est perpendiculaire à la propagation ; les vitesses V_1 et V_2 de ces deux sortes d'ondes sont inégales, la vitesse

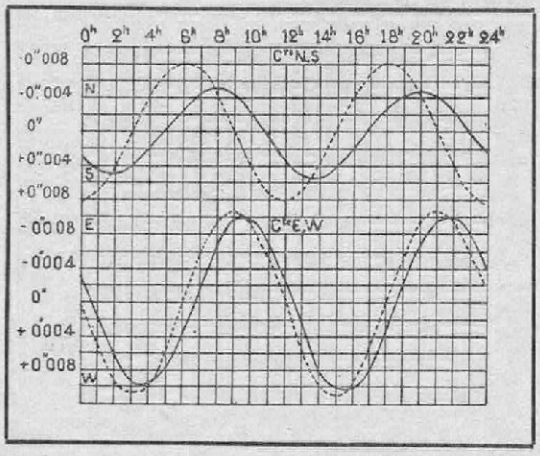


FIG. 2. — GRAPHIQUE MONTRANT, POUR LES COMPOSANTES NORD-SUD ET EST-OUEST, LES DÉVIATIONS PÉRIODIQUES DU PENDULE, C'EST-A-DIRE DE LA VERTICALE, SOUS L'ACTION DE LA LUNE

On utilise en pratique deux pendules horizontaux perpendiculaires, l'enregistrement s'effectuant photographiquement au moyen de petits miroirs. Les traits pointillés donnent la marche théorique calculée dans l'hypothèse de la rigidité parfaite.

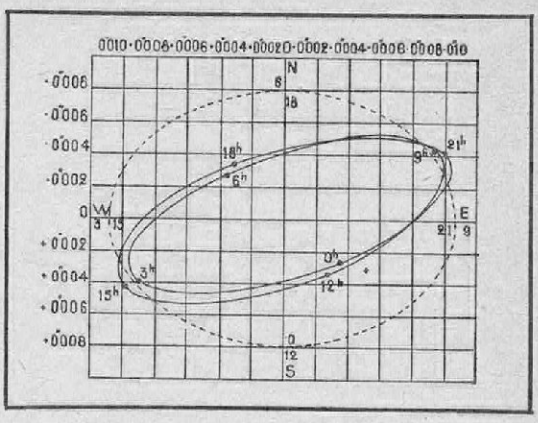


FIG. 3. — MARCHE DIURNE DU PENDULE SOUS L'ACTION DE LA LUNE

Ce graphique, que l'on déduit du précédent, met en évidence les déviations de la verticale observées par rapport au globe terrestre au cours d'une journée. Les écarts par rapport à la courbe théorique (en pointillé) sont d'autant plus marqués que le globe est plus déformable.

V_1 des ondes longitudinales étant toujours supérieure à celle V_2 des ondes transversales. Or, il se trouve que les sismographes établis un peu partout sur le Globe permettent de mesurer le temps que ces deux espèces d'ondes parties d'un même centre d'ébranlement A (fig.4) mettent à atteindre divers points d'observation B B' B''... à travers la masse du Globe ; ces résultats prouvent d'abord que les vitesses V_1 et V_2 croissent l'une et l'autre avec la profondeur, d'où il résulte que les trajectoires suivies sont, non pas rectilignes comme il arriverait si la vitesse était constante, mais courbées comme l'indique la figure.

Partant de là, on peut même calculer les valeurs de V_1 et de V_2 en fonction de la profondeur atteinte ; ce calcul, qui comporte, il est vrai, certaines hypothèses, a été conduit de deux façons différentes, d'abord par Zöppritz et Geiger, ensuite par Geiger et Gutenberg, et les résultats obtenus sont représentés côte à côte sur la figure 5. On voit que, sans être identiques, ces résultats s'accordent pour montrer un net changement d'allure à des profondeurs comprises entre 1 200 et 1 500 kilomètres ; au-dessus de ce niveau, les vitesses de propagation croissent régulièrement, ce qui indique une modification progressive des propriétés élastiques du milieu ; à partir de 1 500 kilomètres, au contraire, ces propriétés restent fixes ou varient peu, d'où on peut déduire que le noyau central fluide jouit d'une homogénéité relative.

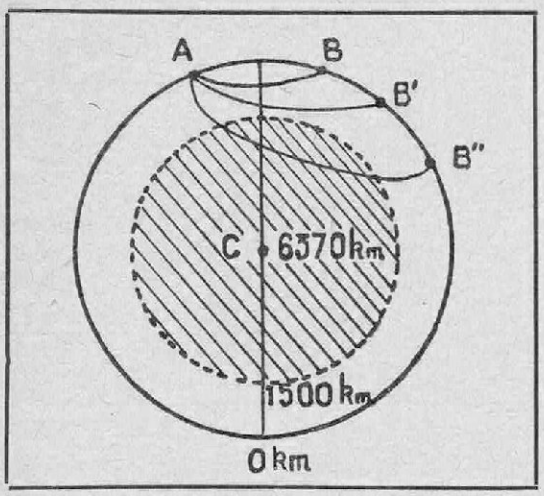


FIG. 4. — PROPAGATION SCHÉMATIQUE D'UN ÉBRANLEMENT SISMIQUE A TRAVERS LE GLOBE TERRESTRE

Les trajectoires suivies par les ondes à partir du point A sont courbes, la vitesse de propagation croissant avec la profondeur qu'elles atteignent.

Liquide ou gazeux ?

Ayant établi l'état fluide du noyau central, on peut se demander si ces régions profondes sont dans l'un des deux états, liquide ou gazeux, que nous connaissons à la surface du sol. Querelle de mots, donc parfaitement vaine, disent certains : au centre du Globe règnent des températures et des pressions telles que nous ne pouvons nous représenter l'état de la matière placée dans des conditions aussi anormales. Mais justement, aujourd'hui, les progrès de la physique et de l'astrophysique nous permettent de préciser l'incertitude qui se cache sous ce qualificatif de fluide.

Il est certain qu'à la fin du siècle dernier, lorsqu'on écrivait le mot « fluide », on pensait « liquide » ; la masse profonde du Globe apparaissait alors comme un bain de métaux fondus, entre lesquels dominaient le fer et le nickel ; ces représentations semblaient justifiées, d'abord par le dégagement des laves issues des profondeurs, ensuite par les observations, sur lesquelles je reviendrai tout à l'heure, montrant l'accroissement de température en profondeur, enfin par la mesure de la densité moyenne du Globe, dont la valeur est 5,5 ; en considérant que la croûte extérieure, ou lithosphère, a une densité comprise entre 2 et 3, on en déduit, par compensation, une valeur plus élevée pour les régions centrales ; cette valeur serait comprise entre 7 et 8, c'est-à-dire voisine de la densité du fer et du nickel *à la température ordinaire*. Et tout cela trouvait son expression dans la célèbre coupe schématique donnée par Wegener (fig. 6) où le noyau central, la *barysphère*, s'étend au-dessous de la profondeur critique indiquée tout à l'heure, 1 500 à 1 800 kilomètres, et porte le nom caractéristique de *Nifé*, destiné à rappeler qu'il serait formé par un mélange de nickel et de fer.

Le moment est venu de préciser la différence entre un liquide et un gaz ; cette différence résulte d'une définition, et est par suite arbitraire, mais il en va de même pour tous les mots que nous employons : donc, on admet que les molécules gazeuses sont indépendantes les unes des autres, tandis que, dans les liquides, elles sont reliées par des forces attractives à faible distance, répulsives aux distances plus petites encore, et ces forces se manifestent par les actions capillaires, comme par la valeur, anormalement élevée, de la compressibilité.

D'autre part, on sait que, pour chaque corps il existe une *température critique*, au-dessus de laquelle l'état gazeux peut seul exister ; une formule due à Eötwös et améliorée par Ramsay permet même de calculer cette température lorsqu'on connaît le poids moléculaire et la tension superficielle ; en se plaçant dans les conditions les plus défavorables, qui correspondent aux plus grandes valeurs admissibles de ce poids moléculaire et de cette tension, on

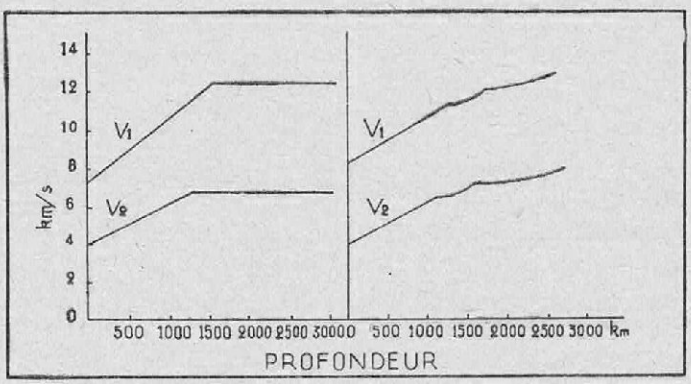


FIG. 5. — COMMENT VARIENT LES VITESSES DE PROPAGATION DES ONDES SISMIQUES AVEC LA PROFONDEUR

A gauche, d'après Zöppritz et Geiger ; à droite, d'après Geiger et Gutenberg. La vitesse V_1 correspond aux ondes longitudinales et V_2 aux ondes transversales.

trouve qu'aucun des corps connus ne saurait être liquide au-dessus de 8 000 degrés.

Par conséquent, le problème qui se pose à nous sur l'état du noyau central peut être mis sous la forme suivante : *la température interne du Globe est-elle inférieure ou supérieure à 8 000 degrés?* Dans le premier cas, l'état liquide est admissible, étant donné la formidable pression qui règne dans ces régions centrales ; dans le second, l'état du noyau central est nécessairement gazeux quelle que soit sa composition chimique. Un gaz parfait, par exemple l'air atmosphérique, porté à 10 000 degrés sous une pression de 200 000 atmosphères, aurait une densité voisine de 7, c'est-à-dire égale à celle du fer à la température ordinaire ; or, cette pression de 200 000 atmosphères doit déjà être atteinte à une profondeur comprise entre 80 et 100 kilomètres, tandis qu'au centre même du Globe la pression approche d'un million et demi d'atmosphères. Il n'y a donc aucune impossibilité à ce que le noyau central soit à l'état que nous appelons gazeux; et même, si la température était très supérieure à la limite indiquée ci-dessus, il pourrait arriver que les éléments constitutifs de ce gaz fussent, non plus les atomes des corps simples que nous connaissons, mais ces atomes plus ou moins ionisés ou même, pour une température suffisante, un mélange de protons et d'électrons, produit ultime de leur dissociation.

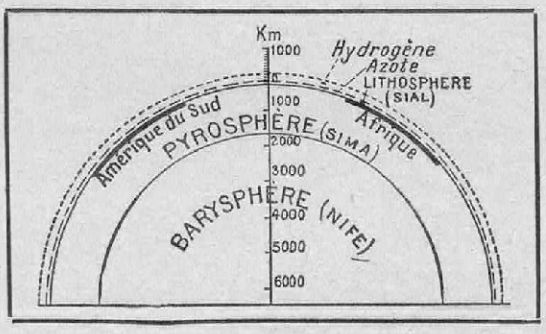


FIG. 6. — COUPE DU GLOBE TERRESTRE, MONTRANT SA CONSTITUTION, D'APRÈS L'HYPOTHÈSE DE WEGENER

Le noyau serait constitué en majeure partie de nickel et de fer (d'où le nom de nifé*) et serait surmonté d'un magma formé principalement de silicates magnésiens (d'où le nom de* sima*).*

Toutes les spéculations que nous pouvons avancer sur ce point dépendent donc de la seule température des régions profondes. Or, il faut bien avouer que nous n'avons, sur ce point, aucune information ; les mesures faites à la surface du sol donnent une valeur du degré géothermique voisine de 40 mètres ; si donc on acceptait de l'extrapoler, on trouverait qu'à 400 kilomètres de profondeur la température atteindrait déjà 10 000 degrés, c'est-à-dire que l'état gazeux existerait nécessairement à ces profondeurs. Mais rien n'est plus vain que ces extrapolations ; rien ne nous permet de leur attribuer une valeur quelconque, d'autant plus que nous sommes incapables de calculer l'effet des produits radioactifs inclus dans la lithosphère ; d'après certains auteurs, ces produits suffiraient, à eux seuls, pour expliquer les variations de température observées.

L'argument cosmogonique

Il vaut mieux abandonner ce terrain trop peu solide pour demander à la cosmogonie des arguments dont on ne saurait méconnaître le poids. Nul ne doute, depuis Kant et Laplace, que le Soleil avec son cortège de planètes ne soient nés de la condensention d'un lambeau nébuleux, et M. Belot a exposé ici même (1) une ingénieuse hypothèse sur la façon dont a pu se produire cet événement cosmique. Quoi qu'il en soit, cette communauté d'origine implique une similitude d'évolution; seulement, parce que la masse solaire est 333 000 fois plus grande que celle de la Terre, l'évolution y a été beaucoup plus lente, et c'est pour cela que l'astre central est encore à l'état d'étoile lumineuse tandis que son satellite s'est encapuchonné dans une enveloppe obscure. Les études des astronomes, appuyées sur les progrès récents de la physique, ont permis de nous donner une représentation très vraisemblable de l'état actuel du Soleil; elle a été maintes fois exposée dans cette revue (2), et je me contenterai de rappeler rapidement les conditions de son équilibre « radiatif », telles qu'elles ont été définies par Eddington : la masse entière de l'astre est à l'état gazeux, la pression et la température croissant avec la profondeur ; et cette pression est telle qu'elle interdit tous mouvements convectifs en dehors de la surface, si bien que la chaleur se propage, à travers les couches successives, uniquement par rayonnement. Dans ces conditions, et sous l'unique hypothèse que la matière constituant le Soleil est un gaz monoatomique parfait (3), on arrive à cette conclu-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 188, page 128.
(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 189.
(3) M. Véronnet, en remplaçant l'équation des gaz

sion que la pression au centre de l'astre est voisine de 30 milliards de nos atmosphères, que la densité y approche de 30, et que la température y atteint 25 millions de degrés.

Il est écrit dans le Ciel que toutes les planètes ont suivi la même évolution que le Soleil, à partir du même stade initial, mais avec des vitesses d'autant plus grandes que leur masse est plus petite : c'est ce qui résulte clairement du tableau ci-dessus.

	Masse (la Terre étant 1)	Densité par rapport à l'eau
Soleil	333 000	1,41
Mercure	0,056	6,2
Vénus	0,817	5,0
La Terre	1	5,52
Mars	0,104	3,8
Jupiter	318	1,36
Saturne	95	0,7
Uranus	15	1,27
Neptune	17	1,20

TABLEAU INDIQUANT POUR LE SOLEIL ET LES PLANÈTES LA DISTRIBUTION DES MASSES ET DES DENSITÉS

On y voit que les plus grosses planètes, comme Jupiter et Saturne, sont encore dans toute leur masse à l'état gazeux, bien que des nuages obscurs, précurseurs de la condensation, commencent déjà à traîner à leur surface ; aussi leurs densités sont faibles et comparables à celles du Soleil. Au contraire, les planètes moins imposantes, comme Vénus, la Terre et Mars, sont dans un état de maturité plus avancé ; leur densité est plus grande ; une croûte solide isolante pour la chaleur et relativement froide protège leur noyau central contre le refroidissement ; c'est ainsi que chaque centimètre carré de notre planète ne laisse filtrer, au cours d'une année, qu'une cinquantaine de petites calories, soit mille fois moins que cette même surface n'en reçoit par le fait du rayonnement solaire.

Une fois revêtues de cette carapace isolante, les planètes doivent évoluer avec une extrême lenteur ; le noyau central doit y conserver son état initial, qui était nécessairement gazeux comme celui du Soleil et des grosses planètes ; mais ce gaz, soumis à des pressions qui se chiffrent en centaines de milliers d'atmosphères, est immobilisé par la gravité comme un solide l'est par l'attraction moléculaire, et à ce point de vue on peut dire qu'il n'y a guère de différences, au point de vue des propriétés mécaniques, entre un tel gaz et un solide comme l'acier. Telle est, semble-t-il, la meilleure représentation qu'on puisse se donner actuellement de ces régions profondes du Globe ; on ne saurait se dissimuler qu'elle est encore, à la fois, vague et incertaine.

L. HOULLEVIGUE.

parfaits par celle des gaz réels, obtient des résultats très différents et en particulier une valeur beaucoup moins élevée de la température centrale, le Soleil restant gazeux dans toute sa masse.

Il y a quelques semaines a eu lieu, aux Etats-Unis, une des premières démonstrations des applications possibles de la télévision à bord des avions. Un avion des United Airlines, parti de l'aérodrome de Newark, effectua un vol de quelque 300 km jusqu'au-dessus de Washington où, prenant de l'altitude, il s'éleva progressivement jusque vers 7 000 m. Là, il put recevoir, dans d'excellentes conditions, l'émission de télévision de l'Empire State Building de New York, où se trouve logé l'émetteur W2XBS, exploité par la National Broadcasting Company et la Radio Corporation of America. La portée normale de cet émetteur ne dépasse pas, par suite de la courbure de la Terre, 80 km environ au niveau du sol ; à quelque 300 km de distance, mais à 7 000 m d'altitude, l'avion se retrouvait, pour ainsi dire, « en vue » de l'émetteur. Au retour, lorsque l'avion s'approcha de l'aérodrome de North Beach, les passagers purent assister, sur l'écran fluorescent du récepteur, à l'atterrissage de leur propre appareil, tel que l'iconoscope de la NBC-RCA, posté devant les bâtiments de l'aérodrome, pouvait l'enregistrer. Les techniciens américains, mettant à profit la sensibilité de certains modèles d'iconoscopes au rayonnement infrarouge — qui traverse le brouillard plus facilement que les rayons lumineux — étudient actuellement l'application de la télévision à l'atterrissage des avions en temps de brume, problème capital pour la sécurité des transports aériens.

LES IMAGES « FANTOMES »

Par André LAUGNAC

C'EST ainsi que l'on pourrait désigner, en réception de télévision, les images parasites, semblables à l'image principale, qui apparaissent sur l'écran des récepteurs avec un décalage horizontal plus ou moins accentué par rapport à l'image principale. Ces images fantômes sont imputables aux propriétés particulières de propagation des ondes utilisées. Les propriétés des ondes très courtes, de fréquences comprises entre 30 et 50 mégacycles, ont été énoncées depuis plusieurs années : elles se différencient surtout des ondes plus longues en ce qu'elles se propagent en ligne droite et qu'elles traversent la couche d'Heaviside sans être réfléchies vers le sol, d'où leur nom d'ondes « quasi optiques » ; pour que ces ondes puissent être captées par une antenne réceptrice, il est donc communément admis qu'il doit y avoir, ou à peu près, visibilité directe entre les antennes émettrices et réceptrices. Leur portée se trouve ainsi limitée par la courbure de l'écorce terrestre. La mise en service d'émetteurs puissants à ondes très courtes pour la télévision a permis de vérifier d'une façon satisfaisante l'exactitude des lois de propagation admises depuis plusieurs années avec, cependant, quelques exceptions concernant la portée limitée de ces ondes : l'émetteur de télévision de la tour Eiffel a été reçu dans plusieurs villes éloignées du sud de la France, ainsi que dans le sud de l'Angleterre, et plus récemment les émissions anglaises de télévision ont été reçues aux Etats-Unis, mais ce dernier résultat est exceptionnel ; on peut le considérer comme dû à des circonstances atmosphériques très particulières et, par conséquent, il n'affecte nullement la propriété attribuée aux ondes très courtes de se propager en ligne droite et de pouvoir être réfléchies par certains obstacles comme le serait un rayon lumineux par un miroir ; c'est à des phénomènes de « réflexion » qu'est due

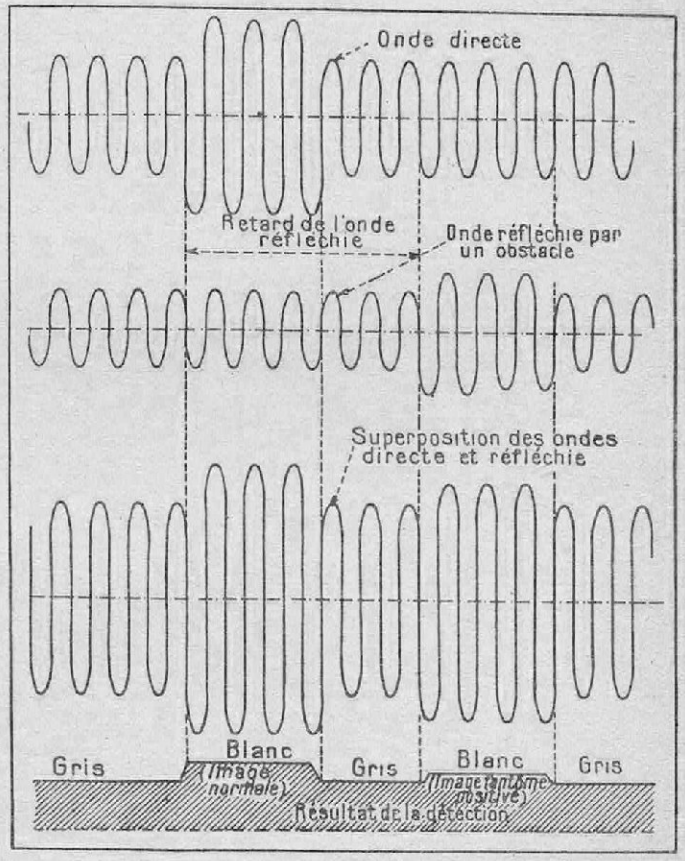


FIG. 2. — LORSQUE L'ONDE RÉFLÉCHIE PRÉSENTE SUR L'ONDE DIRECTE UN DÉPHASAGE D'UN NOMBRE ENTIER DE LONGUEURS D'ONDE, SA SUPERPOSITION AVEC L'ONDE DIRECTE PEUT PRODUIRE UNE IMAGE FANTOME POSITIVE

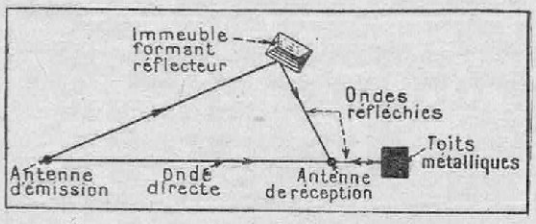


FIG. 1. — SCHÉMA MONTRANT COMMENT LES ONDES TRÈS COURTES RAYONNÉES PAR UNE ANTENNE D'ÉMISSION DE TÉLÉVISION PEUVENT ATTEINDRE UNE ANTENNE DE RÉCEPTION PAR DIFFÉRENTS CHEMINS, SOIT DIRECTEMENT, SOIT APRÈS RÉFLEXION

l'apparition des images « fantômes » dans les récepteurs de télévision. Nous allons examiner ici comment ce phénomène résulte de la présence simultanée au même endroit d'une onde « directe » et d'une onde « réfléchie », et quel soin méticuleux il faut apporter à l'installation des antennes réceptrices pour en éviter les effets déplorables. Considérons un récepteur de télévision possédant comme collecteur d'ondes une antenne non directive dans le plan horizontal, par exemple un « doublet vertical » (antenne demi-onde). Une telle antenne captera donc sans distinction l'onde directe et l'onde réfléchie par un obstacle, mais cette dernière sera d'autant plus en retard que le chemin parcouru sera plus long par rapport à celui de l'onde directe. Nous savons que ces ondes se propagent à la vitesse de la lumière, soit sensiblement 300 000 km par seconde. Si leurs parcours diffèrent de 3 km, l'intervalle entre les arrivées d'un même signal rayonné par l'aérien d'émission sera de $\frac{3}{300\,000} = 10$ microsecondes. Nous savons, d'autre part, que dans tous les systèmes actuels de télévision le spot lumineux parcourt horizontalement l'écran un peu plus de 400 fois par image complète, c'est-à-dire par 1/25 de seconde. Le balayage de chaque ligne durera donc environ 100 microsecondes. Nous voyons ainsi que chaque signal transmis par l'antenne d'émission se traduira sur l'écran récepteur par la présence de deux images décalées horizontalement de 1/10 de ligne. La deuxième image, l'image fantôme, due à l'onde réfléchie, pourra, de plus, être positive ou négative, ainsi que nous allons le voir en examinant ce problème de plus près. Supposons, pour simplifier le raisonnement, que l'image transmise consiste en un trait blanc sur fond gris ; si les longueurs des chemins parcourus diffèrent d'un nombre exact de longueurs d'onde (d'un multiple pair de demi-longueurs d'ondes), ondes directe et réfléchie parviennent en phase à l'antenne réceptrice ; leurs effets s'ajoutent (fig. 2) ; l'image fantôme reste positive : blanche. Si, au contraire, les chemins parcourus différaient entre eux d'un multiple impair de demi-longueurs d'onde, ondes directe et réfléchie sont en opposition de phase (fig. 3) ; leurs effets se retranchent. L'image fantôme devient négative (noire au lieu de blanche). On se rend compte alors quelle importance peut avoir le choix rigoureux de la position d'une antenne non directive pour un récepteur de télévision. Ainsi, dans le cas particulier où l'onde réfléchie atteint l'antenne réceptrice par une direction opposée à l'onde directe, en déplaçant le doublet récepteur au total d'une demi-longueur d'onde, c'est-à-dire de quelques mètres, l'image fantôme peut être positive, nulle, puis négative. On dit alors qu'il y a formation d'« ondes stationnaires ». Lorsque plusieurs ondes réfléchies coexistent, avec leurs phases et leurs intensités respectives, leurs interférences peuvent donner des images fantômes très complexes.

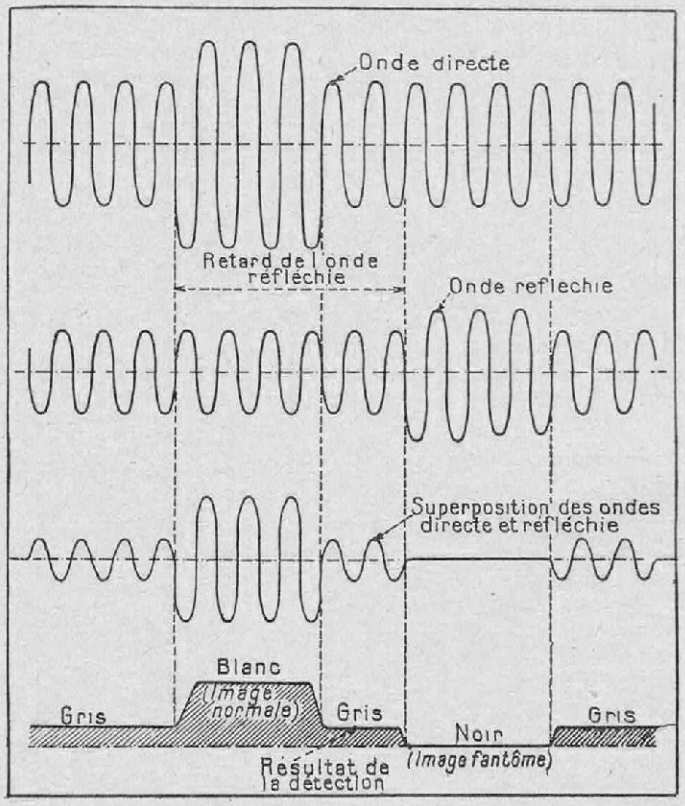


FIG. 3. — LORSQUE L'ONDE RÉFLÉCHIE PRÉSENTE SUR L'ONDE DIRECTE UN DÉPHASAGE D'UN NOMBRE IMPAIR DE DEMI-LONGUEURS D'ONDE, SA SUPERPOSITION AVEC L'ONDE DIRECTE PEUT PRODUIRE UNE IMAGE FANTOME QUI PEUT APPARAITRE EN NÉGATIF, C'EST-A-DIRE EN NOIR SUR GRIS SI L'OBJET TRANSMIS EST BLANC SUR GRIS

Lorsque les distances parcourues par les ondes directe et réfléchie diffèrent assez peu pour que les images se superposent à peu près, les contours manquent de netteté : l'image est floue. Suivant qu'il y a concordance ou opposition des phases, l'image résultante sera renforcée ou affaiblie. Dans certains endroits où la réception est très faible, en dépit de la visibilité directe de l'antenne d'émission, il est fréquent de constater l'existence d'une onde réfléchie très intense en opposition de phase avec l'onde directe qu'elle annule en grande partie.

On peut, dans de nombreux cas, éliminer les images fantômes en utilisant comme collecteur d'onde une antenne directive dirigée vers l'antenne d'émission. Ainsi, dans le cas d'émissions polarisées verticalement (principaux émetteurs européens), notre doublet récepteur (antenne verticale demi-onde) devra être accompagné d'un autre doublet formant réflecteur et qui sera placé parallèlement derrière le premier à une distance d'un quart de longueur d'onde. Le doublet, grâce à son réflecteur, aura une sensibilité accrue pour les ondes venant de face et sera moins sensible pour les ondes venant d'autres directions. Le rapport signal direct/signal fantôme pourra être considérablement amélioré si leurs directions sont très différentes.

Si, au contraire, onde directe et onde réfléchie parviennent à notre collecteur d'onde suivant des directions très voisines, le rapport signal direct/signal fantôme restera inchangé ; il faudra chercher l'amélioration des images en déplaçant le collecteur jusqu'à le soustraire purement et simplement au champ de telles ondes réfléchies. Les réflecteurs qui perturbent les émissions de télévision sont de natures les plus diverses : toitures métalliques, gazomètres, collines, immeubles ; leur action varie parfois avec les conditions atmosphériques ; ainsi un mur sec possède un pouvoir réflecteur très différent d'un mur mouillé. En résumé, pour obtenir de bonnes images de télévision, il ne suffit pas de posséder un excellent récepteur, mais il faut étudier avec le plus grand soin la position et la constitution du collecteur d'onde utilisé. Dans les grandes cités, l'antenne sera placée le plus haut possible au-dessus des toits, et sa position exacte sera déterminée par tâtonnement, jusqu'à obtenir la meilleure image sur l'écran du récepteur. Un déplacement très faible de l'antenne apporte souvent une notable amélioration de la qualité de l'image reçue.

A. LAUGNAC.

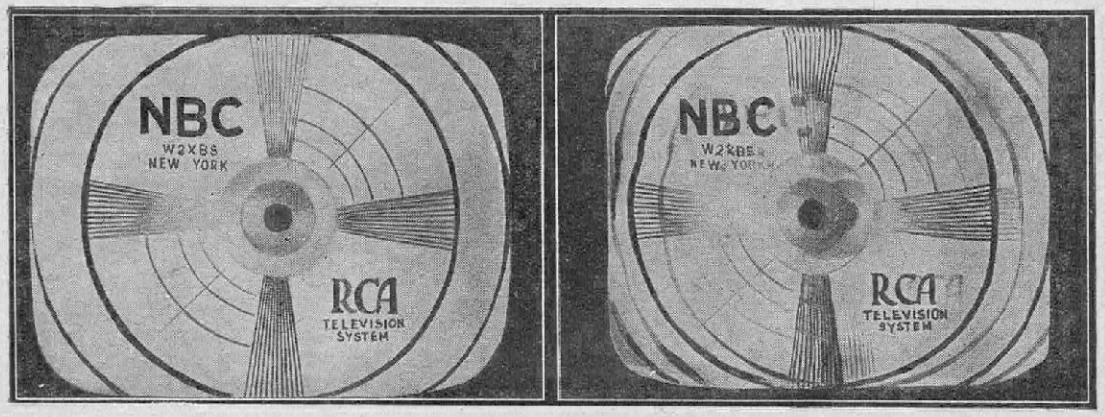


FIG. 4 ET 5. — RÉCEPTION D'IMAGE TÉLÉVISÉE AVEC ET SANS « FANTOME »

A gauche : image « d'essai » transmise par l'émetteur de télévision de la National Broadcasting Company en Amérique pour permettre la mise au point des récepteurs. A droite : image dédoublée à la réception, due à la présence d'une onde réfléchie qui se superpose à l'onde directe.

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

LES LIVRES QU'IL FAUT MÉDITER

Sous cette rubrique, une personnalité éminemment qualifiée pour chaque genre d'ouvrage analyse les livres les plus récents, qui font époque dans les différents domaines de la pensée humaine appliquée à l'interprétation des faits et des idées humaines.

LES QUATRE FACES DE LA PHYSIQUE (1)

Les livres de vulgarisation ont été nombreux ces dernières années. La mode en sévit surtout dans les pays de langue anglaise, et certains de ces volumes, estimables, certes, à divers points de vue, ont été jugés dignes d'être traduits en français.

L'ouvrage de Marcel Boll, que nous présentons aujourd'hui, se distingue nettement de tout ce qui a paru jusqu'aujourd'hui. Il renonce, en effet, totalement à la forme romancée et parfois humoristique qu'affectionnent les auteurs anglo-saxons et qui a pour résultat de faire croire au lecteur que l'auteur lui-même doute de l'objectivité de ce qu'il raconte et qui, le plus souvent, va, en effet, à l'encontre de tout ce que nous enseigne le « bon sens ».

M. Boll, en deux cents pages d'explications concrètes, dresse un tableau complet de la plus avancée de toutes les sciences : la science physique. Il exige du lecteur un notable effort d'attention, mais les difficultés ont été graduées de façon à pouvoir être complètement comprises par tout esprit non spécialisé, mais capable de réflexion. Ceux qui sont familiarisés avec les mathématiques trouveront, à la fin du volume, des notes complémentaires donnant toutes précisions.

La physique est aujourd'hui encore loin d'être unifiée ; c'est pourquoi l'ensemble de la réalité, telle qu'on la conçoit actuellement, a été groupé sous quatre rubriques qui présentent des interdépendances multiples : les quatre faces de la physique, soit la cinématique et la dynamique dans les théories de la relativité, la théorie électronique classique et enfin la mécanique ondulatoire.

L'espace-temps

La première face de la physique est l'« espace-temps », qui constitue en quelque sorte tout notre univers, c'est-à-dire le cadre où évoluent tous les phénomènes que nous observons. Les notions d'espace et de temps que chacun de nous possède sont évidemment le résultat de nos expériences sensorielles et motrices ; elles ont été élaborées uniquement à partir de nos perceptions, et rien ne prouve d'ailleurs qu'elles soient les mêmes pour deux individus dont les organes des sens possèdent une acuité différente. Dans tous les cas, elles sont fortement et fatalement entachées d'erreurs.

C'est dans ces domaines que les illusions du bon sens sont les plus fréquentes. N'est-ce pas le bon sens qui nous enseigne que, des trois dimensions de l'espace (dit « classique »), il en est une, la hauteur, qui est d'essence différente, puisque nos muscles nous révèlent que l'on déplace beaucoup plus facilement un poids horizontalement que verticalement? Cela semblera élémentaire à la presque totalité de nos contemporains (à l'exception des enfants) mais cette difficulté a arrêté nombre d'esprits éminents pendant plusieurs siècles.

Nous avons tous appris à l'école à considérer le postulat d'Euclide comme une vérité évidente et indiscutable. Un effort est nécessaire, mais tout homme cultivé *doit* le faire, pour comprendre qu'il ne s'agit que d'une approximation, d'ailleurs assez grossière. Si nous essayons, sur terre, de démontrer le fameux postulat expérimentalement, en prolongeant des parallèles, nous ne pouvons dépasser une approximation supérieure au 1/10 000 ou 1/100 000, alors qu'Einstein laisse entrevoir une divergence très inférieure au cent-millionième.

Galilée, puis Newton, ont aussi formulé des approximations que nous appliquons, et que toutes les générations qui nous suivront continueront à appliquer dans la vie de tous les jours. Mais ces approximations ignorent des propriétés plus subtiles de notre univers que les savants modernes ont su mettre en évidence en réalisant l'union de l'espace et du temps. Cette union est toujours mystérieuse pour le profane qui croit généralement que le physicien a ramené le temps à n'être qu'une quatrième dimension de notre espace sur laquelle on peut espérer se déplacer un jour dans tous les sens. En réalité, si le « relativiste » peut imaginer des moyens propres à retarder, pour certains, l'écoulement du temps (boulet de Langevin) (2), il sait qu'il ne pourra jamais revenir sur le passé, parce que tous les phé-

(1) Marcel Boll, prix franco : France 33 f ; Étranger 37 f

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 114, page 512.

nomènes physiques, pris dans leur ensemble, sont irréversibles, cette irréversibilité étant elle-même liée à la notion de probabilité.

C'est la relativité aussi qui nous a révélé la « courbure » de cet espace-temps, propriété fondamentale de notre univers, qui fait rentrer la gravitation et toutes ses apparences anthropomorphiques dans le cadre général de la géométrie.

L'impulsion-énergie

L'idée générale qui domine ce premier chapitre est la critique de la notion de mesure, mesure des longueurs, mesure des temps. Cette notion est très simple lorsque l'observateur est immobile par rapport à ce qu'il mesure, très complexe lorsque leur vitesse relative devient une fraction appréciable de la vitesse de la lumière. Toute la relativité en découle.

Si on exerce cette même critique sur la notion de masse, on arrive à cette constatation inattendue que la masse d'un corps n'est pas un invariant : sa mesure n'est pas la même lorsque le corps considéré est au repos par rapport à nous, ou lorsqu'il se déplace devant nous à grande vitesse.

La dynamique relativiste est parvenue à unifier les deux notions, en apparence si différentes, de masse et d'énergie. Aujourd'hui, la masse nous apparaît comme une localisation de l'énergie, sous une forme ultracondensée par suite de circonstances que les physiciens n'ont pas encore élucidées.

Dans les circonstances de la vie courante, es variations de masse résultant de la production d'énergie sont insignifiantes. Toute l'énergie qu'un homme peut fournir au cours d'une longue existence bien remplie ne dépasse pas un milligramme. Par contre, le Soleil rayonne par seconde l'équivalent de quatre millions de tonnes.

Mais c'est dans le domaine de la microphysique que cette conception s'est révélée la plus féconde pour expliquer les résultats expérimentaux : matérialisations, dématérialisations, transmutations.

De plus, l'énergie (comme la masse) n'est toujours pas un « invariant ». La relativité, qui a complété le temps par l'espace, complète l'énergie par une autre grandeur, l'impulsion (produit de la masse par la vitesse), pour former une seule et unique grandeur, l'impulsion-énergie qui, cette fois, est un « invariant », c'est-à-dire qu'elle a même valeur pour tous les observateurs immobiles ou en mouvement.

On connaissait autrefois deux principes distincts : le principe de la conservation de l'impulsion (dans tous les chocs) et le principe de la conservation de l'énergie (étendu aux masses comme nous l'avons vu) ; ils n'en forment plus qu'un aujourd'hui. De même que, dans le premier chapitre (cinématique), l'espace et le temps ont fusionné pour former l'espace-temps, de même toute la dynamique relativiste est édifiée autour d'un principe unique, celui de la conservation de l'impulsion-énergie, qui rend désormais inutile, à aucun moment de son développement, toute hypothèse complémentaire.

La charge électrique

Les théories synthétiques et abstraites des deux premiers chapitres font place, dans les suivantes, aux théories explicatives et tout d'abord au corps de doctrine qui groupe les faits de l'électricité.

Toute l'électrotechnique et toute l'électricité théorique gravitent autour de la notion fondamentale de charge électrique. C'est un nouvel invariant du monde physique, auquel correspond un nouveau principe, celui de la conservation de l'électricité, qui se vérifie rigoureusement à toutes les échelles. Ils valent aussi bien pour l'ingénieur électricien ou radioélectricien que pour le savant qui, au laboratoire, conduit les expériences les plus délicates de la microphysique.

L'électron, particule élémentaire d'électricité, est considéré aujourd'hui comme un constituant universel de la matière. Il apparaît à l'état libre dans de nombreuses expériences : décharge disruptive entre deux conducteurs à haute tension dans un tube à gaz raréfié (d'où dérivent les tubes à rayons cathodiques, les tubes luminescents, etc.) ; émission thermoïonique, découverte par Edison en 1884 (lampes électroniques d'émission et de réception, diodes, triodes, pentodes, etc.) ; effet photoélectrique (cellules photoélectriques, iconoscope de la télévision) ; émission d'électrons pour les noyaux atomiques (radioactivité naturelle et artificielle) ; émission d'électrons par certaines réactions chimiques violentes ; matérialisation d'un rayonnement de grande énergie, donnant naissance à la fois à un électron (négatif) et à un positron (positif), satisfaisant ainsi au principe de la conservation de l'électricité.

Toute l'électrotechnique repose sur les propriétés de l'électron, et presque exclusivement sur celles de l'électron en mouvement (électromagnétisme). Ce mouvement est, soit uniforme (cas du courant continu), soit vibratoire (cas du courant alternatif). Ces oscillations électroniques dans les conducteurs engendrent le rayonnement électromagnétique (hertzien) qui se propage dans l'espace avec la vitesse de la lumière. Lorsque la fréquence de ces oscillations croît, on passe d'une manière continue, peut-on dire, du cas de l'induction statique entre le primaire et le secondaire d'un transformateur à celui de la transmission radioélectrique lointaine (radiotélégraphie, radiotéléphonie, radiodiffusion), avec les oscillations électroniques d'amplitude variable engendrant un rayonnement électromagnétique « modulé ». Dans la radiophonie, l'organe modulateur est le microphone de la station émet-

trice ; dans la télévision, c'est le dispositif d'exploration de l'image, mécanique ou électronique (iconoscope).

Le quantum d'action

La quatrième face de la physique est la théorie des quanta et la nouvelle mécanique ondulatoire.

L'expérience classique d'interférence de Young démontre à l'évidence que la lumière possède certaines analogies avec des ondes ; ainsi a-t-on été conduit à attribuer à une lumière simple comme celle émise par le sodium trois nombres marquant la double périodicité mise en évidence dans le temps et dans l'espace : une fréquence, une longueur d'onde dans le vide et une vitesse de propagation, également dans le vide. L'analogie avec les ondes observées à la surface d'un lac est cependant de pure forme : il serait absurde de croire qu'il y a dans la lumière une particule matérielle en vibration.

C'est Einstein qui, le premier, pour expliquer l'effet photoélectrique, montra qu'un rayon de lumière devait contenir des corpuscules, aujourd'hui appelés photons. Une source de lumière jaune d'une bougie émet, par exemple, à chaque seconde et dans toutes les directions 61 millions de milliards de photons.

L'étude de la répartition de ces photons à travers tous les obstacles qu'ils sont appelés à rencontrer s'effectue, d'après les théories modernes, en considérant une fonction complexe représentant la « probabilité de présence » d'un photon à un moment donné et en un endroit donné. C'est là une notion nouvelle dont il est devenu aujourd'hui impossible de se passer et avec laquelle il faut se familiariser, car elle intervient non seulement avec les corpuscules lumineux ou photons, mais aussi, comme nous allons le voir plus loin, avec les particules matérielles. Cette probabilité de présence se propage sous forme d'ondes de probabilité qui, comme on dit parfois, « pilotent » les grains de lumière.

L'interprétation de ces ondes est immédiate : là où leur amplitude est toujours nulle, il y a obscurité, et, là où elle est maximum, on observe une raie lumineuse. Ainsi les franges d'interférence trouvent leur explication rationnelle dans la théorie corpusculaire ; on ne compte plus, d'autre part, les phénomènes disparates que les ondes de probabilité ont réussi à englober dans une synthèse cohérente.

Chacun de ces grains de lumière possède une énergie proportionnelle à la fréquence de l'onde de probabilité qui le pilote. Et c'est ici que nous rencontrons le fameux quantum d'action qui domine toute la physique moderne. Cette constante universelle, désignée par la lettre « h », n'est autre que le coefficient de proportionnalité, le même pour tous les photons. Ainsi, l'énergie transportée par une radiation lumineuse simple est répartie entre ses photons en quantités proportionnelles.

C'est ce qu'exprime l'astronome anglais Jeans quand il dit : « On savait déjà que l'armée de l'électricité se compose de soldats distincts, les électrons ; il apparaît maintenant que l'autre armée, l'armée de la lumière, est aussi formée de soldats individuels, les photons, puisque les recherches effectuées sur le champ de bataille démontrent que la lutte a consisté en corps à corps ».

De même, pour Louis de Broglie les photons ressemblent (toutes proportions gardées) « à des obus remplis d'explosif, possédant à n'importe quelle distance de la bouche à feu la même capacité de destruction ».

Enumérons avec M. Boll quelques-unes des innombrables occupations humaines où le photon joue le rôle principal : écouter un radioconcert, se chauffer au soleil, être ébloui par un phare automobile, prendre une photographie, faire examiner son tube digestif aux rayons X. En passant de l'une à l'autre, le photon responsable possède une énergie individuelle de plus en plus grande. Leur gamme complète s'étend des oscillations des alternateurs industriels aux rayons gamma qui prennent naissance lors des désintégrations spontanées des noyaux radioactifs.

Louis de Broglie eut le premier l'idée révolutionnaire de transposer les développements précédents de la lumière au domaine matériel. L'électron est ainsi piloté par une onde de probabilité possédant une fréquence en rapport avec l'énergie de l'électron (là encore, c'est la constante universelle « h » qui joue le rôle de coefficient de proportionnalité) et une vitesse de propagation qui peut sans inconvénient être plus grande que la vitesse de la lumière, car elle ne transporte pas d'énergie.

La plus merveilleuse preuve de la justesse de ces vues surprenantes a été donnée par les Américains Davisson et Germer qui réalisèrent la diffraction des électrons d'où dérivent le microscope électronique (1) et la technique industrielle de l'analyse électronique pour l'étude de la structure de la matière (métaux, textiles, lubrifiants, etc.).

Ainsi, la réalité, pour le physicien moderne, revêt deux aspects complémentaires : « On savait, jusqu'aux premières années de notre siècle, que la lumière était formée d'ondes et que la matière était constituée par des corpuscules. Dès 1905, Albert Einstein montra la nécessité d'admettre, dans un rayon de lumière, la présence de corpuscules, que l'on a ensuite dénommés « photons ». En 1923, Louis de Broglie affirma que les corpuscules matériels donnent une idée insuffisante des choses : à chaque corpuscule on dut associer une onde de probabilité qui

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 359.

le pilote. Matière et lumière présentent beaucoup plus d'analogies qu'on le croyait autrefois. Selon le mot de Schrœdinger, jusqu'à notre époque l'Univers était peuplé d'hommes et de chevaux ; il n'existe plus désormais que des êtres tous analogues, qui sont des centaures... »

L'incertitude en microphysique

Nous ne saurions exposer ici avec la clarté nécessaire toutes les conséquences de ces théories nouvelles touchant la constitution de l'atome, les nouvelles statistiques, les interactions entre la matière et la lumière, etc. Nous nous bornerons à dire quelques mots de notions également nouvelles qui firent quelque bruit dans le grand public qui n'en comprit pas cependant la portée exacte. Il s'agit des fameuses relations d'incertitude.

Elles sont dues à Heisenberg, qui soumit encore une fois la notion de mesure à une critique approfondie. Il mit en évidence que lorsqu'on travaille, comme le microphysicien, sur des quantités de plus en plus petites, il arrive un moment où il est impossible d'effectuer une mesure sans perturber le phénomène à mesurer. Pour connaître la position d'un corpuscule, il nous faut l'éclairer ; mais, au premier photon que nous lui enverrons, il bondira, de sorte que nous n'avons aucun moyen de connaître ce qu'il aurait fait si nous ne l'avions pas éclairé et, en particuliier, la vitesse de son déplacement. Ceci n'est évidemment qu'un cas particulier, mais la même difficulté se présente si nous voulons mesurer à la fois, avec précision, par exemple un temps et une énergie. « Nous sommes, vis-à-vis de la microphysique, dans l'alternative d'un observateur muni d'une loupe qui aurait besoin de lire deux textes, situés à des distances différentes : s'il met au point sur l'un, il devra renoncer à percevoir nettement l'autre ; tous ceux qui portent des lunettes connaissent ce genre de désagrément. C'est à nouveau le quantum d'action qui joue ici le premier rôle dans ces erreurs inévitables, dans cette limitation imprévue à la finesse de la technique. Le quantum d'action sert de mesure aux saccades par lesquelles l'Univers évolue ; mais c'est aussi la limite du tranchant du scalpel qui nous sert à opérer la nature. »

Le livre de M. Boll expose avec maîtrise, sans rien celer de sa complexité, l'état actuel de la science physique. Il insiste évidemment plus sur les points acquis que sur les lacunes. Loin de les dissimuler, il termine précisément en les mettant en évidence et en indiquant dans quelle direction vont se manifester les prochaines conquêtes, sans oublier cependant de faire la part de l'imprévisible, dont les vingt-cinq dernières années, qui ont vu le bouleversement de notre connaissance de la matière, nous ont démontré le rôle capital.

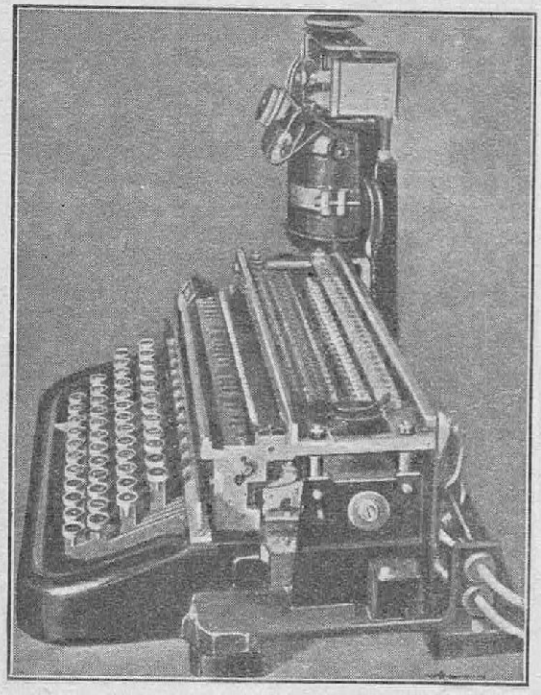
JEAN BODET
Ancien élève
de l'école Polytechnique.

Les recherches poursuivies en vue de réaliser une turbine mue directement par les gaz provenant de la combustion des hydrocarbures n'avaient guère dépassé, jusqu'à ces dernières années, le stade expérimental. La principale difficulté rencontrée provenait de la température très élevée de ces gaz, qui entraînait une destruction rapide des aubages de la turbine ou alors des pertes trop élevées si l'on tentait de refroidir ces derniers convenablement. L'ingénieur hongrois Georg Jendrassik, subventionné par le ministère de l'Industrie de Hongrie, a réalisé récemment une turbine à combustion dans laquelle la température des gaz qui accèdent à ces divers étages de la turbine ne dépasse pas 500°, ce qui permet de renoncer au refroidissement des ailettes. La turbine entraîne un compresseur à dix étages pour l'air d'alimentation qui, avant de parvenir à la chambre de combustion, traverse un échangeur de température où les gaz d'échappement de la turbine lui cèdent les calories qu'ils transportent encore avant de se répandre dans l'atmosphère. La turbine tourne à 16 400 t/mn et développe 98,5 ch avec un rendement global de 21,2 %. L'inventeur espère perfectionner cet ensemble turbine-compresseur-échangeur-chambre de combustion jusqu'à atteindre et même dépasser le rendement d'un moteur Diesel. Ajoutons qu'il est nécessaire de prévoir, pour le démarrage, un moteur électrique entraînant le compresseur et un dispositif pour l'embrayage automatique sur l'arbre de la turbine, lorsque celle-ci a atteint une vitesse de rotation suffisante.

LES A COTE DE LA SCIENCE

Machines à écrire à distance par radio

DACTYLOGRAPHIER une lettre en un lieu et la transmettre automatiquement en un autre lieu sans qu'un opérateur quelconque soit nécessaire à la réception, tel est le problème résolu par la machine américaine reproduite ci-contre. Aucune connaissance spéciale n'est exigée de la dactylographe qui « tape » le document à transmettre exactement comme sur une machine à écrire ordinaire avec clavier normal. Mais, au fur et à mesure que les lettres ou signes sont « tapés », ils s'inscrivent d'eux-même à l'arrivée.



MACHINE A ÉCRIRE A DISTANCE

Voici comment : à l'intérieur de la machine émettrice se trouve un cylindre tournant composé de disques, chaque disque correspondant à un caractère ou à un signe de la machine à écrire. Si, par exemple, on « tape » la lettre M sur le clavier, un circuit électrique est fermé sur le disque M et une impulsion correspondante est envoyée dans l'espace. A l'arrivée, cette onde est captée par la machine réceptrice convenablement réglée, de sorte qu'après amplification le courant agit sur un électroaimant qui presse le papier récepteur contre la lettre M d'un alphabet rotatif inscrit en relief sur un rouleau. La transmission de tous les caractères, espaces et signes, des retours à la ligne s'effectue de la même manière.

La distance d'utilisation d'une telle machine dépend évidemment de la puissance d'émission. Etant donné la portée des ondes courtes et les progrès réalisés dans les amplificateurs, elle peut atteindre plusieurs kilomètres. Cette transmission ne serait que peu troublée par les parasites et sa vitesse n'est limitée que par celle de la dactylographe.

V. RUBOR.

N. D. L. R. — La figure 8 (vue d'ensemble des aménagements intérieurs d'un sous-marin mouilleur de mines) publiée dans le n° de décembre 1939 représente le dispositif breveté Normand-Fenaux pour sous-marins mouilleurs de mines, d'après un tableau exécuté par M. Sébille, peintre de la Marine.

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, Rhodésia.*

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-Xe

CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

Gérant : M. LAMY. Paris. — Imp. MAURICE BERNARD, 18, rue d'Enghien.

L'ÉCOLE FRANÇAISE
DE
RADIOÉLECTRICITÉ

10 bis, rue Amyot, PARIS-Ve (Près le Panthéon)

Téléphone : PORT-ROYAL 05.95

ENSEIGNEMENT CLASSIQUE DE LA RADIO

PRÉPARATION A TOUS LES EXAMENS OFFICIELS :

Officiers Radios de la Marine marchande
Radios d'Aviation
Fonctionnaires Radios terrestres des Ministères de l'Air, de l'Intérieur, des Colonies
Carrières Militaires (Air, Marine, Génie)

INTERNAT - DEMI-INTERNAT - EXTERNAT

COURS DU JOUR - COURS DU SOIR

COURS PAR CORRESPONDANCE (Voir page VI)

Rentrée normale : le premier lundi d'octobre, chaque année

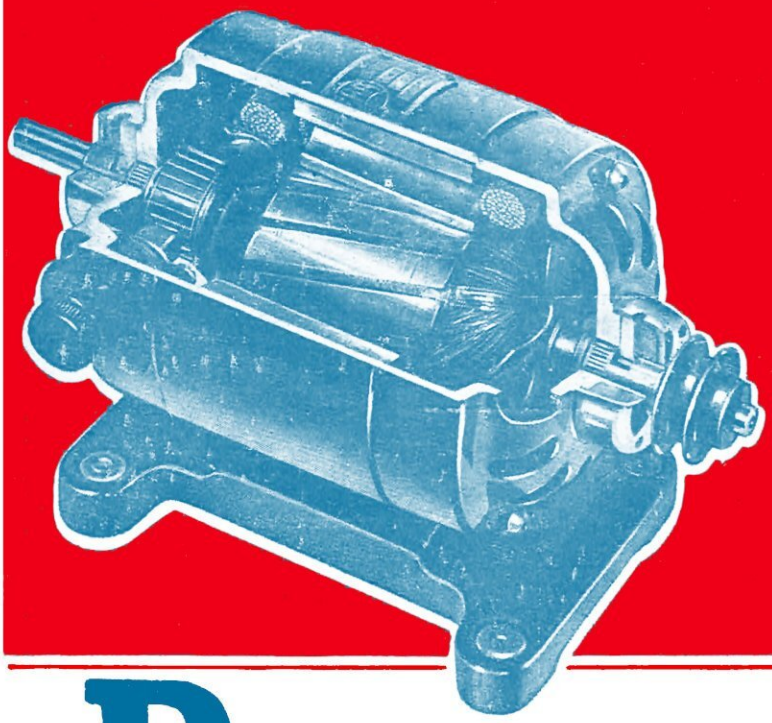
EXCEPTIONNELLEMENT, ouverture, le **lundi 8 janvier 1940,** d'une nouvelle session de cours pour les jeunes gens qui ont été retardés par leurs examens universitaires ou qui, appartenant à la classe 1940, désirent effectuer leur service militaire dans une des formations de radiotélégraphistes de la Défense Nationale.

ÉCOLE DE T. S. F. DE ROUEN

8, place du Gaillardbois, à Rouen. Même direction

Programme et renseignements envoyés gratuitement sur demande

PUBL. G. BLOCH



Ragonot

"Le spécialiste du moteur spécialisé"

MOTEURS FRACTIONNAIRES
UNIVERSELS · CONTINUS
MONOPHASÉS · TRIPHASÉS
RHÉOSTATS VENTILATEURS
COMMUTATEURS
CONVERTISSEURS

ERA UNIS FRANCE

Ets E. RAGONOT, 15 Rue de Milan Tél. TRInité 17-60

Pub R.-L. Dupuy