

Décembre 1939

5 francs

la Science et la Vie



Voir page 417.

APPRENDRE ◆ CONNAITRE ◆ CRÉER

100.000

réalisations électriques sur votre table



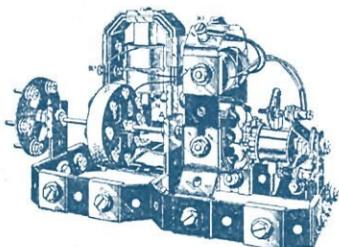
De l'appareillage le plus simple
aux machines les plus compliquées

Quel que soit votre âge
Quelles que soient vos connaissances

Vous construirez, en réduction, avec

MULTIMOTEUR

toutes les machines électriques connues
et vous en créerez de nouvelles.



Voir « La Science et la Vie »
de septembre, n° 267,
pages 238, 39, 40, 41,
l'article documentaire de
M. Jean Bodet.



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

MULTIMOTEUR, 25, rue Garnier, Neuilly (Seine)

ÉCOLE DU GÉNIE CIVIL **ÉCOLE DE NAVIGATION**

152, avenue de Wagram
 PARIS (17^e)
 Téléphone : WAGRAM 27-97

Cours sur place ou par correspondance

INDUSTRIE

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

COMMERCE

**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 :**

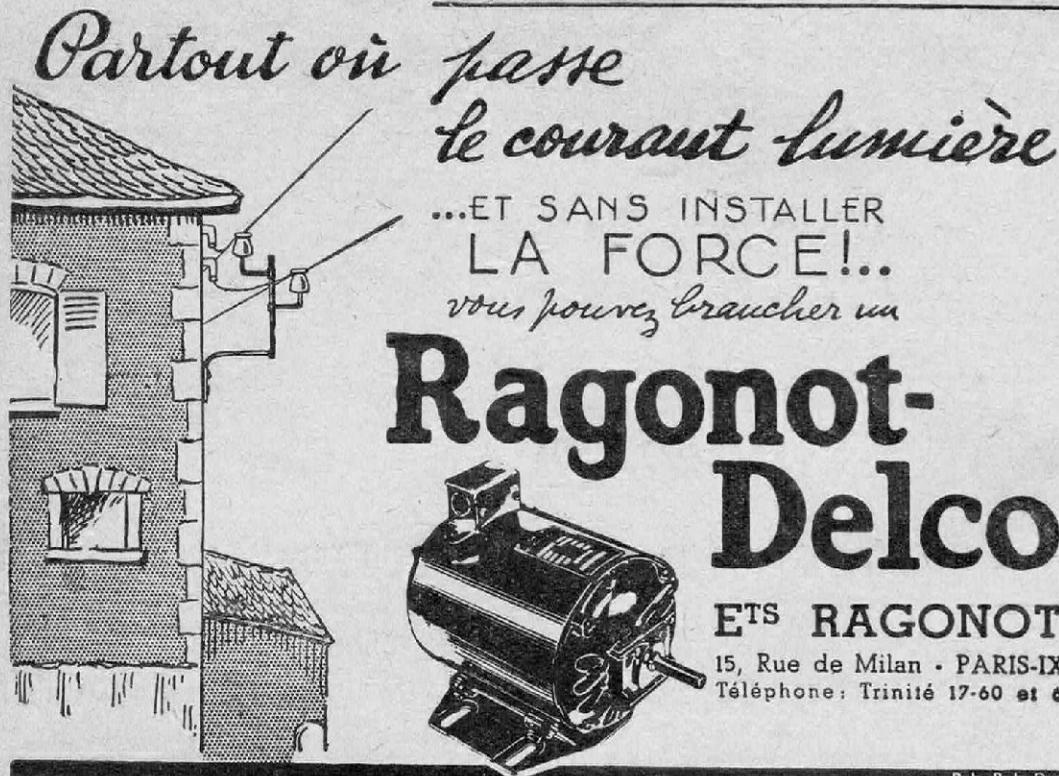
56, b. Impératrice de Russie

*Partout où passe
le courant lumière*

...ET SANS INSTALLER
LA FORCE!..
vous pouvez brancher un

Ragonot- Delco

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



Pub. R. L. Dupuy

Depuis **25 ans**

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

LAUREYS F^{res}

17 RUE D'ENGHEN - PARIS-10^e

TÉLÉPH.:
PRO. 99.37

PHOTOGRAVURE
OFFSET - TYPONS
CLICHERIE
GALVANOPLASTIE

A L'ABRI DANS UN
VELOCAR
BICYCLETTE CARROSSÉE



VOUS POURREZ CIRCULER
PAR TOUS LES TEMPS
NOTICE: 68, R. ROQUE DE FILLOL, PUTEAUX (SEINE)
TÉLÉPH: LON. 07-25

INVENTEURS

POUR VOS

BREVETS

L. DENÈS

INGÉNIEUR-CONSEIL

35, Rue de la Lune, PARIS 2^e

DEMANDEZ LA BROCHURE GRATUITE "S".

LA SCIENCE ET LA VIE

est le seul Magazine de Vulgarisation
Scientifique et Industrielle

HAVAS

Mes yeux sont enfin protégés du soleil



En partant en vacances, n'oubliez pas votre lunette munie des verres ponctuels STIGMAL en teintes foncées, qui évitent l'éblouissement par le soleil. Le verre STIGMAL, en teintes foncées, est un verre anti-solaire idéal car il n'altère aucunement les couleurs.

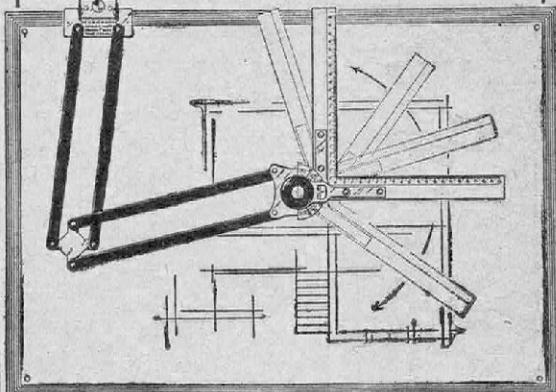
verres **STIGMAL**

En vente chez les Opticiens-Spécialistes (prix imposés). La Société des Lunetiers, 6, r. Pastourelle, à Paris, ne vend pas aux Particuliers.



LE "DESSIGRAPHE"

BREVETÉ S. G. D. G. - MADE IN FRANCE
MARQUE ET MODÈLES DÉPOSÉS
(Nouveau modèle perfectionné)

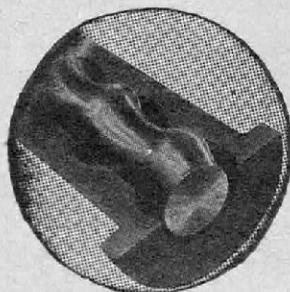


**Dessinera rapidement
votre pensée technique**

SIMPLE pour
RAPIDE DESSINATEURS
PRÉCIS ARCHITECTES
ROBUSTE INGÉNIEURS
BON MARCHÉ ÉTUDIANTS, etc.

Pour planche : 75 x 80, 150 fr. ; 120 x 80, 250 fr.
Emballage et port : France, 10 fr. ; Etranger, 25 fr.
Catalone 12 bis Franco Chèque postal : 2035-52

P. BERVILLE, 18, rue La Fayette — PARIS (IX^e)

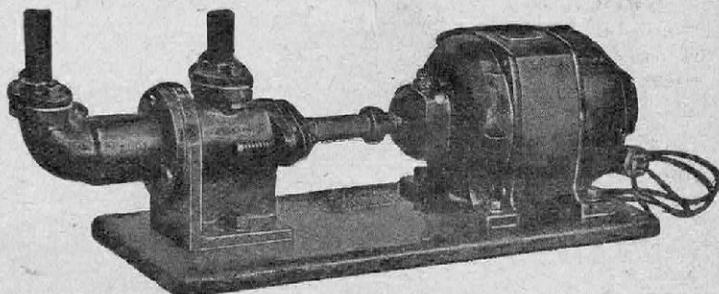


P.C.M. POMPES EN CAOUTCHOUC P.C.M.

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.

POMPES • COMPRESSEURS • MÉCANIQUE
65, 65 RUE DE LA MAIRIE VANVES (SEINE) TÉL MICHELET 3716

POUR les ÉTUDES de vos ENFANTS

Pour vos propres études

vous ne pouvez mieux faire que de vous adresser à

I'ÉCOLE UNIVERSELLE

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

Ses services sont en effet installés dès maintenant dans de vastes b'iments 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 32 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° 3.502, 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° 3.505, 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° 3.510, 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° 3.519, 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° 3.522, 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° 3.526, 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° 3.530, 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° 3.535, 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° 3.542, 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° 3.544, 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° 3.549, concernant la préparation aux carrières du Cinéma : Carrières artistiques, techniques et administratives.

(Enseignement donné par des Techniciens spécialistes.)

BROCHURE N° 3.553, 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° 3.556, 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° 3.561, 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° 3.566 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° 3.575, 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° 3.580, 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° 3.585, concernant l'Art d'écrire (Rédaction littéraire, Versification) et l'Art de parler en public (Eloquence usuelle, Diction).

BROCHURE N° 3.589, concernant l'enseignement pour les enfants débiles ou retardés.

BROCHURE N° 3.593, concernant les carrières féminines dans tous les ordres d'activité.

BROCHURE N° 3.597, Coiffure, Manucure, Pédicure, Massage, Soins de beauté.

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

L'ÉCOLE UNIVERSELLE

59, boulevard Exelmans, PARIS (16^e)

GRATUITEMENT

Vous recevrez ce livre

**Devenir sténographe en 1 mois
FACILEMENT PAR SOI-MÊME**

Vous y apprendrez comment le **Système Prévost-Delaunay** a été simplifié en 12 courtes leçons, et comment tout le monde peut arriver à faire de la vitesse, grâce à une méthode inédite d'échelles graduées permettant de chronométrer soi-même son écriture.

Le **RECUEIL S. V.** gratuit vous sera envoyé sur demande à
PRÉVOST-DE-MULDER, 2, rue Guersant, PARIS (17^e)

ÉVITEZ LES EPIDÉMIES**◀ 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-X^e

Les Cours donnés par des
Ingénieurs spécialistes peu-
vent 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

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.

Adm^{on} : 20, r. d'Enghien, Paris (10^e) - Publicité : EXCELSIOR-PUBLICATIONS, 118, Champs-Élysées, Paris (8^e)

UN ARBRE ÉTERNEL

LE cacaoyer est un arbre éternel. Il porte en toute saison des fleurs et des fruits, et, contrairement aux arbres que nous avons l'habitude de voir en France, la récolte de ses « cabosses » peut être faite l'été comme l'hiver.

Les cabosses qui contiennent les fèves de cacao, dans une proportion de vingt à quarante graines par fruit, ont un peu l'allure de grosses noix de coco, mesurant, selon les régions, de 12 à 20 centimètres de long, sur 6 à 10 de large.

Originaire de l'Amérique tropicale, le cacaoyer a été introduit dans nos colonies de l'Afrique Occidentale Française à une époque relativement récente, puisque les premières plantations remontent seulement à 1870. C'est surtout dans nos territoires de la Côte d'Ivoire que la culture du cacao a le mieux réussi, et presque toute la consommation de la métropole est importée de cette région.

Les fèves de cacao extraites des cabosses subissent une préparation avant d'être expédiées en France pour devenir chocolat.

Dès que les fruits sont cueillis, ils sont soumis à la fermentation, qui dépouille les graines de la pulpe qui les entoure, et fait disparaître l'âcreté du goût. Cette opération dure de cinq à dix jours, après quoi le séchage a lieu. Jadis, ce séchage s'opérait simplement par le soleil, mais, aujourd'hui, étant donné la quantité de cacao consommé, il a fallu suppléer la nature par la chaleur artificielle, qui a l'avantage d'agir plus rapidement.

Ces deux opérations essentielles étaient suivies autrefois « de la danse du cacao », qui consistait, pour les indigènes, à triturer les graines de leurs pieds nus, pour les arrondir et les polir. Le progrès est venu, là encore, remplacer l'homme par la machine, et la « danse du cacao » a presque totalement disparu. Ainsi préparées, les fèves sont mises en balles et expédiées dans les usines des chocolatiers français, pour devenir cet aliment nourrissant, cette gourmandise savoureuse qu'est le chocolat.

Mélangé au sucre, le cacao ainsi transformé devient la plus saine, la plus tonique des nourritures, dont les qualités reconfortantes, énergétiques, sont indispensables au bon fonctionnement de l'organisme. Absorbé rationnellement, le matin en tasse, à quatre heures en tablettes, le chocolat est particulièrement recommandé à tous ceux qui ont un effort à fournir, effort physique ou intellectuel. Il apporte, dans les cas de dépression nerveuse ou de lassitude, une sensation de bien-être. Il est donc à la fois un aliment indispensable et le remontant efficace par excellence.

C'est maintenant ... ou jamais QUE VOUS DEVEZ APPRENDRE à DESSINER

Ce sera d'abord le plus passionnant passe-temps et peut-être demain une source de profits.

Dès l'instant où vous prendrez votre crayon pour faire le premier devoir de notre première leçon, l'enchantement commencera. Chaque jour vous apportera une nouvelle révélation. Vous verrez tout avec des yeux neufs. Vous connaîtrez la joie de créer. Vous deviendrez un « piqué du dessin », un artiste. Avec quel plaisir vous jetterez sur le papier de prestes croquis, une silhouette entrevue, un bout de paysage, la caricature d'un ami. Qui sait si vous ne tirerez pas aussi un profit matériel de votre art ?

En quelques mois, facilement, chez vous, à peu de frais, et par la plus surprenante méthode, vous pouvez devenir bon dessinateur. Vos enfants aussi peuvent apprendre le dessin en suivant notre cours A. B. C. pour les enfants (de 8 à 14 ans).

En quelques mois, facilement, chez vous, à peu de frais, et par la plus surprenante méthode, vous pouvez devenir bon dessinateur. Vos enfants aussi peuvent apprendre le dessin en suivant notre cours A. B. C. pour les enfants (de 8 à 14 ans).



Charmant croquis enlevé par un élève après cinq mois d'études.

BON

ÉCOLE A. B. C. DE DESSIN
12, rue de Lincoln, Paris-8^e

Veuillez me faire parvenir gratuitement et sans engagement pour moi, votre album illustré contenant tous renseignements sur l'École A. B. C.

NOM

AGE

ADRESSE

Demandez notre ALBUM gratuit

Ce magnifique ouvrage de 24 pages, grand format, abondamment illustré vous sera adressé gratuitement et sans engagement de votre part, contre l'envoi du Bon ci-contre, à découper et à joindre à votre demande (spécifier adultes ou enfants).

B - 8

RENDEZ VISITE AU MONDE..

COMME OFFICIER *Radio* DE LA MARINE MARCHANDE

JEUNES GENS!...

vous aspirez à une vie moderne indépendante, variée et rémunératrice...

Il n'est pas de carrière qui réponde mieux à vos aspirations que celle d'OFFICIER RADIO DE LA MARINE MARCHANDE.

**Préparez-la avec
le maximum de chances de succès**

en vous inscrivant à nos
Cours du JOUR - Cours du SOIR
ou à nos cours spéciaux
par **CORRESPONDANCE**

70 % des élèves reçus aux examens officiels sortent de notre école...

L'Ecole prépare à toutes les
carrières civiles et militaires
de la radio.

Demandez le « Guide » complet des carrières civiles et militaires de la Radio.

b. roger

ECOLE CENTRALE DE T.S.F

12 rue de la Lune PARIS 2^e  Telephone Central 76.07

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-10°

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

PUBLICITÉ : Office de Publicité Excelsior, 118, avenue des Champs-Flysées, Paris-8°

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

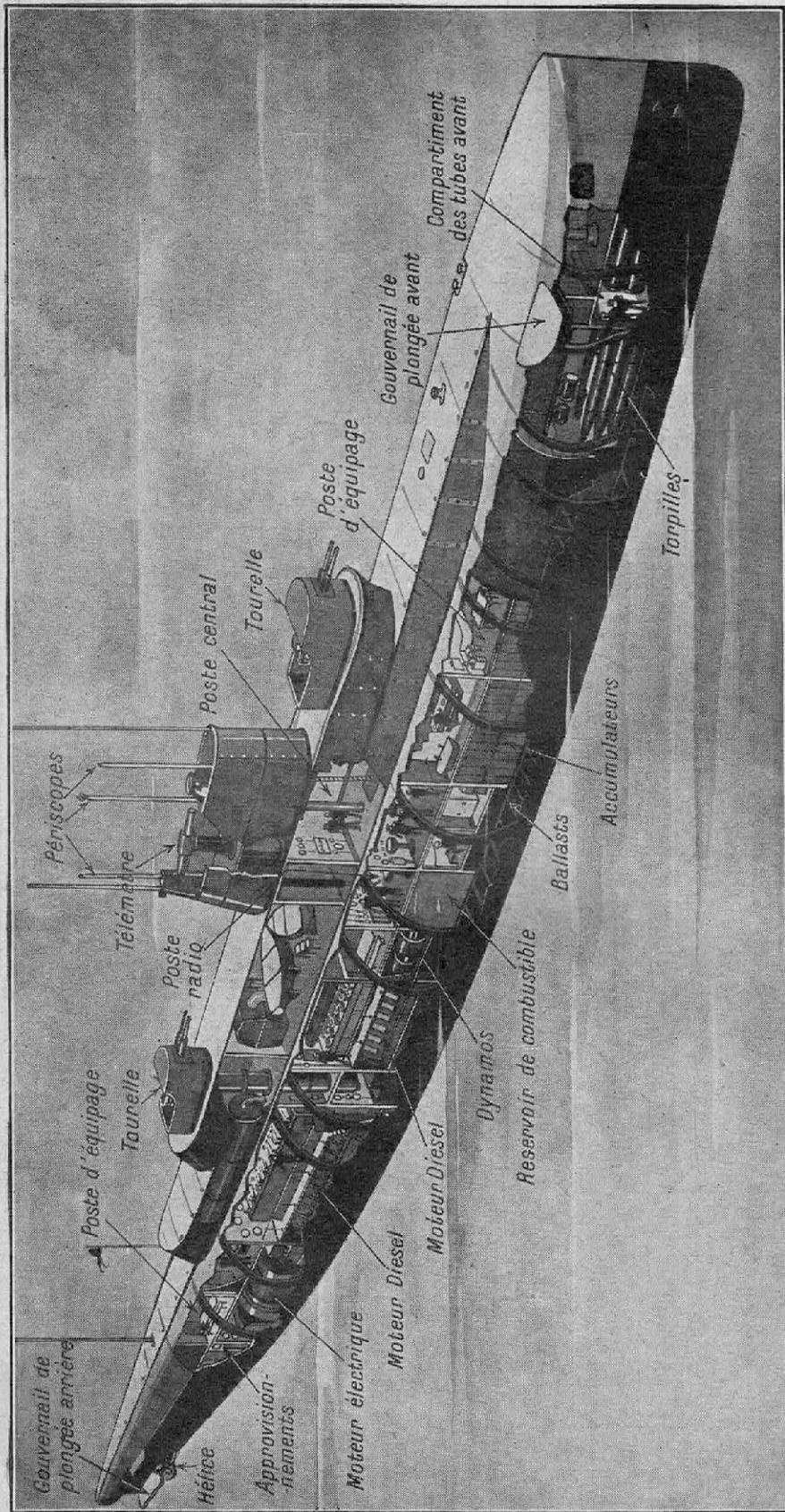
Copyright by La Science et la Vie, Décembre 1939 - R. C. Seine 116-544

Tome LVI

Décembre 1939

Numéro 270

Le sous-marin et la guerre sous-marine..	H. Pelle des Forges..	417
Quels espoirs l'Allemagne peut-elle fonder sur la guerre sous-marine? Quelles sont les méthodes modernes d'attaque des sous-marins et les moyens mis en œuvre pour déceler leur présence et les détruire? Les obstacles artificiels tels que les filets chargés de mines, les grenades sous-marines lancées par les bâtiments de surface, et surtout les avions avec leur grand rayon d'action, leur vitesse élevée et leur armement puissant en canons et en bombes font peser sur les sous-marins de graves menaces.		
Le cyclotron, la désintégration de la matière et la radiobiologie.. . . .	Maurice-E. Nahmias.. . . .	433
Le Prix Nobel de physique pour 1939 vient d'être attribué au professeur américain E.-O. Lawrence pour sa découverte du cyclotron qui est sans doute la machine à désintégrer la matière à la fois la plus ingénieuse et la plus efficace.	Docteur es Sciences, Assistant au Collège de France.	
Le modèle le plus rapide de vedette lance-torpille britannique.. . . .	Paul Lucas..	444
Le progrès technique a créé l'armée de l'Air moderne..	André Seguin..	445
L'avion de 1939 va cinq fois plus vite que celui de 1918; son rayon d'action est quadruplé, sa capacité de transport triplée. Quant à son armement, tant en bombes qu'en mitrailleuses et en canons, il fait de lui un des engins les plus redoutables de la guerre moderne. Etant donné les progrès sensationnels de la technique aéronautique et l'énorme effort d'armement de tous les pays du monde, l'aviation apparaît aujourd'hui comme un des facteurs essentiels pour la conduite des opérations militaires.	Ancien Elève de l'École Polytechnique.	
Les matériels d'artillerie de l'armée allemande en campagne.. . . .	F. Culmann..	454
Voici un exposé détaillé des tendances qui ont marqué l'évolution technique de l'artillerie allemande au cours de ces dernières années : augmentation des portées, de la précision du tir et de la puissance des feux; motorisation. Quels matériels sert l'artillerie allemande en campagne? Verrons-nous apparaître d'ici quelques mois des matériels nouveaux dont les prototypes auront été étudiés dans le plus grand secret ?		
Le rayonnement X, un des pivots de la physique moderne..	Marcel Boll..	463
L'étude du rayonnement X a été une des plus fécondes dans le domaine de la physique atomique. Grâce à lui, il a été possible de mesurer le diamètre même des atomes et d'en extraire des constituants profonds qui nous en ont révélé la structure et ont permis de donner sa forme définitive à la classification des éléments chimiques formant l'édifice de toute notre univers matériel.	Agrégé de l'Université, Docteur es Sciences, Professeur à l'École des Hautes Etudes Commerciales.	
La radiodiffusion sans parasite grâce à la modulation en fréquence.. . . .	André Lagnac..	475
Voici sans doute le perfectionnement le plus important qui ait été apporté à la technique de la radiodiffusion depuis dix ans. La « modulation en fréquence », appliquée d'ores et déjà par plusieurs émetteurs aux Etats-Unis, doit permettre de supprimer presque totalement les effets néfastes des parasites de toute origine et des conditions défavorables de la propagation des ondes.		
Les Etats-Unis au Pôle Sud : le croiseur des neiges de l'expédition Byrd	J. H.	480
L'Allemagne et la guerre économique..	Henri Laufenburger.. . . .	481
Quelles sont les réserves économiques qui permettront au Reich d'alimenter ses armées, de ravitailler sa population civile, de remplacer son matériel de guerre détruit, de maintenir son potentiel militaire? Voici, par un spécialiste qualifié, un exposé scrupuleusement documenté sur l'état économique de l'Allemagne au début de 1940. C'est une mise au point qui s'impose dans un domaine où l'on a trop souvent tendance à prendre ses désirs pour des réalités.	Professeur à l'Université de Strasbourg.	
Le bilan mensuel de la guerre..	Général Duval..	487
Un nouveau réservoir de sécurité pour avion..	Ed. H. L.	491
Les A côté de la science	V. Rubor..	492
Chez les éditeurs..	S. et V..	493



(17 134)

COUPE PERSPECTIVE D'UN SOUS-MARIN MONTRANT LES AMÉNAGEMENTS DE PRINCIPE DE CETTE CATÉGORIE DE BÂTIMENTS

Il s'agit ici d'une unité de gros tonnage, où la place est sensiblement moins mesurée qu'à bord des sous-marins de petit et de moyen tonnage qui sont de beaucoup les plus nombreux dans les flotilles de combat modernes. Le principe de la répartition des aménagements est cependant le même, avec les compartiments des tubes lance-torpilles aux deux extrémités et le poste de commandement ainsi que les installations radioélectriques rassemblés dans la partie centrale. On remarquera la double coque où sont logés, entre les deux parois, les ballasts et les « caisses d'assiette » qui servent tant aux manœuvres de plongée et d'émergence qu'à assurer l'équilibre longitudinal et transversal du navire lorsqu'il navigue sous l'eau. On y trouve également les réservoirs de combustible liquide. Les périscopes, ici au nombre de trois, aboutissent dans le poste central où se tiennent le commandant et ses aides et où sont rassemblés tous les organes de commande des gouvernails de plongée et du gouvernail de direction, de virement ou de remplissage des ballasts, le compas gyroscopique, etc.

LE SOUS-MARIN ET LA GUERRE SOUS-MARINE

par H. PELLE DES FORGES

Un des principaux experts allemands en matière de sous-marins, le capitaine de vaisseau Karl Dönitz (promu amiral il y a peu de semaines), rapportait dans une étude parue il y a quelques mois (1) que lorsqu'en 1804, l'inventeur américain Fulton conseilla à lord Saint-Vincent de construire des sous-marins pour agir contre la flotte française, l'amiral anglais lui avait répondu : « N'envisagez pas ce navire et ne touchez pas à ce sujet. Si nous adoptons le sous-marin, les autres nations nous suivront et ce sera le coup le plus terrible porté à notre suprématie navale qui puisse être imaginé. » Les premiers résultats de la campagne sous-marine 1939 ont sans doute fait réfléchir davantage l'amiral allemand, comme elles auraient probablement conduit l'amiral anglais à réviser son opinion. Il est vrai, comme l'indiquait l'amiral Dönitz, qu'il n'existe pas de moyens absolument efficaces pour interdire au sous-marin l'accès de la haute mer, qu'il oblige l'adversaire, par la seule possibilité de sa présence, à distraire du front principal des opérations une partie sérieuse de son potentiel de guerre, à organiser un système compliqué de convois en vue d'assurer la sécurité de son trafic maritime et à ralentir le débit de ce trafic au moment même où il serait désirable de l'intensifier, qu'il force enfin les navires de guerre à exercer une veille de tous les instants, cause de fatigue supplémentaire pour le personnel. Par contre, le sous-marin, comme l'a montré l'expérience de 1917-1918 et celle des premiers mois de la présente guerre apparaît extrêmement vulnérable lorsqu'il opère sans l'appui d'une flotte puissante. En surface, il est une proie facile pour des unités convenablement armées, chasseurs de sous-marins, torpilleurs ou bâtiments d'escorte des convois. En plongée, il craint encore les obstacles artificiels, tels que les filets à mines qui obturent les passes et surtout l'attaque à la grenade sous-marine qu'entreprennent les bâtiments de surface, soit que ceux-ci aient été alertés par l'aviation, soit que, par des procédés techniques très perfectionnés, mis au point depuis quelques années, ils aient décelé sa présence et précisé sa position. Mais le plus grand ennemi du sous-marin est sans doute aujourd'hui l'avion qui, grâce à sa vitesse élevée et à son rayon d'action étendu, peut exercer sa surveillance efficacement sur de larges zones maritimes et, grâce à la puissance de son armement, attaquer directement, à la bombe ou à la mitrailleuse, un sous-marin qui imprudemment « fait surface » et demeure alors impuissant à parer ou à rendre les coups qu'il reçoit.

LE caractère de la guerre navale s'est nettement accusé dès les premières heures. A peine, en effet, le délai imparti à l'Allemagne pour renoncer à son action contre la Pologne était-il expiré, que la première torpille d'un sous-marin allemand était lancée sans avertissement à l'adresse d'un paquebot britannique, l'*Athenia*. La guerre sous-marine était déclenchée.

Les Allemands ont été, par la force des choses, amenés à faire ce qu'ils ont eux-mêmes dénommé « der kleine Krieg », la petite guerre. Ils ne pouvaient, en effet, espérer faire la guerre d'escadres ; ils n'avaient à mettre en ligne que deux navires cuirassés modernes, le *Scharnhorst* et le *Gneisenau*, contre une flotte alliée de haut bord plus de dix fois supérieure. Cette petite guerre fait appel à divers moyens qui sont : le sous-marin, la mine, l'avion.

(1) *Nautilus* 1939.

D'autres raisons aussi incitaient particulièrement les Allemands à recourir au sous-marin. C'est ce petit navire qui, au cours du conflit 1914-1918, leur a fait connaître les plus grands succès et qui, comme l'a reconnu l'amiral Jellicoe, commandant en chef de la flotte britannique pendant la Grande Guerre, a mis en péril le ravitaillement allié. Ils avaient donc conservé le souvenir de la puissance possible de cet instrument et ils ne doutaient pas que, avec les perfectionnements qui lui ont été apportés, il ne pût, cette fois encore, malgré ses faibles dimensions, rompre le blocus naval de l'Allemagne et qu'il ne continuât, comme par le passé, à obliger les navires de haut bord ennemis à une veille soutenue, fatigante pour ceux qui la pratiquent.

Deux autres arguments, appuyés par l'expérience de la dernière guerre eux aussi, pesaient dans leur décision.

Le premier était que, même si le sous-marin n'était pas destiné à leur assurer la victoire sur mer, du moins il obligerait les Alliés à diriger vers la haute mer une partie de leur personnel et de leurs canons, ce qui diminuerait d'autant leur potentiel de guerre sur le front terrestre.

Le second était que si un grand navire, dont la construction demande trois ou quatre ans, ne peut être conçu et réalisé au cours des hostilités, on peut, par contre, faire des sous-marins en série, et les Allemands eux-mêmes avaient ainsi, en partant des très modestes chiffres du mois d'août 1914, construit en pleine guerre près de 400 sous-marins, dont 200 furent détruits par les Alliés (les autres durent se rendre en exécution des conditions de l'armistice du 11 novembre 1918).

Toutes ces raisons ont fait que les Allemands ont déclenché la guerre sous-marine à outrance, et, comme nous le savons, sans respect des conventions humanitaires auxquelles ils avaient eux-mêmes souscrit.

Mais, pour saisir comment ils peuvent mener cette guerre sous-marine, pour comprendre pourquoi leur échec est inévitable, malgré les espoirs qu'ils nourrissent encore, il est utile de décrire le sous-marin en lui-même, sa puissance militaire, et aussi les risques qu'il court et les moyens qui permettent de le combattre.

Le sous-marin

Le navire sous-marin tient d'abord du navire de surface, puisqu'il est amené à naviguer en surface; à ce propos, il est utile de rappeler qu'au début de la guerre de 1914-1918, les sous-marins allemands, sur une croisière de 3 000 milles, effectuaient 2 700 milles en surface et 300 seulement en plongée; la navigation sous-marine proprement dite était donc l'exception; mais, vers la fin de la guerre, les proportions avaient été profondément modifiées. Le sous-marin était alors activement pourchassé, et il n'apparaissait plus en surface, de jour, que très au large, dans l'Atlantique, lorsqu'il se croyait seul, ou, la nuit, pour changer d'air et recharger ses accumulateurs. Bien que les moyens de recherche et d'attaque du sous-marin se soient perfectionnés, comme nous le verrons tout à l'heure, et que le sous-marin soit de plus en plus obligé de pratiquer la navigation en plongée, il reste que, chaque fois que cela sera possible, il naviguera en surface, et ce pour deux raisons: d'une part, la vitesse en surface est, à bord des sous-marins les plus modernes, double de la vitesse

en plongée; d'autre part, en surface, il utilise pour sa propulsion les moteurs Diesel entraînant les hélices et il économise ainsi l'énergie électrique de ses accumulateurs qu'il doit recharger chaque jour par ses propres moyens.

Le navire sous-marin, par définition même, peut aussi naviguer sous l'eau, en plongée. Cette différence avec le navire de surface est marquée dans sa coque, dans sa propulsion, dans le nombre et les fonctions de ses gouvernails.

Les deux coques

Le sous-marin possède deux coques, l'une extérieure à l'autre.

La coque intérieure est la coque destinée à résister aux pressions qu'aura à supporter le sous-marin lorsqu'il sera en plongée. Ces pressions augmentent proportionnellement à la profondeur suivant la loi bien connue, une atmosphère (soit sensiblement 1 kg/cm²) pour 10 m. On a été amené à considérer des profondeurs de plus en plus grandes, et, partant, à construire des coques de plus en plus robustes; le sous-marin, pourchassé par les navires de surface, attaqué à la grenade sous-marine, cherche en profondeur l'abri que le soldat trouve dans sa tranchée. Un des commandants les plus expérimentés de sous-marins allemands, le lieutenant de vaisseau Hashagen, nous a décrit dans ses mémoires (*U-boot, Westwärts*), comment il allait chercher, par 50 mètres de profondeur, l'échappée aux grenades que les patrouilleurs lui lançaient. Accidentellement, certains sous-marins allemands, au cours de cette même guerre, sont descendus jusqu'à 100 mètres et ont résisté; aussi cette expérience a-t-elle conduit à prévoir des coques de plus en plus résistantes; tout récemment, on a ramené au port l'épave du sous-marin américain *Squalus*, coulé comme on sait le 23 mai 1939, au large des côtes de l'Atlantique, non loin de Portsmouth, par 74 mètres de fond; la partie avant du navire dans laquelle s'étaient réfugiés les survivants avait victorieusement résisté à la pression extérieure; pour la partie arrière, la question ne se posait pas puisque la coque, dans cette région du navire envahie par l'eau, subissait une même pression à l'intérieur comme à l'extérieur; le *Squalus* était fait pour descendre jusqu'à 120 mètres.

La résistance de la coque sous-marine est obtenue par deux moyens: l'emploi d'acier à haute résistance — et l'on sait à ce point de vue que tous les progrès de la métallurgie sont mis à contribution —

et la forme que l'on donne à cette coque.

La coque intérieure est de section cylindrique, forme qui assure le maximum de résistance pour des raisons analogues d'ailleurs à celles qui font donner cette forme aux réservoirs à gaz d'éclairage sous pression, bien que la pression dans ce dernier cas soit dirigée de l'intérieur vers l'extérieur, c'est-à-dire en sens inverse de ce qui se passe pour la coque du sous-marin.

La coque extérieure

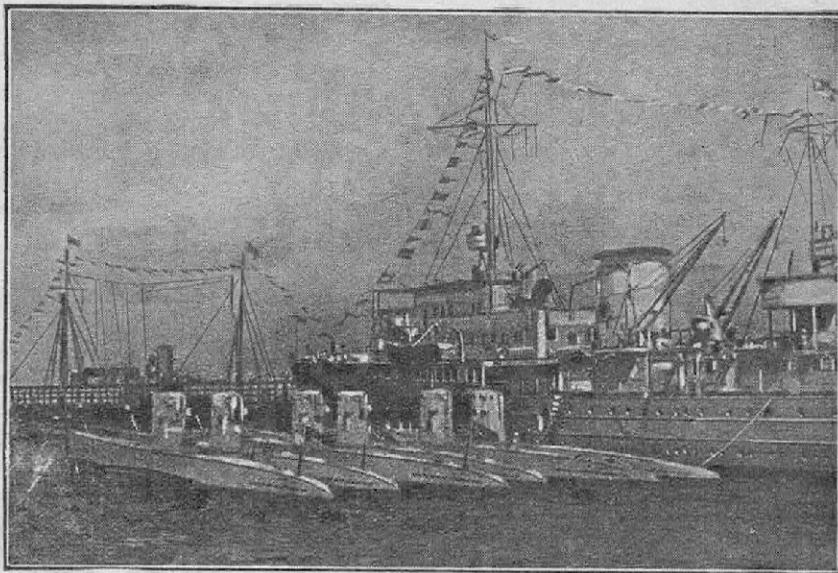
Les premiers sous-marins français ne possédaient qu'une seule et même coque; lorsqu'ils voulaient plonger, ils remplissaient d'eau des ballasts intérieurs et annulaient ainsi leur flottabilité. Cette disposition, admissible sur des navires de faible tonnage, ne l'était plus lorsque le déplacement du sous-marin se mit à croître. Le poids de cette coque serait devenu une trop grande fraction du poids total.

Par ailleurs, le ballast intérieur constitue un réel danger; si, en effet, les vannes des tuyautages ne sont pas bien étanches, la pression extérieure peut se transmettre à l'intérieur, et les tôles de ces ballasts être soumises à une pression pour laquelle elles n'étaient pas prévues; c'est ce qui s'est passé pour le sous-marin français *Lutin*, qui se perdit en baie de Bizerte au mois d'octobre 1906.

Aussi a-t-on songé à mettre à l'extérieur de la coque intérieure les ballasts qui doivent être remplis d'eau pour permettre au sous-marin de plonger. Ces ballasts, dans ces conditions, ne supportent, lorsque le navire navigue en surface, qu'une faible pression. Lorsque le navire est en plongée, on laisse les ballasts communiquer avec l'extérieur; leurs tôles ne subissent aucune pression. Ces tôles peuvent donc être très minces, et l'on réalise ainsi une économie de poids.

De même, c'est dans des ballasts extérieurs qu'on logera le combustible liquide nécessaire à la marche des moteurs à huile lourde pour la propulsion en surface; on compensera la consommation par l'introduction d'eau de mer qui, plus lourde, restera au fond de ces ballasts.

La coque extérieure va donc être partiellement constituée par l'enveloppe même de ces divers ballasts; elle sera continuée par un ensemble destiné à rendre la vie possible ou plus pratique à bord: pont allant de l'avant à l'arrière, sorte de passerelle dite



(15 184)

FIG. 1. — UNE FLOTTILLE DE SOUS-MARINS ALLEMANDS PRÈS DE SON CONVOYEUR

Les sous-marins de la flottille Weddigen sont tous identiques, d'un déplacement de 250 t. Trop petits pour offrir à leurs équipages le moindre confort, ils viennent trouver abri et amarrage près du convoyeur, le Saar, qui leur fournit l'électricité et permet à leurs hommes d'aller à son bord « crocher leurs hamacs ».

baignoire, entourant le kiosque, tubes lance-torpilles extérieurs à la coque intérieure, etc.

La stabilité des sous-marins

Lorsque le sous-marin navigue en surface, il doit satisfaire aux conditions mêmes de flottabilité et de stabilité des navires de surface.

En surface, la flottabilité d'un navire est exactement nulle, c'est-à-dire que le volume d'eau qu'il déplace est exactement égal au poids du navire; mais si, pour une raison ou une autre, roulis, tangage, etc., sur houle, il tendait à s'enfoncer, cet enfoncement même créerait une nouvelle force de rappel; en un mot, le navire possède une réserve de flottabilité.

La stabilité du navire de surface est cette qualité qui veut que le navire, étant dérangé de la position qu'il occupe normalement et incliné, tende de lui-même à revenir à sa position antérieure. Les architectes navals démontrent une formule qui exprime mathématiquement cette stabilité. Il suffit, pour qu'un navire de surface soit stable, que

contraire, il se produit une diminution de poussée, et ce couple constitue, dans l'ensemble de la stabilité, ce qu'on appelle la *stabilité de forme*, tandis que l'élément précédent est la *stabilité de poids*.

Le sous-marin en surface a donc une stabilité qu'on peut ainsi décomposer en stabilité de forme et en stabilité de poids.

Considérons-le donc maintenant en plongée : s'il s'incline transversalement, aucun élément nouveau de sa carène n'entre dans l'eau, aucun élément n'en émerge ; la stabilité de forme a disparu.

Il reste la stabilité de poids. Il faut et il suffit pour qu'un sous-marin soit stable que son centre de gravité soit au-dessous du centre de carène (centre de gravité du volume d'eau déplacé).

Mais nous allons voir tout de suite une conséquence de ce changement de mode de stabilité :

Pour un navire de surface, la stabilité longitudinale est considérable par rapport à la stabilité transversale, et il n'est pas d'exemple de navire chavirant en surface par culbute sur l'avant ou sur l'arrière ; lorsqu'un navire de surface chavire, c'est en prenant une inclinaison latérale de plus en plus forte.

Pour un sous-marin en plongée, les deux stabilités sont au contraire égales, et un sous-marin peut aussi bien culbutter par l'avant ou l'arrière que chavirer latéralement. Lorsque le sous-marin américain *Squalus* se perdit, il prit par l'arrière une inclinaison (une pointe, comme disent les sous-marinières) de plus en plus forte et toucha le fond de l'arrière ; lorsque le 1^{er} juin 1939,

le sous-marin britannique *Thétis* disparut à son tour, il culbuta de l'avant jusqu'au moment où son étrave vint toucher le fond ; dans les deux cas, le couple de redressement était inférieur au couple d'inclinaison.

On saisit donc la gravité d'une avarie par envahissement d'eau à l'extrémité avant ou à l'extrémité arrière d'un sous-marin ; c'est un point faible dont on saura profiter pour attaquer le sous-marin.

L'anatomie d'un sous-marin

Examinons maintenant brièvement l'anatomie d'un sous-marin. Elle est, à quelques

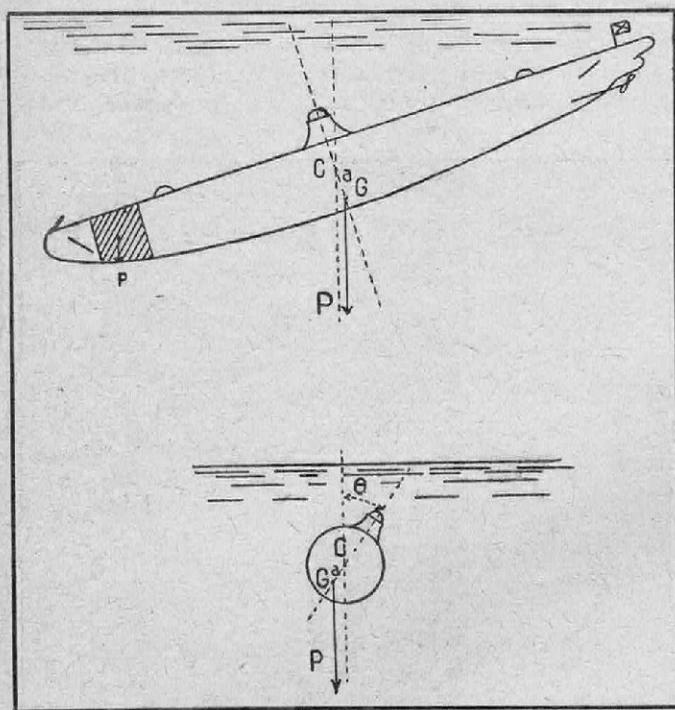


FIG. 2. — LES COUPLES DE REDRESSEMENT EN CAS D'INCLINAISON LONGITUDINALE ET TRANSVERSALE A BORD D'UN SOUS-MARIN

En haut, inclinaison longitudinale d'un sous-marin sous l'effet de l'envahissement par l'eau d'un compartiment avant. On se rend compte de l'importance du couple d'inclinaison, égal au produit du poids de l'eau p par le bras de levier. En bas, inclinaison transversale sous l'effet d'une cause quelconque. Dans les deux cas, le couple redresseur est le même, dû au poids P du sous-marin.

le centre de gravité soit situé au-dessous d'un point appelé *métacentre* (1).

Supposons que le navire « roule », c'est-à-dire s'incline autour d'un axe longitudinal, il tendra à se redresser d'abord sous l'influence de son poids ; en outre, du côté vers lequel il s'incline, il subit une poussée dirigée de bas en haut, en raison du supplément de carène ainsi immergé ; de l'autre côté, au

(1) Ce point est situé sur la verticale du centre de carène (centre de gravité du volume d'eau déplacé par la carène du navire), à une distance égale au quotient du moment d'inertie de la flottaison par rapport à l'axe parallèle à l'axe d'inclinaison, par le volume d'eau déplacé.

variantes sans importance, la même pour les sous-marins de toutes dimensions, en mettant à part toutefois les sous-marins mouilleurs de mines qui, eux, sont pourvus d'organes supplémentaires en raison de leur rôle même, et l'on peut ajouter que les sous-marins d'une nation sont très sensiblement semblables, quasi identiques, aux sous-marins d'une autre nation; nous en avons eu la preuve lorsque les Allemands durent, en exécution des conditions de l'armistice du 11 novembre 1918 et du traité de paix de Versailles, nous céder des sous-marins; certains d'entre eux furent d'ailleurs remis en service et firent désormais partie de nos flottilles.

Le sous-marin est construit dans ce que les architectes navals appellent le système transversal, c'est-à-dire dans lequel les liaisons transversales (couples) assurent le maximum de résistance et garantissent la rigidité de la construction. Il ne faudrait pas perdre de vue cependant que la coque intérieure, cette coque de tôle forte, constitue elle-même une liaison longitudinale

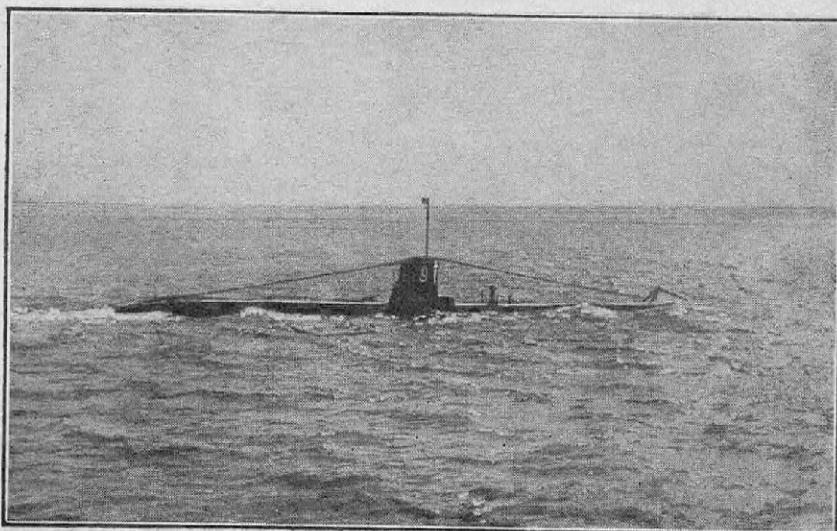
aussi bien que transversale, et permet en toute justesse d'assimiler le sous-marin à une poutre longitudinale.

L'intérieur du sous-marin est divisé en un certain nombre de compartiments étanches par les cloisons transversales, que l'on traverse par des portes, dites les unes comme les autres *étanches*. Voici un schéma type d'un sous-marin de moyennes dimensions :

A l'avant, nous trouvons un compartiment dit des tubes-avant, qui comprend les tubes lance-torpilles intérieurs à la coque intérieure, et une chambre des torpilles, au-dessous de laquelle on trouve des soutes à approvisionnement et à munitions, ainsi qu'une caisse d'assiette, caisse dans laquelle on peut introduire une certaine quantité d'eau pour faire varier l'assiette du navire.

Le second compartiment est un poste d'équipage sous le parquet duquel se trouvent les batteries principales d'accumulateurs.

Le troisième compartiment est le poste central; c'est là que se trouvent le commandant et ses aides; c'est à l'intérieur de ce poste central qu'aboutissent les périscoopes, les commandes des barres de plongée avant et arrière, du gouvernail de direction, de vidange ou de remplissage des ballasts; c'est de ce poste central que partent les transmissions d'ordres; on trouve contigu, mais devant souvent être considéré comme



(15 181)

FIG. 3. — LE SOUS-MARIN ALLEMAND U 9 DE 250 T MANŒUVRANT POUR ÉMERGER

L'U 9 porte le nom de l'ancien navire de Wediggen, qui coula trois croiseurs britanniques le même jour au début de la guerre de 1914. C'est un des premiers sous-marins construits par l'Allemagne après guerre. Il mesure 41,60 m de long, 4 m de large et 3,80 m de tirant d'eau.

en faisant partie, le poste de T. S. F. Dans ce poste également, et sous le parquet, la *caisse centrale*, caisse que l'on remplit d'eau pour donner au sous-marin une forte flottabilité négative; c'est elle dont les sous-marinières allemands se servaient lorsque, voulant se donner quelques heures de tranquillité, et parfois une nuit de repos, ils s'enfonçaient jusqu'à toucher de leur quille le fond de la mer; ils immobilisaient ainsi leur petit navire en le soustrayant aux translations dues aux courants.

Les compartiments arrière sont plus spécialement réservés à la propulsion.

Le quatrième compartiment contient les moteurs principaux, en général deux moteurs Diesel, situés l'un à tribord, l'autre à bâbord; au-dessous, des réservoirs à huile de graissage.

Le cinquième compartiment est réservé avant tout aux machines électriques, qui ont un double rôle : elles peuvent, soit servir de moteurs, soit fonctionner en dynamos. Recouvertes d'un parquet, elles laissent au-dessous d'elles l'espace du logement d'une partie de l'équipage.

Le sixième compartiment est celui des tubes lance-torpilles arrière, et contient également une caisse d'assiette. Celle-ci communique avec la caisse d'assiette avant par un tuyautage et une pompe, de telle sorte que l'on peut faire passer de l'eau de l'une à l'autre, et par conséquent modifier l'assiette du navire sans changer sa flottabilité. Telles sont les principales divisions d'un sous-marin.

Trois panneaux, nous l'avons vu, permettent de passer de l'extérieur à l'intérieur du sous-marin, un à l'avant, un à l'arrière, enfin celui du milieu qui fait communiquer le poste central avec la baignoire ; ce dernier est double, un panneau inférieur sépare le poste central du kiosque, un panneau supérieur couronne le sommet du kiosque, qui débouche ainsi dans la « baignoire ».

Les gouvernails

Deux paires de gouvernails de plongée sont installées, l'une à l'avant, l'autre à l'arrière du sous-marin, qui est ainsi muni de chaque bord d'un gouvernail de plongée avant et d'un gouvernail de plongée arrière. En général, ces gouvernails sont situés au-dessous de la flottaison du sous-marin naviguant en surface ; mais, lorsqu'on a voulu construire des sous-marins rapides, on a été amené à supprimer la résistance supplémentaire à la marche du navire que créent leurs surfaces, et on les a mis au-dessus de la flottaison. On a été plus loin même, et on les a disposés de telle sorte qu'ils peuvent être rentrés ou appliqués le long de la coque. Lorsqu'ils sont ainsi au-dessus de la flottaison, ils ne peuvent servir à faciliter la plongée au début de cette manœuvre ; il faut attendre qu'ils soient submergés.

Chacun de ces gouvernails est orientable, autour de l'axe de sa barre, d'un angle de 30 à 35 degrés de part et d'autre du plan horizontal ; ces gouvernails sont du type compensé, c'est-à-dire que l'axe est situé dans le plan de cette surface (le *safran* du gouvernail), de telle sorte que l'effort produit par l'eau sur la partie de la surface située sur l'avant de l'axe est équilibré ou compensé par l'effort produit par l'eau sur la partie arrière. Chaque gouvernail est protégé par une garde contre les filets et les cor-

dages qui pourraient, en s'engageant, le coincer et le rendre inutilisable.

La commande des barres de plongée se fait de différentes manières, soit mécaniquement et directement, soit électriquement, soit hydrauliquement ; les arbres de transmission, câbles électriques ou tuyautages d'huile sous pression traversent les cloisons dans des presse-étoupe étanches.

Les sous-marins possèdent un gouvernail de direction du type compensé ordinaire, ce qui sert aussi bien pour la navigation en surface que pour la navigation en plongée.

Dans tous les cas, chacune des paires de barres avant et arrière est commandée par un homme de barre qui a sous les yeux deux instruments : un *manomètre* et un *inclinomètre* ; le manomètre lui indique la pression d'eau, c'est-à-dire pratiquement la profondeur où il se trouve, et il est gradué directement en mètres d'immersion ; l'inclinomètre lui indique l'assiette du navire, c'est-à-dire son inclinaison par rapport à l'horizontale.

Les moteurs

Le moteur qui assure la propulsion du sous-marin n'est pas le même en surface qu'en plongée, en raison de l'interdiction de dépense d'air en plongée.

Au début de la guerre de 1914, il existait encore deux types de moteurs de surface : le moteur à vapeur et le moteur Diesel. Le premier, installé sur les sous-marins français type *Archimède* ainsi que sur certains sous-marins anglais, était encombrant, introduisait à bord une source de chaleur extrêmement désagréable et surtout augmentait considérablement l'intervalle de temps nécessaire pour passer de la navigation en surface à la navigation en plongée.

On a beaucoup parlé, ces deux dernières années, d'un ensemble moteur dit « moteur unique » (1), qui entrainerait les hélices aussi bien en surface qu'en plongée. Il aurait été installé par les Allemands sur certains de leurs nouveaux sous-marins, mais les renseignements que nous possédons actuellement ne permettent pas de conclure à l'exactitude de cette information.

Aussi pouvons-nous admettre que le sous-marin est aujourd'hui propulsé en surface uniquement par moteurs Diesel et en plongée par moteurs électriques.

La puissance de ces moteurs Diesel n'a cessé de croître, et elle a approximativement triplé depuis 1914. Le plus grand sous-marin du monde, le français *Surcouf*, a une

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 234, page 490.

puissance de 7 600 ch en surface, répartie sur deux arbres (deux moteurs Sulzer de 3 800 ch). Le *Surcouf* date de 1929 et, depuis, les moteurs, d'une part, et aussi, bien que dans une moindre proportion, les formes elles-mêmes du sous-marin ont progressé.

Le sous-marin moderne de 1 500 t, type assez généralement adopté par les diffé-rentes marines, a une puissance qui oscille autour de 5 000 ch, suivant la vitesse qu'on veut obtenir, et qui, d'ailleurs, ne dépasse pas 18 nœuds pour le moment.

D'une façon générale également, les sous-marins possèdent, comme le *Surcouf*, deux moteurs, deux lignes d'arbre, deux hélices.

De tous les na-vires, grâce à l'em-ploi du Diesel et aussi à sa faible vi-tesse de croisière, le sous-marin est celui qui peut par-courir la plus grande distance sans ravitaille-ment. A la vitesse de 10 nœuds, le *Surcouf* peut par-courir 12 500 mil-les, plus de la moi-tié du tour de la Terre à l'équateur.

De chaque bord, sur la même ligne d'arbre, nous trou-vons attelés le mo-teur Diesel et le

moteur électrique. Le moteur Diesel est situé le plus en avant ; il est suivi du moteur électrique qui, comme nous l'avons dit, peut être utilisé comme générateur d'électri-cité et recharger les accumulateurs. Ce moteur est entraîné par les moteurs Diesel même dans la navigation en surface et sert alors de volant. En plongée, il est découplé du moteur Diesel et sert à la propulsion.

L'électricité en plongée est fournie par des batteries, au nombre de deux, de 50 à 60 éléments chacune, sur les petits sous-marins ; de deux ou de quatre, de 110 à 120 éléments, sur les gros sous-marins. Les accumulateurs sont de plus en plus standar-disés et pèsent 350 à 400 kg pièce.

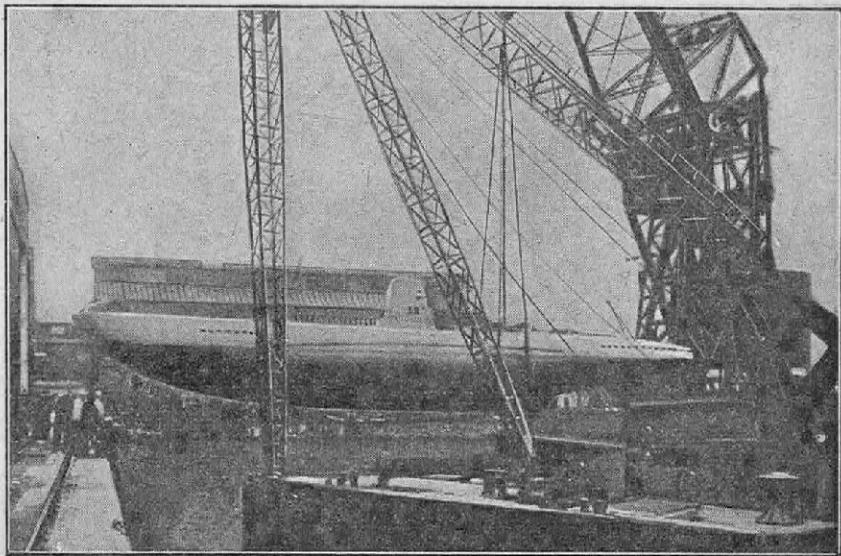
Les accumulateurs se déchargent rapi-dement lors de la marche en plongée à grande vitesse. Un sous-marin peut croiser

en plongée pendant 30 h à la vitesse de 2 ou 3 nœuds, mais à sa vitesse maximum, mettons 10 nœuds, il déchargera ses accu-mulateurs en 1 h environ.

Les ballasts

Les ballasts principaux, ceux qui doivent être remplis avant tout pour permettre au sous-marin de plonger, situés dans la coque extérieure, sont munis chacun d'un certain nombre d'organes :

a) Une vanne, située au fond, pour l'en-trée et la sortie d'eau de mer ;



(15187)

FIG. 4. — MISE A L'EAU, AU MOYEN D'UNE GRUE, D'UN SOUS-MARIN ALLEMAND DE PETIT TONNAGE

La coque est terminée, mais, à part les moteurs Diesel et les moteurs électriques, elle n'a reçu aucun aménagement intérieur.

b) Une soupape, à la partie supérieure, laissant, lorsqu'elle est ouverte, échapper l'air du ballast pour que l'eau de mer puisse y avoir accès ;

c) Un tuyau d'arrivée d'air comprimé pour chasser l'eau de mer ;

d) Un tuyau d'aspiration d'eau de mer relié à une pompe du bord.

Le sous-marin étant en surface, le com-mandant, pour se préparer à plonger, fera ouvrir les vannes d'arrivée d'eau de mer, mais celle-ci ne pénétrera pas, car les sou-papes d'échappée d'air restent encore fer-mées.

Si le commandant le désire, et pour se ménager une plus grande rapidité de plongée, il pourra, ouvrant momentanément ces soupapes d'air, remplir en partie chacun des ballasts, et se mettre « en demi-plongée »,

le kiosque du sous-marin émergeant encore de l'eau.

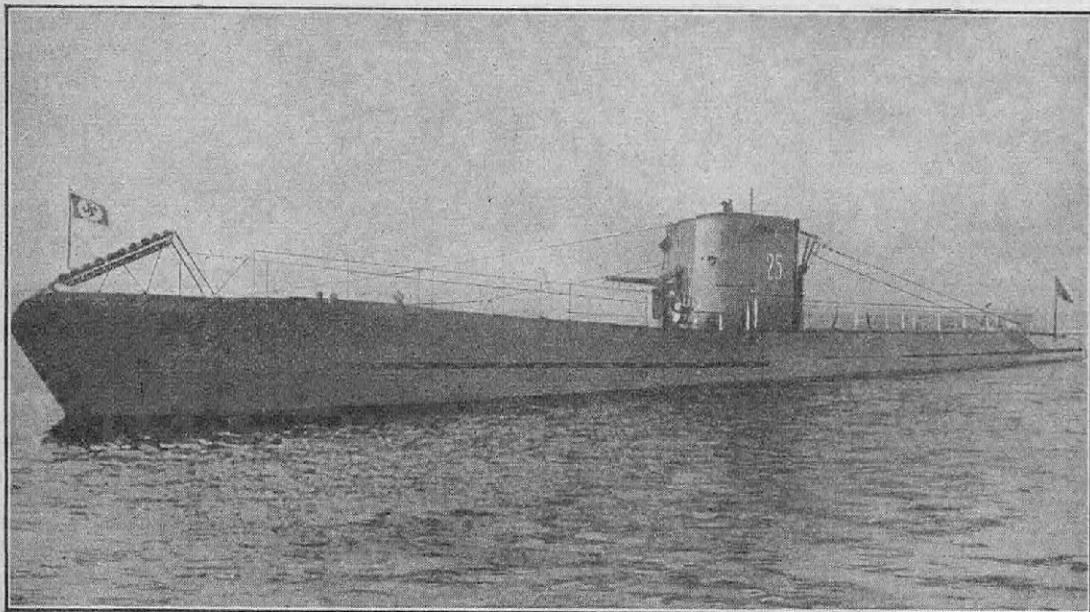
Lorsqu'il veut plonger, il n'a plus qu'à laisser emplir complètement les ballasts.

On pourra se faire une idée des progrès réalisés dans la rapidité de plongée, en précisant qu'il fallait 25 minutes au premier sous-marin pour plonger, temps qui fut réduit progressivement, mais qui demeura important sur les sous-marins à vapeur; aujourd'hui, un sous-marin arrive à disparaître de la surface en moins d'une minute.

ouvertes et de rester en surface *sur leurs soupapes d'air*.

Les autres ballasts

Nous avons vu, en décrivant l'anatomie de notre sous-marin, qu'il existe d'autres ballasts, les caisses d'assiette et la caisse centrale. Dans beaucoup de marines, on s'en est tenu à peu près à cette disposition, et les caisses servent à embarquer l'eau supplémentaire qui doit compenser la consommation de certains approvisionnements,



(15 183)

FIG. 5. — LE SOUS-MARIN ALLEMAND U25 DE 712 T

C'est le plus gros type de sous-marin allemand construit avant la guerre de 1939. Longueur, 71 m ; largeur, 6,20 m, tirant d'eau, 4 m.

La nécessité de pouvoir plonger rapidement est apparue au cours de la guerre 1914-1918 ; ce sont les marins allemands qui posèrent le problème à leurs ingénieurs du génie maritime. Ils voulaient pouvoir, surpris par un navire léger ou un avion allié, échapper à ceux-ci en s'enfonçant suffisamment vite, non seulement pour ne pas risquer la balle de mitrailleuse ou l'obus du canon, mais encore pour que le chasseur de surface ou aérien n'ait pas de marque de repère pour lancer ses bombes et ses grenades ; les constructeurs allemands dotèrent les ballasts de vannes suffisamment larges pour que l'admission d'eau se fit à un débit élevé, permettant le remplissage du ballast en une trentaine de secondes ou moins, et les sous-marinières de leur côté prirent l'habitude de garder ces vannes

vivres, eau douce, munitions par exemple.

Toutefois, d'une façon générale, on a disposé au-dessous des tubes lance-torpilles des réservoirs compensateurs. Supposons, par exemple, que, dans une attaque, le commandant veuille utiliser un tube lance-torpilles intérieur. Ce tube contient une torpille dont le poids est à peu près celui du volume d'eau qu'elle déplace (en réalité très légèrement supérieur); mais les formes effilées de la torpille laissent, entre la torpille et la paroi cylindrique du tube, un espace vide. Avant le lancement, on remplira cet espace par l'introduction d'eau prise dans le réservoir compensateur situé auprès du tube réservoir, que les Anglais ont caractérisé par le nom appelé : *Water around torpedo tank*.

Pour lancer, le commandant fait ouvrir

la « tape » qui ferme le tube, mais aucune eau de l'extérieur ne pénètre, puisque le tube est plein ; la torpille, lancée à l'air comprimé, sort alors du tube, que l'eau de l'extérieur vient remplir ; mais la variation de poids est insignifiante, et l'équilibre du sous-marin n'est pas troublé. La tape avant refermée, le chef de tube, s'il veut introduire une nouvelle torpille prise dans le stock du bord, n'aura qu'à vider préalablement l'eau du tube dans le réservoir compensateur.

Certains constructeurs navals sont même parfois allés plus loin, et ont établi des ballasts compensateurs, situés chacun près de la soute, dont ils voulaient compenser la consommation quotidienne. Ce système, dont l'avantage serait d'assurer un équilibre plus parfait, puisque le centre de gravité des masses introduites est situé très près du centre de gravité des masses supprimées, constitue, en réalité, une complication assez sérieuse, d'où risque supplémentaire d'avaries. Aussi préfère-t-on aujourd'hui s'en tenir simplement aux caisses d'assiette et à la caisse centrale.

Le combustible pour moteur est enfermé dans des ballasts spéciaux, et on laisse entrer l'eau par le fond pour compenser la consommation.

Enfin, nous trouverons encore à bord de certains sous-marins mouilleurs de mines des ballasts compensateurs de mines mouillées.

Dans tous les cas, comptabilité est strictement tenue à bord de chaque sous-marin de tous les mouvements d'eau, et cette situation est inscrite sur un état que le dramatique naufrage de la *Thétis* a rendu célèbre, le fameux *chît* sur lequel la commission d'enquête britannique a tant discuté.

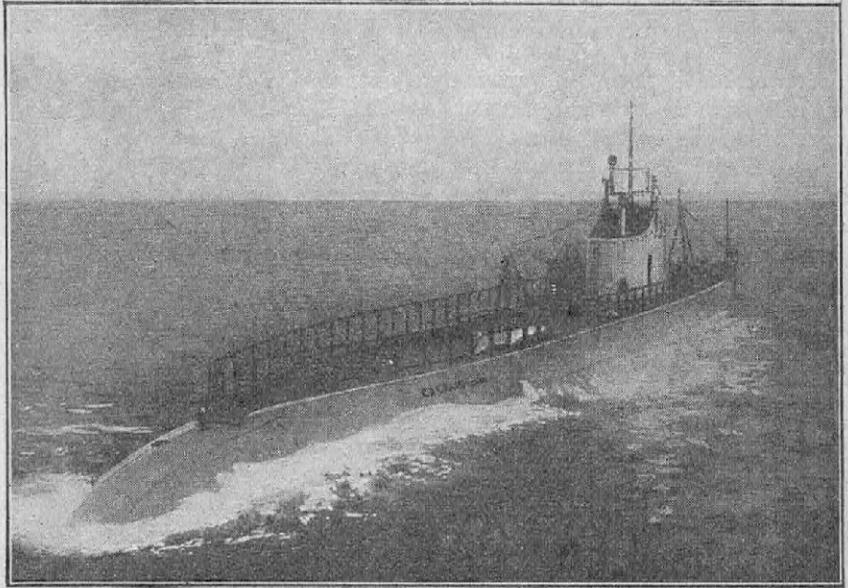
L'air et les pompes

Pour faire surface, le commandant du sous-marin en plongée doit redonner à son

navire une flottabilité nettement positive, et pour cela il doit vider les ballasts. Il dispose de deux moyens qui se conjuguent d'ailleurs entre eux : l'insufflation d'air comprimé et l'aspiration par pompe à eau.

L'air comprimé est emprunté à des réservoirs dans lesquels il a été emmagasiné par des compresseurs d'air avant la plongée, ou bien à l'extérieur même du navire.

Les réservoirs à air sont timbrés à une pression qui atteint et même dépasse 200 kg/cm². Leur capacité est suffisante pour



(15.182)

FIG. 6. — LE SOUS-MARIN AMÉRICAIN « CACHALOT » DE 1 130 T EN SURFACE ET 1 650 T EN PLONGÉE

Armé d'un canon de 76 mm antiaérien et de 6 tubes lance-torpilles, 45 hommes d'équipage, ce navire a 79,20 m de long, 7,53 m de large, 3,90 m de tirant d'eau.

chasser l'eau de tous les ballasts trois fois si nécessaire. Dans le cas où le commandant, pour une raison ou une autre, veut remonter rapidement son sous-marin en surface, il n'hésite pas à *chasser partout*, ce qui veut dire vider tous ses ballasts par insufflation d'air comprimé.

Mais, soucieux de ménager ses réserves qu'il n'est pas sûr de pouvoir reconstituer en toute tranquillité d'esprit en temps de guerre, il peut aussi se contenter de chasser à l'air comprimé emprunté à ses réservoirs la quantité d'eau suffisante pour faire émerger le kiosque, et il poursuivra son émergence en aspirant de l'air en surface et en le refoulant dans les ballasts, à une pression d'ailleurs relativement faible.

Enfin, tout sous-marin est muni d'un système de pompes pouvant aspirer dans

les ballasts ou dans un compartiment quelconque, et capable de refouler à une pression égale à celle que l'on rencontre à la plus grande profondeur pour laquelle le sous-marin est prévu.

Le périscope

Le périscope a paru presque dès le début de la navigation sous-marine. Aujourd'hui, tout sous-marin en possède au moins deux ; les grands sous-marins, trois.

Le périscope est un tube d'une longueur d'une dizaine de mètres ; son diamètre est d'une quinzaine de centimètres, sauf à la partie supérieure où, sur 1,50 m de hauteur environ, il se réduit à 5 ou 7 cm. Il y a à cela deux raisons : plus grande robustesse de cette poutre verticale au sortir du sous-marin, où se porte l'effort de rupture, et moindre visibilité de la partie du tube appelée à émerger ; en outre, certains avantages de luminosité résultent de la plus grande largeur de la partie inférieure du périscope.

Lorsque le sous-marin est en plongée à profondeur de périscope, cela signifie que son commandant peut faire sortir le périscope au-dessus de l'eau de 1 m environ.

Le mouvement vertical du périscope est obtenu au moyen d'un petit moteur électrique ; le périscope a un champ d'une quinzaine de degrés ; le commandant le fait tourner autour de son axe au moyen de poignées.

Au début de la guerre 1914-1918, le périscope n'avait pas de champ vertical étendu, mais, l'avion s'étant révélé l'un des principaux ennemis du sous-marin, il a fallu augmenter le champ vertical ; on y est parvenu simplement en rendant le prisme de l'objectif mobile autour d'un axe horizontal.

Organes de navigation, de sauvetage et de défense

Quelques autres organes se rencontrent sur le sous-marin, qu'on ne trouve pas sur les autres navires.

Les Allemands ont adopté, au cours de la dernière guerre, une sorte de scie placée à l'avant, et qui leur donne une silhouette spéciale. Cet instrument est destiné à couper les filets qui, comme nous le verrons, sont placés sur la route du sous-marin pour lui faire obstacle.

Pour éviter que les éléments constitutifs du filet d'obstruction ou que tout autre piège de même nature vienne s'engager dans les superstructures ou les appendices du sous-marin, deux filières s'étendent

l'une, de l'avant à la partie avant du kiosque, l'autre, de l'arrière du kiosque à l'arrière du navire.

Mais il est aussi des organes qui se retrouvent sur tous les navires ; toutefois, leur fonctionnement à bord d'un sous-marin est quelque peu différent. Sur un navire de surface, par exemple, on trouve toujours une place convenable pour le compas magnétique ; il se trouve donc dans les « hauts » du navire aussi à l'abri que possible de l'influence des fers de la coque et des superstructures ; mais, à bord d'un sous-marin en plongée, il n'est pas un point du bord où il ne soit complètement entouré par la coque. Aussi, plus que sur tout autre navire, le compas gyroscopique, indépendant du magnétisme terrestre, rend-il de précieux services.

La T. S. F., à bord d'un sous-marin, peut servir en surface ; deux mâts, rabattables le long du bord, en soutiennent l'antenne. Quant à la réception, les lecteurs de *La Science et la Vie* savent bien que les ondes hertziennes pénètrent jusqu'à une certaine profondeur dans l'eau et que le sous-marin en plongée peut encore les recevoir (1) dans une certaine mesure.

Il faut vivre aussi, et si le sous-marin ne peut venir respirer en surface, il possède les moyens de régénérer et d'épurer l'air pendant un certain temps.

Enfin, le sous-marin dispose de moyens et de méthodes de sauvetage qui lui sont propres et sur lesquelles nous ne reviendrons pas (2).

L'armement

Nous trouvons à bord :

1° Trois types d'armes offensives : la torpille, le canon et, à bord de quelques-uns, la mine.

Il est juste d'ajouter que le sous-marin a, dans ses approvisionnements de bord, des charges explosives ; elles sont destinées à la destruction des navires de commerce ennemis que le sous-marin peut arrêter ; ces charges ne coûtent pas cher, et cette méthode permet d'économiser les torpilles, dont chaque unité vaut entre 600 000 francs et 1 million de notre monnaie actuelle.

2° Des armes défensives contre avion, mitrailleuses ou canons automatiques.

La torpille

Le principe des torpilles est connu ; et je ne rappellerai que pour mémoire que la

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 72, page 499.

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 265, page 68.

torpille (1) est un sous-marin autonome, capable de maintenir, sur un vingtaine de km de distance, la direction qu'on a voulu qu'elle prit, et d'effectuer même, en cours de route, des changements de direction prévus à l'avance.

Les progrès effectués au cours de ces années d'entre deux guerres ont été :

1° La généralisation du calibre de 533 ou 550 mm ;

2° L'augmentation de portée, une vingtaine de km actuellement ;

3° L'augmentation de vitesse, mais à un moindre degré que la précédente, 50 nœuds sur des parcours faibles ;

4° L'amélioration de l'explosif pour ou-

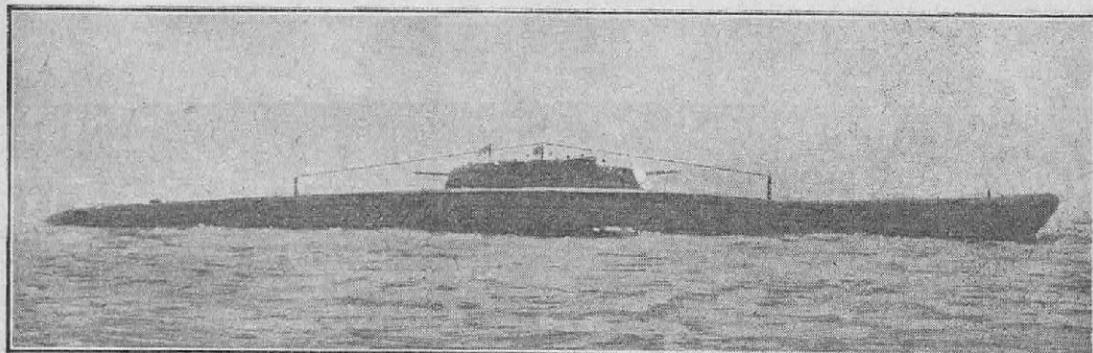
et, à la fin de la guerre, certains sous-marins allemands portèrent deux canons de 150 mm. Les Anglais ont prévu plus loin encore et ont construit une série de sous-marins munis d'un canon de 305 mm.

On est depuis revenu en arrière ; le calibre le plus courant, aujourd'hui, est le 100 ou le 105 mm. Exceptionnellement, il s'élève à 203 mm sur notre *Surcouf*.

Le sous-marin mouilleur de mines

Il est une classe spéciale de sous-marins : c'est celle du mouilleur de mines.

Au point de vue de la construction, nous trouvons deux systèmes : le sous-marin à mines intérieures, et le sous-marin à mines



(15 186)

FIG. 7. — SOUS-MARIN DE HAUTE MER RUSSE DE LA CLASSE « PRAVDA »

Déplacement : 1 000 t en surface, 1 400 en plongée. Armement : 2 canons de 75 mm, 1 mitrailleuse de 37 mm et 8 tubes lance-torpilles de 533 mm.

vrir une brèche plus large dans les carènes frappées ;

5° La suppression du sillage.

L'air qui sort de la torpille, après avoir travaillé dans sa machine, marque une traînée opaque dans l'eau claire et dénonce au visé l'arrivée de l'engin ; si la torpille a été lancée à bonne distance et vient de loin, le navire attaqué peut l'éviter. C'est donc la suppression de cet indice dénonciateur que l'on s'est efforcé de réaliser ; les Américains se sont en particulier spécialisés dans la recherche de la solution.

Le canon

C'est encore la guerre de 1914-1918, qui a provoqué le développement de l'artillerie à bord des sous-marins.

Les Allemands ont ouvert la voie ; ils ont voulu donner à leurs sous-marins une arme leur permettant d'atteindre un navire de commerce qui échapperait à leur torpille. On a donc mis d'abord un, puis deux canons à bord ; le calibre n'a cessé d'augmenter,

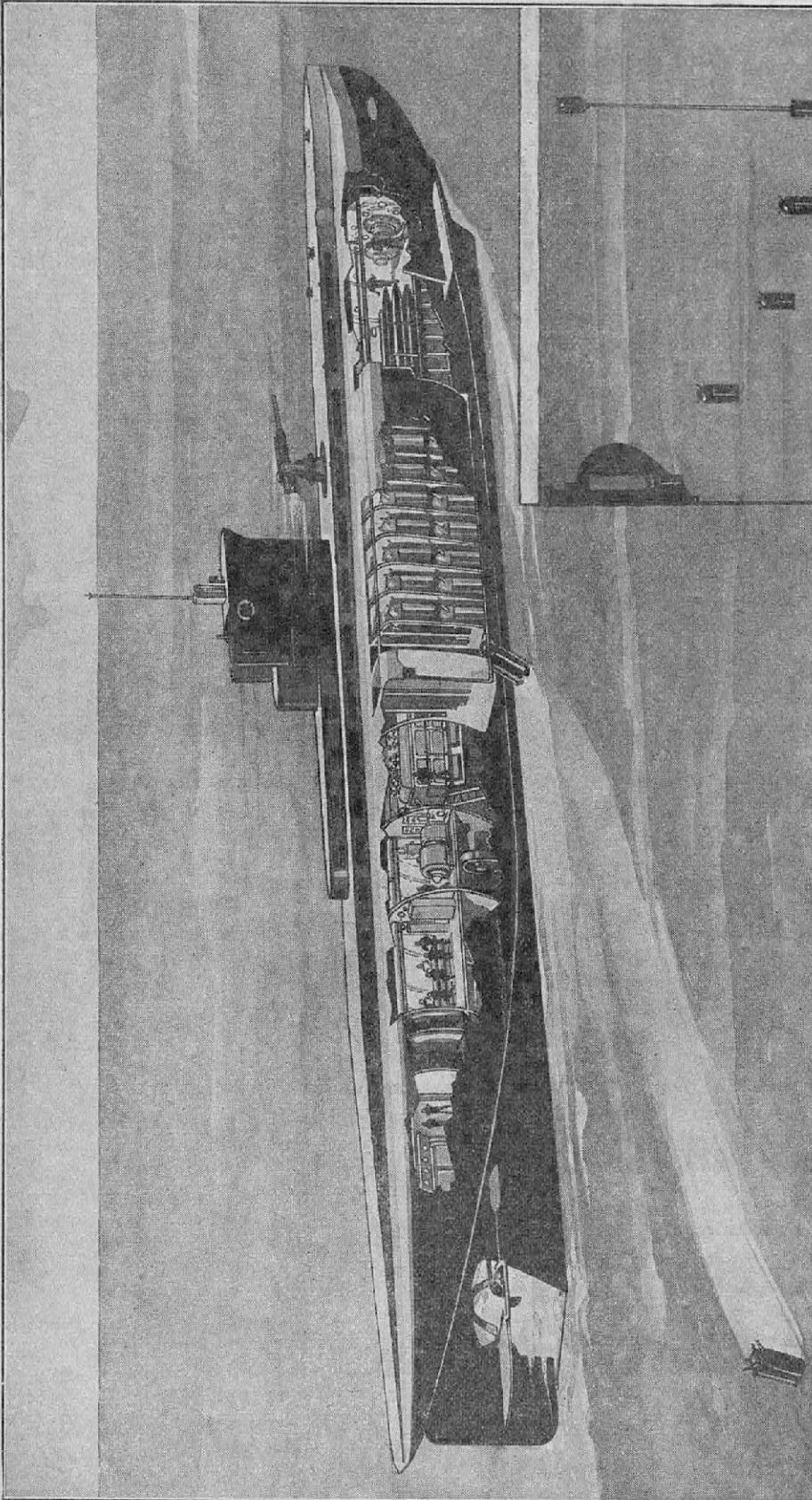
(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 255, page 195.

contenues dans des puits spéciaux communiquant en tout temps avec la mer.

Le sous-marin mouilleur de mines ne peut porter qu'un nombre relativement faible de mines, une trentaine. Il ne peut donc espérer exécuter de véritables barrages de mines, mais il peut atteindre en plein jour les abords de la côte ennemie, ce que les navires de surface ne pourraient tenter impunément.

La plongée et l'attaque

Ayant ainsi décrit le sous-marin, il va nous être facile de saisir son mode d'opération. Supposons-nous donc embarqué à bord de l'un d'eux. Nous quittons les quais de la station. A bord, les hommes s'alignent à l'avant et à l'arrière dans la traversée de l'avant-port ou de la petite rade, où l'on est encore à l'abri des jetées, pour échanger les honneurs avec les navires présents sur rade ; le navire est fin prêt, tous ses approvisionnements pour une tournée de trois semaines ou d'un mois sont à bord. Avant que l'on sorte des passes, déjà les hommes qui n'ont plus rien à faire sur le pont, sont



(17 135)

FIG. 8. — VUE D'ENSEMBLE DES AMÉNAGEMENTS INTÉRIEURS D'UN SOUS-MARIN MOUILLEUR DE MINES

Les mines sont tenues dans des puits toujours en communication avec la mer; lorsque la mine est larguée, elle descend au fond; le sous-marin s'éloigne, avant qu'elle ne remonte à la distance de la surface pour laquelle elle a été réglée. Les puits vides de mine se remplissent d'eau, et le déplacement total du navire n'est que peu modifié pendant l'accomplissement de sa mission. Une légère variation du niveau d'eau dans les ballasts suffit à rétablir l'équilibre. On voit, à droite, les phases successives de la pose d'une mine par un sous-marin.

rentrés par les panneaux avant et arrière, et les ont refermés sur eux. Il ne reste dans la « baignoire » que le commandant et l'officier de quart et les timoniers ; on veille, car il faut gagner la zone d'opérations sans être aperçu ni d'un avion, ni d'un chasseur de sous-marins, ni d'un destroyer. Les renseignements de nos croiseurs et de notre aviation nous aident à éviter d'être surpris et nous guident vers l'ennemi.

La chance nous a favorisés, et nous voici dans la zone qui nous a été désignée. Notre veille est renforcée, nous sommes en demi-plongée ; il suffira d'ajouter très peu d'eau à nos ballasts pour que nous disparaissions. En même temps, nous mettrons nos barres de plongée « à plonger » ; l'une orientée en sens inverse de l'autre, pour vaincre, sous l'action des hélices, le reste de flottabilité positive que nous aurons conservé.

Une fumée à l'horizon : est-ce un navire de guerre, est-ce un navire de commerce ?

Il se rapproche à grande vitesse ; sa mâture apparaît, caractéristique d'un destroyer, l'ennemi le plus terrible du sous-marin ; il n'y a pas un instant à hésiter, il faut plonger. Dans ses Mémoires, un commandant allemand de la dernière guerre, Hashagen, nous a décrit comment, dans la baie de Kiel, on enseignait à l'École des officiers, non seulement à plonger vite, mais encore, une fois sous l'eau, à faire le moins de bruit possible ; comment les sous-marins étaient « écoutés » au microphone, et n'étaient autorisés à appareiller qu'après que le silence de leur marche eût été éprouvé et sanctionné ; une pompe à bord faisait-elle trop de bruit, on la débarquait et la changeait.

Mais supposons que nous ayons de la chance ; le ronflement si caractéristique des hélices du destroyer, son changement de ton nous indiquent qu'il arrive, qu'il est sur nous, qu'il passe, qu'il est loin... On écoute encore, puis un coup de périscope, horizon désert, ni bruit sous-marin, ni rien sur l'eau ; nous émergeons.

Une nouvelle fumée ! Alerte ! Une mâture à plonger ; au périscope, le commandant reconnaît encore un navire de guerre, un croiseur, mais bien au nord de nous, faisant route d'est en ouest ; c'est bien en vain que nous chercherions à prendre position pour lancer notre torpille. Il faut y renoncer. Une demi-heure après, nouvelle fumée dans le nord-ouest : nouvelle alerte. Le navire qui la produit semble bien, lui aussi, suivre la route du croiseur, mais il marche moins vite, et nous sommes bien

placés pour gagner une position d'attaque favorable.

Nous reconnaissons à l'écoute le lent battement de ses pales d'hélice ; on dirait que nous avons affaire à un navire de commerce ; en fait, c'en est un transformé, mais sa qualité de navire de guerre n'est pas douteuse, et nous avons le droit de lancer sur lui sans avertissement.

Un coup de périscope rapide : nous sommes sur la bonne route. Attention !... Feu !... La torpille part ; par le périscope, on aperçoit le début de son sillage, mais n'insistons pas, il est prudent de disparaître et de plonger profondément. Allons doucement et écoutons.

Deux minutes ne se sont pas écoulées que le bruit de l'explosion de la torpille nous assure qu'elle a frappé au but ; la curiosité est légitime ; nous remontons vers la surface, tout stoppé à bord, pour écouter s'il ne vient personne à notre recherche, avant de donner un coup de périscope pour apercevoir le champ de bataille. Bien nous en prend, car des bruits d'hélices, celles d'escorteurs, destroyers ou autres, cette fois, se rapprochent vite ; l'alerte a été donnée, le flanc du navire ou le navire a été frappé et le sillage de la torpille trahissent le secteur d'attaque. Plongez, plongez profondément, à 50 m, et marchons au ralenti.

La chasse au sous-marin

Comment donc s'organise la chasse au sous-marin, même lorsque celui-ci n'a pas pu prononcer l'attaque ? Nous allons examiner successivement les moyens de lutte les plus efficaces.

L'avion est, dit-on, le pire ennemi du sous-marin. Il le combat de deux manières.

D'abord, parcourant rapidement de vastes étendues de mer, il le recherche, l'oblige à plonger. Au début de la guerre 1914-1918, les sous-marins allemands ne passaient que le dixième de leur temps en plongée ; ils naviguaient pratiquement en surface, ne plongeant qu'au moment de l'attaque ; à la fin de la guerre, en raison surtout du développement de l'aviation, les sous-marins allemands ne pouvaient plus guère monter en surface pour changer d'air et charger leurs accumulateurs qu'à la faveur de la nuit. Dès qu'un avion avait aperçu un sous-marin, il le signalait, et, aussitôt, une meute de destroyers, torpilleurs, escorteurs, chasseurs, etc., s'abattait sur lui.

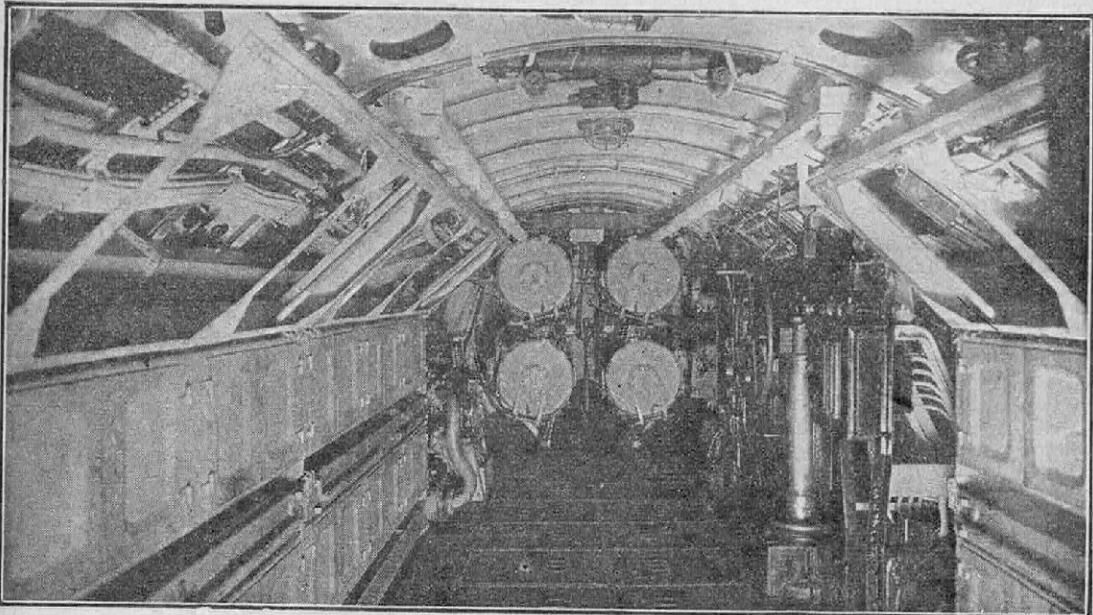
Ensuite, porteur de bombes, l'avion peut attaquer directement le sous-marin. Celui-ci se trouve en mauvaise posture. S'il plonge,

il ne peut se servir de ses armes automatiques et c'est cependant, en général, ce que le sous-marin tentera de faire : disparaître le plus rapidement possible de la surface de l'eau. L'avion foncera et, sans attaquer exactement « en piqué », méthode dangereuse, ne lâchera ses bombes qu'à quelques mètres de la surface, juste au-dessus du sous-marin.

Il peut également l'attaquer à la mitrailleuse, mettant hors de combat les hommes de veille sur le pont et retardant ainsi sa plon-

ment où le chasseur se trouve sur le sous-marin.

b) Les grenades sous-marines, lancées du bord, éclatent à la profondeur fixée à l'avance, jusqu'à une cinquantaine de mètres; leur explosion, même lorsqu'elle ne se fait pas au contact de la coque du sous-marin, est suffisamment forte pour ébranler l'ennemi, faire sauter ses « plombs », produire des courts-circuits, ébranler les rivets de la coque et déterminer des suintements et des voies d'eau. Pour échapper lui-même



(15 185)

FIG. 9. — LE COMPARTIMENT DES TUBES LANCE-TORPILLES AVANT A BORD D'UN SOUS-MARIN FRANÇAIS

On aperçoit nettement les culasses des tubes lance-torpilles. De chaque côté, en abord, les couchettes et les armoires d'équipage.

gée. Si la tôle relativement mince des ballasts se trouve ainsi perforée, le sous-marin éprouvera, par la suite, les plus grandes difficultés pour revenir à la surface, s'il y parvient jamais.

Le navire de surface, un de ceux que nous venons de citer, soit qu'il ait été alerté, soit qu'il chasse pour son propre compte, a à sa disposition différents moyens pour combattre le sous-marin ;

a) Tout d'abord, il précise au son la position du sous-marin. C'est l'écoute sous-marine, qui, elle aussi, se développa au cours de la dernière guerre, et qui, depuis, n'a cessé de se perfectionner. L'appareil d'écoute sous-marine (1) est à la fois un goniomètre et un télémètre sonores, et, comme tel, augmente de précision jusqu'au mo-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 108, page 502.

aux effets de cette arme, le lanceur doit être rapide ; s'il ne l'est pas, il sera armé d'un mortier pour bombe sous-marine, qu'il pourra lancer ainsi à une certaine distance de lui.

c) La mine remorquée. Amarrée à l'extrémité d'une remorque, cette mine éclate au contact du sous-marin rencontré.

d) Enfin, le piège, en réalité il faut dire le bateau-piège, est un navire de guerre camouflé en navire de commerce ; souvent même, c'est un ancien navire de commerce transformé pour les besoins de la cause. Il se laisse arraisonner comme un navire marchand ; l'équipage évacue le bord dans les embarcations sur l'ordre du sous-marin ; puis, au moment où celui-ci est en bonne position, l'attaqué démasque ses canons et lance une torpille sur l'assaillant.

Enfin, le sous-marin se heurte à des obstacles fixes :

a) Le filet ordinaire, qui obture les passes, et que le sous-marin a beaucoup de peine à franchir en passant par-dessous ;

b) Le filet à mines, qui commande des mines explosant au passage du sous-marin ;

c) Le champ de mines ; les mines sont mouillées à différentes profondeurs et le sous-marin se détruit lui-même.

Au cours de la dernière guerre, non seulement les Alliés semèrent ainsi des mines aux

vires de commerce furent peu à peu pourvus d'au moins un canon, et aucun sous-marin ennemi ne put plus se permettre impunément d'attaquer au canon un navire allié.

Les résultats de la lutte anti-sous-marine

Quelle fut l'efficacité, au cours de la dernière guerre, de ces moyens variés de protection contre les sous-marins ?

L'armement des navires de commerce a fait tomber les attaques au canon de 2 021 en 1917, à 443 en 1918.

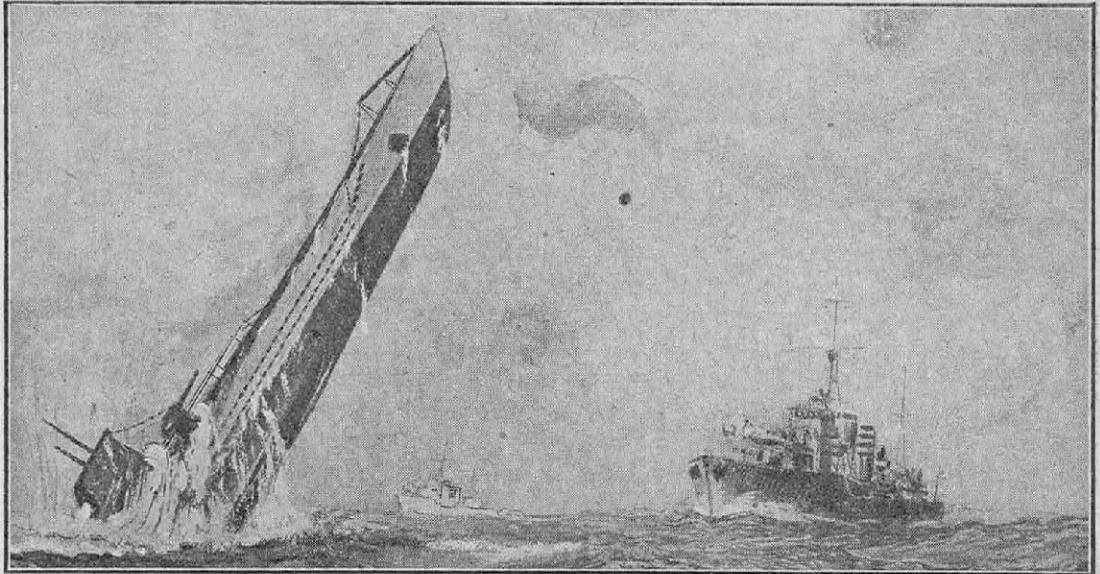


FIG. 10. — UN ÉPISODE VÉCU DE LA LUTTE ANTI-SOUS-MARINE 1939

(15 180)

Le sous-marin vient de couler un cargo. Les torpilleurs qui ont recueilli les naufragés poursuivent l'agresseur et lancent sur lui les plus fortes grenades sous-marines. Eclairs des courts-circuits dans l'obscurité créée par le choc qui a fait sauter toutes les lampes électriques, suintements et voies d'eau : le sous-marin va couler. Dans un dernier effort, le commandant réussit à « chasser partout » et son navire, allégé de l'avant, tandis que l'arrière se remplit d'eau, fait une dernière fois « surface » avec une pointe de 60° avant de disparaître à tout jamais. Quelques membres de son équipage furent recueillis par les torpilleurs (dessin de Poujade, peintre de la marine).

sorties de la baie d'Héligoland, mais mouillèrent, de l'Ecosse à la Norvège, un barrage de 100 000 mines.

Les convois

Les navires de surface naviguent en convoi, et, comme le convoi marche plus vite que le sous-marin en plongée, celui-ci ne peut prononcer qu'une seule attaque. Comme le convoi est escorté, il est obligé de plonger bien à l'avance, et éprouve des difficultés pour se mettre en position de lancement.

Les navires du convoi font, autour d'une route moyenne, des zigzags qui trompent le sous-marin sur la direction du navire,

En outre, entre 1914 et 1918, tous les na-

La navigation en convoi réduisit la destruction des navires convoyés à 0,6 % pour les navires isolés ; elle diminue donc le rendement de l'attaque à la torpille.

Parmi les résultats connus de cause de destruction de sous-marins ennemis, on compte :

Mines remorquées.....	7
Filets remorqués.....	6
Mines	60
Grenades	40
Torpilles lancées par des sous-marins	21
Bateaux-pièges	15
Canons des patrouilleurs.....	12
Bombes.....	4

Il est plus difficile de connaître l'effet des barrages de mines ; le barrage entre l'Ecosse et la Norvège, terminé peu avant l'armistice, semble bien avoir causé la fin de six sous-marins.

Quant au tonnage allié ou neutre coulé et à son remplacement, le capitaine de frégate Laurens a établi les statistiques suivantes :

Pertes :

Faits de guerre.....	12 500 000 t
Prises et incidents de mer....	2 000 000 t

Gains :

Constructions neuves.....	9 500 000 t
Prises	2 500 000 t

Situation de la flotte alliée ou neutre au début des hos-

tilités	40 000 000 t
Situation à la fin des hostilités	37 500 000 t

La différence n'est donc que de 2.500 000 t, c'est-à-dire moins de 7 %, et ceci explique largement pourquoi la guerre sous-marine de 1914-1918, malgré l'effet de surprise, malgré la lenteur de réaction des Alliés, ne fut qu'un échec.

Ceci nous explique aussi pourquoi, en 1939, les Alliés, qui avaient dès le temps de paix travaillé à la parade, ont, dès les premiers mois de guerre, fait une hécatombe de sous-marins allemands.

H. PELLE DES FORGES.

L'éminent critique militaire du *Temps*, analysant les conditions d'emploi des *Panzerdivisionen* allemandes dans les batailles livrées sur le front polonais et les moyens de défense dont disposent les armées modernes pour briser leurs attaques, a montré récemment que la condition essentielle pour assurer la sécurité d'une armée contre les entreprises de telles formations mécaniques est de posséder une quantité suffisante d'armes antichars efficaces. Une telle barrière de feux échelonnés en profondeur pour parer au cas où, la surprise ayant été réalisée, les premiers éléments n'auraient pu remplir leur mission, ne peut être forcée sans l'appui d'une puissante artillerie. Les chars de rupture et les chars légers rapides et possédant un grand rayon d'action dont sont composées les *Panzerdivisionen* sont en général assez faiblement blindés — rançon de leur vitesse et de leur rayon d'action — pour que leur cuirasse demeure vulnérable, à bonne distance de tir, pour les engins antichars de puissance normale. En outre, il ne faut pas oublier qu'une simple ligne d'eau de quelque profondeur arrête les chars, que les régions montagneuses, les massifs forestiers, les marais, les localités sont impropres à leur action. Enfin, un genre de défense extrêmement efficace dans la guerre de campagne est l'emploi judicieux de champs de mines, qui peuvent être constitués rapidement à l'aide de mines transportables. Celles-ci, en éclatant, ne détruisent pas le char mais détériorent sa chenille, le vouant ainsi à l'immobilité. La mise en œuvre de ces moyens de défense exige un entraînement spécial des unités combattantes, tant pour la défensive que pour les actions offensives qui apparaissent sensiblement plus délicates à organiser de ce point de vue. C'est l'affaire également du commandement de prévoir, malgré toutes les précautions prises, l'éventualité où la ligne de défense active serait forcée et où les divisions cuirassées s'engouffreraient dans la brèche ainsi ouverte, menaçant gravement les arrières. Ces unités blindées devraient être arrêtées sur des obstacles naturels renforcés par de l'artillerie et des pièces antichars. On peut également envisager l'éventualité d'une rencontre en rase campagne de deux unités cuirassées ennemies et il est permis d'imaginer que la lutte prendra alors un aspect très particulier, réunissant les caractères d'un combat naval et d'une rencontre de cavalerie. Le dernier mot appartiendra alors à celui qui alliera la puissance de feu la plus considérable à la cuirasse la plus solide et à la mobilité tactique la plus grande. De même que l'artillerie dans l'offensive et la mitrailleuse dans la défensive ont été les deux armes principales de la dernière guerre, de même, conclut le spécialiste qualifié du *Temps*, il est fort possible que les deux engins qui s'attribueront le rôle principal dans le présent conflit soient le char dans l'offensive et le canon antichar dans la défensive.

LE CYCLOTRON, LA DÉSINTÉGRATION DE LA MATIÈRE ET LA RADIOBIOLOGIE

Par Maurice-E. NAHMIAS

DOCTEUR ÈS SCIENCES (PARIS), PHILOSOPHICAL DOCTEUR (MANCHESTER)
ASSISTANT AU COLLÈGE DE FRANCE

Depuis la découverte, en 1934, par M. et M^{me} Joliot-Curie de la radioactivité artificielle, près de 200 nouveaux corps radioactifs ont été trouvés. Le plus grand nombre de ces radioéléments ont été produits au moyen des cyclotrons américains. C'est en 1932 que Lawrence (1) et Livingston ont mis définitivement au point leur modèle de cyclotron grâce auquel il est aujourd'hui possible d'accélérer des particules électrisées sans faire appel à de très hautes tensions. Ces savants obtenaient alors des protons (2) d'une énergie correspondant à une tension de 80 000 volts en n'appliquant que 1 600 volts sur les électrodes d'accélération. Il y a quelques semaines, le professeur Lawrence et ses collaborateurs ont obtenu, à Berkeley (Californie), un faisceau de deutons (3) de 17 millions de volts. En 1935, il n'existait encore au monde qu'un seul cyclotron ; on en compterait aujourd'hui une trentaine, les uns — une dizaine — en fonctionnement, les autres en cours de montage. Le premier cyclotron de Lawrence et Livingston coûta près de 30 000 francs ; le dernier modèle de cyclotron de Berkeley est revenu à plus de 2 millions de francs, sans compter les dépenses consacrées au superbe bâtiment qui l'abrite et les honoraires des physiciens et des ingénieurs qui viennent de terminer cette magnifique « usine ». Le Laboratoire de Chimie Nucléaire du Collège de France, dirigé par M. Joliot, possède depuis peu un cyclotron pesant plus de 30 tonnes qui permettra à la science française de développer elle aussi cette technique si féconde à la fois en physique atomique et en biologie.

LE cyclotron est une des nombreuses machines qui servent à désintégrer la matière. Pourquoi, demandera-t-on, de telles installations coûteuses, encombrantes, délicates et dangereuses parfois, lorsqu'il est possible de faire de la physique, de la biologie et toutes sortes d'autres recherches avec des moyens simples, voire même rudimentaires ? Le but de cet article est de justifier les dépenses et le temps consacrés à la mise au point de ces appareils. Il est un point sur lequel, d'ailleurs, tout le monde est d'accord. Si de grandes découvertes ont été faites avec un appareillage rudimentaire, il n'est pas moins vrai que, pour tirer de ces inventions tous les bénéfices possibles, il a fallu toujours faire appel à des moyens beaucoup plus puissants.

Pour bien comprendre le but et l'utilité du cyclotron et des machines analogues, il convient de définir au préalable les termes

(1) Le prix Nobel de physique pour 1939, vient d'être attribué à E. O. Lawrence pour sa découverte du cyclotron.

(2) Noyau de l'atome d'hydrogène.

(3) Noyau de l'atome de deutérium (hydrogène lourd). Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 233.

qu'on est obligé d'employer constamment. Ceci nécessitera une vue d'ensemble sur la constitution de la matière, telle qu'on la conçoit actuellement.

La matière qu'on a convenu d'appeler « inerte » — et la matière « vivante » s'y ramène en dernière analyse — se présente à nos sens comme solide, liquide ou gazeuse. Elle peut être pure ou non, à l'état simple ou combiné. Les corps simples sont au nombre de 92 ; les combinés se chiffrent par centaines de mille. Le chimiste russe Mendeleïeff a classé tous les corps simples dans une table qui porte son nom et qui contient 92 cases. Chaque élément chimique en occupe une. La première est remplie par l'hydrogène, la cinquantième par l'étain et la dernière et quatre-vingt-douzième, par l'uranium. Chaque élément est constitué par un noyau où toute la masse est pratiquement concentrée, et par un nuage d'électrons qui gravitent comme des planètes autour de ce noyau-soleil. Le nombre de ces électrons est donné par le numéro de la case occupée par l'élément. Le noyau est constitué par des particules électrisées positive-

ment — les protons — en nombre fixe pour chaque élément chimique, et par des particules neutres — les neutrons — dont le nombre peut varier de quelques unités dans chaque case de la classification et donner ainsi des « isotopes » ou éléments de poids atomiques différents, mais de charges atomiques et de propriétés chimiques identiques. Ainsi le noyau U_{234}^{92} de l'uranium de masse 234 contient 92 protons et 142 neutrons, et celui U_{238}^{92} de masse 238 contient 146 neutrons. Autour de ce noyau, il y a 92 électrons négatifs qui rendent ainsi l'atome neutre. Le poids d'une particule « lourde » : neutron ou proton, est de l'ordre 10^{-28} grammes (1), celle d'un électron, près de 2 000 fois moins.

Le diamètre du noyau d'uranium est de 10^{-12} cm (2); celui de l'atome d'uranium est mille fois plus grand. Vous voyez ainsi que, dans un gramme d'uranium, il existe près de 10^{25} atomes (3). On cite parfois la comparaison suivante due à un astronome anglais : il faut quelques 10^{23} atomes (4) de masse moyenne pour faire un homme, et il faudrait entasser quelque 10^{23} hommes

pour faire un astre de dimension moyenne. Nous sommes pour ainsi dire entre l'infiniment petit et l'infiniment grand.

La plupart des corps simples sont stables et ce n'est que vers la fin du siècle dernier que Becquerel et les Curie découvrirent ceux qui sont instables ou radioactifs, comme ils ont été dénommés depuis. Ces corps occupent les dix dernières cases de la classification de Mendéléïeff. Ils émettent spontanément, pour des causes encore inconnues, des rayons alpha (noyaux d'hélium), bêta (électrons négatifs) et gamma. Ce sont ces derniers rayons, analogues comme nature — électromagnétique, alors que les autres sont corpusculaires — aux rayons X, qui sont principalement utilisés en radiothérapie.

(1) C'est-à-dire que, en l'écrivant avec la notation habituelle, le premier chiffre significatif viendrait au 28^e rang après la virgule, soit après 27 zéros.

(2) Il en faudrait mille milliards côte à côte pour couvrir un centimètre.

(3) Dix millions de milliards de milliards.

(4) Dix milliards de milliards de milliards.

On connaissait, jusqu'en 1934, une quarantaine de ces radioéléments « naturels » répartis en dix groupes d'isotopes. Depuis la découverte, en 1934, de la radioactivité « provoquée » ou artificielle par M. et M^{me} Joliot-Curie, il a été possible de créer quelque 200 radioéléments éparpillés dans presque toutes les cases de la Classification. On peut souligner tout de suite le fait suivant : une dizaine de radioéléments ont été découverts en France, une cinquantaine d'autres dans divers laboratoires européens et le reste en Amérique, principalement avec le cyclotron de Berkeley, à l'Université de Californie.

La figure 1 montre comment on se représente les réactions nucléaires de désintégration, ou transmutations, qui sont suivies ou non de création d'éléments radioactifs.

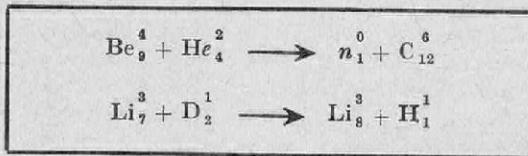


FIG. 1. — DEUX EXEMPLES DE RÉACTIONS NUCLÉAIRES DE TRANSMUTATION

En haut, transmutation du beryllium bombardé par des rayons α (noyaux d'hélium) et donnant du carbone avec libération de neutrons. En bas, transmutation du lithium bombardé par des deutons (noyaux d'hydrogène lourd), donnant un isotope radioactif du lithium et des protons (noyaux d'hydrogène). Les nombres portés en indices indiquent la masse des noyaux (rapportée à celle du proton) et ceux portés en exposant indiquent la charge (rapportée à celle du proton, égale et opposée à celle de l'électron).

de masse 7 ont été transformés, par absorption individuelle du neutron d'un projectile deutonique incident, en lithium de masse 8. Ces derniers se désintègrent alors en émettant chacun un rayon bêta (électron), tout comme un élément radioactif naturel. Au sein des noyaux de lithium (8), un neutron se transforme donc en un proton plus un électron. C'est ce dernier qui est projeté à l'extérieur de l'enceinte nucléaire. Tel noyau est désintégré avant tel autre, suivant une loi de pur hasard, mais la vitesse de désintégration ou, ce qui revient au même, le rapport du nombre de noyaux radioactifs présents à un certain moment au nombre de ceux existant au début de l'expérience est variable d'un corps radioactif à l'autre. On a convenu d'appeler période d'un radioélément le temps qu'il faut pour que la moitié des noyaux soient désintégrés. Ainsi, la période

(1) Rappelons que le neutron est une particule matérielle électriquement neutre et dont la masse est sensiblement égale à celle du proton.

du radium est de 1680 ans, celle du lithium (8) est d'une seconde. Et il y en a ainsi toute une gamme s'échelonnant depuis la fraction de seconde jusqu'à des siècles. Après leur désintégration les atomes de lithium (8) deviennent des atomes de béryllium (8) stable, qui contribuent à enrichir — en quantité plus qu'ultra-microscopique — la teneur en béryllium de la Terre. Les radioéléments « naturels » finissent de même après de multiples désintégrations en « familles » par aboutir au plomb stable.

Pour produire artificiellement des radioéléments, on bombarde la matière, soit avec les rayons émis spontanément par les substances radioactives naturelles extraites de l'uranium et du thorium, qui existent en grandes quantités sous diverses formes minéralogiques dans des mines, soit en la bombardant avec des projectiles « nucléaires » — protons, deutons, hélions (ou particules alpha) — accélérés au moyen de techniques diverses.

Il faut donc disposer, d'une façon ou d'une autre, de « projectiles » en quantité suffisante pour produire des radioéléments. Il faut que ces projectiles possèdent assez d'énergie pour traverser la barrière de protection des noyaux atomiques et les désintégrer.

Pourquoi, demandera-t-on, vouloir créer

de nouveaux radioéléments? Les radioéléments naturels ne suffisent-ils pas pour élucider les problèmes physiques et biologiques? S'il est vrai que des progrès très importants ont été apportés à notre connaissance de la constitution de la matière grâce à la découverte des phénomènes liés à la radioactivité naturelle, il est incontable qu'une période d'accalmie a suivi et qu'elle a complètement disparu ces dix dernières années.

Quelques comparaisons sont utiles. Alors que les rayons bêta émis par les radioéléments naturels atteignent une énergie d'à peine 2 millions d'électrons-volts (1), ceux de quelques radioéléments artificiels dépassent 10 millions d'électrons-volts. La même chose existe avec les rayons gamma. D'un autre côté, la nécessité de perfectionner des techniques d'attaque de la matière a permis d'obtenir, avec des cyclotrons, des rayons alpha

de plus de 15 millions d'électrons-volts et en quantités autrement plus considérables que celles émises par les sources les plus intenses de radioéléments émetteurs alpha, comme le polonium. D'ailleurs, les rayons alpha naturels, les plus pénétrants,

(1) L'électron-volt, unité d'énergie utilisée en chimie nucléaire, représente l'énergie cinétique qu'acquiert un électron accéléré par une différence de potentiel de 1 volt.



FIG. 2. — TUBE A RAYONS X PÉNÉTRANTS DU LABORATOIRE DE SYNTHÈSE ATOMIQUE D'IVRY, DIRIGÉ PAR M. JOLIOT ET M. LAZARD (CAISSE NATIONALE DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE)

A gauche, le générateur à impulsions de 2 millions de volts. Au fond, le générateur à tension pulsatoire de 1 million de volts.

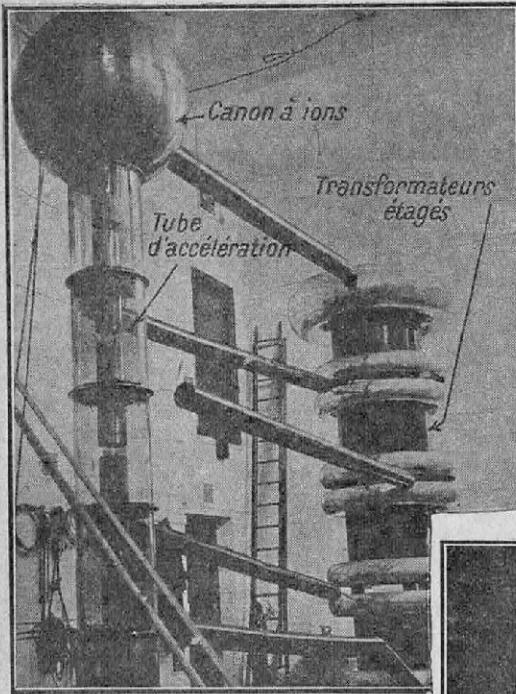


FIG. 3. — GÉNÉRATEUR EN ÉTAGES (1 MILLION DE VOLTS) DE L'UNIVERSITÉ DE MICHIGAN (E. U.)

ne dépassent pas 8 millions d'électrons-volts. Nous verrons plus loin, à propos de la commodité de préparation des radioéléments, de leur période, de leur assimilation par l'organisme, etc., les nombreux autres avantages qu'offre cette nouvelle branche de la radioactivité.

Passons maintenant en revue rapidement les diverses techniques employées actuellement pour insister en dernier lieu sur celle qui est propre au cyclotron.

L'appareil le plus simple est celui qui accélère les électrons. Il en existe trois modèles : le tube à rayons X, les générateurs électrostatiques de Van de Graaff et les accélérateurs en haute fréquence. Il est inutile de décrire les tubes à rayons X du type courant. Ceux qui fournissent des rayons X très pénétrants, capables de provoquer des désintégrations, s'ils sont d'un principe simple, ne sont pas moins très délicats à construire et à faire fonctionner d'une façon continue.

La figure 2 représente l'installation du Laboratoire de Synthèse Atomique (Joliot et Lazard) où l'on peut produire des rayons X de près de 2 millions de volts. Le tube est constitué par des rondelles métalliques et isolantes posées les unes sur les autres. Le cylindre ainsi formé est vidé au moyen de pompes puissantes et il est plongé dans un bain d'huile, dont la cuve en porcelaine est visible au premier plan de la figure. On applique sur une extrémité du tube toute la tension, l'autre extrémité étant au potentiel du sol. Cette tension est fournie soit par un générateur d'impulsions (à gauche de la figure) formé d'une centaine de condensateurs chargés en parallèle et déchargés en série, soit par un ensemble de transforma-

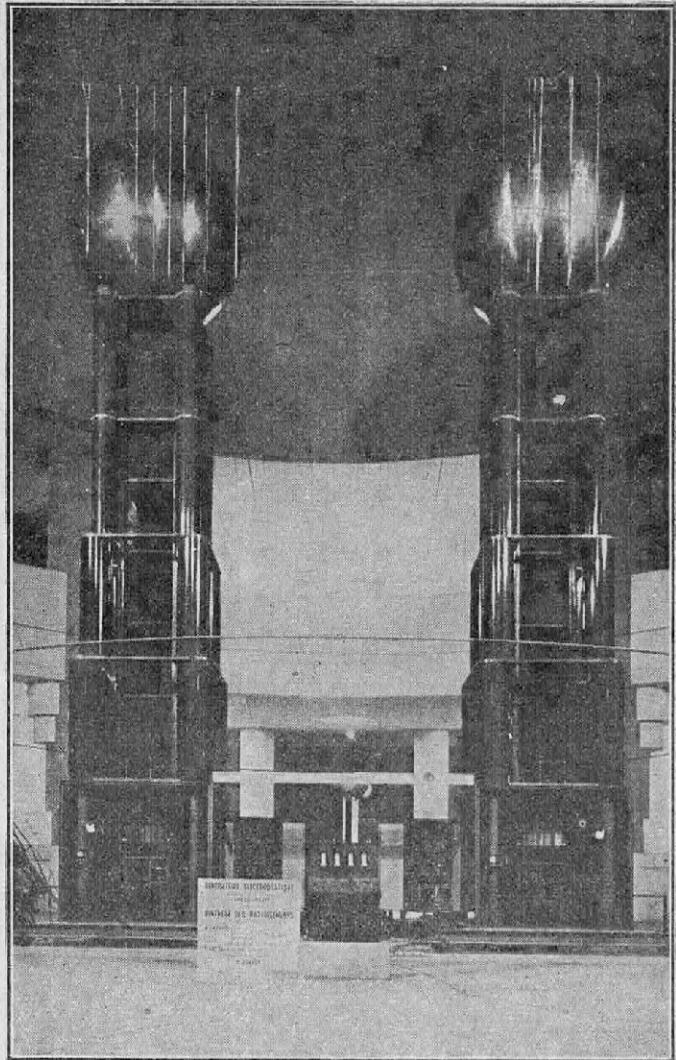


FIG. 4. — GÉNÉRATEUR ÉLECTROSTATIQUE DU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE A PARIS

teurs fournissant un courant sinusoïdal de près de 1 million de volts (à l'arrière-plan de la figure). Les périodes durant lesquelles le courant électronique ne peut pas passer dans le tube, soit parce que les condensateurs se chargent (tension à impulsions), soit parce que la phase du courant sinusoïdal est négative sur l'anode (tension pulsatoire) permettent au tube de « récupérer », c'est-à-dire que le vide a le temps de reprendre une bonne valeur. Il est encore impossible d'utiliser un tube scellé ou vidé continuellement qui puisse subir une tension constante de plus de 1 million de volts. La figure 3 représente un autre modèle de tube, à tension répartie sur quatre sections. La figure 4 montre le générateur électrostatique de Van

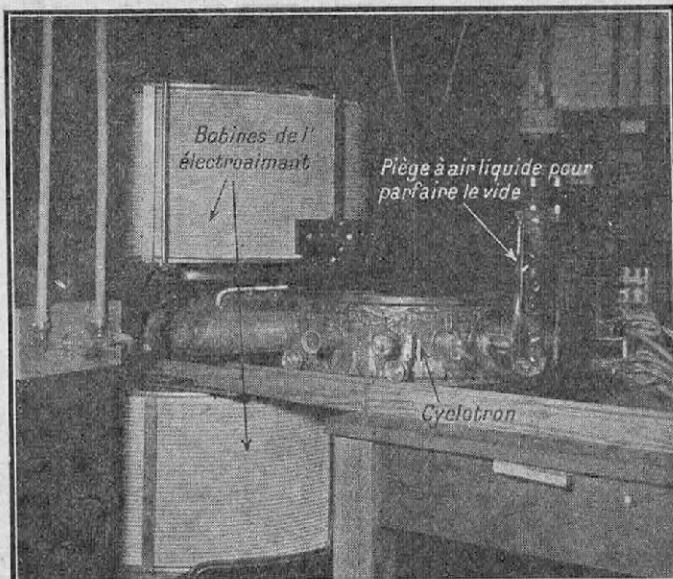


FIG. 6. — PETIT CYCLOTRON POUVANT DONNER DES PROTONS DE PLUS DE 1 MILLION DE VOLTS, CONSTRUIT PAR LIVINGSTON A L'UNIVERSITÉ DE CORNELL (ITHACA, ETATS-UNIS)

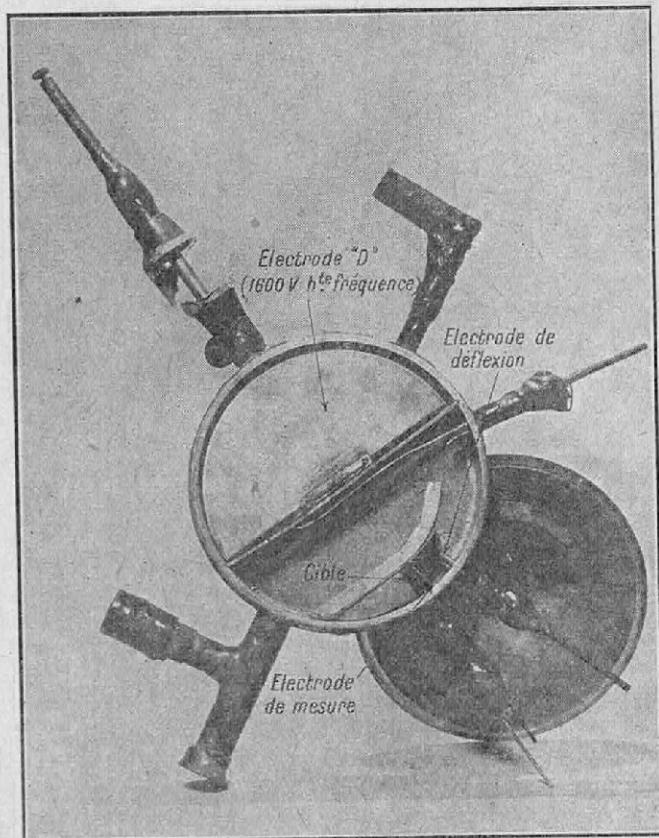


FIG. 5. — MODÈLE NUMÉRO DEUX DU CYCLOTRON DE LAWRENCE, CONSTRUIT EN 1931, EN COLLABORATION AVEC LIVINGSTON

En appliquant 1 600 volts sur l'électrode en haut et à gauche, ils ont obtenu un faisceau de protons de 80 000 volts.

de Graaff installé au Palais de la Découverte à Paris sous la direction de M. Joliot, par MM. Lazard et Savel. Il ne manque que le tube horizontal à placer entre les deux boules. Actuellement, ce système n'est plus à recommander pour les tensions supérieures à 1 million de volts. On construit en Amérique des générateurs électrostatiques sous pression d'air ou d'un gaz à forte constante diélectrique, qui permettent d'accélérer des électrons et des ions assez facilement jusqu'à 5 millions de volts.

Je ne ferai que signaler les accélérateurs en haute fréquence, qui sont aussi encombrants et aussi dangereux à manier que les appareils qui précèdent : le « rhumbatron » et le « klystron » n'en sont d'ailleurs qu'à la période d'essais.

Au moyen des rayons X émis par les anticathodes des machines décrites ci-dessus, on peut irradier des malades ou des substances tout comme avec les rayons gamma du radium. On peut aussi désintégrer le béryllium en lui arrachant un neutron par effet photonucléaire. On obtient ainsi une forte émission de neutrons avec lesquels on produit des radioéléments. Le

rendement en neutrons est toutefois énormément inférieur à celui que l'on a en bombardant le béryllium avec des hélions ou des deutons. Comme, d'un autre côté, ce rendement augmente beaucoup avec le voltage sous lequel les particules sont accélérées, le cyclotron est tout indiqué pour fournir facilement, sans l'emploi de hautes tensions et par conséquent sans toutes les difficultés d'encombrement, de claquages d'isolants, etc., inhérentes aux autres méthodes, des particules en nombre considérable et animées de vitesses capables de désintégrer presque tous les noyaux.

Il fut une époque où la technique du cyclotron n'étant pas tout à fait parfaite, il était recommandé de se servir de toute autre installation pour accélérer des ions jusqu'à 1 million de volts. Aujourd'hui, des petits cyclotrons, comme ceux représentés sur les figures 5, 6 et 7, minutieusement mis au point, peuvent rivaliser avec

n'importe quelle autre machine. Pour les tensions élevées la question ne se pose plus, car il n'existe rien d'autre que le cyclotron.

Description du cyclotron

L'installation d'un cyclotron comprend trois parties principales : un électroaimant, un poste de haute fréquence et enfin la boîte du cyclotron proprement dit, où les ions sont accélérés. Divers autres accessoires plus ou moins importants concourent à la marche de l'expérience et nous les verrons en passant.

L'électroaimant peut être plus ou moins puissant. Le premier qu'ont utilisé, en 1930, Lawrence et Edlisen, donnait un champ maximum de 5 000 gauss dans un

entrefer de 20 cm, sur un diamètre de 30 cm. Il en existe actuellement une douzaine de tailles différentes. Celui du Laboratoire de Chimie nucléaire du Collège de France pèse 30 tonnes et donne un champ maximum de 21 000 gauss dans un entrefer de 9 cm, sur un diamètre de 80 cm (fig. 9).

Le poste de haute fréquence est identique à un poste émetteur de T. S. F. Il peut être d'une puissance de quelques centaines de watts pour les petits cyclotrons ; il atteint

quelques dizaines de kilowatts pour les grands cyclotrons. On voit sur la figure 9 le dernier étage d'amplification de notre émetteur.

La boîte du cyclotron est construite pour remplir le but qu'on s'est proposé lorsqu'on a décidé de construire un cyclotron. Elle doit s'adapter parfaitement entre les pièces polaires et doit avoir un rayon et une hauteur conformes aux énergies ou aux intensités — parfois les deux — des faisceaux que l'on désire obtenir. Celle

du Collège de France a 9 centimètres de haut, entre les deux couvercles formant eux-mêmes une partie des pièces polaires (le couvercle supérieur est vu en 3 sur la figure 9. Il a été soulevé pour faire voir l'intérieur du cyclotron). Ce cyclotron, de 80 cm de diamètre, a été construit dans le but d'obtenir des faisceaux de très haut voltage plutôt que des faisceaux riches en ions.

La figure 8 représente schématiquement la boîte du cyclotron. On voit, en l'as, une coupe verticale de l'appareil sur laquelle T^1 et T^2 sont les pièces polaires, et 1 et 2, les deux électrodes creuses qui accélèrent les ions et auxquelles on applique la haute fréquence. Voici l'ordre des opérations. Lorsque

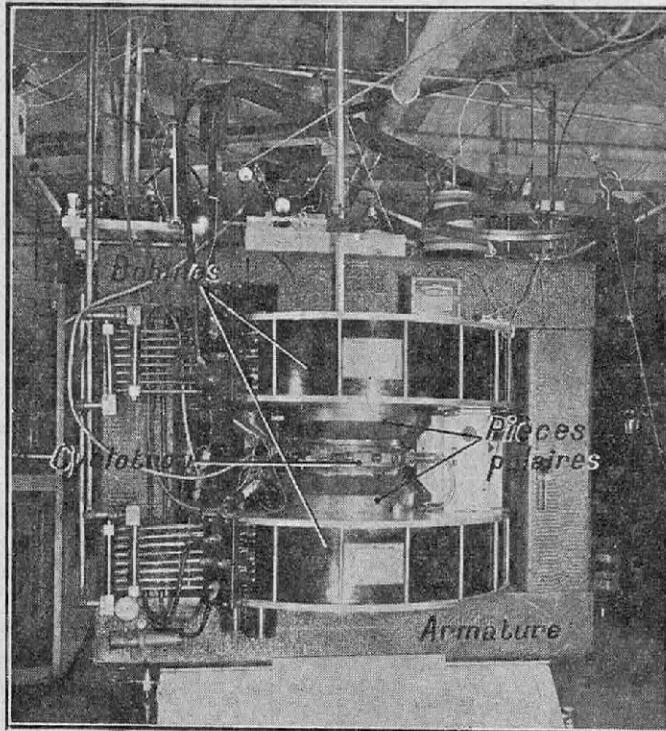
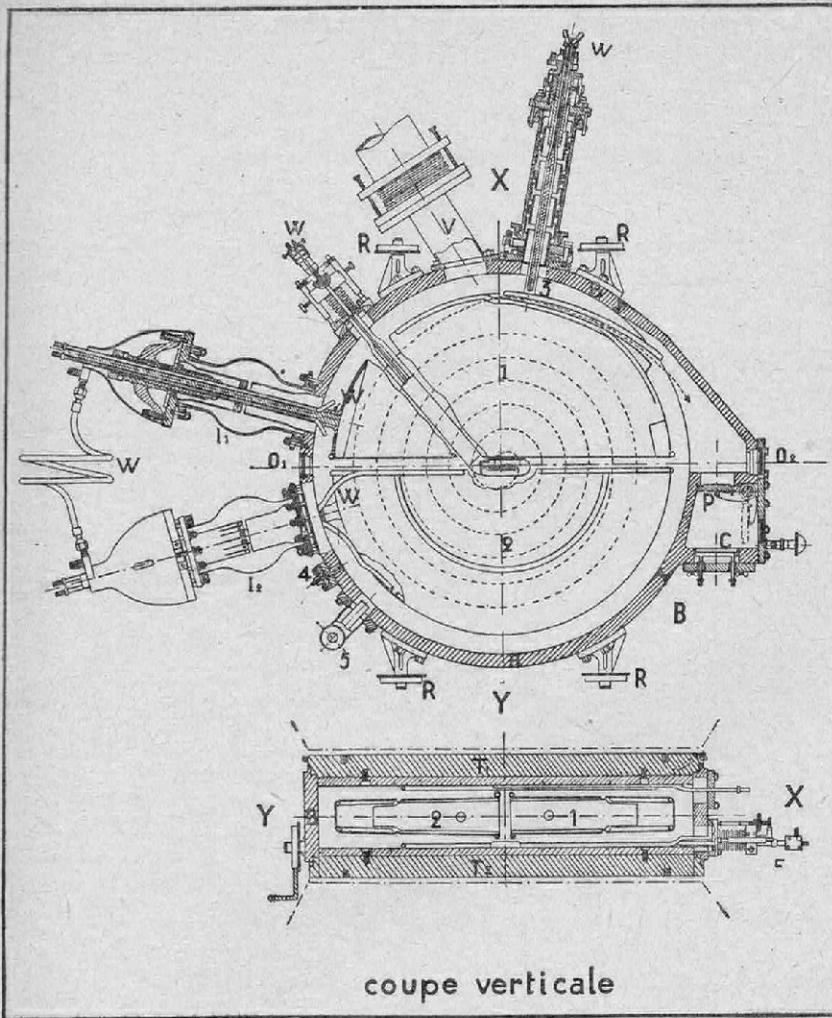


FIG. 7. — CYCLOTRON MOYEN DE L'UNIVERSITÉ DE ROCHESTER (ETATS-UNIS)

Cet appareil donne des protons de plus de 5 millions de volts.



coupe verticale

FIG. 8. — VUE SCHEMATIQUE D'UN CYCLOTRON

Les électrodes isolées sont en 1 et 2. L'électrode de déflexion, en 3. En T_1 et T_2 , les couvercles-pièces polaires, fermant la boîte B. En I_1 et I_2 , les isolants supportant les électrodes. Les canalisations de refroidissement par eau sont représentées par W. Les fenêtres de réglage des électrodes sont en O_1 et O_2 . Le vide est fait par V et parachevé au moyen d'une trappe à air liquide en 5. En 4, une petite électrode isolée permet de mesurer la tension de l'électrode 2. Lorsque la porte P est ouverte, les ions atteignent la cible C. En F, on voit le filament et son support. L'entrée du gaz se fait près de 5. La spirale parcourue par les ions est ici très simplifiée. Les roues R servent à faire glisser B sur des rails.

la boîte est fermée par ses deux couvercles et qu'elle est glissée entre les deux pièces polaires, on y fait un très bon vide par l'orifice V au moyen de pompes puissantes. Dès que le millionième de mm de pression est atteint, on introduit une toute petite quantité d'un gaz déterminé. Pour fixer les idées, supposons que ce soit de l'hydrogène. On maintient une pression de quelques cent millièmes de mm de ce gaz à l'intérieur du cyclotron. Au centre de celui-ci, il existe un filament F de tungstène, que l'on porte

au rouge vif au moyen d'un courant électrique. Ce filament émet un nombre considérable d'électrons que l'on accélère par une électrode placée juste au-dessus et à laquelle on applique une tension positive de l'ordre de mille volts. Il y a intérêt à alimenter le filament par un courant alternatif de grande fréquence, et non par du courant continu. Dans ce dernier cas, sa vie est très courte à cause de la déformation qu'il subit dans le champ magnétique.

Ces électrons, animés d'une certaine vitesse, vont donc bombarder les molécules d'hydrogène introduites dans la boîte et leur arracheront leur électron périphérique. Nous aurons alors des ions d'hydrogène ou protons. Comme les protons portent une charge électrique positive, ils vont être enroulés suivant des cercles dans un plan horizontal, par le champ magnétique vertical. Dans leur

course circulaire, les ions passeront alternativement dans les électrodes creuses 1 et 2. Si on leur applique une chute de tension de l'ordre de 50 000 volts, en alternant le sens de cette chute un million de fois par seconde, par exemple, on imprime ainsi, à chaque demi-tour, une accélération électrostatique de 50 000 volts à tous les ions qui mettront un millionième de seconde pour traverser entièrement l'une des deux électrodes. Prenons donc un ion qui vient de parcourir un demi-cercle de rayon r_1 ,

dans l'électrode 1, en un millionième de seconde. Lorsqu'il entre en 2, le voltage entre 1 et 2 ayant justement changé de polarité, l'ion subira une accélération qui lui fera décrire en 2 un demi-cercle de rayon r_2 légèrement supérieur, d'environ un millimètre, à r_1 . Son trajet va se trouver augmenté, mais sa vitesse s'étant également accrue, il arrivera à la sortie de 2 encore une fois au bout d'un millionième de seconde. Comme, à ce moment-là, la polarité des

Si nous faisons arriver des milliards et des milliards de projectiles en C, nous arriverons à désintégrer pas mal de millions d'atomes de la substance placée en C.

Pour des particules de nature donnée (protons, deutons ou hélions), il existe évidemment une relation entre l'intensité du champ magnétique et la fréquence d'inversion des tensions accélératrices, c'est-à-dire la longueur d'onde du poste à haute fréquence. Il faut qu'il y ait « résonance », pour que les

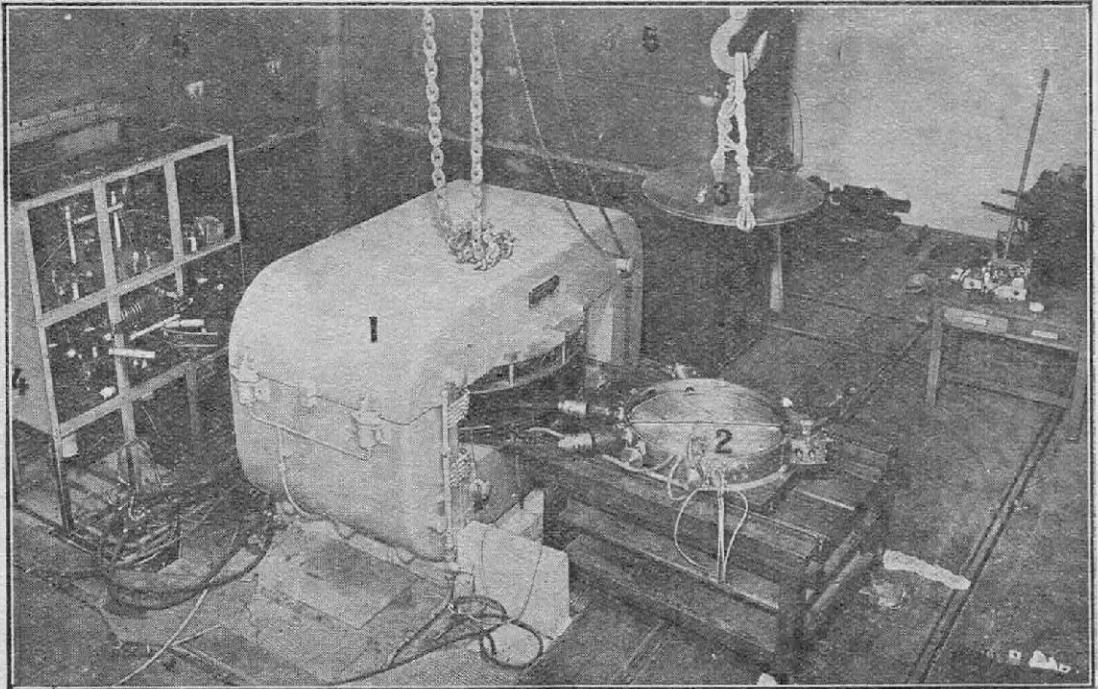


FIG. 9. — VUE D'ENSEMBLE DE L'INSTALLATION DU CYCLOTRON DU COLLÈGE DE FRANCE (JOLIOT, PAXTON, NAHMIA ET ZLOTOWSKI)

En 1, l'électroaimant construit par Oerlikon. En 2, le cyclotron glissé hors des pièces polaires. En 3, le couvercle supérieur soulevé au-dessus de la boîte. En 4, l'amplificateur de haute fréquence. En 5, deux des réservoirs d'eau pour absorber les neutrons.

électrodes s'inverse, il subira encore une accélération et décrira en 1 un demi-cercle de rayons r_3 légèrement supérieur à r_2 ..., et ainsi de suite. De la sorte, l'ion décrira une spirale dont quelques boucles sont représentées sur la figure 8. Arrivé en 3 avec une énergie correspondant au nombre de fois qu'il a subi le voltage accélérateur des électrodes (100 fois 50 000 V, soit 5 millions de volts, par exemple), l'ion sera finalement dévié de la route circulaire que lui impose constamment le champ magnétique par l'électrode 3 portée à un potentiel statique négatif de l'ordre de 70 000 volts. La porte P étant ouverte, l'ion tombera alors sur la cible C et désintégrera ou non un atome,

particules reçoivent toujours les impulsions au moment voulu.

Ainsi, pour des protons, avec un poste émetteur réglé sur 22 m de longueur d'onde, nous aurons la résonance avec un champ de 9 000 gauss. Les protons obtenus dans un cyclotron, qui permet un rayon final de 35 cm, pourront avoir une énergie maximum de 4,6 millions de volts. Si le gaz était de l'hydrogène lourd, on aurait des deutons de 9,2 millions, et, avec l'hélium, des hélions de 18,4 millions de volts (avec ces deux derniers gaz, la résonance s'obtiendrait en poussant le champ magnétique jusqu'à 18 000 gauss).

Pour les énergies supérieures à quelques

millions de volts, dans le cas des particules lourdes, et seulement à un million, dans le cas des électrons, la variation de la masse des particules avec leur vitesse, ainsi que le fait prévoir la théorie de la relativité, commence à devenir sensible. Or, dans un cyclotron, il faut qu'il y ait constamment résonance et « focalisation » magnétique et électrostatique des ions dans le plan médian des deux électrodes isolées. Pour maintenir la résonance dans des régions où l'ion possède déjà une masse supérieure à 1 % de sa masse au repos, il faudrait augmenter la valeur du champ, en interposant, par exemple, des anneaux métalliques dans l'entrefer dans des positions convenables. Par contre, dans ces régions, il faut que

le champ magnétique décroisse un peu pour maintenir la focalisation. Un compromis s'établit donc qui interdit de nourrir l'espoir d'augmenter indéfiniment d'une façon simple l'énergie des ions avec des cyclotrons géants. Celui de la page 442

qui représente le dernier modèle que viennent de mettre au point Lawrence et ses collaborateurs à Berkeley, donne déjà des deutons de 17 millions de volts.

Les applications du cyclotron

Les applications actuelles du cyclotron sont de trois ordres : purement physiques, industrielles et biologiques.

Pour les premières, nous avons déjà comparé les énergies des particules obtenues avec le cyclotron à celles qui sont émises spontanément par les radioéléments naturels. Ces superprojectiles permettent aux physiciens de désintégrer n'importe quel atome. Il s'agit alors d'étudier le mécanisme de cette désintégration et d'expliquer pourquoi tel édifice nucléaire est plus fragile que tel autre, pourquoi telle réaction avec tel projectile est plus efficace qu'avec tel autre, etc. Il s'agira plus tard d'essayer de faire « rendre » la matière, et de disposer de larges sources d'énergie en dépensant relativement peu. L'énergie emmagasinée dans les noyaux est colossale et il se peut

que l'on arrive à résoudre le problème de la libération et de l'exploitation de cette énergie. Ici, nous commençons déjà à toucher le second ordre d'applications.

Sans aller même si loin et sans vouloir prophétiser, on peut penser que l'industrie tirera grand profit des cyclotrons. Un exemple personnel illustrera, je pense, tout un programme. En 1937, lors d'un voyage d'études aux Etats-Unis, pour me familiariser avec la technique du cyclotron surtout, j'eus l'occasion, à Berkeley, d'entreprendre une petite recherche. Il s'agissait, entre autre, d'irradier du bore avec la source énorme de neutrons émis par le cyclotron de Lawrence. Je me procurai du bore extrêmement pur. L'analyse chimique fut tou-

tefois faite soigneusement et les impuretés bien chiffrées. J'irradiai ce bore et me mis à étudier les groupes de rayons β qu'il émettait, au moyen d'appareils appropriés (compteurs de Geiger-Muller et chambre de Wilson). Je

parvins à déceler des traces de quatre impuretés qui n'avaient pas pu être vues même au spectroscopie. Les radioéléments à périodes bien connues dérivant de ces impuretés avaient dévoilé leur présence dans l'échantillon étudié.

Un autre exemple typique : pour radiographie de grosses pièces métalliques, on dispose de tubes à rayons X atteignant à peine le million de volts. On peut, à la rigueur, employer les rayons gamma du radium (2 millions de volts) et même ceux du radium plus béryllium (5 millions de volts). On pourrait, aujourd'hui, imaginer un dispositif permettant d'utiliser les rayons gamma émis par le lithium bombardé par des protons dans un cyclotron. Ces rayons atteignent 17 millions de volts et permettraient de faire des radiographies de pièces métalliques très volumineuses.

Je n'insisterai pas davantage sur ces applications, passant maintenant à celles d'ordre médical et biologique.

Médecins et biologistes sont loin d'être d'accord sur les causes du cancer. Ce n'est que depuis peu que l'on est capable, au

OBJET	DOSES		Rapport des doses $\frac{D_1}{D_2}$
	D ₁ : Rayons X	D ₂ : Neutrons	
Carcinoma mammaire	3 600 R	700 R	5,1
Effet mortel sur souris pour chaque pourcentage de morts...			3,8
Œufs de drosophila...	180 R	87 R	2,1
Germes de blé.....	600 R	120 R	5
Spoires de fougère.....	52 000 R	21 000 R	2,5

TABLEAU INDIQUANT LES DOSES (EN UNITÉS RONTGEN R) DE RAYONS X ET DE NEUTRONS AYANT MÊME ACTION BIOLOGIQUE

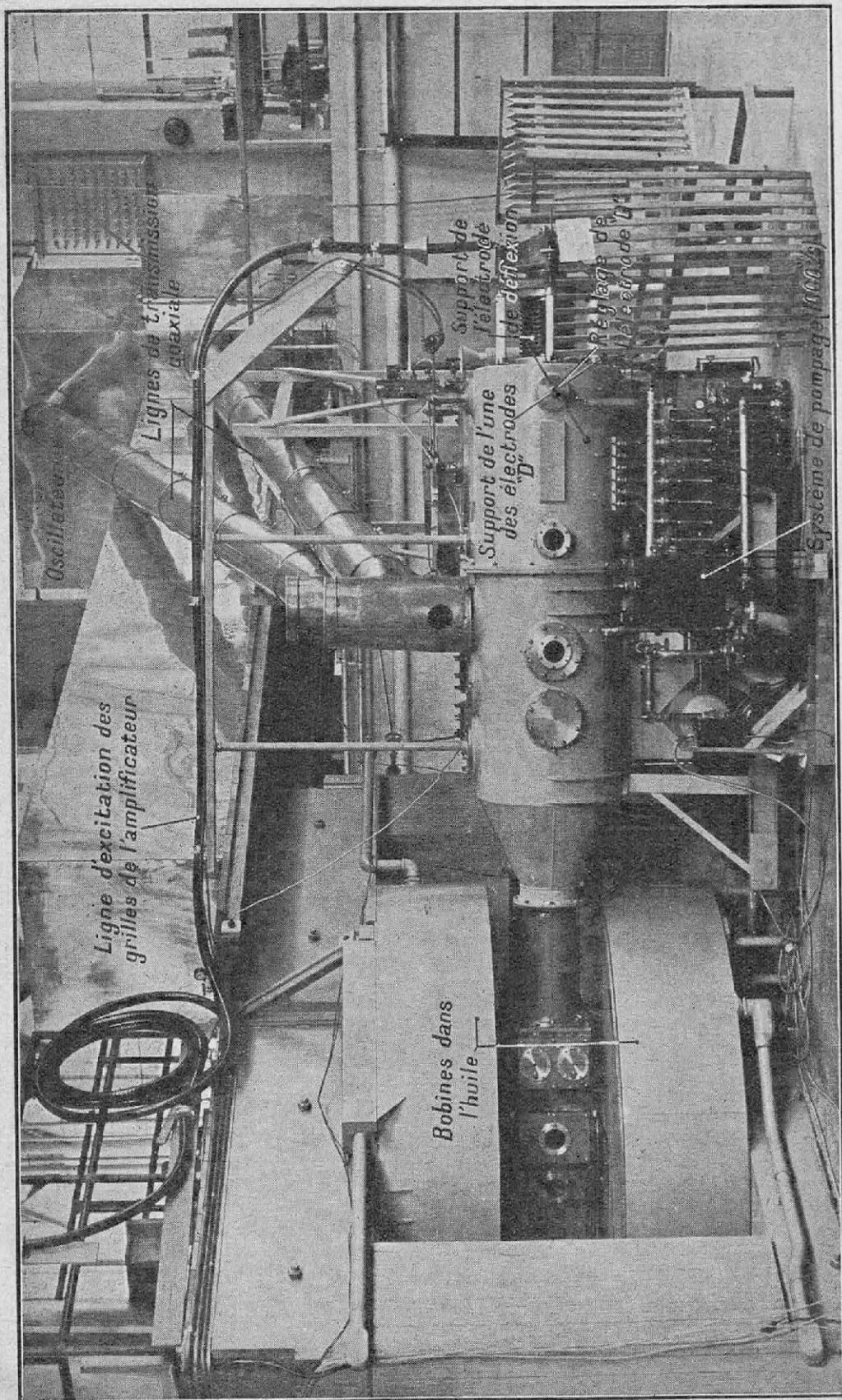


FIG. 10. — DERNIER MODÈLE DU CYCLOTRON DE BERKELEY, AUX ÉTATS-UNIS (LAWRENCE, COOKSEY ET LEURS COLLABORATEURS)
 Cet engin vient de donner des deutons de 17 millions de volts.

laboratoire, de provoquer certaines formes de cancer, et il est permis d'espérer que cette technique rendra le problème plus accessible. Il est toutefois admis que les rayons X et les rayons gamma du radium à dose convenable — car l'excès ici, comme avec certains médicaments-poisons, provoque le mal même que l'on veut guérir — arrivent à détruire certaines tumeurs, cancéreuses ou non. Les doses qu'il faut administrer sont mesurées en unités Röntgen *R*. L'absorption des rayons X et gamma par les tissus est principalement fonction de leur densité. On a commencé seulement à entrevoir la possibilité d'utiliser aussi les neutrons, et des comparaisons ont été faites à Berkeley entre certains effets biologiques produits par des doses, soit de rayons X, soit de neutrons. Le tableau page 441 en donne les principales.

On voit que le rapport des doses varie de 2 à 5, ce qui indiquerait un effet sélectif des neutrons dans les substances biologiques. Il n'y aurait rien d'étonnant à cela, puisque nous avons vu que l'action des neutrons sur les éléments chimiques est très variable d'un élément à l'autre, tandis qu'avec les rayons X ou gamma il existe une relation bien définie et qui ne dépend que du numéro atomique. Ainsi le bore de masse 10 absorbe près de cent fois plus de neutrons que le carbone de masse 12. Les substances hydrogénées, l'eau par exemple — et le corps humain est constitué par plus de 60 % d'eau — absorbent les neutrons avec une facilité extraordinaire. C'est d'ailleurs pour cette raison que l'on protège les expérimentateurs qui travaillent avec les cyclotrons par de larges réservoirs d'eau (voir 5 sur la fig. 9). Nous avons vu que les neutrons produisent, avec une relative facilité, plus de radioéléments que tout autre projectile. Cela tient à la charge nulle de cette particule qui lui permet de s'approcher très près des noyaux électrisés, de s'y introduire et de les rendre très souvent instables et radioactifs. Il y a donc là tout un programme de tests biologiques. On expérimente déjà sur des animaux auxquels on administre des substances « radioactivées » comme du

radiophosphore, par exemple, et chez lesquels on cherche, au moyen du métabolisme ou sur des coupes, la distribution de la substance assimilée en fonction de plusieurs variables : temps, concentration, âge, etc. Des traces infinitésimales de radioéléments peuvent être décelées avec les appareils de physique : compteurs de Geiger, électroscopes et même plaques photographiques, et cette nouvelle technique biologique ouvre un champ de recherche inespéré. Il est question aussi d'essayer sur des cancéreux l'expérience suivante : si on introduit dans des cellules cancéreuses des substances non toxiques, comme le bore, le lithium, etc., mais possédant un grand pouvoir d'absorption ou de radioactivation avec les neutrons, on pourrait provoquer ainsi un double effet local : absorption intense des neutrons — effet direct — et absorption des rayons émis par les radioéléments créés par les neutrons dans les substances proches des cellules — effet indirect.

Je signalerai encore une application à ma connaissance plus orthodoxe. On peut fabriquer, avec les sources considérables de neutrons, que l'on obtient au moyen du cyclotron (deutons sur béryllium ou sur lithium, par exemple), sources qui sont comparables à celles que l'on obtiendrait en mélangeant des dizaines de kilogrammes de radium (1) avec du béryllium, on pourrait, dis-je, fabriquer avec ces sources de neutrons, du radiocuvivre, par exemple, qui est un émetteur de rayons gamma. Ce radioélément ayant une période de 10 heures, fabriqué continuellement au cyclotron, pourrait remplacer avantageusement en curiethérapie les aiguilles de radium, par exemple.

Il est difficile de prévoir à l'avance d'autres applications. Elles peuvent ne pas être toujours utiles et « humaines ».

Suivant l'intelligence des peuples, un outil humain ou une force naturelle peuvent aussi bien les aider à se libérer des contraintes imposées par la Nature que les plonger dans l'asservissement.

M.-E. NAHMIAS.

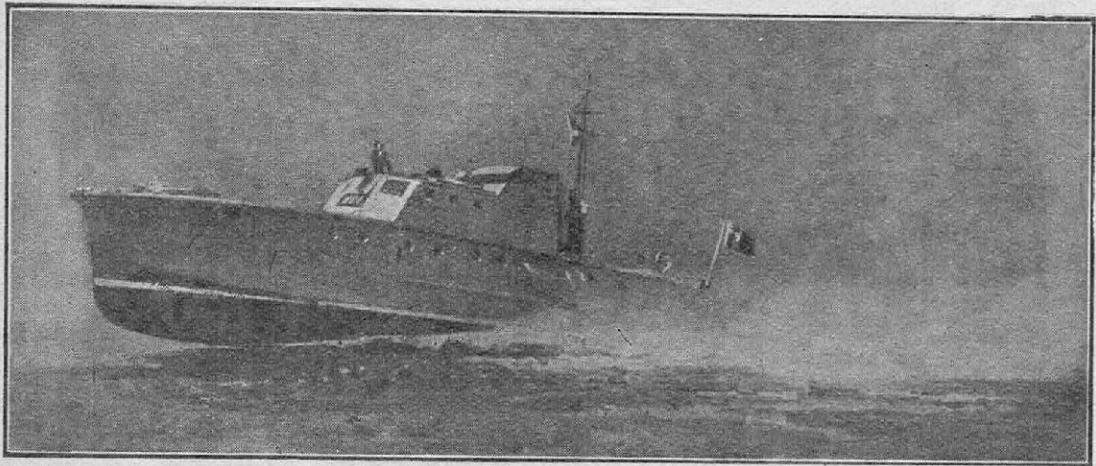
(1) Et il n'existe environ que 100 grammes de radium dans le commerce.

Dans une communication récente à la « Society of Dyers and Colourists » (Angleterre), M. C. M. Blow, de la Wool Industry Research Association, a exposé les perfectionnements apportés, ces derniers mois, à une technique nouvelle, qui consiste à déposer, par un traitement approprié, une pellicule de caoutchouc sur des fils de laine, avant ou après tissage ou tricotage. La présence de gomme augmenterait sensiblement la résistance du fil à la traction et aussi à l'usure par frottement.

LE PLUS RÉCENT MODÈLE DE VEDETTE LANCE-TORPILLES BRITANNIQUE

LA SCIENCE ET LA VIE a noté, il y a quelques mois (1), le rapide accroissement du nombre des vedettes lance-torpilles en service dans la marine britannique. Au 1^{er} janvier dernier, il en existait déjà 14. Compte tenu du budget ordinaire pour 1939, ce chiffre sera porté à 35 à la fin de l'année. Elles sont pour la plupart destinées à des bases lointaines telles que Malte, Hong-Kong, Singapour. Il est intéressant d'observer que le budget 1939 prévoit la construction d'un navire-atelier spécialisé dans l'entretien et la réparation des vedettes lance-torpilles et destiné sans doute aussi

répartis par groupes de deux sur chacun des arbres actionnant les deux hélices. Sur chaque arbre peut également agir un moteur auxiliaire de 100 ch, de sorte que, suivant les circonstances, chacune des hélices peut être mue soit par le moteur auxiliaire (qui sert aussi pour la marche arrière), soit par l'un ou l'autre des moteurs principaux qui lui correspondent, soit par les deux moteurs à la fois. La vedette peut emporter une quantité de combustible suffisante pour couvrir, avec les quatre moteurs en action, une distance de 176 milles (325 km); avec deux moteurs seulement, soit à la vitesse de croi-



LA NOUVELLE VEDETTE LANCE-TORPILLES ANGLAISE EN VITESSE

à leur transport lorsque des raisons stratégiques exigeront le transport d'une flottille d'une base à une autre. La plupart des M. T. B. britanniques (Motor-Torpedo-Boats) sont du type Scott-Paine, équipées d'un moteur d'aviation Rolls-Royce « Merlin » de 1 050 ch. L'une d'elles a fait, en mai dernier, la traversée du Pas-de-Calais, de Needles à Cherbourg (60 milles, soit 110 km environ) à 42 nœuds de moyenne (77 km/h).

Le 27 juillet dernier a été présenté le plus récent modèle de vedette lance-torpilles, type 40 K, construit par la firme Aéro-Marine Engines Ltd., qui, aux essais, a atteint 45,25 nœuds (84 km/h) avec 2 760 ch. D'un poids total de 30 t, cette vedette est longue de 20 m et large de 4,50 m. Sa coque en bois est divisée en sept compartiments dont cinq étanches. Elle est équipée de quatre moteurs type aviation de 690 ch

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 529.

sière de 27 nœuds (40 km/h), l'autonomie est portée à 325 milles (600 km); avec les moteurs auxiliaires seulement, la vitesse tombe à 10 nœuds (18 km/h), mais l'autonomie est portée à 650 milles (1 200 km).

L'équipage comprend deux officiers et quatre hommes logés dans une cabine complètement fermée où sont rassemblées toutes les commandes pour le lancement des torpilles et le largage des grenades sous-marines, ainsi que celles pour la conduite de la vedette : commandes hydrauliques pour les accélérateurs, boutons-poussoirs pour les embrayages électromagnétiques des différents moteurs.

L'armement de cette vedette comprend normalement deux torpilles de 525 mm disposées latéralement, un canon automatique de 37 mm, une mitrailleuse de 13 mm, 6 grenades sous-marines et un équipement fumigène pour la création de rideaux de fumées.

LE PROGRES TECHNIQUE A CREE L'ARMEE DE L'AIR MODERNE

Par André SEGUIN

ANCIEN ÉLÈVE DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE

Avions de chasse, de combat, bombardiers légers et lourds réalisent aujourd'hui des performances remarquables si on les compare à celles des appareils qui équipaient les formations aériennes à la fin de 1918. Si la vitesse d'un chasseur dépasse aujourd'hui couramment 500 km/h, si un seul avion de gros tonnage peut transporter sans difficulté plusieurs tonnes de bombes à 2 000 km, si le plafond pratique des plus récents modèles en service atteint et dépasse souvent 10 000 m, c'est grâce à l'énorme somme de recherches théoriques et expérimentales patiemment poursuivies depuis vingt années dans tous les pays du monde, et dont La Science et la Vie s'est attachée à rendre compte au jour le jour : amélioration des qualités aérodynamiques des cellules par les études systématiques en soufflerie, adoption des dispositifs hypersustentateurs, augmentation de la puissance des moteurs, mise au point de carburants spéciaux à haut indice d'octane, développement de l'armement en mitrailleuses, en canons et en bombes, etc. L'aviation militaire apparaît, après ces premiers mois de guerre, comme une arme redoutable, dont la doctrine d'emploi est encore en pleine évolution et dont il est malaisé à ce jour de prévoir quels bouleversements elle apportera dans la conduite stratégique et tactique des opérations.

L'aviation militaire de 1914 à 1918

EN AOUT 1914, au début de la Grande Guerre, l'armée française disposait de 156 avions, la Grande-Bretagne, de 63, soit, au total, 219 appareils. En face d'eux, l'armée allemande pouvait aligner 258 avions. Il s'agissait, dans les trois armées, d'un matériel fort disparate et sans valeur militaire véritable. On trouvait en France des appareils analogues à ceux qui avaient servi, dans les années précédentes, aux Garros, Brindejonc-des-Moulinais, Védrines et à tant d'autres aviateurs célèbres à établir les performances sensationnelles qui marquèrent, de 1909 à 1913, l'essor de l'aviation. C'étaient des monoplans Blériot, Deperdussin, Nieuport, Morane ; des biplans Caudron, etc. A côté d'eux, il existait quelques appareils étudiés pour l'armée et déjà évolués en vue de leur application militaire. Signalons les monoplans *REP*, les biplans Farman et Voisin, à poutres d'empennage, les biplans Bréguet et Dorand, à fuselages entoilés. Tous ces appareils étaient surtout construits en bois, entoilés, et de nombreux haubans en réduisaient la « finesse ». Ils étaient aussi, pour la plupart, équipés de moteurs rotatifs d'une puissance de 60 à 80 ch.

Ils étaient lents : leur vitesse variait entre 80 et 115 km/h ; leur plafond était inférieur

à 3 000 m et il leur fallait, en moyenne, une demi-heure pour monter à 2 000 m. Du côté allemand, la situation était tout à fait comparable. Les monoplans « Taube » et les biplans « Aviatik » étaient les plus nombreux.

Les états-majors français et allemands ne croyaient guère d'ailleurs, à cette époque, à l'aviation. Tout au plus envisageaient-ils de lui confier, dans certains cas, des missions de reconnaissance. Pour l'exécution de ces missions, les avions n'étaient équipés ni d'appareils photographiques ni de postes radio. Quant à l'armement, il était réduit à une carabine, voire à un revolver, emporté par le pilote. On commençait à envisager la possibilité de monter une mitrailleuse. Pour le bombardement, on se bornait à emporter quelques obus, que le pilote lançait par-dessus bord. Néanmoins, dès le début de 1914, l'aviation de reconnaissance rendit de précieux services. C'est ainsi que des renseignements d'avions signalant l'infléchissement de l'armée allemande vers le sud-est, lors de son approche sur Paris, contribuèrent à décider le général Joffre à la manœuvre qui devait aboutir à la victoire de la Marne.

Très rapidement, la nécessité de renforcer l'aviation s'imposa au commandement des armées française et allemande.

A la fin de 1915, l'aviation française

comptait déjà 800 avions. Les performances de ceux-ci dépassaient très notablement celles des avions de 1914.

Pour la chasse, c'est surtout le Nieuport qui domine, le fameux « Bébé » Nieuport, sur lequel se sont illustrés les Guynemer, les Navarre, les Nungesser et tant d'autres. C'était un avion de 13 m² de surface totale ; il pesait environ 500 kg et était équipé d'un moteur Gnome et Rhône de 80 à 110 ch ; sa vitesse atteignait 150 km/h.

Pour la reconnaissance et le bombardement, citons le Voisin : appareil de 50 m² de surface portante, d'un poids total de

rapidement qu'il est nécessaire de tirer dans l'axe de l'avion. Comme l'hélice constitue alors un obstacle, on eut d'abord l'idée de la blinder. Cette solution un peu barbare fut rapidement remplacée par la synchronisation du tir avec le moteur. Grâce à ce dispositif, la balle ne peut partir que lorsque l'hélice ne passe pas en face du canon de la mitrailleuse. En même temps, on commença à monter, sur les avions biplaces, des mitrailleuses sur tourelles, manœuvrées par l'observateur.

La construction d'avions de bombardement susceptibles d'emporter à de grandes

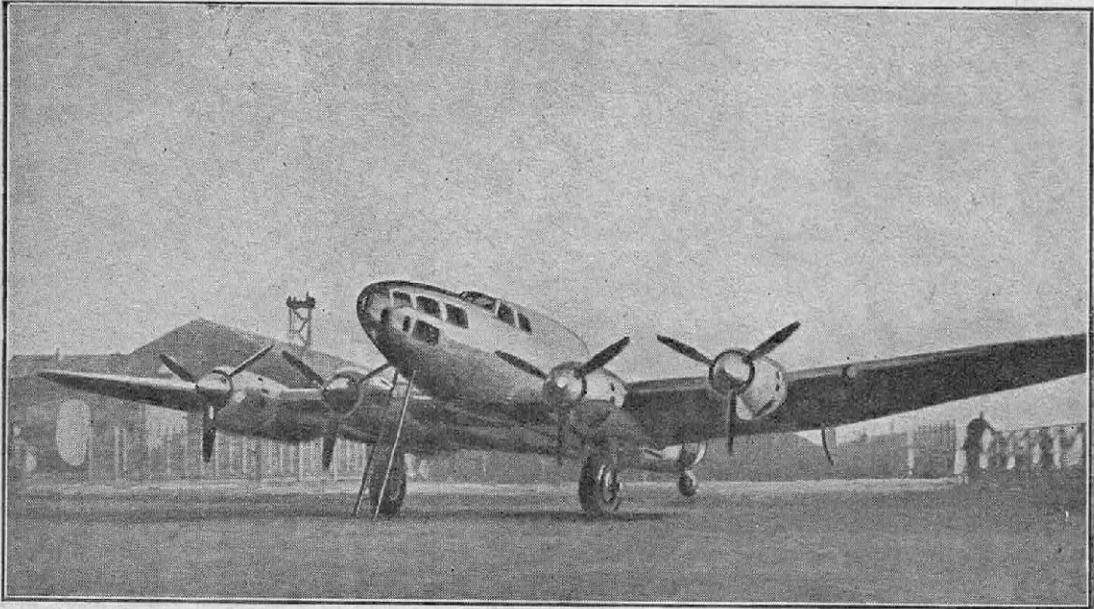


FIG. 1. — QUADRIMOTEUR FRANÇAIS DE BOMBARDEMENT DE NUIT BLOCH 135

(17 136)

1 400 kg ; il faisait du 100 km/h et montait à 2 000 m en 25 mn.

Parallèlement à ces progrès dans la construction, l'équipement et l'armement des avions se perfectionnaient.

Les avions de reconnaissance furent munis d'appareils photographiques fixes qui sortaient sous le plancher de la machine, appareils de 0,26 m, 0,50 m puis de 1,20 m de foyer.

Les premiers postes radiotélégraphiques furent montés sur les avions d'observation chargés, en particulier, de faire des réglages d'artillerie. Il ne s'agit encore que de postes émetteurs à étincelles — et il en sera ainsi pendant toute la guerre. La réponse du sol à l'avion est faite exclusivement par panneaux posés sur le sol.

La carabine et le revolver disparurent et furent remplacés par des mitrailleuses. Sur le monoplace de chasse, on reconnut très

distances des chargements élevés fut poursuivie surtout par les Allemands pour lesquels les grandes villes françaises, proches du front, constituaient des objectifs tentants. On peut considérer que, dès cette époque, l'aviation militaire existait réellement.

Il n'entre pas dans le cadre de cet article de décrire plus longuement l'évolution de l'aviation pendant la guerre 1914-1918. Nous nous bornerons maintenant à fixer son état à la fin de cette période.

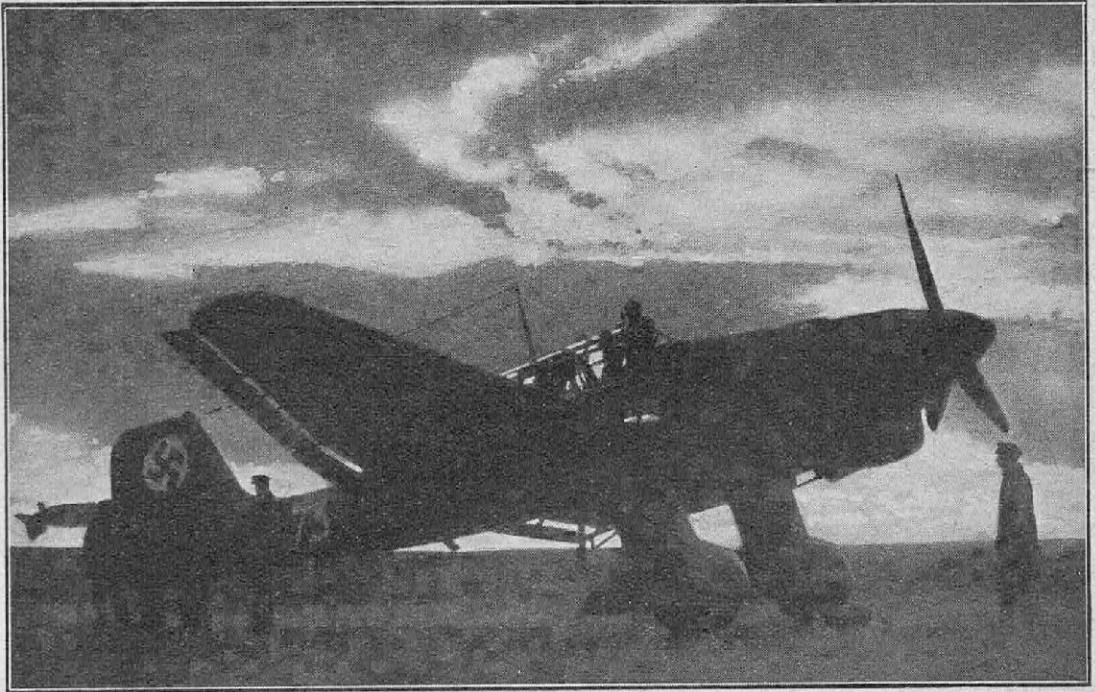
A l'armistice, l'aviation française pouvait mettre en ligne aux armées 3 608 avions qui exigeaient un effectif de 150 000 hommes et officiers.

Les meilleurs monoplaces de chasse en service étaient munis de moteurs de 220 à 300 ch — des Hispano-Suiza pour la plupart. Ils avaient une vitesse dépassant un peu 200 km/h ; leur plafond était voisin de

8 000 m et ils montaient à 4 000 m en moins de 15 mn. Ils étaient armés d'une mitrailleuse tirant à travers l'hélice (synchronisée avec le moteur). C'étaient des Nieuport et des Spad.

Parmi les biplaces d'observation, le meilleur était le Bréguet 14, qui servait également pour le bombardement ; ils étaient équipés de moteurs de 250 à 300 ch (principalement des Renault) et leur vitesse atteignait 180 km/h. Leur plafond était de 6 500 m. Ils étaient armés d'une mitrailleuse sur tourelle à l'arrière et possé-

On voit l'étendue du progrès réalisé depuis 1914. Quelques chiffres peu connus préciseront la grandeur de l'effort accompli : pour mettre en ligne 3 608 avions en 1918, la France a dû construire, pendant toute la durée de la guerre, 41 500 appareils et 64 000 moteurs. On voit quelle effroyable consommation de matériel — et, hélas ! d'hommes — a pu être faite. En 1918, on estimait le « coefficient d'usure » à 50 % de l'effectif par mois. C'est donc près de 2 000 avions qui devaient sortir chaque



(17 718)

FIG. 2. — LE BIPLACE DE COMBAT ALLEMAND JUNKERS 87

La vitesse maximum de cet appareil est de 390 km/h ; il est armé de deux mitrailleuses et peut emporter une bombe de 250 à 500 kg, disposée sous le fuselage pour être lancée en piqué.

daient des appareils photographiques et des lance-bombes.

Pour le bombardement, on voyait apparaître des appareils comme le F 50, bimoteur Farman de 450 ch. Sa vitesse atteignait 150 km/h à 2 000 m, son plafond était voisin de 5 000 m et il pouvait emporter environ 800 kg de bombes à 500 km.

Les appareils en service étaient, pour la plupart, des biplans avec de nombreux haubans fort nuisibles du point de vue aérodynamique. Le bois était encore très employé dans la construction aéronautique ; mais les métaux légers tendaient à le remplacer de plus en plus. Les revêtements des ailes et des empennages étaient tous faits avec de la toile.

mois de nos usines pour maintenir en ligne une flotte de 3 600 appareils.

L'aviation militaire de 1939

Comme en 1918, les avions de première ligne peuvent être classés en quatre catégories principales selon leur emploi militaire essentiel : observation, chasse, combat et bombardement léger, bombardiers lourds de jour et de nuit. Il y a à côté de ces appareils toute une série d'avions auxiliaires : avions-école, d'entraînement, de transport de troupes, estafettes, avions sanitaires, etc. Ces machines n'ont, évidemment, pas besoin de posséder les qualités poussées qui sont exigées des appareils de première ligne ; aussi nous ne nous attarderons pas à leur sujet.

Quelques chiffres donneront tout de suite une idée des performances réalisées aujourd'hui :

Les avions de chasse modernes atteignent des vitesses comprises entre 500 et 600 km/h, à l'altitude d'utilisation, qui est comprise entre 4 000 et 5 000 m ;

Leur plafond pratique est voisin de 10 000 m ;

Leur vitesse ascensionnelle est telle qu'ils montent à 4 000 m en 5 mn environ ;

Leur rayon d'action est de 700 à 800 km environ ;

En piqué, la vitesse de 925 km/h a été atteinte au cours d'un essai officiel aux Etats-Unis ;

Les gros bombardiers atteignent un poids total de plus de 20 tonnes ; ils peuvent porter plusieurs tonnes de bombes à 2 000 km de distance à une vitesse voisine de 400 km/h.

On peut mesurer ainsi le chemin parcouru depuis 1918, grâce, d'une part, à l'amélioration des qualités propres des cellules, et, d'autre part, grâce à l'augmentation de puissance des moteurs.

Les cellules

En premier lieu, les recherches aérodynamiques ont permis d'utiliser des profils plus « fins » ; l'étude systématique en soufflerie et en vol de tous les organes de l'avion : fuselages, empennages, capots, habitacles des pilotes, surfaces de raccordement, etc., a permis de réduire au minimum les résistances parasites. Tous les accessoires ont été soigneusement carénés ; tous ceux qui pouvaient être rendus escamotables l'ont été. C'est ainsi que tous les avions sont équipés de trains d'atterrissage escamotables, soit latéralement dans des logements pratiqués dans l'intrados de l'aile, soit vers l'arrière, dans les fuseaux-moteurs (sur les appareils multimoteurs). Les tourelles de mitrailleuse sont également escamotables sur de nombreux appareils. Dans tous les cas, elles sont toujours carénées. En dehors du gain de performances que ce carénage peut donner, il est d'ailleurs indispensable aux vitesses actuelles pour que le personnel puisse manœuvrer son armement sans que les efforts qu'il a à vaincre, du fait de la résistance de l'air, ne dépassent ses forces. Le personnel ne pourrait pas non plus remplir sa mission en exposant une partie de son corps au courant d'air dû au déplacement de l'avion.

En même temps, les charges au mètre carré ont été considérablement augmentées. Alors qu'elles étaient, en moyenne, d'environ

50 kg/m² en 1918, elles atteignent couramment 130 et 150 kg/m² dans les avions actuels.

Ces résultats n'ont pu être atteints que par des modifications très profondes des procédés de construction. Le biplan avec ses multiples haubans de 1918 a complètement disparu et il est remplacé dans toutes les catégories presque exclusivement par des monoplans à aile complètement en porte-à-faux, le plus souvent basse ou médiane par rapport au fuselage, quelquefois reposant sur le dessus du fuselage. La construction est à peu près uniquement entièrement métallique, et faite surtout avec des alliages légers, aluminium et magnésium. Les principales attaches et articulations sont faites avec des aciers spéciaux à haute résistances.

Les revêtements des ailes et des empennages en toile ont à peu près complètement disparu et sont remplacés par des revêtements en métaux légers qui participent, le plus souvent, à la résistance de la cellule. Seuls quelques volets mobiles — gouvernails de profondeur, ailerons, etc. — restent parfois entoilés afin de réduire leur inertie.

L'accroissement de la vitesse des avions a, par contre, rendu nécessaire l'introduction de nouveaux dispositifs destinés, en particulier, à faciliter l'envol et l'atterrissage. Il va de soi que, quelle que soit la vitesse maximum, il est indispensable que les vitesses de départ et d'atterrissage et les longueurs de roulement au décollage et à l'atterrissage ne dépassent pas certaines limites. Pour y parvenir, on a dû munir les avions de dispositifs qui n'existaient pas sur les avions de 1918. En premier lieu, des freins sont montés sur les roues de tous les appareils. Ceux-ci sont, le plus souvent, à commande pneumatique ou hydropneumatique. Ensuite, des volets d'intrados ou de courbure sont placés sur la plupart des avions modernes. Ce sont, comme l'on sait, des surfaces mobiles qui, par leur braquage, viennent augmenter la portance et la traînée de l'aile au moment du départ et un peu avant la prise de contact avec le sol. Ils réduisent ainsi la vitesse nécessaire à la sustentation au cours de ces opérations. La commande de ces volets est, en général, pneumatique ou électrique.

Les moteurs

Les progrès réalisés dans la construction des groupes motopropulseurs ont contribué, eux aussi, dans une très large mesure à l'amélioration des performances. En premier

lieu, la puissance unitaire des moteurs a été considérablement augmentée. Alors qu'en 1918 des moteurs d'une puissance de 300 ch commençaient seulement à apparaître, les avions de 1939 sont couramment équipés de moteurs de 1 000 à 1 200 ch. Des moteurs encore plus puissants commencent à être mis en service : moteurs à air de 1 500 ch, par exemple aux Etats-Unis, chez Wright ou Pratt et Whitney. Des moteurs encore plus puissants, atteignant ou dépassant 2 000 ch, sont en cours de mise au point dans différentes usines.

En même temps que la puissance unitaire des moteurs augmentait, leur poids au cheval diminuait. Alors qu'il était encore, en moyenne, supérieur à 1 kg par cheval en 1918, il dépasse à peine 500 g à l'heure actuelle. De même, la puissance obtenue au litre de cylindrée a augmenté (ainsi que le rendement, d'ailleurs, par l'augmentation des

taux de compression en particulier) ce qui fait que l'encombrement relatif des moteurs a beaucoup diminué. Ce résultat est de la plus haute importance pour les constructeurs d'avions à qui il donne la possibilité de réduire les importantes résistances parasites que constituent les moteurs et leurs capotages.

Cette considération de la qualité aérodynamique du groupe motopropulseur a une influence importante sur l'orientation générale de la conception des moteurs. Elle explique pourquoi le moteur à refroidissement par liquide avec de nombreux cylindres en ligne — la formule du 12 cylindres en V

est la plus répandue — conserve une grande faveur, notamment dans les monoplaces de chasse, en raison de la faible largeur de son maître couple et malgré les avantages que présente le moteur à air du point de vue de son entretien et de son emploi et qui font qu'il est, en général, préféré dans les avions commerciaux. Signalons que, pour parer à cet inconvénient, les fabricants de moteurs ont mis au point des moteurs à air

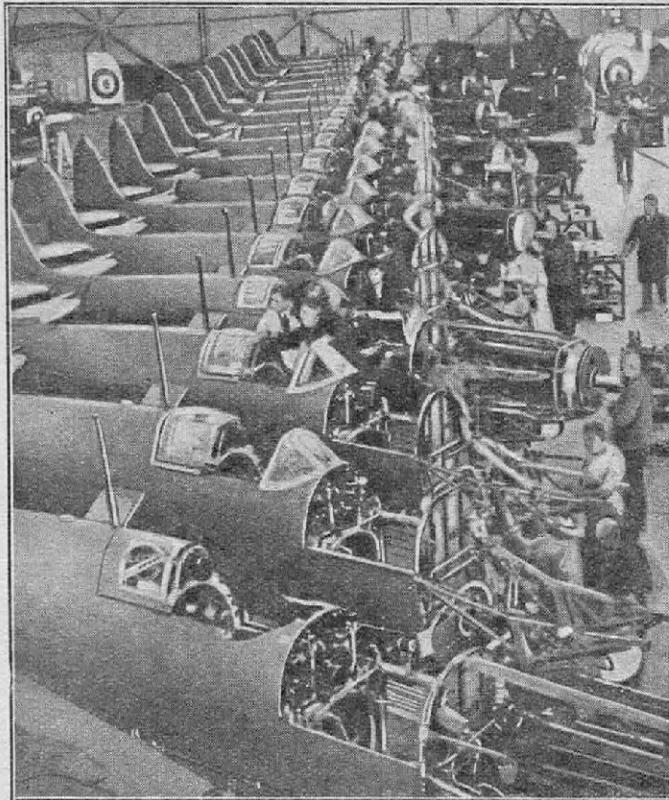
de petits diamètres avec un grand nombre de cylindres, par exemple les 14 cylindres de la série 14 A chez les Hispano-Suiza, le 14 cylindres de la série 14 M de Gnome et Rhone, qui ont un diamètre de l'ordre de 1 m pour une puissance d'environ 700 ch.

Les moteurs à air sont beaucoup plus employés dans les multimoteurs de combat ou de bombardement. Les capotages soigneusement étudiés en soufflerie de ces moteurs — capots N. A. C. A. et plus récemment capots à

retour d'air (1) — permettent d'obtenir dans ces multimoteurs des finesses très satisfaisantes.

En second lieu, tous les moteurs modernes sont munis de compresseurs. On sait que, lorsque l'on s'élève dans l'atmosphère, la pression de l'air diminue ; il en résulte que la puissance d'un moteur à explosion ordinaire diminue également lorsque l'altitude croît, puisque la quantité de mélange gazeux introduite dans les cylindres à chaque aspiration se réduit de plus en plus. Cette diminution de puissance est très importante et entraîne cette conséquence que la vitesse

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 257, page 398.



(17 719)

FIG. 3. — CONSTRUCTION EN SÉRIE DU SUPERMARINE « SPITFIRE » AUX USINES VICKERS-ARMSTRONG (GRANDE-BRETAGNE)

des avions en altitude diminue assez rapidement, inconvénient grave pour des avions militaires qui doivent remplir leurs missions à 4 000 ou 5 000 m d'altitude et plus. Le compresseur, en rétablissant en altitude la pression du mélange gazeux à l'admission à la valeur qu'elle aurait au sol, maintient constante la puissance du moteur jusqu'à une certaine limite. Cette altitude de rétablissement est, en général, voisine de 4 000 m dans les moteurs actuels. Des moteurs à double étage de compression commencent à être utilisés.

Les hélices

Rappelons enfin la généralisation sur les avions militaires des hélices à pas variable. Celles-ci sont indispensables pour la bonne utilisation du moteur à compresseur ; il faut faire varier le pas avec l'altitude afin que la puissance absorbée à un même nombre de tours reste constante malgré la diminution de résistance due à la décroissance de la densité de l'air. Le montage d'hélices à pas variable facilite également le décollage des avions ; la longueur de roulement et la durée de décollage peuvent être réduites de près de 20 %. Les dispositifs de variation de pas sont divers : commande hydraulique, par la pression d'huile du moteur dans les hélices Hamilton ; commande électrique dans les hélices Ratier ; commande mécanique dans les hélices Gnome et Rhône, etc. Dans certains types, la variation de pas est commandée par le pilote ; dans d'autres, elle est automatique, grâce à un régulateur monté sur le moteur.

Il est intéressant de noter au passage que ces progrès réalisés dans la construction des

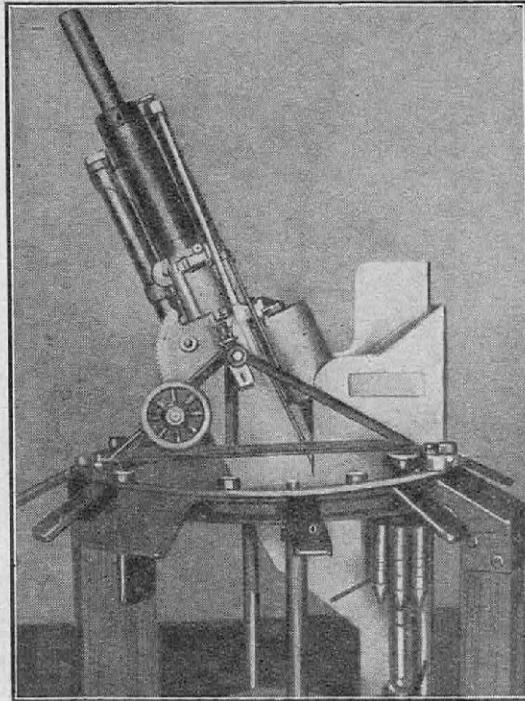
cellules et des moteurs n'ont été possibles que parce que la métallurgie a pu mettre à la disposition des constructeurs des matériaux de qualités beaucoup plus élevées : alliages légers et aciers spéciaux notamment. L'emploi de ces métaux, leur travail, leur traitement thermique a exigé la mise au point de toute une technique nouvelle.

L'armement moderne des avions

L'armement des avions a, lui aussi, été profondément transformé. Sur les monoplaces de chasse, la simple mitrailleuse tirant à travers l'hélice est devenue très insuffisante. Par suite des vitesses élevées et du temps relativement important qui est nécessaire pour l'exécution des changements de route, le pilote ne dispose pour exécuter son tir, au cours d'une attaque, que d'un temps extrêmement court ; pour que le tir soit efficace, il est donc indispensable que le monoplace de chasse dispose d'une puissance de feu considérable. Aussi ces appareils sont-ils munis de 4 à 8 mitrailleuses. L'une peut tirer à travers l'axe du moteur ; 1 ou 2 mitrailleuses tirent, au moyen d'un dispositif de synchronisation, à

travers l'hélice ; des mitrailleuses supplémentaires sont encore placées à poste fixe dans les ailes. On imagine la rafale que peut envoyer un tel engin, pendant une période très brève il est vrai.

Pour augmenter encore l'efficacité du tir, des canons sont installés également sur les avions de chasse et de combat. Ce sont, en général, des armes d'un calibre de l'ordre de 20 mm à tir rapide. Le montage de canons avait déjà été essayé pendant la guerre



(17724)

FIG. 4. — CANON DE 37 MM POUR AVION, TYPE M, DE L'AMERICAN ARMAMENT CORPORATION (ÉTATS-UNIS)

Cette arme, pesant avec affût et tourelle 114 kg, peut être montée sur l'avant ou l'arrière du fuselage. On l'oriente en direction au moyen d'engrenages mis en action par un levier mû par la main droite du mitrailleur, tandis que le pointage en hauteur est effectué par un second levier. La mise à feu est commandée par des pédales. Ce canon automatique lance, à la cadence de 150 coups par minute, un projectile explosif pesant 500 g, animé d'une vitesse initiale de 380 m/s. La portée pratique du tir est d'environ 200 m.

précédente. La difficulté est évidemment l'absorption de la réaction du départ du coup. Elle est résolue par le moteur-canon (1). En France, les moteurs Hispano-Suiza qui équipent nos monoplaces de chasse sont, pour la plupart, des moteurs-canon.

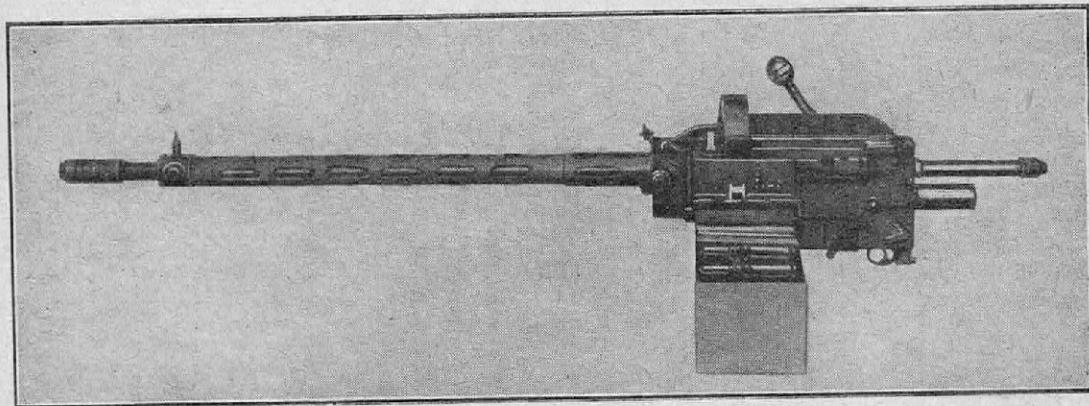
Sur les multiplaces, des tourelles orientables, comportant, en général, deux mitrailleuses jumelées, sont également installées. On s'efforce, évidemment, d'obtenir que le tir puisse être dirigé dans toutes les directions, sans angle mort. On est ainsi conduit à placer dans de nombreuses machines des tourelles escamotables installées sous le fuselage.

Dans le bombardement, nous sommes loin

Les types d'avions en service

Il est remarquable de constater que l'évolution du matériel chez les différents constructeurs de tous les pays a conduit à une uniformité presque totale des avions en service dans une même catégorie d'emploi. C'est ainsi que presque tous les monoplaces de chasse sont des monomoteurs à ailes basses ou médianes cantilever munis de trains d'atterrissage escamotables. La plupart sont munis de moteurs à refroidissement par liquide de 900 à 1 200 ch ; ils sont armés de quatre à huit mitrailleuses ou d'un canon et quatre mitrailleuses.

Les multiplaces de combat, les bombar-



(17137)

FIG. 5. — MITRAILLEUSE MADSEN DE 23 MM POUR AVION

Cette arme est, à proprement parler, un canon automatique tirant des obus explosifs à très grand effet. Elle pèse 55 kg et sa vitesse pratique de tir est de 350 à 400 coups à la minute.

du temps où les bombes étaient lancées par-dessus le fuselage. Des lance-bombes perfectionnés, dont le déclenchement se produit rigoureusement au moment désiré par l'action sur une simple manette, équipent tous les appareils. Des viseurs d'une haute précision, tenant compte de tous les facteurs qui déterminent la trajectoire des bombes : vitesse, altitude, etc., permettent d'atteindre avec certitude des objectifs de dimensions réduites.

Naturellement, les avions de reconnaissance sont tous munis d'appareils photographiques qui ont été aussi très perfectionnés. Ils peuvent à grande altitude relever, de façon continue, une large bande du sol.

Signalons enfin, très rapidement, le développement de l'usage de la radio. La plupart des avions sont munis de postes émetteurs et récepteurs. Le but recherché est, selon les cas, la liaison entre eux des avions d'un même groupe ou la liaison bilatérale avec le sol.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 207, page 251.

diers légers, sont tous des bimoteurs à aile basse ou médiane cantilever, munis de trains d'atterrissage escamotables.

Les gros bombardiers sont, en général, des quadrimoteurs. Ils se différencient cependant davantage entre eux que les avions de chasse ou les bimoteurs de combat.

Cette ressemblance des avions de toutes nationalités pose un problème difficile dans la guerre moderne : c'est celui de leur identification par les aviateurs et par les différentes formations de la défense aérienne du territoire. Il est encore aggravé par la vitesse même des avions qui limite le temps disponible pour l'identification, et par le camouflage, qui fait que les peintures de tous se ressemblent et que les cocardes se distinguent très mal parmi ce camouflage.

Le fait que tous les avions d'un même type se ressemblent et ont des performances comparables ne signifie nullement qu'ils sont tous équivalents au point de vue de leur emploi. Les qualités de stabilité, de mania-

bilité, de visibilité, de facilité de décollage et d'atterrissage sont des facteurs extrêmement importants. Il est réconfortant de noter qu'à cet égard les avions français sont, en général, supérieurs à leurs adversaires.

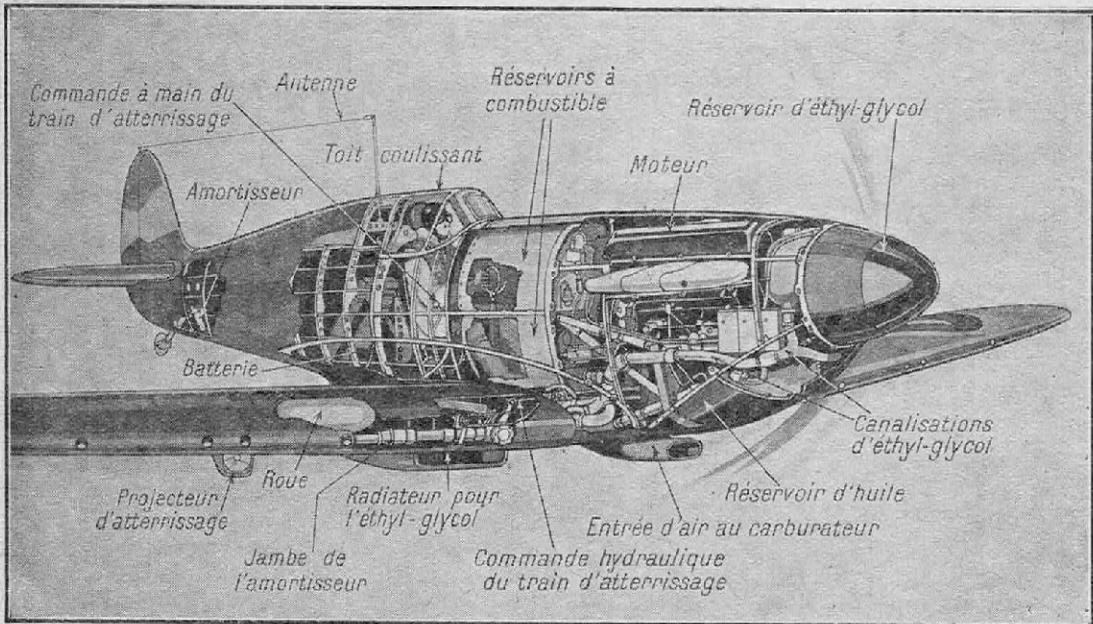
Pour compléter les indications qui précèdent, il serait intéressant de décrire de façon un peu plus détaillée les principaux appareils en service dans notre armée de l'air. On comprendra que nous soyons dans la nécessité d'être très discrets à ce point de vue.

Tous nos appareils réalisent des perfor-

anglaises et les constructions d'usines décentralisées en France). Il semble que la production allemande était, à la veille de la guerre, au voisinage de son plafond et peu susceptible d'un nouveau développement. Par contre, la production franco-britannique, en plein essor, doit s'amplifier rapidement et dépasser celle de l'Allemagne.

Pour terminer, il est encore deux points sur lesquels il nous paraît intéressant d'attirer l'attention.

Le premier est relatif aux difficultés d'emploi du matériel moderne. Le pilotage



(17 721)

FIG. 6. — LES AMÉNAGEMENTS D'UN « SPITFIRE », MONOPLANE DE CHASSE ANGLAIS DONT LA VITESSE MAXIMUM OFFICIELLE EST DE 362 MILLES À L'HEURE (583 KM/H)

mances comparables à celles que nous avons indiquées dans le cours de cet article. Certains, même, les dépassent largement.

Pour achever ce tableau de l'aviation, il serait nécessaire d'indiquer les effectifs, par catégories, des flottes en présence. Il est évident qu'il ne nous est pas possible de donner, à cet égard, de précisions. Chaque puissance tient naturellement à garder secrète l'évaluation précise des moyens dont elle dispose.

Il ne faut, d'ailleurs, attribuer à des chiffres qu'une importance assez réduite. En raison de la destruction rapide du matériel pendant la guerre, le potentiel de l'industrie aéronautique d'un pays est un facteur primordial de la puissance de son aviation. Un effort énorme a été fait dans ce sens en France et en Grande-Bretagne (rappelons les fameuses « usines à l'ombre »

d'avions évoluant à 500 km/h, le tir ou le bombardement à ces vitesses sont des opérations autrement délicates qu'à 150 km/h. Les accélérations ressenties par l'équipage au cours d'évolutions rapides (1) telles que des virages de court rayon atteignent des valeurs qui deviennent rapidement supérieures à celles que peut supporter l'organisme humain sans ressentir de troubles graves : vertiges, maux de tête, voile noir, etc.

Le temps disponible pour l'exécution des manœuvres est de plus en plus court et exige des équipages des réflexes extrêmement rapides. Il est donc indispensable que le personnel navigant possède des qualités physiques de premier ordre. D'autre part, l'emploi des appareils est de plus en plus délicat et compliqué en raison des vitesses

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 269, page 383.

atteintes et l'introduction de dispositifs nouveaux tels que les hélices à pas variable, les trains escamotables, les volets d'intrados, etc. Le recrutement et la formation du personnel navigant sont très longs et très difficiles. La solution plus ou moins heureuse de ce problème est un facteur peut-être plus important pour la suite de la guerre que celui du perfectionnement et du renouvellement du matériel.

L'entretien des appareils mérite, lui aussi, d'être considéré avec attention. La complexité des avions et de leurs équipements fait que leur maintien en bon état de marche exige le travail de nombreux spécialistes divers. Le recrutement et la formation de ces spécialistes sont un des soucis importants du commandement.

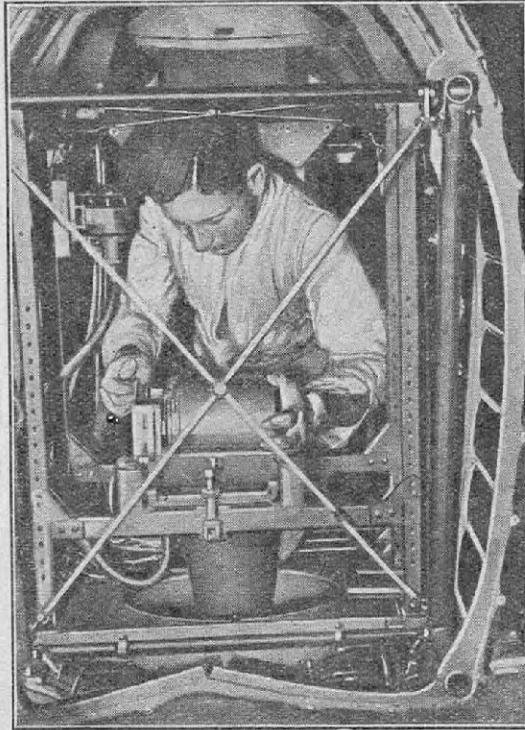
Le second point sur lequel nous voulons attirer l'attention est l'aspect industriel et économique de la question de l'emploi d'une aviation militaire puissante. Nous avons signalé plus haut qu'il fallait prévoir une usure extrêmement rapide du matériel pendant la guerre et par suite la construction continue d'un nombre élevé d'appareils. Cette construction demande, en quantité énorme, des matières premières très diverses dont une partie importante vient de l'étranger.

D'autre part, l'emploi même des avions entraîne une consommation de carburants spéciaux très élevée. Un monoplace de chasse consomme, en moyenne, 200 litres d'essence par heure de vol; un bimoteur de bom-

bardement, près de 400 litres; un quadrimoteur de bombardement, plus de 600 litres. Un bombardement à 300 km par une escadre de 100 avions coûterait, en moyenne, plus de 200 000 litres d'essence. On se rend compte des difficultés que le ravitaillement en matières premières et en combustibles présentera pour les différents belligérants. Le blocus sera une arme d'une efficacité redoutable, surtout dans l'hypothèse d'une guerre longue. Il n'est pas nécessaire de souligner la supériorité incontestable de la France et de la Grande-Bretagne de ce côté, grâce à la liberté des mers que leur assure la force de leur marine.

La valeur et l'entraînement du personnel, la qualité du matériel, la capacité de production des usines, la liberté du ravitaillement en matières premières et en combustibles, tels sont les facteurs qui déterminent l'efficacité de l'aviation des pays belligérants. L'avenir peut être regardé avec la plus grande confiance à tous ces points de vue.

ANDRÉ SEGUIN.



(17 722)

FIG. 7. — MISE EN PLACE A BORD D'UN AVION DE RECONNAISSANCE BRITANNIQUE D'UN APPAREIL DE PHOTOGRAPHIE AÉRIENNE COMMANDÉ ÉLECTRIQUEMENT

Le major américain James R. Randolph a émis récemment dans la revue *Army Ordnance* l'opinion que les fusées propulsées par réaction (1) pourraient jouer d'ici quelques années un rôle important pour transporter à grande distance des quantités appréciables d'explosif. D'après lui, il serait possible dans l'état actuel de la technique d'égaliser sans grande difficulté la performance du canon à grande portée qui tira sur Paris en 1918 d'une distance de 128 km (2). Mais, au lieu de tirer des obus de calibre relativement faible (230 mm) à cadence très lente (un coup toutes les 20 mn environ), on pourrait envisager de tirer des projectiles équivalant à des obus de 550 mm à une cadence aussi rapide qu'on le désirerait. Le tube utilisé pour le lancement coûterait moins de 1 % du prix d'un canon équivalent.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 269, page 385. (2) Voir *La Science et la Vie*, n° 253, page 61.

LES MATÉRIELS D'ARTILLERIE DE L'ARMÉE ALLEMANDE EN CAMPAGNE

par F. CULMANN

Les tendances générales qui ont marqué, depuis la guerre mondiale, l'évolution technique de l'artillerie allemande sont, avec l'augmentation des portées, celle de la précision du tir et de la puissance des feux, ainsi que la généralisation de la traction automobile qui accroît la mobilité des engins sans cesse plus pesants et favorise la manœuvre. Du point de vue organique, deux modifications importantes sont intervenues récemment : d'une part, le remplacement du canon de campagne de 77 mm par l'obusier léger de 105 mm, arme à tir courbe permettant d'atteindre des objectifs dissimulés à contre-pente ; d'autre part, le rétablissement des artilleries de corps d'armée, composées de pièces très lourdes, placées sous le commandement d'un chef ainsi entraîné au maniement stratégique et tactique des puissantes masses d'artillerie engagées dans les offensives de grande envergure. L'artillerie allemande en campagne servira trois sortes de matériels : les premiers, plus ou moins connus, armant les divisions mobilisées les premières et qui apparaissent déjà en retard sur les possibilités actuelles ; d'autres, d'origine étrangère, capturés en temps de paix ou de guerre, telle l'artillerie tchécoslovaque ; ceux, enfin, provenant des prototypes étudiés dans le plus grand secret au cours des années de paix et dont la fabrication en série a été lancée vraisemblablement peu avant la mobilisation. Sans doute feront-ils, d'ici quelques mois, leur apparition sur le front où la riposte ne se fera pas attendre.

La composition de l'artillerie en campagne

IL est difficile de donner des indications précises au sujet de l'artillerie allemande, de sa composition, de ses matériels. La question est d'ailleurs singulièrement complexe.

En ce qui concerne les bouches à feu les plus récentes ou à l'étude, les peines les plus sévères, et même en ces dernières années la peine de mort, ont été édictées pour punir toute divulgation. Toutefois, il est possible de mentionner quelques tendances suivies par les ingénieurs militaires et les constructeurs, de montrer aussi comment ont évolué certains matériels d'emploi courant.

Au surplus, il faut bien se rendre compte que l'introduction dans les armées de tout matériel est fort longue : cinq ans généralement quand il s'agit d'une pièce *nouvelle dans son principe*, un peu moins quand il ne faut faire subir à une bouche à feu existante qu'une interpolation ou une extrapolation faible. Ainsi, pour notre canon de 75, les études ont commencé dès 1892, cependant il ne fut au point qu'en 1897, et n'arma que deux ou trois ans après la totalité de nos régiments. Il en fut de même pour l'affût Krupp à recul du tube et récupération automatique (neuer Art ou n. A.) substitué à l'affût rigide avec bêche de crosse ne per-

mettant pas le tir accéléré. Il suffit de penser que les études préliminaires théoriques exigent deux ans au moins, même quand un spécimen donnant d'emblée satisfaction a pu être établi sans mécomptes ni tâtonnements, ce qui ne fut le cas ni de notre canon de 75, ni de l'affût n. A. Krupp. Il faut ensuite plus d'une année pour préparer une fabrication en série : achat, construction et installation de machines-outils — approvisionnements de matières premières — établissement de nombreux dessins à grande échelle, jusqu'à 600 différents par matériel — confection des calibres et des poinçons nécessaires à la vérification de tous les éléments, qui doivent être interchangeables — recrutement de la main-d'œuvre, etc. — et la plupart de ces opérations ne peuvent être menées simultanément.

Et encore, avant de lancer la fabrication, faut-il procéder dans les corps de troupe à des essais destinés à éprouver le matériel, et ces essais peuvent amener des modifications importantes, comme, par exemple, du canon allemand de 77 n. A. Rappelons aussi que le canon français de 105 L. modèle 1913, ne justifiant pas à l'usage les prévisions optimistes faites peu avant la guerre par les Commissions d'expériences, il fallut attendre jusqu'au printemps de 1918 pour en doter nos régiments de 1 500 à 2.000 exemplaires. En fait, pas une pièce

absolument nouvelle ne fut introduite dans aucune des armées belligérantes pendant les cinquante-deux mois que durèrent les hostilités.

Mais les études relatives aux projectiles et aux fusées sont beaucoup plus courtes tout en promettant des améliorations notables en portée (jusqu'à 40 %) (1), et en précision.

Quoi qu'il en soit, il résulte des faits précédents que tout matériel armant les régiments est déjà en retard sur les conceptions théoriques et les possibilités techniques de l'époque.

Par ailleurs, il a paru impossible de stocker tout le matériel d'artillerie (et autre) destiné aux armées de millions d'hommes que la forte natalité de l'Allemagne permet de mobiliser (240 divisions en 1918). Le général von Seeckt, qui fut naguère commandant de la Reichsheer, tenait l'accumulation de grands approvisionnements comme *anti-économique* et en même temps pour une *mesure militaire de valeur douteuse* en raison du vieillissement naturel de l'armement. Il préconisait l'étude secrète de *prototypes* modifiés d'après les derniers perfectionnements techniques.

Vers 1932 il apparaissait que l'Allemagne possédait des modèles de matériels prêts à être fabriqués en série, essayés clandestinement dans certains corps de troupe qui en avaient déterminé l'emploi et instruit, en des stages discrets, les cadres d'autres unités.

Le Führer a lancé la fabrication en l'adaptant à l'armée mobilisable dont la constitution progressive résulterait des lois organiques de 1935-1936. D'après les sommes considérables consacrées annuellement à « l'entretien du matériel », il est certain que dès 1935 la grande fabrication avait commencé. Probablement fut-elle limitée à l'armement des 100 divisions engagées en Pologne et sur la frontière française du nord-est, ce qui représente un effort d'autant plus considérable que, d'après la tradition introduite par Ludendorff pendant la dernière guerre, une majoration d'armement de 50 % doit exister constamment pour faire face à l'usure et aux pertes.

En même temps, l'étude de prototypes perfectionnés a certainement continué.

En somme, l'artillerie allemande :

1° Est armée de matériels plus ou moins connus, de modèles datant de plusieurs années ;

2° Pourra, après quelques mois de guerre, sortir des bouches à feu entièrement nouvelles, inconnues, lui assurant une *surprise*

(1) Et même 50 % pour les pièces allemandes de bord des calibres 17 et 38 cm.

technique et fabriquées sitôt les hostilités décidées, c'est-à-dire encore avant la mobilisation, d'après les études les plus avancées poursuivies en temps de paix.

Ce n'est pas tout.

Parmi les matériels utilisés se trouveront ceux des Etats annexés par le Reich. C'est, en effet, une tradition constante dans l'artillerie allemande de tirer parti des bouches à feu capturées, cela, d'une part, pour des motifs d'économie, de l'autre, parce que le nombre a une valeur prépondérante. Pendant la guerre de 1914-1918, elle a servi environ 160 matériels de modèles différents, dont un bon tiers étrangers. Nul doute qu'elle emploiera, par exemple, le bel armement tchécoslovaque, développé surtout depuis 1937 et dont le coût fut d'une dizaine de milliards de francs. Cet armement provient des anciens Etablissements Skoda, de Pilsen, qui ont fourni aussi les Etats de l'Europe centrale et orientale, actuellement encore dépourvus de toute usine importante (1).

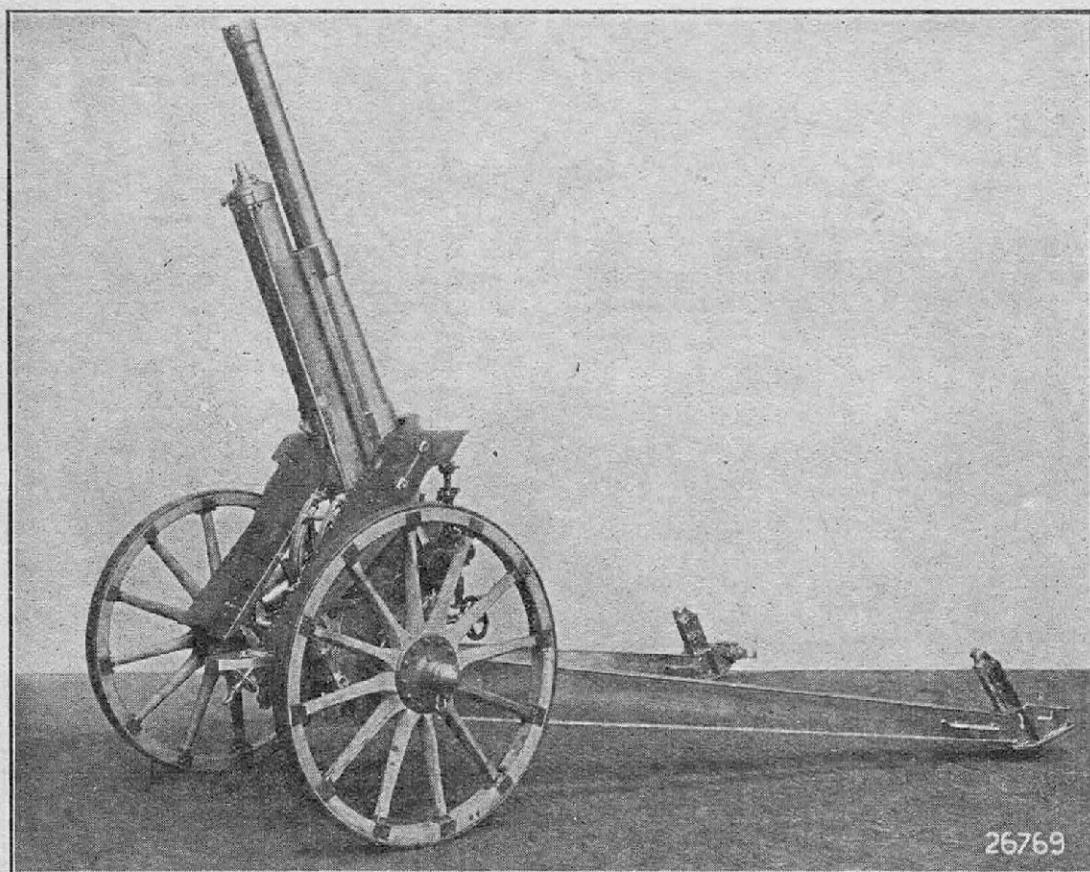
A un tout autre point de vue, il faut mentionner également les idées nouvelles qui se sont affirmées en Allemagne dans le domaine de l'organisation de l'artillerie, sous l'impulsion des inspecteurs généraux de l'arme, notamment du général Grün.

Ce que l'on peut dire des matériels allemands et des tendances qu'ils manifestent

Les renseignements ci-après, peu antérieurs à 1932, montrent dans quel sens les études étaient alors orientées. L'énumération des matériels est faite d'après leur portée croissante.

LANCE-BOMBES (MINENWERFER). — En raison de leur médiocre portée, les lance-bombes sont employés à proximité immédiate des lignes et par suite se lient aisément à l'infanterie dont les fronts sont mouvants au combat. Leur tir vertical à faible dispersion en portée est très efficace contre les réseaux et le personnel à découvert tout en étant capable de sérieux effets de destruction. Ils se prêtent aux harcèlements à courte distance en période de stagnation, à la préparation rapprochée des attaques, à l'accompagnement de l'infanterie, principalement

(1) Les usines de Pilsen étaient déjà renommées avant 1914, notamment pour les matériels courts destinés à l'armée austro-hongroise. Avant l'annexion de la Bohême, elles comptaient 22 000 ouvriers. Depuis un an, elles sont inféodées au Reich. Il en est de même des *Waffen-Werke* de Brünn (Moravie) employant 10 000 ouvriers spécialisés dans la construction des mitrailleuses et en général de l'armement portatif de l'infanterie.



(16 155)

FIG. 1. — OBUSIER LÉGER DE 100 MM CONSTRUIT PAR LES USINES SKODA

Portée maximum, 11 000 m. Poids du projectile, 15 kg; de l'explosif intérieur, 2,157 kg. Vitesse initiale maximum, 450 m/s. Pression maximum des gaz dans le tube, 2 500 kg/cm². Champ de tir vertical : de - 5° à + 70°. Champ de tir horizontal, 50° (affût biflèche). Poids en batterie, 1 530 kg; en ordre de route, 2 150 kg.

pour crever les abris s'opposant à sa progression et que les troupes ennemies peuvent construire en une nuit.

Le *Minenwerfer léger*, qui tirait à 800 m, possède maintenant une portée de plus de 3 000 m et un nouveau *Minenwerfer lourd* est établi pour être transporté sur un moteur à chenilles.

Parallèlement, le canon d'infanterie, calibre 77 mm, du modèle 1896-1916, a été remplacé par une pièce plus légère, convenant mieux à l'accompagnement immédiat mais dont les propriétés ne sont pas connues.

OBUSIERS DE CAMPAGNE. — Tout point du terrain situé au-dessous de la trajectoire procurant la portée maximum (portée fournie par un angle de tir de 45° environ) peut être atteint par deux trajectoires correspondant l'une au tir *plongeant* (angles inférieures à 45°), l'autre au tir *vertical* (angles supérieurs à 45°). Or il convient de remarquer que les pièces courtes allemandes sont du type *obusier*, c'est-à-dire que leurs affûts

sont organisés de façon à permettre l'emploi d'angles de tir au-dessus de 45°, jusqu'à 70° par exemple, donnant à l'objectif des angles de chute plus élevés. En d'autres termes, elles sont capables d'exécuter le tir *vertical*, et aucun point du terrain n'est défilé à leurs coups. Les objectifs situés sur les pentes les plus abruptes peuvent être atteints, les troupes et les batteries courtes abritées derrière des remblais de routes, de voies ferrées, de canaux, derrière des falaises, etc. n'échappent pas. Mais cet avantage doit être acquis au prix d'une augmentation du poids de l'affût, atteignant 100 à 150 kg pour les obusiers des calibres 90 à 105 mm.

Les deux pièces allemandes d'emploi courant sont l'obusier léger de 105 et l'obusier lourd de campagne de 150.

Le principal effort des ingénieurs militaires paraît avoir porté sur l'obusier de 105, modèle 1916, pièce excellente, très étudiée, ayant donné toute satisfaction en campagne. Un modèle nouveau, d'une *précision* extrême

et d'une portée supérieure à celle (10.700 m) du canon de 77, a été introduit.

De même, les Allemands ont cherché à augmenter la portée de leur obusier de 150 modèle 1913.

MORTIERS. — La division allemande comprenait jusqu'en ces dernières années des mortiers de 21 cm (une batterie automobile à 4 pièces). Nous ne possédons aucun renseignement sur les études faites en vue de leur amélioration.

Les mortiers de grosse destruction n'ont pas été perdus de vue. Le 42 cm, qui tirait un obus de 1 000 kg à 12 700 m et un obus de 800 kg à 14 600 m, a été jugé insuffisant comme puissance et comme portée. En fait, il se montra un peu faible contre les bétonnages de Verdun, et dès 1923 les Allemands étudiaient une bouche à feu de calibre plus élevé.

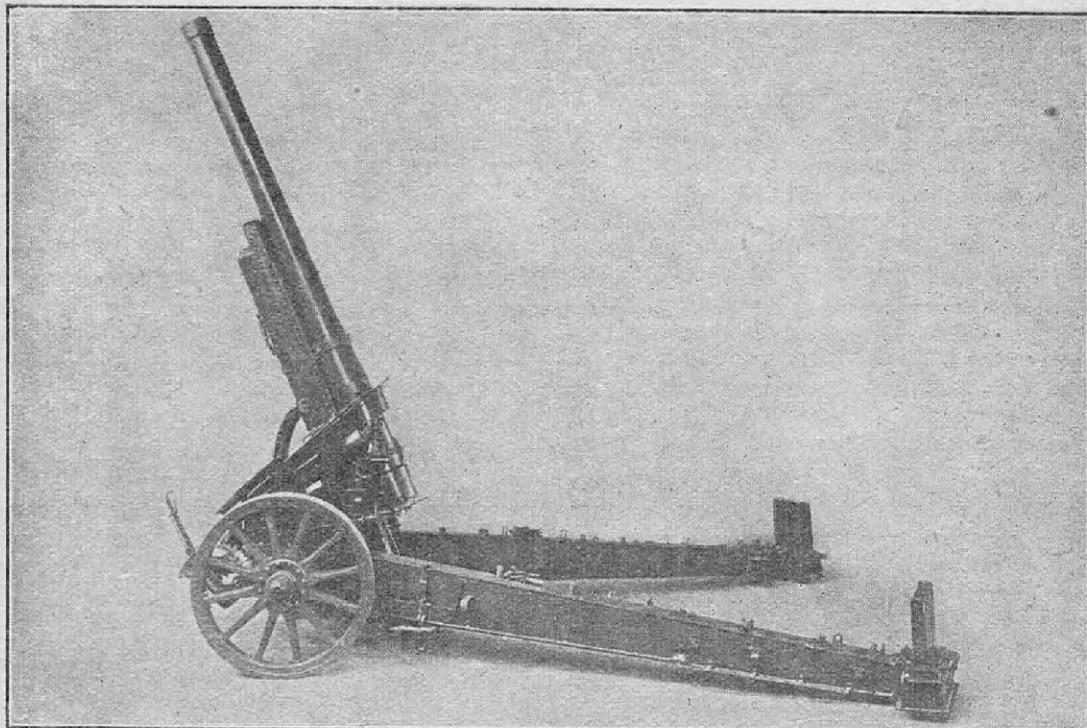
CANONS. — Le canon dit de 10 cm, calibre exact de 105 mm modèle 1917 (deux batteries automobiles dans la division), encore efficace à 14 000 m, ne donna plus satisfaction par la suite. Il fut remplacé par un matériel de même calibre portant au moins

2 km plus loin, et d'une précision encore meilleure.

En outre, dès le lendemain de la guerre mondiale, l'artillerie allemande demanda que, dans l'artillerie lourde, la proportion des canons fût augmentée par rapport à celle des pièces à tir courbe ; de 28 % qu'elle était en 1918, elle passerait à 40 %. Nous tenons à signaler cette tendance qui confirme celle à l'accroissement général des portées. Elle manifeste la volonté d'exécuter des tirs lointains de contre-batterie ou visant les réserves du haut commandement et les installations de l'arrière du champ de bataille jusqu'à deux ou trois étapes (gares et ports de débarquement, grands dépôts de matériels, de munitions, d'essence, terrains d'atterrissage, quartiers généraux, etc.).

CANONS ANTICHARS ET ANTIAÉRIENS. — Les tirs antichars et antiaériens sont apparentés, car l'un et l'autre exigent une grande vitesse initiale (de l'ordre de 800 à 900 m/s actuellement) et une cadence élevée.

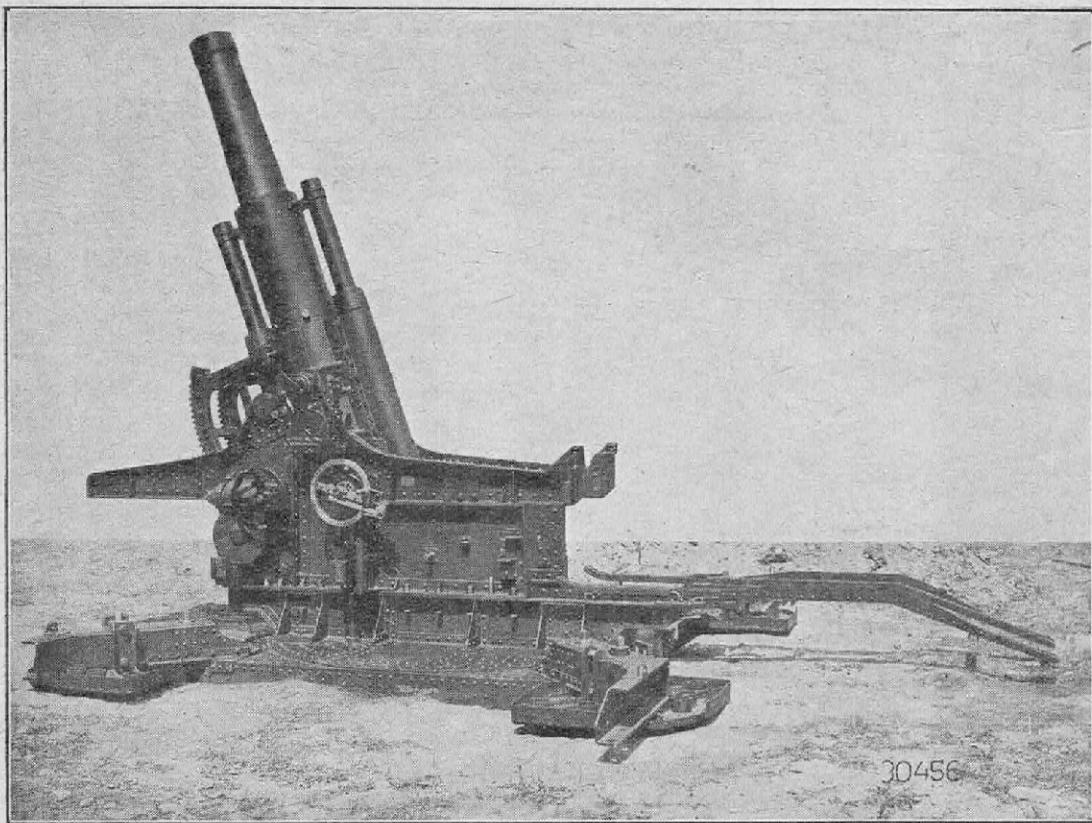
Les bouches à feu envisagées aux paragraphes précédents sont utilisables même si elles deviennent démodées (importance



(16 158)

FIG. 2. — OBUSIER LOURD DE 15 CM CONSTRUIT PAR LES USINES SKODA

Portée maximum, 15 100 m. Poids du projectile, 42 kg ; de l'explosif intérieur, 6,665 kg. Vitesse initiale maximum, 570 m/s. Pression maximum des gaz dans le tube, 2 700 kg/cm². Champ de tir vertical : de - 5° à + 70°. Champ de tir horizontal, 45° (affût bistèche). Poids en batterie, 4 900 kg ; en ordre de route : traction hippomobile (roues à bandages en fer), en deux voitures : affût, 3 380 kg, canon, 3 380 kg ; traction automobile (roues à bandages en caoutchouc, essieu à suspension élastique) voiture unique, 5 870 kg. en deux voitures : affût, 3 650 kg, canon, 3 770 kg.



(16 156)

FIG. 3. — MORTIER LOURD DE 22 CM CONSTRUIT PAR LES USINES SKODA

Portée maximum, 14 300 m. Poids de l'obus, 128 kg; de l'explosif intérieur (tolite), 16,2 kg pour l'obus percuteur, 13,6 kg pour l'obus à fusée de culot. Vitesse initiale maximum, 500 m/s. Pression maximum des gaz dans le tube : 2 600 kg/cm². Champ de tir vertical de - 4° à + 75°; horizontal 360° (tir à tournant complet sur plate-forme). Poids en ordre de route (traction automobile en trois voitures) : bouche à feu, 7 300 kg; affût, 7 100 kg; plate-forme, 8 300 kg.

du nombre). Par contre, les *canons antichars et antiaériens* subissent la loi d'une évolution rapide comme leurs objectifs qui ne sont pas encore stabilisés. Les aciers des cuirassements, dont la composition se modifie, deviennent plus durs, les épaisseurs des blindages des chars augmentent de même que les hauteurs de vol des avions. Or, toutes pièces en retard sont *radicalement impuissantes*. (Il en est de même des chars et des avions.) Ainsi, d'une part, moins que les autres, ces pièces peuvent être stockées; d'autre part, plus que pour les autres, leur supériorité n'est jamais que *momentanée* et celles en usage au moment où une guerre éclate peuvent se révéler inférieures aux bouches à feu similaires de l'ennemi, surtout si leur fabrication a été prématurée, hâtive, fiévreuse.

La guerre civile d'Espagne a fourni aux Allemands l'occasion d'engager leurs matériels antichars et antiaériens.

Les *canons antichars* du calibre 37 mm

ont été suffisants contre les chars russes. Les pièces de ce calibre emploient des projectiles de rupture pesant au plus 800 g, débités en tir non automatique à la cadence relativement élevée de 40 coups par mn, obtenue grâce au faible poids et à la maniabilité de la cartouche. Mais aujourd'hui s'imposent un calibre de 47 mm (obus de 1 kg 500), d'une portée utile sensiblement supérieure, et le tir automatique (environ 150 coups à la minute) tant pour les pièces antichars que pour l'armement des chars. Encore ce calibre est-il un minimum; celui de 57 mm est déjà en service sur certains chars russes.

Les pièces antichars sont ou bien *fixes* et incorporées dans les corps de troupe d'infanterie (la division allemande compte jusqu'à 72 de ces engins), ou bien *mobiles* (Panzerjaeger, chasseurs de chars, faisant partie des détachements antichars affectés organiquement à chaque division), montées sur affûts automoteurs, allant rapidement au-devant des chars ennemis pour dislo-

quer leur dispositif *avant* qu'ils ne soient parvenus aux abords de la position.

Les *canons antiaériens* allemands sont de deux sortes : du calibre 88 mm pour la *défense éloignée* (vols à haute altitude, reconnaissances stratégiques, reconnaissances tactiques au-dessus de 3 000 m environ) — du calibre 37 mm pour la D. C. A. *rapprochée* (reconnaisances tactiques à faible hauteur, avions de combat (1).

Le canon de 88 mm, déjà décrit dans *La Science et la Vie* (2), correspondait bien aux exigences de l'époque. Elle est en retard aujourd'hui que les avions de chasse dépassent 500 km/h et volent à 10 000 m au-dessus du sol avec des moteurs à compresseur (3). De plus, le régloir automatique pour les fusées et le chargement mécanique des cartouches lourdes (dépassant 12 kg par exemple) sont devenus nécessaires afin de diminuer les temps morts de la manœuvre.

Les Allemands ont essayé, pour la D. C. A., des trains remorqués par des locomotives Diesel, capables d'atteindre aisément la vitesse de 100 km/h. Ces trains portent des canons automatiques de petit calibre, des appareils d'écoute et des projecteurs.

TRAINS BLINDÉS. — Le train blindé comprend deux demi-trains séparés par la locomotive (une Diesel, moins vulnérable et plus légère que la locomotive à vapeur), constitués chacun d'un ou de deux wagons armés d'une pièce sous tourelle, précédés ou suivis de trucs portant du matériel de réparation des lignes et destiné aussi à faire exploser les mines que l'ennemi aurait placées sous la voie. Il possède un poste central de conduite du tir (comme à bord des vaisseaux de guerre) et une tourelle observatoire cuirassée munie d'un télémètre ; il est équipé des instruments et du câble téléphonique nécessaires à l'organisation d'observatoires extérieurs. Il transporte un matériel de camouflage très complet. Les blindages assurent la protection contre les obus de 75 tirés de plein fouet, contre tous les éclats, contre les projectiles de la plupart des calibres arrivant obliquement.

L'armement est variable.

(1) Le calibre de 37 est d'ailleurs un peu faible. (Voir dans le n° 267 de *La Science et la Vie*, page 232, la description des canons antiaériens de 40 mm Bofors.)

(2) Voir *La Science et la Vie*, n° 261, page 211 : vitesse initiale, 840 m/s (800 d'après d'autres auteurs) ; poids du projectile, 9 kg, contenant 0,900 kg d'explosif ; poids de la cartouche, 14,5 kg, *chargée à bras* ; plafond, 10 900 m ; poids de la pièce en batterie, 5 150 kg ; en ordre de route, 7 450 kg.

(3) Dans le n° 261 de *La Science et la Vie*, M. C. Rougeron a clairement mis en évidence l'importance des fortes vitesses initiales et des gros calibres.

Dans le *train blindé ordinaire*, les deux wagons extrêmes sont armés de canons de campagne ou de montagne ; les wagons intérieurs, de pièces à tir courbe. Les quatre bouches à feu peuvent agir latéralement, trois sont utilisables en chasse ou en retraite. Le tir à vues directes est souvent employé.

Le *train blindé lourd* ne se compose que de deux wagons à pièces, l'un portant un canon, l'autre un obusier. Les calibres atteignent 21 cm. Le tir indirect est exécuté d'emplacements défilés (voies en tranchée, sous bois, traversant des localités), généralement reconnus d'avance.

Ces trains, dont les gares d'attache sont dans les grandes villes du Rhin, particulièrement près des frontières, se prêtent à des actions de surprise. Leurs missions de tir habituelles sont : le harcèlement des avant-gardes, la contre-batterie, la protection de l'infanterie, parfois l'interdiction.

Modifications organiques de l'artillerie allemande

Les modifications organiques sont de deux sortes.

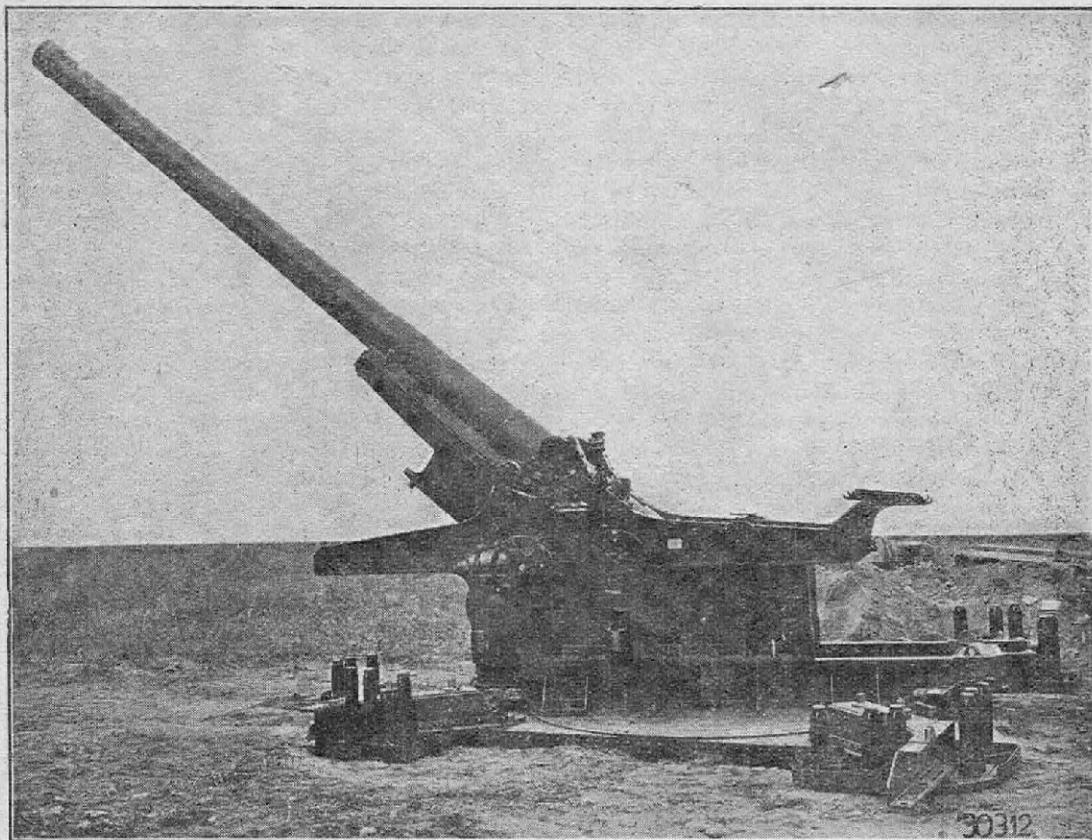
REPLACEMENT DU CANON DE CAMPAGNE DE 77 PAR L'OBUSIER LÉGER DE 105. — Il est effectué à mesure des possibilités budgétaires ou autres. Dans les divisions les plus modernes, la seule pièce légère est donc à tir courbe ; dans les autres, le *régiment est mixte*, deux groupes de 77, un de 105. Le *groupe mixte* (deux batteries de 77, une de 105) dont le maniemment était difficile, a été supprimé.

Peut-être faut-il voir les motifs de la généralisation de l'obusier de 105 dans les enseignements de la guerre du Chaco, entre la Bolivie et le Paraguay, d'après lesquels :

a) Le *calibre inférieur à 105 se serait montré peu efficace*. Dans l'artillerie légère divisionnaire, il suffirait de posséder, outre du 105, des canons antichars ;

b) Pour alimenter les tirs normalement exécutés par chacun des calibres 105, 75 et 65, le *même nombre* de camions automobiles de munitions serait nécessaire.

Les avantages des pièces à tir courbe sont connus. Leur *grand angle de tir au départ* facilite le placement des batteries derrière tous les obstacles du sol, dans les bois, les vergers, etc. — le *grand angle de chute* de leurs projectiles assure d'atteindre tous les terrains quelle que soit leur pente. L'obusier accompagne donc aisément l'infanterie dans les barrages roulants ; de plus, il est efficace contre les retranchements et les abris légers vis-à-vis desquels le canon est impuissant.



(16.155)

FIG. 4. — CANON LOURD DE 15 CM CONSTRUIT PAR LES USINES SKODA

Portée maximum, 25 000 m. Poids de l'obus explosif contenant 6,750 kg d'explosif, 50 kg; de l'obus à fusée de culot contenant 4,550 kg d'explosif, 56 kg; poids de l'obus de rupture contenant 1,580 kg d'explosif, 56 kg. Vitesse initiale maximum, 820 m/s. Pression maximum des gaz dans le tube, 2 950 kg/cm². Champ de tir vertical : de - 4° à + 45°. Champ de tir horizontal : 360° (tir à tournant complet sur plate-forme). Poids de la pièce en batterie, 15 800 kg; en ordre de route (traction automobile en trois voitures) : bouche à feu, 8 200 kg, affût, 7 500 kg, plate-forme, 8 300 kg.

Ces propriétés ont une importance croissante dans la guerre moderne.

Par contre, l'obusier de 105 est un peu plus lourd que le canon (cal. 75 ou 77) et accède plus difficilement aux terrains détrempés ou accidentés. Son projectile, d'un poids plus que double, mais bien plus efficace, est très onéreux quand il s'agit de battre systématiquement des surfaces, ce qui arrive couramment, la formation de combat de l'infanterie n'étant plus une ligne, mais se diluant sur un terrain généralement mal délimité. Compte tenu de la notion impérative d'usure du tube, la cadence de tir pratique de l'obusier, celle convenant aux circonstances tactiques habituelles, est au moins aussi élevée que celle du canon, mais elle est très inférieure dans les courtes périodes de crise (1) exigeant une grande

rapidité de débit. Enfin, l'obusier ayant une vitesse initiale sensiblement moindre, les troupes contrebattues sont prévenues par la détonation au départ du coup arrivant avant l'obus et ont le temps de s'abriter, alors que pour le canon, dont le projectile a une vitesse très supérieure à celle de l'onde sonore, cette faculté n'existe pas.

RECONSTITUTION DES ARTILLERIES DE CORPS. — En Allemagne, l'artillerie de corps a été supprimée en 1897, lors de l'adoption du canon de campagne à tir accéléré. Parallèlement, les fonctions de général commandant l'artillerie du corps d'armée ont cessé d'exister. Par ce fait, le commandant du corps d'armée s'est trouvé privé d'un moyen précieux de direction et de coordination; la manœuvre et le combat se sont fragmentés. Pendant la guerre de 1914-1918, toute l'artillerie, la lourde comprise, a été normalement mise en œuvre par la division. Ainsi, des chefs n'ont pas été formés pour le comman-

(1) A la bataille d'Ypres, en automne 1914, nos commandants de batterie disaient : « Notre 75 ne tire pas assez vite » !

dement des très grandes masses d'artillerie. Pour y parer, les Allemands eurent à leur Grand Quartier Général un spécialiste qu'ils envoyèrent successivement dans les armées chargées des attaques puissantes et qui entra en fonctions à la bataille de Riga (1^{er} septembre 1917).

Après la guerre, ces questions ont été très discutées, et depuis deux ans il apparaît que chaque corps d'armée dispose en propre d'un régiment d'artillerie très lourde ; en même temps, le commandement de l'artillerie du corps d'armée a été rétabli.

Tendances actuelles de l'artillerie allemande

Les tendances suivantes, résumant ce qui a été exposé précédemment, sont à souligner, continuant d'ailleurs l'évolution commencée pendant la guerre mondiale :

1^o *Accroissement considérable de la puissance des feux ;*

2^o *Augmentation générale des portées en relation avec l'approfondissement des positions et des champs de bataille, consécutive à l'intensité accrue des tirs ;*

3^o *Augmentation de la précision, sans laquelle l'accroissement des portées n'aurait qu'une médiocre valeur. La précision, mesurée en Allemagne par la profondeur de la bande du sol renfermant la meilleure moitié des coups, oscillait à la fin de la guerre entre un deux centième et un trois centième de la distance du tir au voisinage de la portée maximum. Déjà excellente, elle a encore été améliorée ;*

4^o *Adaptation complète des trajectoires aux formes du terrain ;*

5^o *Tendance à multiplier les tirs d'interdiction et à leur assigner des objectifs plus lointains ;*

6^o *L'augmentation des portées ayant toujours pour conséquence une importante augmentation du poids des matériels, malgré l'amélioration des aciers et les divers perfectionnements apportés à la construction des tubes (autofrettage, etc.), généralisation de la traction automobile qui favorise la mobilité et accélère la manœuvre.*

Matériels récents construits par les usines Skoda

Pour les motifs indiqués plus haut, nous donnons ci-après les caractéristiques de quelques matériels modernes fabriqués à Pilsen. Nous nous limiterons aux bouches à feu courantes de l'artillerie des corps d'armée et des divisions allemands.

Comme dans la Reichsheer, les pièces à tir courbe Skoda sont du type *obusier*.

OBUSIER LÉGER DE 100 MM. — Cette bouche à feu est évidemment inspirée par un obusier antérieur du même calibre, modèle 1930, monoflèche, de portée légèrement inférieure et cependant plus lourd. L'obusier le plus moderne répond aux données de la figure 1.

Le tube n'a pas de frein de bouche ; il est monobloc, autofretté suivant un mode de construction aujourd'hui général.

La pièce semble organisée seulement pour la traction hippomobile.

Elle est très légère pour sa puissance, étant donné qu'elle est biflèche et peut exécuter le tir vertical. En raison de sa mobilité et du fait que ses trajectoires se plient aux formes les plus abruptes du terrain, elle est particulièrement apte à constituer la pièce légère unique des artilleries divisionnaires.

Les usines de Pilsen ont fabriqué également un obusier biflèche du calibre 105, dont la portée maximum, très supérieure, atteint 12 500 m à la vitesse initiale considérable de 560 m/s. Le projectile, quoique pesant seulement 14,1 kg, contient la même charge d'explosif. En raison de sa grande portée, cette pièce est sensiblement plus lourde que la précédente : 1 980 kg, en batterie, 2 675 en ordre de route. La suspension est élastique ; la traction automobile rapide est donc possible.

OBUSIER LOURD DE 15 CM. — Cette bouche à feu, dont les caractéristiques sont données par la figure 2, lance un projectile unique, explosif percutant ou fusant.

Une portée maximum de 15 km est aujourd'hui requise de pareilles bouches à feu dans la plupart des armées, quoique l'augmentation de poids conséquente oblige à consentir cette complication certaine : la traction en deux voitures. De plus, la grande vitesse initiale nécessaire entraîne une réduction de la capacité intérieure du projectile ; naguère, il véhiculait un poids d'explosif égal au quart ou au cinquième de son poids total ; or, dans la pièce Skoda, ce poids n'est plus que le sixième ou le septième. Dès lors, les effets de démolition des abris et de bouleversement des terres sont amoindris, mais les éclats plus nombreux, fournis par les parois plus épaisses de l'obus, permettent d'escompter de meilleurs résultats contre les objectifs superficiels : batteries, réseaux, troupes découvertes, etc. Quoi qu'il en soit, l'introduction d'un second projectile pour les portées inférieures à 12 000 m, par exemple, est désirable.

Surtout s'il est automobile, l'obusier de 150 est avantageusement rejeté à l'artillerie de corps pour la marche et pour l'approche. En effet, l'action *localisée* de son puissant obus ne saurait guère être précisée qu'après reconnaissance de l'ennemi au cours de l'engagement. Mais, pour le combat, le commandant du corps d'armée l'affectera normalement à ses divisions.

MORTIERS DE 22 CM. — Les mortiers de 22 cm (fig. 3) et d'un calibre plus élevé seront encore plus nécessaires qu'en 1917 pour détruire d'avance les abris *bétonnés*, qui se multiplieront en raison de la découverte, quelques années après la guerre, *des ciments à prompt durcissement*. Désormais, de tels petits ouvrages constitueront l'ossature des positions de campagne tracées quelques jours d'avance à la demande des opérations. Ils y seront d'autant plus précieux que, non démolis, ils laisseront assurément passer la masse principale des chars de combat non sans disloquer d'ailleurs leur dispositif, mais *arrêteront* ensuite les soutiens d'infanterie indispensables à la consolidation de toute conquête. Ils sépareront ainsi les deux échelons des attaques et feront des incursions de chars un raid onéreux et sans résultat.

CANONS DE 105 MM. — La portée maximum des canons non exceptionnels, à objectifs terrestres, tirant des projectiles de navigabilité en l'air courante, est, avec les *aciers actuels*, d'un nombre de kilomètres égal à leur calibre exprimé en centimètres, multiplié par un coefficient voisin de 1,6. Un canon de 10,5 cm, dont les propriétés sont bien équilibrées, tire donc à 17 km. On a d'ailleurs construit des pièces de ce calibre portant à 20 km, et l'armée tchécoslovaque a eu en service un 105 modèle 1935 portant à 19,5 km. Mais dès que le coefficient de portée dépasse 1,6, les matériels deviennent peu économiques, leur poids augmente considérablement, la vitesse initiale et l'usure du tube s'accroissent, leur projectile véhicule une charge rapidement moindre.

Etant donné leurs objectifs particuliers, toutes les pièces antiaériennes et de marine sont forcées. Leur coefficient de portée atteint et même dépasse 2.

Voici les caractéristiques d'un canon de 105 Skoda portant à 17 km :

Poids de l'obus *explosif* : 18 kg ; de la charge intérieure, 2,249 kg pour l'obus percutant ; 2,014 kg pour l'obus fusant. Poids de l'obus de semi-rupture : 19 kg ; de sa charge intérieure, 0,714 kg ;

Vitesses initiales : 690 m/s (portée maximum, 17 km) et 550 m/s (portée maximum, 13 km) ;

Pression maximum des gaz dans le tube : 2 800 kg/cm².

Champ de tir vertical : — 6° à + 42° ;

Champ de tir horizontal : 50° (affût biflèche) ;

Poids en batterie : 3 650 kg (traction hippomobile) et 3 850 kg (traction automobile) ;

Poids en ordre de route, en deux voitures : pièce, 2 700 et 2 980 kg ; affût, 2 700 et 2 950 kg ;

Poids en ordre de route, une voiture : 4 100 et 4 200 kg.

Les usines de Pilsen fabriquent aussi un canon de 105, tirant le même projectile à 18 100 m, mais dont le poids en batterie est de 4 200 kg (traction automobile).

CANON LOURD DE 15 CM. — Voir, figure 4, les caractéristiques de cette puissante bouche à feu.

CANONS ANTIAÉRIENS. — Les usines Skoda ont livré des canons antiaériens dont nous ne dirons que quelques mots parce qu'ils semblent dépassés.

Canons de D. C. A. rapprochée. — Ils sont du calibre 47 mm et peuvent aussi être utilisés comme antichars. Vis-à-vis des avions, le calibre 47 est d'une puissance surabondante ; contre les engins blindés, il est juste suffisant. Mais demander à une même pièce de contrebattre les deux sortes d'objectifs est devenu une conception douteuse. De plus, le canon Skoda n'est pas automatique, ce qui constitue une infériorité certaine.

Canons de D. C. A. éloignée. — De modèle très récent (1937), ce canon a seulement le calibre 76,5 mm, bien périmé, et il n'est pas automatique. Mais, au point de vue balistique, il représente un véritable tour de force : poids du projectile, 8 kg, contenant 634 g d'explosif ; poids de la cartouche : 14,6 kg, très élevé pour un chargement non mécanique ; plafond : 11 470 m ; portée horizontale : 17 240 m ; (coefficient de portée : 2,3). A remarquer que sa portée verticale dépasse de 570 m celle du canon allemand de 88 mm.

Conclusion

L'augmentation des portées entraîne une augmentation considérable du poids des matériels d'artillerie. Il en est de même, pour divers motifs, de tous les autres engins. En même temps, la puissance accrue des feux a pour conséquence un approfondissement des positions. Une des conclusions à tirer de ces faits paraît être que la bataille aura une allure encore plus lente que par le passé, quoique de profonds ébranlements et de terribles défaillances soient à prévoir.

F. CULMANN.

LE RAYONNEMENT X, UN DES PIVOTS DE LA PHYSIQUE MODERNE

Par Marcel BOLL,

AGRÉGÉ DE L'UNIVERSITÉ, DOCTEUR ÈS SCIENCES
PROFESSEUR A L'ÉCOLE DES HAUTES ÉTUDES COMMERCIALES

Depuis leur découverte en 1895 par le physicien Röntgen, les rayons X ont reçu de très nombreuses et très importantes applications pratiques. L'inégale transparence des divers corps pour ce rayonnement, invisible mais capable d'exciter la fluorescence d'un écran ou d'impressionner une émulsion photographique, a permis de les utiliser tant pour le radiodiagnostic médical que pour l'étude des matériaux et la prospection des hétérogénéités dans les produits métallurgiques. Leur effet photoélectrique intervient, d'autre part, au premier chef dans leur action physiologique sur laquelle est fondée la radiothérapie des tumeurs malignes (cancer). Dans le domaine de la physique atomique, les rayons X ont rendu également les plus grands services. Grâce à eux, il a été possible non seulement d'analyser l'anatomie des corps cristallisés, mais aussi de mesurer le diamètre même des atomes et d'en extraire des constituants plus ou moins profonds qui nous en ont révélé la structure et ont permis ainsi de donner sa forme définitive à la classification des éléments chimiques formant l'édifice de tout notre univers matériel.

La gamme des radiations

PAR ce fait même que l'œil humain est sensible à certaines radiations, ce fut par la lumière que débuta l'étude de l'énergie rayonnante, dont Archimède (287-212) connaissait déjà, avec précision, la réflexion sur un miroir. Aux environs de 1800, on commençait à se rendre compte que la vision est un phénomène subjectif, physiologique, et que les radiations visibles (« la lumière visible ») ne possèdent aucune propriété physique particulière.

C'est que, dans les dernières années du XVIII^e siècle, en 1777, le savant suédois K. W. Scheele (1742-1786) avait montré que le spectre se prolonge au delà du violet par des rayons dont on connut tout d'abord l'action chimique (noircissement du chlorure d'argent).

Et, d'autre part, en 1801, l'Anglais William Herschel (1738-1822) découvrit l'existence d'un rayonnement présent en deçà du rouge, puisqu'un thermomètre sensible, placé dans cette région du spectre, accusait une élévation de température.

Pendant près d'un siècle, le genre humain se contenta de ce domaine déjà étendu, qui va de l'infrarouge à l'ultraviolet, en passant par la lumière visible.

Guidé par l'admirable théorie électromagnétique de la lumière (Maxwell), le physicien allemand Heinrich Hertz (1857-1894)

identifie, en 1888, un rayonnement (ondes électriques) qui se situe bien en deçà de l'infrarouge extrême. La « soudure » ne fut établie qu'en 1923 par les Américains E. F. Nichols et J. D. Tear ; et l'on connaît tout un ensemble de radiations (fig. 2) qui peuvent être émises aussi bien par des corps chauds que par des circuits oscillants.

A l'autre bout, par un bienheureux hasard, le physicien allemand Wilhelm-Conrad Röntgen (1845-1923) (fig. 1) décela ce qu'il nomma les rayons X (octobre 1895), au delà desquels Paul Villard (1860-1933) plaça, en 1900, les rayons gamma, produits au cours de la désintégration de certains éléments radioactifs. La « soudure » entre l'ultraviolet et les rayons X est l'œuvre de Fernand Holweck (1920) et de Jean Thibaud (1928) ; les deux extrémités du spectre de rayons X sont d'ailleurs recouvertes, d'un côté par l'ultraviolet extrême, de l'autre par les rayons gamma (fig. 2).

Cette même figure 2 indique une « gamme » interrompue d'une soixantaine d'octaves (dont une seule est « visible »), en disant, par une comparaison empruntée à la musique, que deux radiations sont à l'octave l'une de l'autre lorsque leurs fréquences sont dans le rapport de deux à un (1).

(1) Leurs longueurs d'onde sont naturellement dans le rapport inverse (de un à deux). Le produit de la fréquence (exprimée en cycles ou périodes par seconde) par la longueur d'onde (exprimée en centimètres) est toujours égal à 30 milliards : c'est la



FIG. 1. — PORTRAIT DE RÖNTGEN (1845-1923)

Röntgen et son temps

Tandis que, dans la production des ondes hertziennes, la pensée pouvait se reposer sur le système de six équations aux dérivées partielles, les expériences qui précèdent l'obtention des rayons X se placent plutôt sous le signe du « bricolage »...

Le premier précurseur de Röntgen fut notre compatriote Antoine Masson (1806-1860), qui, en 1853, eut l'idée de faire passer la décharge d'une grosse bobine d'induction dans le vide qui surmonte un tube barométrique (tube de Torricelli). Mais les recherches se poursuivirent surtout en Allemagne, déjà mieux outillée que nous et mieux organisée. En 1855 apparaît le premier tube à décharge, construit par Heinrich Geissler (1815-1879), qui travaillait sous la direction du physicien Julius Plücker (1801-1868) : tubes de Geissler et tubes de Plücker furent surtout employés à étudier les spectres (discontinus) émis par les gaz résiduels, présents sous très faible pression à l'intérieur du tube de verre soudé (1).

On sait qu'à une pression suffisamment basse, la décharge n'illumine plus l'intérieur du tube : il s'agit de ce qu'on devait appeler plus tard (1876), d'une façon incorrecte, les « rayons » cathodiques (2).

vitesse du rayonnement, c'est-à-dire le nombre de centimètres franchis en une seconde par une radiation quelconque.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 117, pages 202-203.

(2) Le mot « rayon » est impropre, puisqu'il n'y a pas propagation de radiation, mais déplacement rapide de corpuscules électrisés (électrons), comme l'a établi Jean Perrin (1895), confirmant ainsi la thèse

Plücker prouva que la paroi du verre frappée par ces corpuscules devient lumineuse et que cette tache phosphorescente se déplace à l'approche d'un aimant (1858-1859).

Un peu plus tard (1869), l'Allemand Wilhelm Hittorf (1824-1914) démontra que les corpuscules se déplacent en ligne droite. Des résultats complémentaires furent enregistrés (1879) par l'Anglais William Crookes (1832-1906), chimiste et physicien bien connu, en particulier pour sa découverte du radiomètre et des tubes qui portent encore aujourd'hui son nom.

Les propriétés des tubes à vide restaient à l'ordre du jour sans qu'il surgît de progrès notables. Crookes avait observé notamment qu'à proximité de l'appareil, les plaques photographiques étaient impressionnées ou, du moins, voilées ; mais, absorbé par d'autres recherches, il ne sut attacher à ce fait suffisamment d'importance. Röntgen, en la circonstance, témoigna de plus d'esprit critique (1) : il eut l'idée d'enfermer le tube à décharge dans une boîte en carton noir, qui éliminait les rayons visibles et ultraviolets : les plaques noircissaient (après développement) et, dans les mêmes circonstances, un écran au platino-cyanure de baryum présentait une fluorescence verte, tout à fait nette.

L'existence d'un nouveau rayonnement ne faisait aucun doute ; dans l'ignorance de sa nature, Röntgen l'appela « rayons X ». Il montra qu'ils se produisent toutes les fois que les corpuscules cathodiques rencontrent un obstacle (fig. 3) : toutes soutenues en Angleterre par Varley (1828-1883).

(1) Les expérimentateurs de l'époque se bornaient à transporter dans une pièce très éloignée leur réserve de plaques photographiques pour empêcher le voile fâcheux qui les rendait inutilisables...

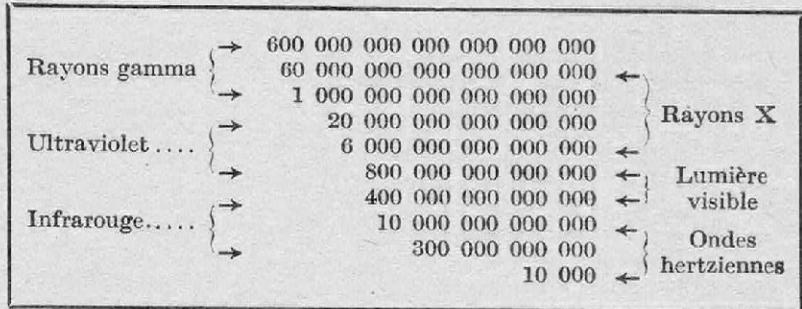


FIG. 2. — LA GAMME COMPLÈTE DES RADIATIONS

Les nombres représentent les fréquences, exprimées en cycles (périodes par seconde). La figure indique nettement les divers domaines qui se chevauchent. Le plus petit nombre est celui de la limite extrême des radiocommunications (utilisées jadis) ; les alternateurs industriels descendent jusqu'à 50 et même 15 cycles.

portions gardées, les rayons X sont comparables au bruit que fait la pluie en tombant sur un toit vitré.

Au début, ce qui frappe surtout dans la découverte de Röntgen, c'est l'inégale transparence que ses rayons rencontrent dans les divers corps (fig. 4) et spécialement dans les tissus vivants. Cette propriété, bientôt appelée « photographie de l'invisible » et « vision de l'invisible », ouvrait à la médecine et à la chirurgie des horizons inattendus et illimités. Mais les retentissements de ce phénomène physique sur la physique ne devaient le céder en rien, comme importance et comme fécondité.

Propriétés des rayons X

A l'heure actuelle, la physique des rayons X forme un ensemble imposant et délicat à inventorier, parce que toutes les questions se chevauchent. Par exemple, il n'est pas possible de décrire l'émission du rayonnement X sans faire allusion aux méthodes qui servent à l'étaler en spectre, c'est-à-dire à son action sur la matière, et tout particulièrement sur les corps cristallisés. La rencontre des rayons X avec les cristaux est même un phénomène tellement

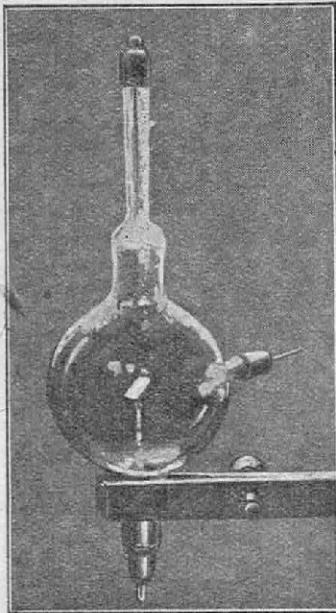


FIG. 3. — UN DES PREMIERS TUBES A RAYONS X

L'obstacle apparaît au milieu de l'ampoule. C'est en le frappant violemment que les corpuscules cathodiques (électrons) donnent naissance au rayonnement X.

important que, délaissant l'ordre historique en faveur de la clarté des explications, nous nous en occuperons ici le moins possible, nous réservant d'y revenir dans un article prochain.

Malgré ce « déblayage », il nous reste à examiner :

1° La spectrographie des rayons X ;
2° Les lois de leur émission ;

3° Leurs divers modes de diffusion ;

4° Les lois de leur absorption ;

5° L'effet photoélectrique et l'ionisation.

Étalement en spectre

Pour « prendre contact », nous commencerons par décrire une méthode qui est relativement tardive (Compton et W. Duane, 1925 ; Jean Thibaud, 1927), parce qu'elle montre, d'une façon très suggestive, la liaison entre la lumière et les rayons X.

Il convient tout d'abord de se rappeler ce qu'est un réseau de diffraction, qui, comme le prisme, est capable d'« éta-

ler » un rayonnement complexe. Un réseau, c'est tout simplement une lame de verre ou un miroir métallique (1), sur lesquels on a tracé (2) une multitude de traits parallèles et équidistants. Les meilleurs réseaux comptent 1700 traits au millimètre.

Lorsqu'un rayon solaire tombe sur un tel réseau, la lumière transmise par la lame de verre ou la lumière réfléchiée par le miroir métallique présente « les couleurs de l'arc-en-ciel ». D'ailleurs, au point de vue théorique, les réseaux sont très supérieurs aux prismes, car la déviation de chaque couleur varie exactement en raison inverse de la fréquence correspondante, ce qui donne une signification concrète et immédiate aux nombres qui sont reproduits sur la figure 2.

Si l'on applique, dans les conditions habituelles, le principe du réseau à un faisceau de rayons X, il ne se produit rien : les fré-

(1) L'un et l'autre optiquement travaillés.

(2) Au moyen d'une machine à diviser (fondée sur l'emploi d'une vis micrométrique).

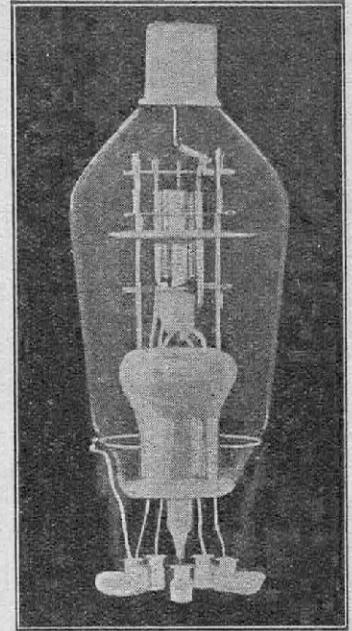


FIG. 4. — RADIOGRAPHIE D'UNE LAMPE DE RADIO EN VUE DU CONTROLE DE MONTAGE

A l'intérieur du socle en « phillite » opaque optiquement, on distingue les fils d'amenée des courants. Dans le pied de la lampe, ces fils ne sont plus visibles, car le verre du pied est à forte teneur de plomb (30 %) (d'après la Revue Philips).

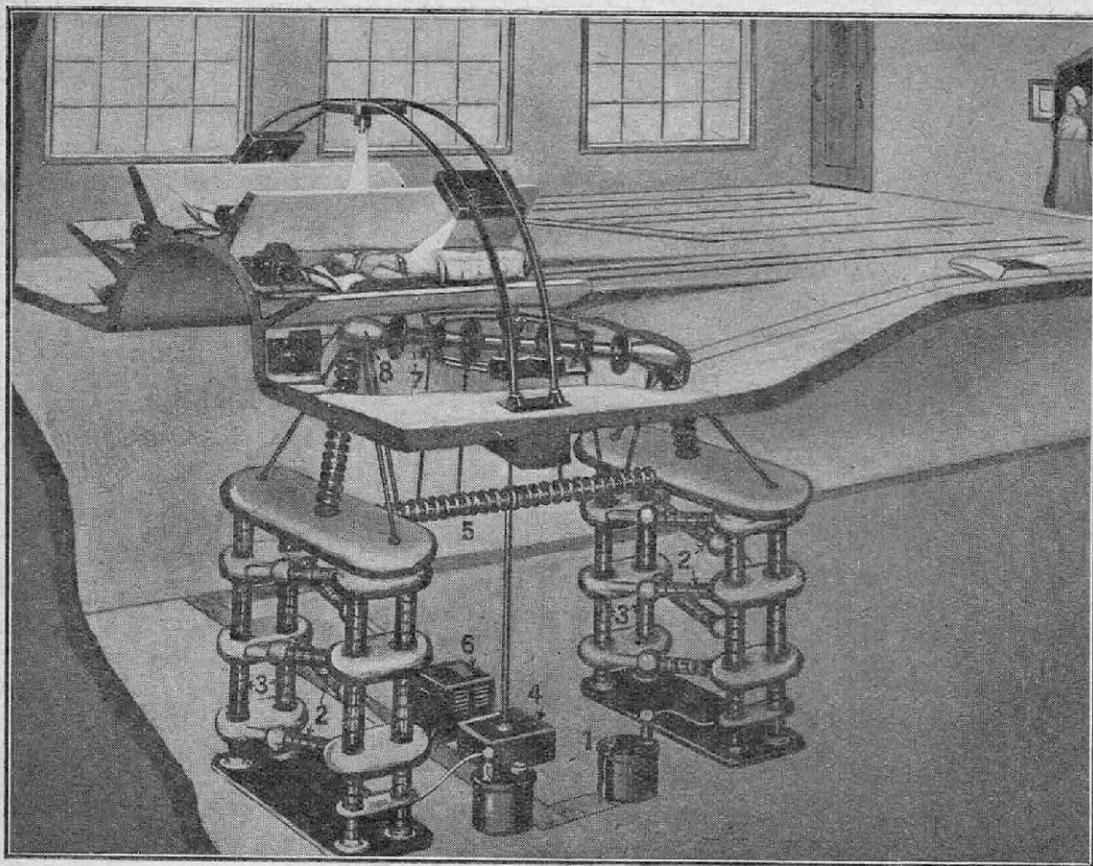


FIG. 5. — CROQUIS DE L'INSTALLATION POUR LE TRAITEMENT DU CANCER A L'INSTITUT DU CANCER D'AMSTERDAM

On aperçoit à la partie inférieure le générateur à haute tension pour 1 million de volts du type dit en cascade (1) avec : 1, transformateur à haute tension ; 2, valves redresseuses ; 3, condensateurs ; 4, réservoir d'huile avec pompe pour la réfrigération des résistances potentiométriques 5 (sur lesquelles sont branchés, en des points convenables, les organes de commande du tube à rayons X) et de l'anticathode ; 6, générateur à haute fréquence pour le chauffage des cathodes des valves. Le tube à rayons X 7 porte un écran en plomb autour de l'anticathode, écran percé de fenêtres 8 pour laisser passer les cônes de rayons utiles. Les malades sont installés de manière que la surface à irradier soit dans le cône lumineux donné par la lampe supérieure et qui correspond exactement à la surface couverte par le rayonnement X (d'après la Revue Philips.)

quences sont trop grandes, et la déviation est inappréciable. Mais il existe un moyen de réduire la distance apparente qui sépare deux traits consécutifs, c'est d'envoyer le rayonnement sous une incidence tout à fait « rasante », beaucoup plus encore que ne l'indique la figure schématique 6. Cette méthode, dite « du réseau tangent », n'est d'ailleurs efficace que pour certains rayons X, ceux qui sont voisins de l'ultraviolet (fig. 2) et, à plus forte raison, ceux qui se confondent avec ce dernier.

Quoi qu'il en soit, étant donné que les rayons X servent à mesurer les diamètres des atomes (2), l'emploi des réseaux lignés

(tracés de main d'homme) constitue un intermédiaire décisif, une vérification de premier ordre pour tous les renseignements que l'on avait déduits entre 1912 et 1927, ainsi que pour ceux qui ont été collationnés depuis.

Historiquement, la première méthode de décomposition des rayons X fut celle dite « du cristal tournant », imaginée en 1913 par William-Henry Bragg et son fils (1). L'année d'après, notre compatriote Maurice de Broglie reprit le même principe, en enregistrant le spectre total sur un film photographique circulaire (fig. 7). Ce spectro-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 446.

(2) Nous le montrerons dans un prochain article.

(1) Qui utilisaient, comme détecteur, une chambre d'ionisation (voir plus loin).

mètre repose sur une « propriété focalisatrice » importante, que l'on démontre géométriquement : lorsque la face d'entrée du cristal prend successivement deux directions différentes, une même radiation se réfléchit en deux endroits différents, mais vient se « focaliser » en une seule et même place *E F*. La figure 8 reproduit un spectre d'émission du tungstène, obtenu ainsi par de Broglie.

Comme dernier exemple, choisis parmi plusieurs autres, mentionnons la méthode de la lame cristalline courbe, proposée par le même savant, en collaboration avec F. A. Lindemann (1914). Il suffit de coller une lame de mica clivée sur un cylindre de bois de quelques centimètres de diamètre (fig. 9), pour pou-

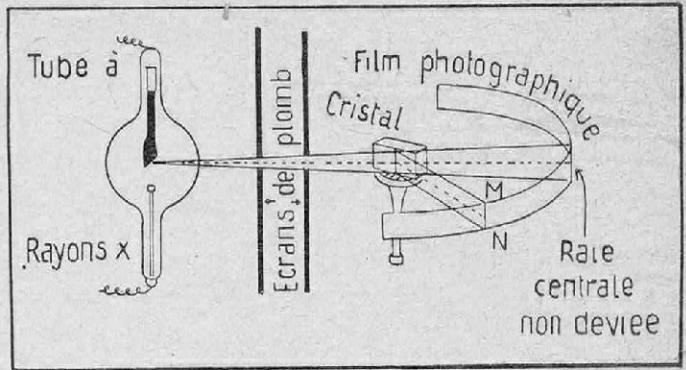


FIG. 7. — MÉTHODE DU CRISTAL TOURNANT

On fait tourner lentement le cristal (de sel gemme, par exemple) autour d'un axe vertical, et chaque radiation simple vient s'enregistrer sous forme d'une raie, telle que MN, sur le film.

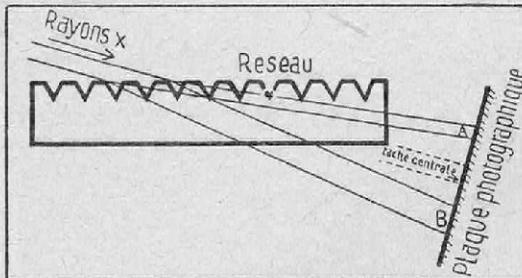


FIG. 6. — MÉTHODE DU RÉSEAU TANGENT

Chaque radiation simple, présente dans les rayons X incidents, produit deux taches A et B, symétriques par rapport à la tache centrale (prolongement du faisceau primitif.)

voir photographier d'un seul coup un spectre X étendu, sans qu'il y ait besoin de déplacer aucun organe mécanique.

Emission des rayons X

Le procédé le plus usuel (1) d'obtention des rayons X consiste à lancer un faisceau d'électrons rapides contre une cible (fig. 7, à gauche). On observe alors deux sortes de spectres, dont la figure 8 nous donne une idée :

(1) Une autre méthode consiste à produire des rayons X secondaires (ou rayons de fluorescence), car un faisceau primaire, tombant sur un solide, donne naissance à de nouveaux rayons X (qui, eux, sont exclusivement formés d'un spectre caractéristique, sans fond continu).

1° Un spectre continu (appelé également rayonnement indépendant ou général), dans lequel un large domaine de fréquences est représenté. Rappelons-nous qu'un atome quelconque est constitué par un infime noyau, entouré d'un nuage d'électrons. Bien que la théorie du « fond continu » ne soit pas encore achevée, les physiciens sont d'accord pour y voir une action de l'électron incident sur le noyau : autour de ce dernier, l'électron décrit une orbite hyperbolique, que l'on peut assimiler à un choc ; mais il y a lieu de tenir compte également du ralentissement, de la diffusion et de la diffraction, qui viennent se superposer à l'effet principal.

Le fond continu est limité du côté des hautes fréquences, par exemple, aux endroits marqués « bande Ag » et bande Br » de la figure 8, comme l'ont prouvé Duane et Hunt en 1915. Cette loi se comprend facilement, lorsqu'on connaît la définition de l'électron-volt et l'énergie des corpus-

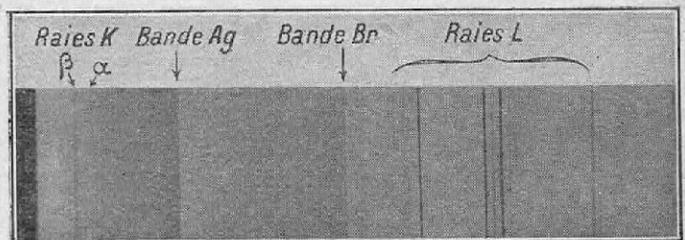


FIG. 8. — EXEMPLE DE SPECTRE X

Les raies fines, marquées $K\alpha$, $K\beta$ et L sont dues au tungstène du tube producteur de rayons X ; les bandes Br et Ag proviennent de l'absorption dans la couche de gélatinobromure d'argent du film photographique (fig. 7). Les fréquences décroissent de la gauche vers la droite (à partir de la raie centrale qui apparaît en noir à gauche sur le cliché).

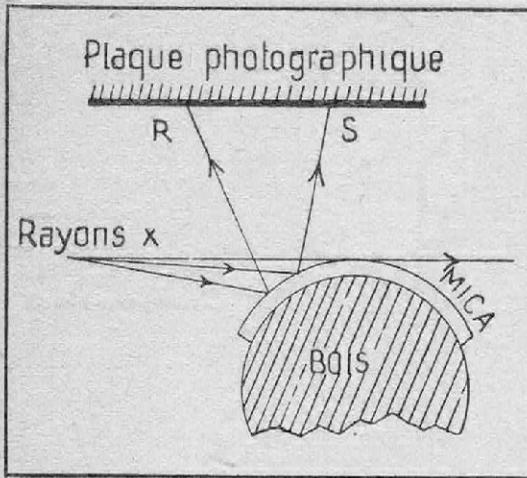


FIG. 9. — MÉTHODE DE LA LAME COURBE
Le spectre de rayons X se photographie automatiquement suivant RS.

cules (ou photons), qui forment les rayons X de diverses fréquences (fig. 2) :

a) L'électron-volt est l'énergie que possède un électron, lorsqu'il est soumis à une tension accélératrice d'un volt; cette énergie est, bien entendu, proportionnelle au nombre de volts que l'on applique;

b) Pour obtenir l'énergie d'un photon X, il suffit de multiplier sa fréquence par un facteur invariable, qui n'est autre que le célèbre « quantum d'action » ou « constante de Planck » (1). Ce facteur a pour valeur numérique :

$$0,004\ 152,$$

(1) Du nom du physicien allemand Max Planck (né en 1858), qui la découvrit en 1901.

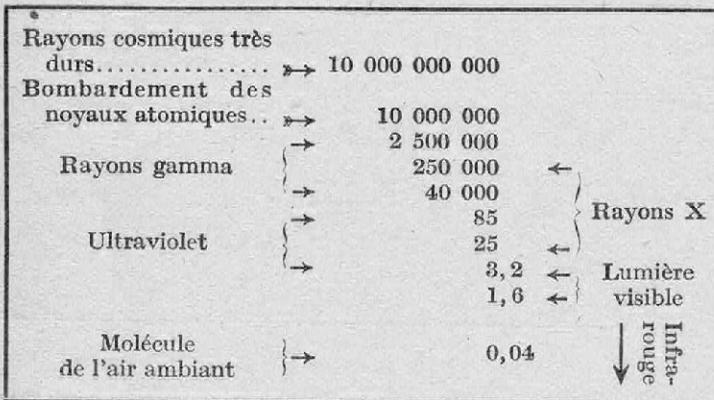


FIG. 10. — L'ÉNERGIE DES DIVERS PHOTONS X

Les rayons X sont à mi-chemin entre les rayons cosmiques très pénétrants et les molécules de l'atmosphère, dont les contacts avec notre épiderme sont interprétés par nous comme une température.

lorsqu'on choisit comme unité de fréquence le milliard de kilocycles (et comme unité d'énergie l'électron-volt). Le tableau de la figure 2 se trouve alors remplacé par celui de la figure 10, où l'on a mentionné diverses autres énergies intéressantes, qui servent de point de repère.

Ceci posé, on conçoit sans peine qu'un électron, freiné, ne pourra jamais produire un photon X, dont l'énergie serait plus grande que la sienne propre; d'où la limite brusque à laquelle nous venons de faire allusion. Les courbes de la figure 11 donnent les intensités d'émission pour le tung-

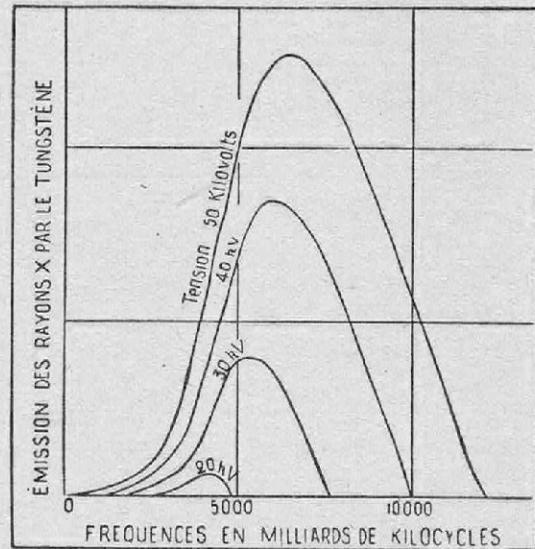


FIG. 11. — SPECTRE CONTINU DES RAYONS X

Ce spectre est brusquement limité vers les hautes fréquences (fig. 8). Lorsque la tension appliquée au tube augmente, les intensités s'accroissent dans de très fortes proportions, et le maximum se déplace vers les fréquences élevées. (On dit que le rayonnement devient de plus en plus « dur »).

stène (1); chacune des courbes concerne une certaine tension fixe, appliquée au tube. La fréquence, qui correspond à la plus grande intensité, est d'autant plus haute que la tension l'est elle-même (2).

(1) Métal constamment employé dans la pratique, à cause de sa température de fusion très élevée (3.380° C).

(2) Les intensités sont mesurées à la chambre d'ionisation (voir plus loin), après étalement en spectre : la température joue alors un rôle

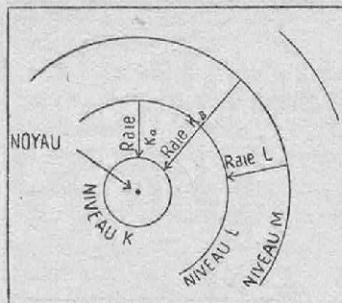


FIG. 12. — MÉCANISME DE L'ÉMISSION DES RAIES X CARACTÉRISTIQUES

La figure représente un noyau de tungstène, avec son nuage, qui a, en tout, six niveaux d'énergie. Un électron du niveau K a été délogé par choc, jusqu'au niveau L, par exemple; il ne tarde pas à retomber de L en K, ce qui produit l'émission de la raie $K\alpha$ (fig. 8).

il peut aussi être seulement dérangé. Le choc se borne alors à faire passer l'électron d'un certain niveau (fig. 12) à un autre, d'énergie plus considérable :

$K \rightarrow L$ $K \rightarrow M$ $L \rightarrow M$, etc., puis cet électron retombe sur le niveau primitif en émettant une raie de fréquence bien déterminée (fig. 8).

Voilà, résumées, pour ainsi dire, en style télégraphique les idées maîtresses de la théorie de Bohr, proposée dès 1913 et sans cesse perfectionnée par les développements de la mécanique ondulatoire.

La figure 12 se rapporte au tungstène, métal avec lequel sont fabriqués les « obstacles » disposés à l'intérieur des tubes à rayons X. Il était important de préciser ce que deviennent ces raies caractéristiques lorsque, au lieu du tungstène, on emploie un des 92 corps simples, dont la classification a été ébauchée en 1869 par Dimitri Mendéléïeff.

Comme l'a montré expérimentalement, en 1913, le jeune physicien anglais Henry-Gwyn-Jeffreys Moseley (né en 1888, tué aux Dardanelles en 1915), les raies homologues se déplacent de façon comparable à celui que nous venons de reconnaître à la tension électrique.

(1) Une tension de 50 000 volts produit une vitesse de 120 000 km/s; une tension de 20 000 volts, 80 000 km/s (fig. 11).

2° Un spectre caractéristique, différent pour chaque élément, formé de raies fines (fig. 8) et prenant naissance dans le nuage électronique qui entoure le noyau.

Lorsqu'un électron rapide(1) heurte un électron du nuage, ce dernier électron peut être complètement expulsé de l'atome; mais

cent régulièrement avec le nombre atomique de l'élément émetteur, suivant une loi dont la figure 13 donne une idée. La « loi de Moseley » est précisée par les graphiques de la figure 14, où l'on se rappellera que « le nombre atomique » n'est pas autre chose que le nombre des électrons du nuage électronique de l'atome neutre; extrapolée jusqu'à l'hydrogène (nombre atomique = 1), cette loi redonne le spectre optique de ce gaz, avec les raies qu'il émet dans un tube luminescent; et c'est là une nouvelle liaison entre la lumière et les rayons X. Il convient également de ne pas oublier que c'est l'interprétation des immortels travaux de Moseley sur les rayons X (1), qui permet de donner sa forme définitive à la classification des atomes.

Au point de vue pratique, les rayons X caractéristiques sont à la base d'une méthode d'identification des constituants élémentaires d'un mélange complexe. En mesurant l'intensité des raies, ils fournissent même des renseignements quantitatifs sur les proportions des éléments présents. Ils rendent des services dans l'étude de diverses questions encore controversées, telles que la cause de durcissement des aciers ou l'influence de diverses impuretés (métalliques ou métalloïdiques) sur les propriétés des alliages. C'est là un nouvel exemple des retentissements techniques de la recherche désintéressée, qui conduit à des résultats précieux sur des problèmes où tous les autres procédés connus avaient échoué.

(1) Travaux complétés notamment par le Suédois Karl-Manne Siegbahn. (Voir *La Science et la Vie*, n° 113, pages 359-360).

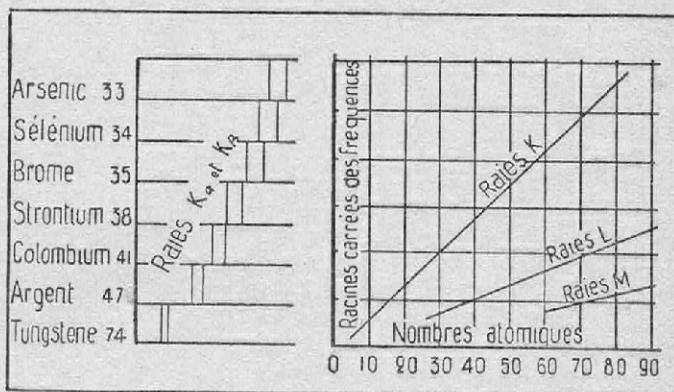


FIG. 13 ET 14. — A GAUCHE VARIATION DES FRÉQUENCES D'ÉMISSION DES RAYONS X ET, A DROITE, LOI DE MOSELEY

Les rayons X émis changent de fréquence suivant la nature des obstacles opposés au choc des électrons incidents. A droite, la loi de Moseley montre, avec une précision surprenante, que les racines carrées des fréquences sont proportionnelles aux nombres atomiques des éléments qui constituent « l'obstacle ».

Diffusions des rayons X

Nous serons très bref sur cette question, pour les raisons que nous dirons dans un instant.

Quand un rayonnement X frappe un corps matériel, une portion de son énergie, qui n'est ni absorbée, ni transmise, est renvoyée *dans toutes les directions* (1). Ce phénomène de diffusion a une grosse importance pratique, soit en radiothérapie, soit par le voile très gênant qu'il proyoque, à moins de précautions spéciales, sur les clichés photographiques. Ajoutons d'ailleurs que c'est par l'étude de la diffusion (1916-1918) que l'Anglais Ch. G. Barkla obtint, pour la première fois, une information sur les nombres d'électrons contenus dans les atomes.

1° Une partie de la radiation primaire se retrouve *sans changement* de fréquence après cet éparpillement : c'est la diffusion « première manière », dont la théorie — très mathématique d'ailleurs — a été développée successivement par l'Anglais Joseph-John Thomson (1900) et par le Hollandais Pieter Debye (1915) ;

2° Une autre partie est diffusée avec *diminution* de fréquence : c'est l'effet Compton (1923), dont nous avons reparlé tout dernièrement (2) et dont l'explication exige l'aide de la théorie des quanta.

Absorption et effet photoélectrique

L'énergie d'un faisceau de rayons X disparaît de deux façons différentes : d'une part, en se diffusant (3), et d'autre part, en communiquant aux électrons atomiques une certaine vitesse ; c'est l'effet photoélectrique, auquel se rattache (en partie) l'ionisation, dont nous dirons quelques mots en terminant, à cause de son importance expérimentale.

L'absorption s'accroît avec l'épaisseur suivant une « loi exponentielle » : il n'y a là rien de mystérieux, puisque c'est ainsi qu'augmentent les intérêts composés. Ce résultat est même, si l'on peut dire, *évident*, puisqu'on y parvient, tout simplement, en écrivant que chaque couche d'un millimètre (par exemple) élimine *la même* fraction de l'énergie qui tombe sur cette couche.

(1) Nous laissons donc ici de côté (pour y revenir prochainement) le cas où l'obstacle est de nature cristalline (empilements ordonnés d'atomes) : il y a alors diffusion dans certaines directions privilégiées (ou « diffraction »).

(2) *La Science et la Vie*, n° 264, pages 458 et 456.

(3) Comme on vient de le voir, et nous n'y revenons plus.

Deux points retiendront notre attention. Le premier, c'est que les spectres d'absorption rappellent à la fois le spectre continu d'émission et le spectre des raies caractéristiques (d'émission également). L'absorption s'étend, en effet, sur un large domaine, et, de plus, elle cesse brusquement pour une fréquence, qui obéit à nouveau à la loi de Moseley, quand on passe d'un élément chimique à un autre. On s'en rend compte par un nouveau coup d'œil sur le cliché de la figure 8, qui concerne le brome et l'argent : c'est Maurice de Broglie qui montra, dès 1913, en se servant du cristal tournant (fig. 7), que le spectre continu photographié présente des coupures brusques (appelées « discontinuités d'absorption »), de telle sorte que le phénomène d'absorption sélective débute par une fréquence qu'il est ainsi possible de déterminer avec une grande précision (1).

La seconde question primordiale relative à l'absorption se rapporte à sa variation, lorsque l'on remplace un élément par un autre de la classification de Mendéléïeff. Notons, tout d'abord, que l'absorption des rayons X est, essentiellement, une *propriété atomique* : ce qui signifie qu'elle ne dépend pas de l'état de combinaison chimique (le bromure d'argent a la même influence que si l'on avait affaire à un mélange, dans les mêmes proportions, de brome liquide et d'argent métallique). En 1914 fut énoncée la loi de W. H. Bragg et S. E. Pierce, selon laquelle le coefficient d'absorption par unité de masse est proportionnel au cube du nombre atomique (2) : à masses égales, le plomb (82) est 70 fois plus absorbant que le calcium (20), et celui-ci 40 fois plus absorbant que le carbone (6). La théorie du phénomène a été édiflée par Louis de Broglie (1922), puis par A. H. Kramers (1923). C'est sur ce fait que repose l'ensemble du radiodiagnostic (radioscopie et radiographie).

Les applications à l'étude des matériaux et à la prospection des hétérogénéités (constructions navales, chaudières, soudures, etc.) ont pris une grande extension en métallurgie ; il existe même des installations portatives de rayons X, dont l'utilisation

(1) Puisque l'angle de déviation est inversement proportionnel à la fréquence correspondante, ainsi qu'on l'a dit plus haut.

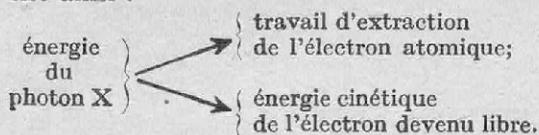
(2) Cette loi ne s'applique qu'entre les discontinuités K, L, ... Les mêmes savants ont également découvert que ce coefficient varie en raison inverse du cube de la fréquence. (Les rayons de grande fréquence ou « rayons durs » sont moins absorbables que les « rayons mous ».)

est souvent nécessaire. Mentionnent également l'examen des tableaux peints à l'huile (1), les analyses quantitatives des mélanges de sels et la prévision des proportions de cendres que donneront les combustibles industriels.

Ce qui distingue, par-dessus tout, la diffusion de l'absorption, c'est que :

1° Dans le premier cas, les rayons X restent rayons X, soit avec la même fréquence (diffusion première manière, diffraction par les cristaux,...), soit avec une fréquence légèrement moindre ;

2° Dans le deuxième cas, l'énergie du rayonnement X est transformée en autre chose (2). La loi du phénomène est due à Albert Einstein (1905), qui montra alors la nécessité de la présence de grains de lumière (ou photons) ; cette loi se schématise ainsi :



L'électron ainsi libéré est appelé « photoélectron », car il s'agit d'un effet photoélectrique par rayons X, identique, en principe, à celui qui sert de base aux photo-

(1) Tel est le cas d'un portrait de Rembrandt par lui-même (Musée de Kassel), qui s'est révélé avoir été peint sur le portrait d'une vieille femme. Les rayons X, qui ont rendu déjà de nombreux services aux critiques d'art, seront sûrement de plus en plus employés dans cette branche.

(2) Sauf, toutefois, lorsque le photon X primaire ne fait que perturber (exciter) l'atome, sans l'ioniser : le retour à l'état normal est accompagné de l'émission d'un photon X secondaire (phénomène de fluorescence), et ce photon n'a rien de commun avec le premier. En outre, le photon secondaire peut être arrêté à la périphérie de l'atome lui-même, qui s'ionise alors par le départ d'un électron tertiaire (Pierre Auger, 1931) : c'est l'effet photoélectrique composé.

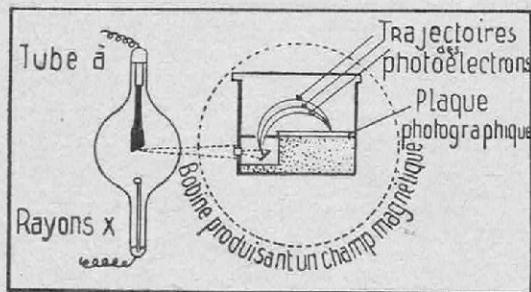


FIG. 15. — LES SPECTRES CORPUSCULAIRES MAGNÉTIQUES (MAURICE DE BROGLIE, 1920)

En tombant sur le récepteur, les rayons X expulsent des électrons. Le champ magnétique a pour effet de diriger tous les électrons de même vitesse en un même point de la plaque : chaque vitesse s'enregistre sous forme d'une raie.

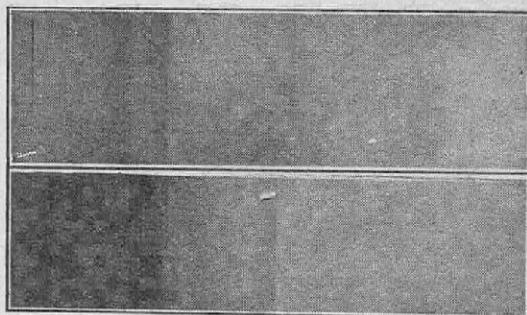


FIG. 16. — CLICHÉS OBTENUS PAR DE BROGLIE Les raies sont dues à des photoélectrons issus d'une lame d'argent (récepteur de la figure 15).

cellules, pour la télévision et les films sonores (1).

La loi d'Einstein, formulée ci-dessus, peut également se lire de droite à gauche, ce qui donne :



c'est tout simplement la production des rayons X par choc d'un électron sur un obstacle (2) : émission X et effet photoélectrique sont deux phénomènes inverses, représentant l'interaction de la matière et du rayonnement.

La vérification expérimentale de la loi d'Einstein a été menée à bien par Maurice de Broglie, en 1920 ; elle a apporté une confirmation à la théorie de la relativité restreinte, qui pose en principe que la masse doit varier avec la vitesse, lorsque celle-ci s'approche de la vitesse de la lumière.

L'appareil de de Broglie est reproduit sur notre figure 15 ; il utilise cet effet du champ magnétique, suivant lequel les électrons en mouvement se mettent à y décrire des circonférences, et on s'arrange pour mettre à profit une nouvelle « propriété focalisatrice », telle que tous les électrons, expulsés du récepteur (une lame d'argent, pour fixer les idées), viennent se concentrer en un point à la condition qu'au départ ils aient été émis avec la même vitesse ; deux électrons de vitesses différentes parviendront à des endroits distincts. Les clichés ont alors l'apparence de la figure 16. Cette méthode donne une confirmation, indépendante et sûre, des résultats tirés des spectres X et relatifs soit à la loi de Moseley, soit à la théorie de Bohr (niveaux d'énergie à l'intérieur des atomes).

(1) Nouvelle analogie entre la lumière et les rayons X.

(2) Nous avons fait implicitement allusion à la loi d'Einstein à propos de la brusque limite du fond continu (fig. 11).

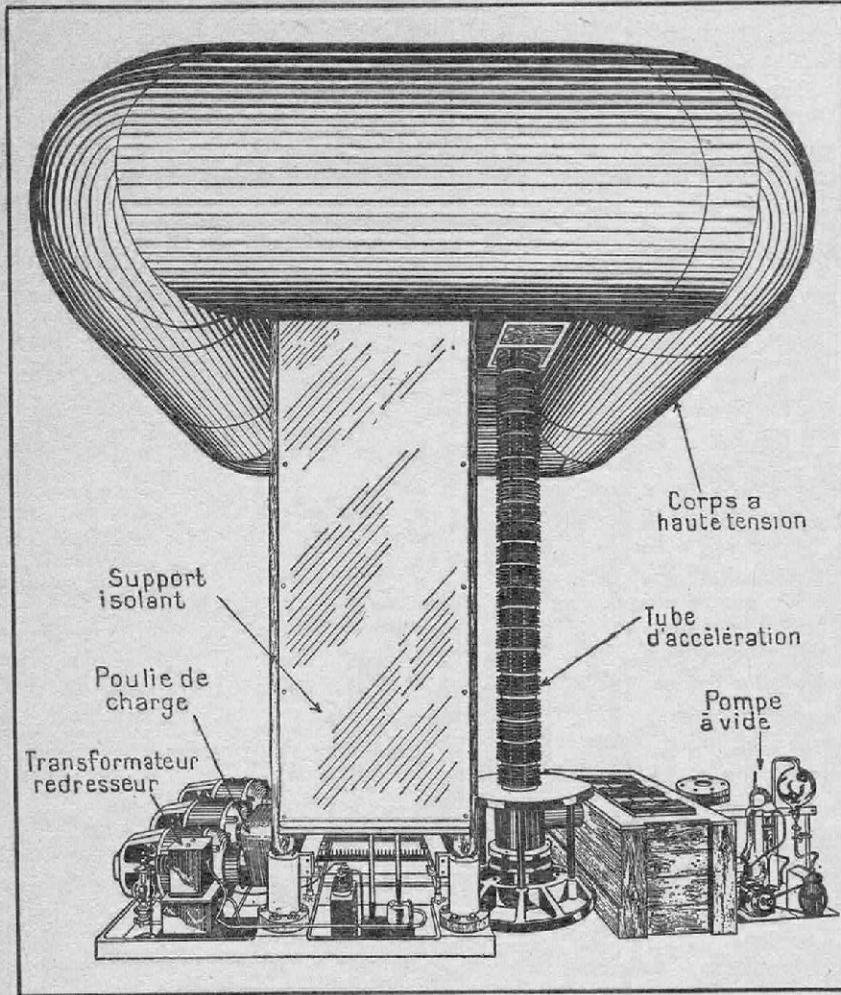
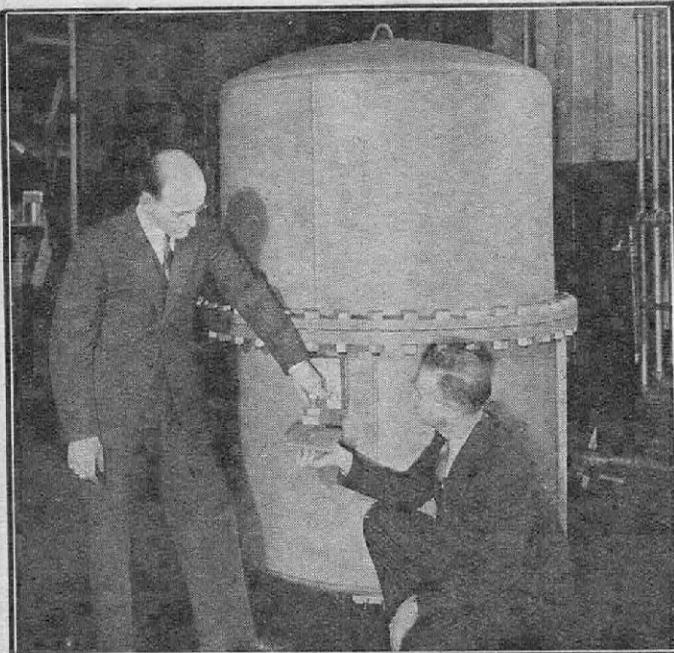


FIG. 17. - APPAREILS A RAYONS X FONCTIONNANT SOUS UN MILLION DE VOLTS POUR LE TRAITEMENT DU CANCER

En haut, le gigantesque générateur électrostatique réalisé par le Massachusetts Institute of Technology et installé au Huntington Memorial Hospital de Boston. Le corps métallique à haute tension recueille les charges transportées par des courroies isolantes. Il est supporté par une colonne isolante de 3 m de haut. L'appareil à rayons X proprement dit est constitué par le tube d'accélération que parcourent les électrons émis par un filament à la partie supérieure. Ces électrons frappent une cible en plomb, au potentiel zéro, qui émet à son tour les rayons X. La chambre de traitement est à l'étage inférieur. En bas, le nouveau générateur construit par la General Electric Company pour le Memorial Hospital de New York; pour une puissance comparable, il ne mesure que 1 m 20 de diamètre et 2 m de haut. On voit, à droite, le tube d'accélération introduit au centre d'un transformateur spécial à résonance. L'isolement est assuré par un gaz sous pression (dichlorodifluorométhane).



L'effet photoélectrique des rayons X est gros de conséquences pratiques :

1° C'est lui qui est à la base des actions photographiques de ces rayons ; il est utilisé dans les écrans radioscopiques (platino-cyanure de baryum) et dans les écrans renforceurs (tungstate de calcium) des techniques radiographiques ;

2° Il intervient au premier chef dans les propriétés physiologiques du rayonnement X. On sait que tous les organismes sont tués à la longue et que les premiers opérateurs ont contracté des radiodermites très graves, qui leur ont parfois coûté la vie. La radiothérapie s'applique principalement aux néoplasmes (tissus jeunes sans avoisinants) ; elle permet de guérir la teigne, de réaliser la stérilisation ovarienne et de lutter, avec des succès encore indécis et irréguliers, contre les tumeurs et les lésions cancéreuses.

Ionisation par rayons X

Nous avons vu, au cours de cet exposé, que, quand un atome reçoit le choc de photons X, on voit notamment se produire :

1° Un nouveau photon X (1) :

a) Identique au premier (diffusion première manière) ;

b) Peu différent du premier (diffusion seconde manière ou effet Compton) ;

c) Sans rapport direct avec le premier (photon secondaire ou « fluorescence »).

2° Un électron expulsé de l'atome.

C'est de ce deuxième phénomène, dénommé « ionisation », que nous dirons encore quelques mots en terminant.

(1) Lequel peut, naturellement, provoquer les mêmes effets que le premier, ce qui n'est pas pour simplifier le problème...

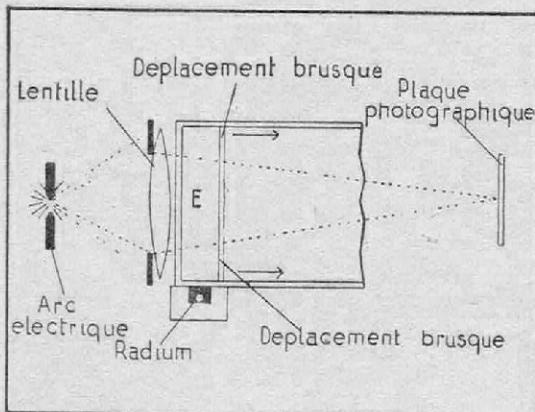


FIG. 18. — LA « CHAMBRE HUMIDE » DE C. T. R. WILSON (1912)



FIG. 19. — IONISATION DES GAZ PAR LES RAYONS X

Ces trajectoires enchevêtrées sont celles d'électrons, qui condensent sur leur passage d'infimes gouttelettes d'eau, dès que l'on fait agir le rayonnement X (venant de la droite). Bien noter que c'est une photographie directe à la chambre de Wilson (fig. 18).

Il existe une méthode admirable — « la plus belle expérience du monde » — pour déceler les centres électrisés qui se meuvent dans un gaz : la « chambre humide » (1912) du physicien anglais Charles-Thomson-Rees Wilson (né en 1869), qui met en évidence (lorsqu'on produit la détente de la vapeur d'eau sursaturée) les « trajectoires de brouillard » de ces corpuscules (hélium, électrons, positrons, diploons, etc.). Notre figure schématique 18 se rapporte au cas où les projectiles sont émis par une parcelle de radium, mais ils peuvent aussi bien prendre naissance dans le gaz lui-même, sous l'influence d'un faisceau de rayons X, primitivement intercepté par un épais écran de plomb.

L'examen de clichés, tels que celui de la figure 19, a été fertile en enseignements de toutes sortes : longueur et épaisseur des traits, courbures, coudes brusques, etc. Il nous est impossible d'insister ici davantage, sans sortir du cadre d'un article que nous avons voulu à la fois élémentaire et synthétique.

Il convient également de signaler que c'est par l'ionisation que débutèrent les mesures d'intensités des rayons X (W. H. et W. L. Bragg, 1913) : en imaginant la méthode du cristal tournant (fig. 7), ils n'employaient pas un film circulaire (Maurice de Broglie, 1914), mais ils déplaçaient une « chambre d'ionisation », essentiellement constituée

par deux plateaux de condensateur, entre lesquels on applique une tension électrique. Le courant, qui passe dans l'air (ou dans le vide), dépend du nombre des centres électrisés mis en liberté par le passage du rayonnement X et se mesure par des appareils très sensibles.

En 1924, Alexandre Dauvillier insistait sur les horizons que la découverte de Röntgen et les expériences de ses continuateurs nous ouvrent : « Des applications nouvelles, disait-il, insoupçonnées à l'heure actuelle, peuvent surgir, qui n'attendent, pour se révéler, que la création de tubes susceptibles de fournir des rayonnements aussi pénétrants que le sont certains rayons gamma. Ne pourrait-on, par exemple, avec de telles sources, reproduire en grand l'expérience de Wilson et provoquer la pluie artificielle dans certaines conditions météorologiques favorables ? Ne pourrait-on aussi diriger, dans l'atmosphère, des faisceaux de rayons X très pénétrants et assez intenses pour rendre conductrice une immense colonne d'air

ionisé, qui, jouant le rôle d'une antenne de T. S. F. de plusieurs kilomètres de hauteur, aurait une énorme portée ? Elle serait invisible de jour, mobile, indestructible, et remplacerait les formidables constructions actuelles. De tels faisceaux pourraient aussi devenir des engins de guerre redoutables, par leur pouvoir nocif sur l'homme et leur faculté de court-circuiter à distance les circuits électriques, comme ceux des magnétos. Ils servent peut-être un jour à l'éclairage public, en créant dans le ciel d'immenses aurores boréales artificielles, dues à la recombinaison des ions ». Le lecteur qui aura suivi la présente étude, où les diverses applications ont été relatées à leur place rationnelle, ne manquera pas de penser que ces « rêves » sont restés à l'ordre du jour ; les rêves actuels concernent plutôt les noyaux atomiques et les formidables réserves d'énergie, qui s'y cachent et dont nous ne savons pas encore profiter. Mais qu'on ne vienne pas accuser les savants de manquer d'imagination !

MARCEL BOLL.

Il y a un peu plus d'un siècle que Kützing émit le premier l'hypothèse que la transformation de liqueurs alcooliques en vinaigre était due à l'action d'organismes vivants, et c'est entre 1855 et 1865 que Pasteur démontra le rôle des bactéries transportées par l'air et les poussières dans de nombreuses fermentations d'apparence spontanées. Il y a quelques mois, le Dr A. C. Thaysen soulignait, devant la Society of Chemical Industry, en Angleterre, les immenses ressources que pourrait apporter à l'ingénieur chimiste l'utilisation systématique des microorganismes vivants dans de très nombreuses fabrications. Il arrive, en effet, fréquemment que certaines réactions qui exigent de grands efforts si on veut les réaliser par les méthodes ordinaires de la chimie, sont effectuées d'une manière très simple par des méthodes bactériologiques. Tel est, par exemple, le problème de la fixation de l'azote atmosphérique, qui n'a pu être résolu industriellement qu'après des années de recherches et en faisant appel aux hautes températures et aux hautes pressions, alors que les bactéries du sol effectuent cette opération sans que nous ayons à intervenir. D'autres bactéries assurent la purification des eaux usées des grandes villes (1), en même temps qu'elles peuvent fournir un gaz combustible, capté effectivement dans certaines stations où il alimente des moteurs. Il existe un nombre très élevé d'espèces de bactéries douées de propriétés très variées et susceptibles par conséquent de transformer de très nombreuses substances en donnant naissance à des composés inédits. Cette nouvelle chimie microbiologique est assurée, d'après le Dr Thaysen, d'un grand développement dans un avenir prochain. Si l'on pense qu'une seule cellule, dans des conditions favorables et convenablement alimentée, pourrait donner naissance, en cinq jours, à une masse de matière vivante pesant autant que la Terre, on imagine la puissance de l'arme nouvelle à la disposition des chimistes industriels.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 170, page 162. C'est le procédé dit d'activation des boues qui consiste à effectuer artificiellement, et dans un temps beaucoup plus court, le travail de la nature. Les boues subissent, dans des « digesteurs », une réaction bactériologique à l'abri de l'air ; le gaz qui se dégage contient environ 75 % de méthane combustible.

LA RADIODIFFUSION SANS PARASITES GRACE A LA MODULATION EN FRÉQUENCE

Par André LAUGNAC

La radiodiffusion, en dépit de tous les perfectionnements nouveaux que chaque jour la science et la technique lui apportent, tant à l'émission qu'à la réception, reste, hélas ! bien souvent très éloignée de la perfection. Les récepteurs même les plus modernes ne peuvent que rarement nous procurer des auditions de « haute fidélité », seulement pour les émissions relativement proches et puissantes. Nous pouvons grouper en quatre catégories, suivant leur nature, les facteurs qui nuisent à la qualité des réceptions telles que nous devrions pouvoir les obtenir de tout récepteur de conception et fabrication soignées.

1° Les bruits parasites d'origines industrielle et atmosphérique. Ils nous obligent à réduire l'amplification bien en dessous des possibilités de la technique ;

2° Les conditions de propagation qui affectent inégalement les « bandes latérales de la modulation » (voir fig. 1). Le fading sélectif introduit, particulièrement en onde courte, une distorsion désagréable ;

3° Le bruit de fond, qui prend naissance dans le circuit d'entrée et la première lampe de tout amplificateur ; ce bruit de fond est dû

à une agitation électronique désordonnée ;
4° Les interférences dues au trop grand encombrement de l'espace par un nombre sans cesse croissant d'émetteurs puissants.

On peut, certes, lutter (1) contre ces effets néfastes : par l'accroissement de la puissance utile rayonnée par les antennes d'émission (antennes antifading), par l'usage de collecteurs d'onde antiparasites, etc... mais les résultats demeurent imparfaits.

On lutte en particulier contre les interférences en utilisant des circuits très sélectifs, mais la reproduction des fréquences audibles les plus aiguës est alors compromise ; la seule solution efficace qu'on puisse leur opposer est la suppression pure et simple de la moitié des émetteurs ;

ceux qui subsisteraient pourraient alors disposer de la marge de fréquence indispensable à des émissions de « haute fidélité ». C'est une solution qu'aucun Etat ne voudrait envisager, aussi mieux vaut ne pas nous y attarder.

Le major Armstrong, aux Etats-Unis, expérimente depuis quelque temps, un nou-

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 259, page 82, n° 257, page 420 et n° 261, page 240.

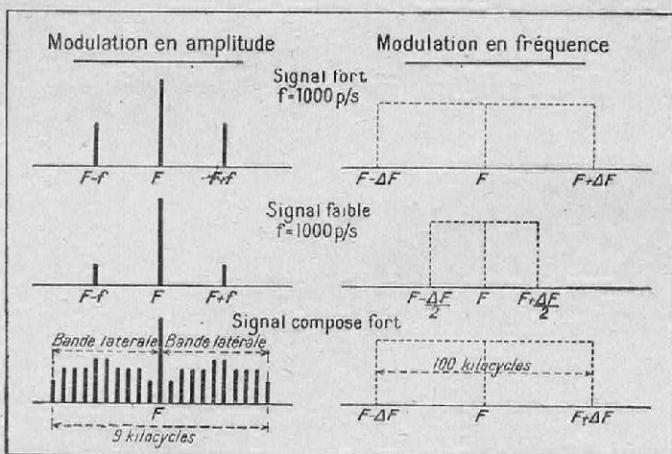


FIG. 1. — RÉPARTITION DES FRÉQUENCES POUR LES ONDES MODULÉES EN AMPLITUDE (A GAUCHE) ET EN FRÉQUENCE (A DROITE)

En haut, cas d'un signal fort de fréquence 1000 p/s : l'onde porteuse de fréquence F est encadrée de deux ondes de fréquences $F + f$ et $F - f$ dans le cas de la modulation en amplitude ; dans celui de la modulation en fréquence, l'émission couvre une bande dont la largeur, déterminée par les caractéristiques de l'émetteur, varie avec l'intensité du signal. Au milieu, cas d'un signal faible de même fréquence : les ondes latérales sont d'amplitude réduite (à gauche) et la bande de modulation s'est rétrécie (à droite). En bas, cas d'un signal composé, montrant les bandes latérales couvrant au total 9 kilocycles dans le cas de modulation en amplitude ; à droite, le système de modulation en fréquence du major Armstrong utilise des bandes de modulation couvrant au total 100 kilocycles.

veau système de modulation : la « modulation en fréquence ». Ce système présente un intérêt considérable puisqu'on lui prête la propriété de supprimer presque totalement les effets néfastes des bruits parasites et des conditions défavorables de propagation. L'expérience a montré que, dans des conditions particulièrement défavorables du point de vue des parasites atmosphériques, la réception d'un émetteur de 2 kW modulé en fréquence et distant de 100 km était meilleure que celle d'un émetteur normal de 50 kW situé à 50 km seulement. Malheureusement, ce nouveau procédé de modulation présente certains inconvénients par suite de sa complexité, d'une part, et de la largeur excessive du spectre de fréquence qui lui est nécessaire : il met, en effet, en jeu une bande de fréquence de l'ordre de 100 000 périodes/seconde de largeur, ce qui en interdit actuellement l'emploi dans les bandes de radiodiffusion

dites « petites et grandes ondes », mais on peut en envisager l'application dans le domaine des ondes courtes et surtout ultra-courtes.

Qu'est-ce que la modulation en fréquence ?

Moduler en fréquence une onde porteuse, à l'aide d'un courant de fréquence audible, signifie que ce courant audible sera utilisé pour provoquer des variations de la fréquence autour de sa valeur normale ; dans le système habituel de modulation en amplitude, comme son nom l'indique, c'est une variation d'amplitude de l'onde porteuse qui était utilisée. Les représentations schématiques ci-dessus nous montrent comparativement :

A) une onde modulée profondément en amplitude par une fréquence audible $f = 1\,000$ p/s, par exemple (profondeur de modulation 100 %) ;

B) La même onde modulée moins pro-

fondément en amplitude par la fréquence $f = 1\,000$ p. s (profondeur de modulation 50 %) ;

c) Une onde modulée profondément en fréquence avec amplitude constante ;

D) La même onde modulée moins profondément en fréquence.

Nous savons (fig. 1) que, dans la modulation habituelle en amplitude, toute onde de fréquence F modulée par une note simple de fréquence f peut être décomposée en deux fréquences latérales $F+f$ et $F-f$ et une fréquence porteuse F d'amplitude constante. La « force » de la note, ou mieux la profondeur

de modulation, est définie par l'amplitude des fréquences latérales. Au contraire, une onde modulée en fréquence, à amplitude constante, ne comporte plus, à tout instant, qu'une fréquence unique mais qui varie sans cesse, et c'est la valeur de ce glissement de fréquence qui définit la profondeur de modulation. Si le

glissement est faible, le signal audible sera faible ; si le glissement est vaste, le signal sera fort. Dans le système de modulation en fréquence qu'utilise Armstrong, ce glissement de fréquence atteint 100 000 p/s pour les sons très forts. Une onde modulée en fréquence occupe donc un spectre de fréquence onze fois plus large que celui concédé officiellement aux émissions radiophoniques en petites et grandes ondes. On peut, évidemment, utiliser un glissement maximum de fréquence beaucoup plus faible, mais le système, perdant en partie ses propriétés antiparasites, perd aussi tout intérêt pratique.

L'émission

La modulation en fréquence d'une onde porteuse pose un problème nouveau pour les radioélectriciens : il peut être résolu très simplement, en apparence du moins, en connectant directement aux bornes du cir-

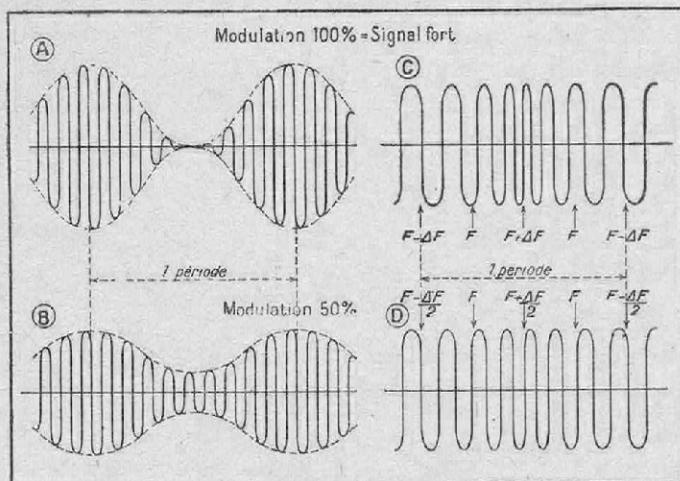


FIG. 2. — REPRÉSENTATION DE L'ONDE ÉMISE PAR UN ÉMETTEUR MODULÉ EN AMPLITUDE (A GAUCHE) ET UN ÉMETTEUR MODULÉ EN FRÉQUENCE (A DROITE)

A et C, cas d'un signal fort ; B et D, cas d'un signal faible.

cuit oscillant de l'oscillateur pilote un microphone condensateur analogue à ceux qui, il y a quelques années, étaient utilisés dans plusieurs émetteurs de radiodiffusion. Les variations de capacité entre le diaphragme élastique et l'électrode rigide, sous l'influence des ondes sonores, feront varier la fréquence de l'oscillation haute fréquence de part et d'autre de la valeur qu'elle aurait en période de silence. L'énergie haute fréquence recueillie à la sortie de ce premier étage devrait être rayonnée par l'antenne. Un tel procédé de modulation présente l'avantage d'une grande simplicité de principe, mais il possède aussi certains inconvénients qui le rendent inutilisable pour l'exploitation d'un émetteur moderne destiné à la radiodiffusion : il lui manque deux qualités indispensables : la souplesse d'exploitation et la stabilité rigoureuse de la longueur d'onde. Ces inconvénients sont évidents, si l'on remarque qu'il ne peut être fait usage d'aucun des traducteurs électro-acoustiques auxquels de nombreuses années d'efforts ont apporté un grand nombre de perfectionnements : microphones et pick-up électrodynamiques ou piézoélectriques, lecteurs de bande sonore de films, etc... ainsi que de toutes les combinaisons électriques ou acoustiques indispensables telles que l'utilisation simultanée de plusieurs microphones avec possibilité pour l'opérateur d'en doser les puissances relatives, le contraste, la durée de réverbération sonore, suivant qu'il le juge nécessaire.

D'autre part, la longueur d'onde porteuse ne peut être maintenue rigoureusement constante puisque le maître oscillateur ne comporte pas de quartz piézoélectrique. Nous ne sommes donc pas surpris de constater que,

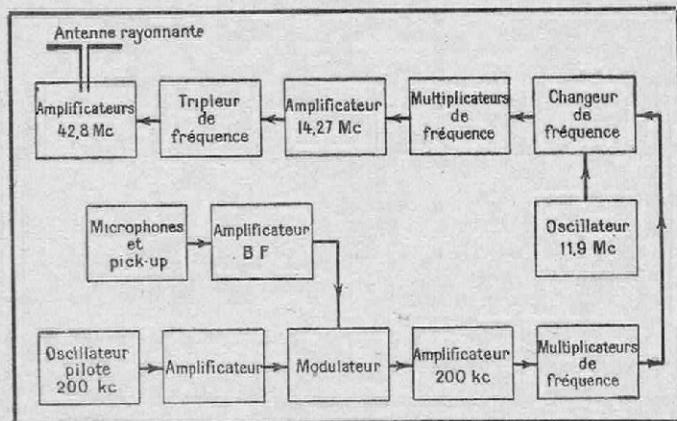


FIG. 3. — SCHÉMA DE PRINCIPE TRÈS SIMPLIFIÉ D'UN ÉMETTEUR SUR 42,8 MÉGACYCLES AVEC MODULATION EN FRÉQUENCE (STATION D'ALPINE, ÉTATS-UNIS)

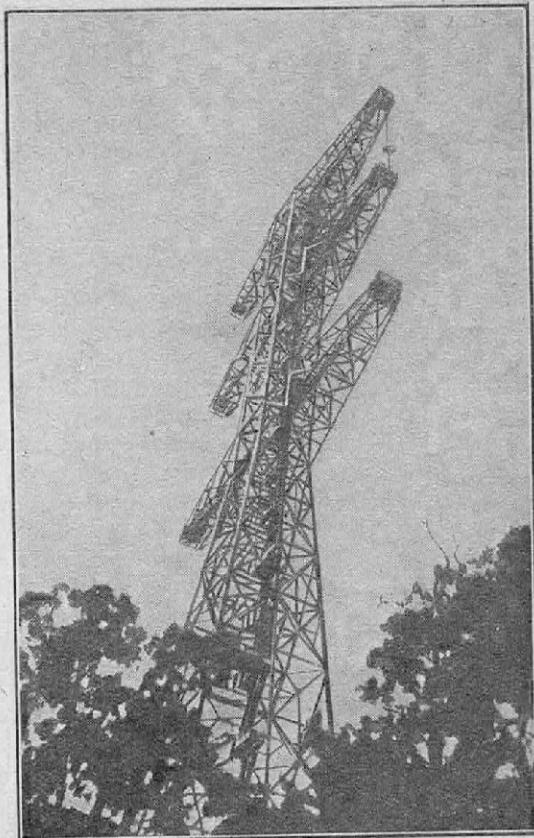


FIG. 4. — TOUR D'ACIER DE 120 M DE HAUT SUPPORTANT A L'EXTRÉMITÉ DES BRAS HORIZONTAUX SUPÉRIEURS L'ANTENNE SPÉCIALE DE LA STATION D'ÉMISSION D'ALPINE (ÉTATS-UNIS) MODULÉE EN FRÉQUENCE

pour la réalisation d'un émetteur de radiodiffusion modulé en fréquence, et afin d'en démontrer la supériorité, la major Armstrong a dû utiliser des circuits beaucoup plus complexes, mais capables d'assurer à la fois une grande souplesse d'exploitation, une stabilité absolue de la longueur d'onde porteuse et une très haute fidélité. Son équipement ne comporte pas moins de 50 lampes dont beaucoup, il est vrai, de très petite puissance, aussi nous bornerons-nous à en rappeler le principe général.

Après amplification, les courants téléphoniques provenant des microphones ou pick-up habituels servent à faire varier plus ou moins la « phase » de la tension haute fréquence provenant d'un petit oscillateur à 200 kilocycles stabilisé par un quartz piézo-

électrique ; puis, par une succession de changements de fréquence, de multiplications de fréquence et d'amplifications, l'énergie haute fréquence atteint une puissance de 40 kilowatts sous une fréquence porteuse de 42 800 kilocycles avec une caractéristique

de modulation en fréquence absolument régulière entre 40 et 15 000 p/s. L'énergie est rayonnée par une antenne très perfectionnée, située au sommet d'une tour métallique de plus de 100 mètres de hauteur. Cette antenne assure, avec un très haut rendement, une excellente répartition de l'énergie rayonnée dans le plan horizontal.

La réception

La réception des ondes modulées en fréquence utilise pour certaines de ses fonctions une technique très différente de celles de la réception habituelle des ondes modu-

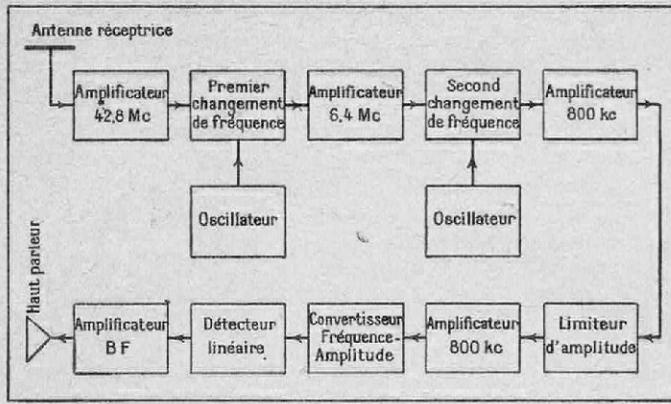


FIG. 5. — SCHEMA DE PRINCIPE D'UN RECEPTEUR TRÈS SENSIBLE DESTINÉ A LA RÉCEPTION DES ONDES TRÈS COURTES MODULÉES EN FRÉQUENCE

bande passante près) à ceux des récepteurs ordinaires, un système limiteur d'amplitude et un détecteur fidèle. Le limiteur d'amplitude, comme son nom l'indique, a pour but de ramener à une même amplitude tout le spectre de fréquence quelles que soient les origines et les différences qui s'y sont produites depuis l'instant où elles ont été rayonnées par l'antenne émettrice. C'est donc à cet organe précieux qu'incombe la mission délicate de supprimer les bruits nuisibles et les distorsions provenant indifféremment des conditions défectueuses de propagation (fading général et fading sélectif),

lées en amplitude, et cette technique toute nouvelle présente de nombreuses variantes.

Un récepteur pour ondes modulées en fréquence comportera, en plus des circuits d'accord et des étages d'amplification à peu près identiques (à la largeur de la

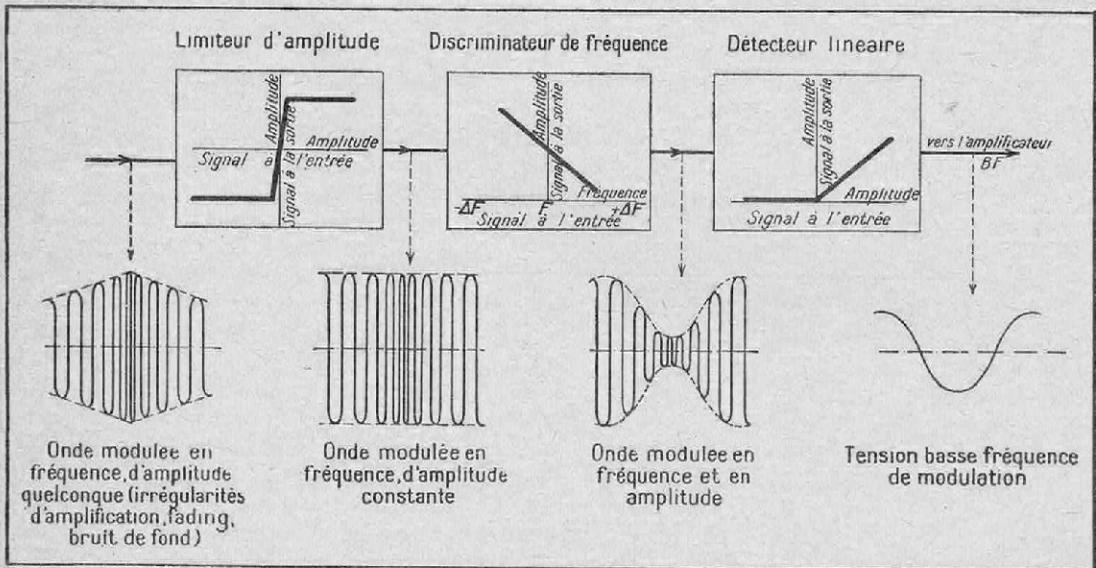


FIG. 6. — PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DES CIRCUITS PARTICULIERS QU'UTILISENT LES RECEPTEURS POUR ONDES MODULÉES EN FRÉQUENCE

Le limiteur d'amplitude est précédé par les circuits d'accords à large bande et d'amplification haute fréquence et moyenne fréquence. L'amplificateur basse fréquence qui suit le détecteur linéaire est identique à ceux que comportent les récepteurs habituels pour ondes modulées en amplitude.

parasites d'origines industrielle ou atmosphérique, bruit de fond et irrégularités d'amplification.

Le limiteur d'amplitude est suivi du détecteur dont le rôle est d'extraire la modulation, c'est-à-dire la composante basse fréquence utilisable. Cette détection d'un genre nouveau est complexe : elle est divisée en deux opérations successives : une conversion « fréquence-amplitude », puis une détection linéaire. La conversion « fréquence-amplitude » est une conversion de la modulation en fréquence en une modulation en amplitude ; elle consiste à donner à chaque composante de l'onde une amplitude inversement proportionnelle à sa fréquence, par exemple en utilisant la partie inclinée et sensiblement rectiligne de la courbe de résonance d'un circuit convenablement accordé. Cette onde désormais modulée en amplitude sera détectée sans difficulté par un circuit classique de détection linéaire.

On a proposé un autre type de détecteur qui semble plus fidèle et plus sensible que les précédents. Ces détecteurs ont un fonctionnement analogue aux « discriminateurs de désaccords » utilisés sur certains récepteurs perfectionnés dotés d'un contrôle automatique d'accord (1). Nous savons qu'ils sont fondés sur la propriété suivante : à l'accord, les courants qui circulent dans les enroulements primaires et secondaires d'un transformateur moyenne fréquence sont déphasés de 90°. A chaque fréquence incidente différente correspond un déphasage différent. Si l'on réunit en série ces deux circuits, la tension totale fournie par cet ensemble sera la somme géométrique des tensions primaire et secondaire. L'amplitude en variera donc en fonction du déphasage, c'est-à-dire en fonction de l'écart des fréquences. Ainsi, une onde modulée en fré-

quence, d'amplitude constante, appliquée à un tel circuit suivi d'une détection par diode, restituera la composante basse fréquence de modulation. Cette détection sera suivie d'une amplification basse fréquence suivant les méthodes habituelles.

Les essais que le major Armstrong a exécutés récemment avec un nouvel émetteur de 40 kilowatts situé à Alpine (Etats-Unis) ont donné les résultats satisfaisants que l'on en attendait, mais seul l'avenir nous montrera si les qualités promises de haute fidélité et de suppression de bruits parasites par rapport aux émissions ordinaires, sur des longueurs d'ondes semblables, peuvent justifier l'étendue très considérable occupée par de telles émissions sur la gamme des fréquences réservées à la radiodiffusion.

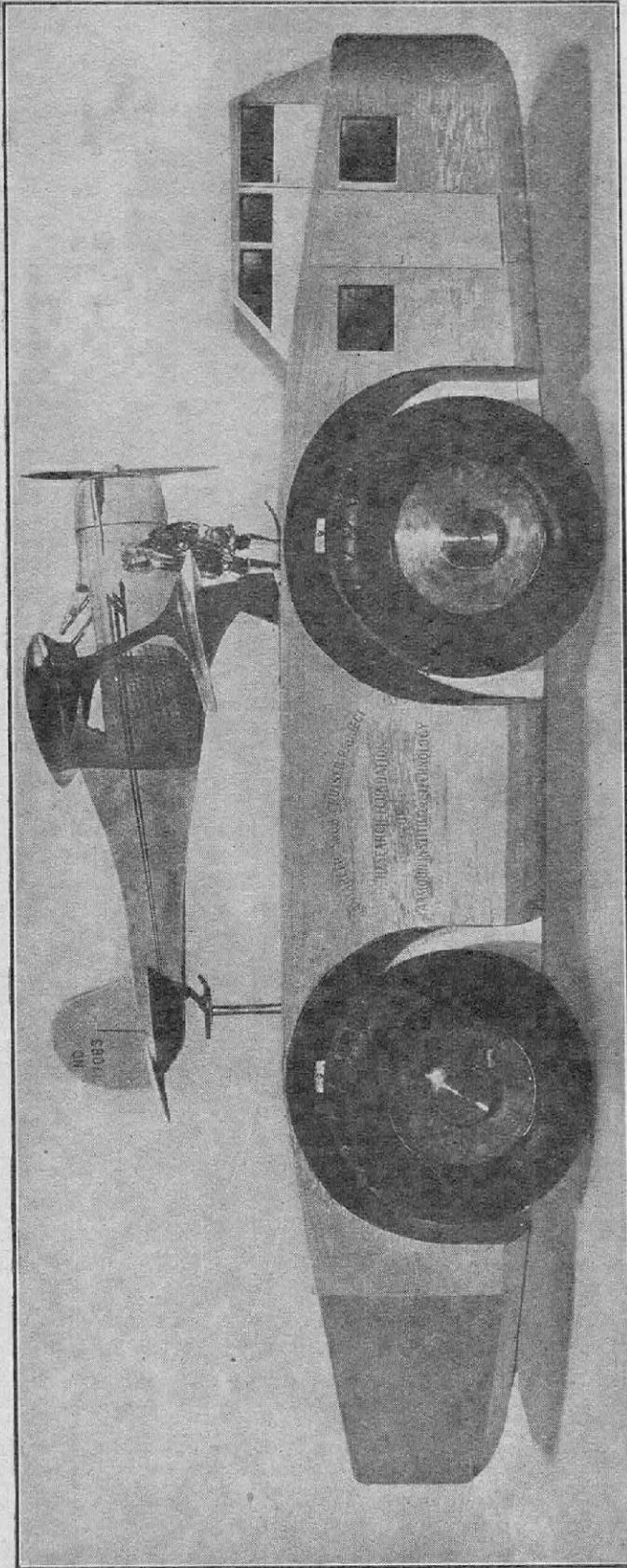
D'ores et déjà un poste émetteur de 50 kW est en construction près de Worcester (Massachusetts), pour le compte de la « chaîne » Yankee, une des nombreuses « chaînes » qui couvrent le territoire des Etats-Unis. Le major Armstrong, dans une récente communication au Radio-Club of America, a souligné une des conséquences particulièrement intéressantes que présenterait la généralisation de la méthode de modulation en fréquence pour la radiodiffusion. Cet effet, pressenti par un certain nombre de techniciens d'outre-Atlantique, consiste en ce que deux émetteurs modulés en fréquence, et fonctionnant sur la même onde porteuse, ne sont pas reçus simultanément par un même récepteur lorsque le « signal » de l'une d'elles a une intensité au moins double de l'autre. Le récepteur ne reçoit que la première. Ainsi le rayon d'action d'un émetteur modulé en fréquence se trouve limité et les interférences avec d'autres émetteurs éloignés fonctionnant sur la même longueur d'onde, sont radicalement supprimées.

A. LAUGNAC.

(1) Voir *La Science et la Vie*, n°256, page 331.

Les recherches systématiques portant sur l'absorption des radiations par les vernis et les laques ont conduit à la réalisation de lampes spéciales, d'une puissance de 250 watts, dont le rayonnement est surtout concentré dans le rouge et l'infrarouge immédiat du spectre. Ces lampes sont de plus en plus utilisées aujourd'hui pour le séchage rapide des laques et des vernis de toute espèce. On jugera de l'intérêt pratique de cette création nouvelle en apprenant que les usines Ford, à Dearborn (Etats-Unis), utilisent actuellement 35 000 de ces lampes de séchage. Dans un sécheur en forme de tunnel peut être logée une carrosserie entière de voiture automobile. La durée de l'opération est de 7 minutes seulement pour la première couche, au lieu de 30 minutes dans les anciens fours. Ce gain de temps est considérable pour une industrie à grand débit. Ces lampes peuvent d'ailleurs recevoir d'autres applications, par exemple le séchage des épreuves photographiques.

LES ÉTATS-UNIS AU POLE SUD



LE « CROISEUR DES NEIGES » AVEC LEQUEL LES ÉTATS-UNIS COMPTENT « OCCUPER » LE POLE SUD PENDANT PLUSIEURS MOIS

Une expédition scientifique vers les régions polaires antarctiques doit quitter les États-Unis vers la fin du mois de novembre. Le « croiseur des neiges », construit sur les plans du docteur Poulter, commandant en second la deuxième expédition antarctique de l'amiral Byrd, doit permettre à quatre savants de séjourner cette fois pendant plusieurs mois à l'emplacement même du pôle, en vue d'y effectuer des observations d'ordre géophysique (aurore boréale, magnétisme terrestre, météorologie, mesures de l'épaisseur de la calotte glaciaire, géologie et stratigraphie des masses montagneuses, etc...) et d'ordre astrophysique (mesure de l'intensité des rayons cosmiques, observation des météores, etc...). Dans ce but, le « croiseur des neiges » recevra un aménagement spécial permettant aux observateurs de travailler dans les meilleures conditions sans être gênés par les tempêtes australes qui sont d'une rare violence. Il possède une autonomie de 8.000 km et peut se déplacer à une vitesse variant de 16 à 50 km/h, suivant la nature du terrain. Il mesure 17 m de long et 4,50 m de haut. Ses pneus sont les plus grands qui aient jamais été construits et ne mesurent pas moins de 3 m de diamètre. Le corps du véhicule peut être, à volonté, soulevé (de 1,20 m environ) ou abaissé pour permettre le déplacement en terrain varié et les évolutions rapides dans un faible rayon. Il porte à sa partie supérieure un avion qui peut être déchargé et mis en ordre de vol en 10 minutes seulement. Le « croiseur des neiges » ne pèse pas moins de 35 tonnes et son prix de revient est estimé à 150 000 dollars, soit environ 6 millions. Il est la propriété de la « Research Foundation », de l'Institut Armour de Technologie de Chicago, qui en a entrepris la construction et le prêtera au gouvernement américain pour l'expédition prochaine.

L'ALLEMAGNE ET LA GUERRE ÉCONOMIQUE

Par Henri LAUFENBURGER

PROFESSEUR A L'UNIVERSITÉ DE STRASBOURG

La guerre 1914-1918 a débuté sur le terrain militaire sans que le problème économique ait été soulevé. Certains amateurs de l'économie politique, qui n'avaient aucune qualification scientifique, avaient prédit une guerre courte (l'économiste authentique explique et conclut, mais ne prophétise jamais). La dégénérescence de la guerre de mouvement en guerre de position, qui fut la grande surprise de l'expérience militaire 1914-1918, a conféré toute sa valeur au facteur « temps » et par répercussion à l'élément économique de l'approvisionnement. Après l'épisode aussi douloureux que bref de l'invasion polonaise, la guerre actuelle est caractérisée, dès l'origine, par l'immobilité des deux adversaires sur la frontière ouest de l'Allemagne. Aussi le problème des ressources et des réserves se pose-t-il dès le début. Dans quelle mesure l'occupation de la Pologne a-t-elle entamé les réserves de pétrole et de produits pétroliers du Reich ? Quelle est l'usure du matériel de guerre allemand, des unités motorisées notamment, construits en partie avec de l'ersatz (succédané) dont la qualité est quelquefois douteuse ? C'est bien une guerre économique de matériel, de qualité de métaux, d'approvisionnement des combattants et des civils qui accompagne, dès le début, les combats que se livrent les unités humaines. Sera victorieuse celle des deux parties qui aura les meilleurs chefs, le meilleur matériel humain, le plus ample et le plus durable approvisionnement.

QUE la notion de guerre économique ne soulève aucune protestation sur le terrain humanitaire ! L'Allemagne s'y attendait, ses chefs déclaraient être préparés à toutes les éventualités de son évolution ; Hitler ne s'est pas lassé de déclarer que l'Allemagne se suffirait à elle-même, quelle que soit la durée de la guerre. Le régime, a-t-il dit, est éternel ; la guerre, a-t-il ajouté, peut durer un an, deux, quatre, six, huit ans ; qu'à cela ne tienne ! Si le peuple allemand veut continuer à se solidariser avec un pareil chef, avoir foi dans une parole qui, sur d'autres terrains, a été souvent rompue : c'est son affaire. Aux militaires responsables de la section économique de l'Etat-Major allemand, au général Thomas et au colonel Hesse de mettre à l'épreuve de la pratique l'optimisme qu'ils ont témoigné et professé quant à l'issue de la guerre économique.

Je voudrais étudier ici, sans insister sur les détails, comment se présente, au début de novembre 1939, la guerre économique pour le Reich. Quelles sont ses réserves, dans quels pays et par quels moyens peuvent-elles être complétées, à l'aide de quels moyens de transport ?

LES RÉSERVES ÉCONOMIQUES DU REICH

Il faut alimenter copieusement l'armée, suffisamment la population civile, remplacer le matériel de guerre détruit, augmenter sans cesse le potentiel des armées.

1° Les ressources de l'Allemagne

a) *L'alimentation des armées et de la population civile.*

Il ne faut pas s'hypnotiser sur le rationnement institué en Allemagne dès avant la guerre. Pour un Français, les rations quotidiennes assignées à la population civile paraissent maigres, dans certains compartiments au moins. Pas de lait pour les adultes et un quart à trois quarts de litre seulement pour les enfants ; 80 g de beurre et 180 g de saindoux ou huile par semaine ; 500 g de viande, 1 900 g de pain et 350 g de farine pour la même période ; presque pas de savon. Le Français se révolterait ; l'Allemand, ayant d'autres goûts et d'autres prétentions, se passe, au contraire, par habitude, de bien des choses. D'ailleurs, si le rationnement permettait de répartir sur une période très longue les denrées mises en réserve ou découlant de la production annuelle, ne faudrait-il pas y voir une sage mesure de précaution ? Seulement, l'Allemagne a-t-elle des réserves de toutes les denrées et matières essentielles ?

Je ne pense pas que des illusions soient permises en matière de céréales. L'Allemagne est arrivée à couvrir ses besoins par ses propres moyens jusqu'à concurrence de 90 %. En prévision de la guerre, elle a forcé les importations en 1937 et en 1938 (environ 12 millions de quintaux de froment et de seigle en 1938, et autant en 1937) et les a ajoutées à une production annuelle de ces

deux céréales de 160 millions de quintaux. Car les récoltes de 1938 et 1939 ont été excellentes. Ainsi, le Reich dispose, en plus de la moisson de 1939, qui couvre la consommation de onze mois, des réserves constituées antérieurement et qui suffisent pour sept mois. Le maréchal Gœring a, en effet, évalué à 80 millions de quintaux le stock de céréales panifiables effectivement constitué. La conservation des stocks est-elle garantie dans les greniers, silos et magasins, dans de bonnes conditions ? On l'a contesté, mais là encore la spéculation ne doit pas trop s'aventurer.

Pas de doute non plus sur l'abondance du cheptel bovin et porcin : on comptait au milieu de l'année 1939 environ 20 millions de bœufs et vaches (malgré les ravages de la fièvre aphteuse) et 25 millions de porcs. Seulement, quand il s'agit d'alimenter ce cheptel, l'aspect du problème change.

La vulnérabilité de l'économie alimentaire se trouve du côté des fourrages assurant l'élevage du bétail et des corps gras servant de combustibles à la « machine humaine ». Sans doute, il y a abondance de sucre pour les hommes, de foin et de paille pour les animaux, de pommes de terre pour les deux. Mais l'Allemagne manque de beurre, de fromage, de margarine, de saindoux, d'autres graisses animales et végétales (arachides), de tourteaux, de maïs, de soya. Dans la meilleure année, la production allemande n'a pu assurer que jusqu'à concurrence de 56 % la consommation humaine et animale de corps gras.

b) *Le maintien en marche du mécanisme industriel.*

Pour tourner, la machine technique réclame du charbon, du pétrole, du bois. Pour assurer la production de fer, de fonte, de tissus, de produits chimiques, etc., l'Allemagne semble avoir assez et même trop de charbon. N'a-t-elle pas exporté en 1938 (excédent des exportations sur les importations de rechange) 25 millions de tonnes ? Seulement, l'extraction suffisait à peine aux besoins de l'économie de paix. Depuis la guerre, la baisse de rendement de l'ouvrier mineur, trop occupé et insuffisamment

nourri (maladies d'estomac) s'est accentuée. En 1938, elle avait déjà atteint 15 % par rapport à 1933. En économie de guerre, le charbon doit satisfaire, en plus, dans des proportions croissantes, à la production de produits de synthèse : essence, caoutchouc, etc. N'a-t-on pas calculé qu'il faut 28 millions de tonnes de charbon pour produire 4 millions de tonnes d'essence synthétique, dont la fabrication n'a d'ailleurs pas dépassé 1,2 million en 1938 ? Sans doute, l'Allemagne extrait 186 millions de tonnes de houille et 195 millions de tonnes de lignite par an. Mais cette extraction doit faire face aux besoins normaux des transports, de la production industrielle, de

l'électricité, du chauffage. Pour intensifier la production de l'essence synthétique, il faut pousser l'extraction de houille, disposer à cet effet de plus d'ouvriers, les faire travailler mieux. Ces conditions sont-

	Consommation	Production
Minerai de fer.....	32 millions de t	11 millions de t
Produits pétroliers (pétrole compris)	7 millions de t en temps de paix	2,5 millions de t
	14 à 15 millions de t en temps de guerre	?

TABLEAU I. — CHIFFRES DE PRODUCTION ET DE CONSOMMATION EN ALLEMAGNE POUR LE PÉTROLE ET LE MINERAI DE FER

elles remplies en Allemagne ? La question perd un peu de sa valeur du fait de l'annexion du charbon polonais. Cependant, celui-ci est destiné avant tout à l'exportation.

L'insuffisance allemande éclate dans trois domaines : le minerai de fer, le pétrole et certains métaux ; elle est probable aussi pour les matières premières textiles. (Voir tableau I.)

La production allemande de minerai de fer a, certes, accompli des progrès, elle a doublé depuis 1931, grâce à la mise en exploitation du minerai riche autrichien (2 millions de t) et du minerai pauvre de la région de Salzgitter. Mais, dans l'ensemble et en moyenne, la teneur en fer du minerai allemand ne dépasse pas 33 %. Quant au combustible liquide, le Reich a pu atteindre une production de 1 800 000 t de carburant léger, de 140 000 t de gasoil, de 180 000 t d'huile de graissage. Il n'est pas impossible qu'il puisse pousser l'extraction de pétrole de ses propres mines de 700 000 à 900 000 t l'an, que, sous réserve des difficultés exposées, il puisse tirer 2 millions de tonnes de combustibles liquides de son charbon et de son lignite, qu'il puisse fabriquer 240 000 t d'huile de graissage et 170 000 t de gasoil. Le trou subsistera, cependant, et s'élargira même pour satisfaire la consommation de

guerre, à moins qu'il n'y ait des stocks et que l'importation ne fonctionne.

Voyons maintenant le mécanisme des importations allemandes pour évaluer les réserves de pétrole. A la production annuelle de 2 à 2,5 millions de t, l'Allemagne a ajouté, en 1937 et en 1938, chaque fois environ de 4,5 à 5 millions de t d'importations. Comme 7 millions de t représentaient un grand maximum pour une consommation de paix, il est évident que des réserves ont été constituées. (Remarquons, en passant, que l'impôt sur les produits pétroliers importés a atteint plus de 400 millions de marks, tant en 1937 qu'en 1938.) Une source autorisée nous permet de supposer qu'il existait, au 1^{er} septembre 1939, en tout 2 750 000 t de réserves d'essence. Mais ces réserves ne semblent pas permettre de faire face à une guerre de mouvement. Au delà d'un certain terme, l'importation massive de produits pétroliers deviendra une question de vie ou de mort économique.

Elle est aussi urgente pour le minerai de fer dont l'Allemagne est tout particulièrement dépourvue. En matière textile, l'emploi de la laine de cellulose, dont le mélange aux fibres naturelles est obligatoire, apporte un soulagement certain. Le Reich peut reculer le moment où l'importation de laine naturelle s'imposera, d'autant plus que le butin polonais semble riche en laine et en produits dérivés. Mais la fabrication de la « Zellwolle » (1) continue à motiver de fortes importations de bois étranger. Il est vrai qu'après l'Autriche et la Tchécoslovaquie,

(1) Voir *La Science et la Vie*, n° 258, page 486.

la Pologne conquise a amélioré la situation.

2^o L'apport des régions occupées : la Pologne

Des stocks considérables de laine et produits lainiers sont tombés entre les mains



FIG. 1. — CARTE DE LA POLOGNE SUR LAQUELLE A ÉTÉ TRACÉE LA NOUVELLE FRONTIÈRE GERMANO-RUSSE : ON Y VOIT COMMENT ONT ÉTÉ PARTAGÉES, ENTRE L'ALLEMAGNE ET L'U. R. S. S., QUELQUES-UNES DES RICHESSES NATURELLES POLONAISES

des Allemands à Lodz et à Tomaszow, on peut estimer leur valeur à 800 millions de francs français (30 millions de kilogrammes). Par contre, le butin n'est pas aussi important pour d'autres matières premières. La Pologne n'a produit que 500 000 t de pétrole dans des gisements appelés à être épuisés rapidement et qui ont, d'ailleurs, été accaparés, en grande partie, par les Russes. La Pologne a un potentiel important de houille. Mais les Allemands n'avaient-ils pas prétendu en avoir suffisamment ? Sur les 38 millions de tonnes produits annuellement, de 25 à 30 millions au moins sont réclamées

par les besoins intérieurs : métallurgie et autres industries, transports, chauffage, centrales électriques, etc. Le solde peut être exporté, et l'Allemagne fera tout pour « transformer le charbon en devises ». Encore faut-il, probablement, tenir compte dans les pays scandinaves de la concurrence des Anglais, qui offriront leurs charbons aussi dans les Balkans. La capacité des moyens de transport joue là un rôle essentiel.

Au point de vue alimentaire, l'Allemagne a dû céder une partie de la réserve polonaise à la Russie. La production de céréales panifiables s'élève à 9 millions de tonnes, dont un tiers échoit aux Soviétiques, deux tiers aux nazis. Encore faut-il laisser vivre la popu-

très loin, d'Argentine, de Chine, de Scandinavie, de Yougoslavie, du Japon, de l'Union Sud-africaine, des possessions françaises en Afrique. Quant à l'huile de baleine dont l'Allemagne a importé 1 541 000 qm, elle venait surtout de la Norvège (sous pavillon anglo-norvégien), de l'Angleterre, du Japon. Ici, le blocus maritime, disposant de navires de guerre de toutes sortes, est susceptible de couper des courants commerciaux établis de longue date. Le même blocus maritime compromettra aussi les entrées si importantes de pétrole.

Tout le problème consiste à savoir si le Reich peut trouver sur le continent les matières qui ne lui parviennent plus d'Amérique,

	Total	Possessions hollandaises outre-mer	Etats-Unis	Mexique	Venezuela	Roumanie	U. R. S. S.
Importat. en 1 000 t	4 939	1 951	1 113	389	281	700	78

TABLEAU II. — COMMENT SE SONT RÉPARTIES ENTRE LES PAYS FOURNISSEURS LES IMPORTATIONS ALLEMANDES DE PÉTROLE EN 1938

lation polonaise; elle réclamera au moins (dans la zone occupée par l'Allemagne) 4 à 5 millions de tonnes. Un raisonnement analogue peut être fait pour les autres parties du butin. Il ne faut pas croire, par exemple, que l'envahisseur pourra accaparer l'ensemble du cheptel porcin qui comprend 7 millions de têtes. On ne peut laisser mourir de faim 22 millions de Polonais (zone allemande). On peut leur serrer la ceinture et c'est tout.

Malgré les conquêtes, et en partie à cause d'elles, l'Allemagne est tributaire de l'étranger pour son approvisionnement. Nous n'insistons pas sur les insuffisances d'autres denrées (viande, légumes) et matières alimentaires. Nous réservons au prochain chapitre l'étude de l'approvisionnement.

LA LUTTE POUR LES IMPORTATIONS

1° Le blocus

L'approvisionnement de l'Allemagne à l'étranger se heurte à deux obstacles :

a) Le *blocus maritime* va entraver sinon empêcher les importations d'outre-mer. A ce sujet, dans le domaine alimentaire, les arrivages de corps gras sont particulièrement compromis, car les 9 360 000 qm importés (47 % des besoins évalués à 21 millions 410 000 qm) venaient presque tous de

très loin, par la voie terrestre et fluviale, échappant à la guerre maritime. Mais n'y a-t-il pas un autre blocus qui surgit ?

b) Le *blocus continental* consiste pour les Alliés soit à faire disparaître les marchandises que convoite l'ennemi, soit à gêner les moyens d'accès.

Pour le pétrole, la Roumanie semble pouvoir offrir à l'Allemagne des ressources très importantes. Elle a exporté 4,5 millions de tonnes en 1938 et au maximum 6,8 millions de tonnes en 1936. Mais il est curieux de constater que sur cet ensemble l'Allemagne n'a reçu que 700 000 t en 1938 et 1 072 000 t en 1936 ; il faut ajouter, il est vrai, la Tchécoslovaquie avec 290 000 t pour chacune de ces deux années. D'ailleurs, la Roumanie semble ne vouloir ni pouvoir délaissier ses autres clients qui sont l'Italie, les Alliés (France et Angleterre, 700 000 t). D'ailleurs, le blocus continental tel que nous le concevons, consisterait pour les Alliés à augmenter les achats pour entraver les exportations en Allemagne, surtout au cas d'une augmentation de la production.

La même politique semble ne pas être applicable au pétrole russe. Mais est-ce bien la peine d'essayer de lui acheter le surplus de pétrole disponible pour l'exportation ? L'U. R. S. S. a pu offrir à l'étranger à peine 1 million de tonnes en 1938 sur une production de 30 millions de tonnes, car ses besoins inté-

des Indes néerlandaises, de l'Iran. La Roumanie et la Russie pourront-elles fournir le manquant, qui, pour une consommation de paix, était d'au moins 4 millions de tonnes ?

Ici le problème change de face, il s'agit de fournitures inté-

rieurs sont considérables. L'agriculture motorisée s'arrête si Bakou et les autres régions pétrolières restreignent les envois de combustibles et de lubrifiants. Reste donc l'hypothèse de l'accroissement de la production dans les deux pays. Elle est assez problématique. Même si elle se réalise, il ne semble pas, d'après les esprits les plus autorisés, que l'Allemagne pourra tirer de l'U. R. S. S. et de la Pologne plus de 1,7 millions de tonnes de carburants légers, plus de 1,2 million de tonnes d'huiles de graissage (la pénurie d'huile de graissage est beaucoup plus sensible et plus grave pour l'Allemagne que celle d'essence légère) et 1 million de tonnes de gas-oil et Diesel-oil.

Encore faut-il que les transports fonctionnent, mais là de nouvelles complications surgissent.

2° Les difficultés de transport

Elles sont aussi grandes en matière de pétrole qu'en matière de minerai de fer, et cela surtout au point de vue continental. Le pétrole roumain s'achemine vers l'Allemagne par eau, sur le Danube, au départ de Giurgiu. Or, la capacité de chargement de ce port est limitée, de même celle des chalands. En mettant toute la flotte danubienne sous contrôle allemand au service de ces transports, l'Allemagne ne pourrait compter sur plus de 600 000 t d'ici avril, étant donné surtout que de décembre à mars la navigation est très réduite. Les déplacements par fer se heurtent à l'insuffisance de wagons-citernes, dont 350 seulement peuvent sortir de Roumanie. Sans doute, l'Allemagne a capturé de ces wagons en Pologne, elle en construit dans les ateliers de Bohême et de Moravie, mais le temps ne travaille pas pour elle.

Pour le minerai de fer, l'Allemagne doit évidemment renoncer aux arrivages de France (5,7 millions de t), d'Algérie, de Terre-Neuve (chaque fois 1 million de t), peut-être d'Espagne. Quant aux minerais suédois et norvégiens, leurs exportations s'élevaient à 10 millions de tonnes. Il semble difficile et risqué de diriger sur le Reich les quelque 4 millions de tonnes expédiées jusqu'ici le long de la côte norvégienne que guette l'Angleterre. Quant au solde de 6 millions, l'embarquement dans le port septentrional de Lulea (golfe de Botnie) est arrêté en hiver ; il faut donc gagner par fer les ports plus au Sud. Supposons que les transports puissent être maîtrisés, encore faut-il des wagons allemands. Mais le Reich ne semble pas en avoir assez pour ses propres besoins.

Le parc de wagons de marchandises, qui avait dépassé 600 000 unités, a été abaissé, par suite de l'usure rapide, à un peu plus de 500 000. Le programme triennal des chemins de fer prévoit la construction de 112 000 wagons, encore faut-il compter une fois de plus avec le facteur temps. L'Allemagne se retournera-t-elle vers la Russie où il y a d'énormes réserves de minerai de fer et de manganèse ? Il faut arriver à faire concorder les voies à écartements différents de l'Allemagne-Pologne et de la Russie, par la pose d'un troisième rail, par exemple. Encore le réseau russe est-il insuffisant ; il comporte à peine 800 000 wagons pour des distances infiniment plus grandes. De plus, les minerais, métaux (1), pétrole, convoités par l'Allemagne, sont localisés dans l'est et le sud-est lointains.

Mais, dira-t-on, les difficultés peuvent être vaincues si l'Allemagne peut se procurer autour d'elle un matériel de transport suffisant et si elle peut reporter sur des voies ferrées le trafic autrefois maritime.

3° La contrebande indirecte

a) La technique : les transports.

Les neutres peuvent tout d'abord secourir l'Allemagne par le prêt de wagons. Pendant la guerre de 1914-1918, on a remarqué les achats par l'Allemagne de marchandises dont l'utilité, pour la conduite de la guerre, n'était pas visible ; il s'agissait de matières volumineuses, comme de la litière, de la paille, des briques, des pierres et terres. C'était un moyen détourné de se procurer des wagons.

Aujourd'hui, les neutres sont sur leurs gardes. Nous avons vu comment la Roumanie limite la sortie de ses wagons-citernes. Il a fallu faire venir des wagons polonais. La Yougoslavie fait dépendre certaines livraisons de la fourniture par l'Allemagne des wagons nécessaires. C'est le second terme de la formule *cash and carry*, dont les Etats-Unis viennent de proclamer le principe.

Indépendamment du matériel de transport se pose le problème de la contrebande indirecte par la déviation des routes de transport. Le Reich limitera les arrivages par Hambourg ; il dirigera ses importations

(1) Nous ne pouvons pas insister sur le fonctionnement éventuel du blocus continental à l'encontre des minerais et métaux (bauxite, cuivre, etc.) que le Reich se procure dans les Balkans. Disons, par ailleurs, que pour le cuivre les principales ressources du Reich se trouvaient en Amérique, en Rhodésie, au Congo, au Chili (blocus maritime). Les stocks ne semblent pas dépasser la consommation de six mois.

Conclusion

sur Anvers, sur Goeteborg, Trieste, ou sur Gènes pour les faire transiter par les pays neutres. Il importe de connaître la capacité de transport des lignes de chemins de fer qui relient l'Allemagne aux pays neutres. Une étude faite sur les pays scandinaves, la Belgique, la Hollande, le Luxembourg, la Suisse, l'Italie, la Yougoslavie et la Hongrie, etc., montre qu'il n'y a sur 58 lignes que 22 qui supportent un trafic quelque peu important; sur ces lignes, on peut estimer à 150 000 tonnes par jour au maximum la capacité du commerce (importations et exportations). Encore faut-il avoir des wagons pour maîtriser la contrebande indirecte.

b) *La substance : Le commerce « triangulaire ».*

Nous touchons ici à un domaine trop délicat pour pouvoir insister. Bornons-nous à signaler deux exemples pour montrer l'astuce déployée afin d'échapper au blocus. L'Allemagne dit à un pays voisin qui dispose de hauts fourneaux : « Reçois donc, toi, le minerai venant par voie maritime, tu le feras échapper au torpillage, tu fabriqueras de la fonte et de l'acier, pour me les envoyer par la voie terrestre. »

Aux pays agricoles proches, le langage tenu sera à peu près le suivant : « Si nous faisons venir des tourteaux et des arachides par la voie maritime, on les fera sauter. Toi, mon cher voisin, tu peux les importer sans peine. Tu doubleras l'élevage des pores et tu m'enverras la graisse. »

Ces exemples suffisent pour faire toucher du doigt l'essentiel de la politique commerciale vis-à-vis des neutres : ne pas leur fournir au delà de leur propre capacité de consommation, limiter les importations au manquant qui subsiste, tenu compte de la production et des stocks.

La contrebande indirecte peut provenir enfin de l'aide financière prêtée par les neutres à l'ennemi.

Les considérations qui précèdent montrent combien est complexe le double problème de l'économie de guerre et de la guerre économique ; si complexe, que tout pronostic sur la durée des hostilités est humainement impossible. Le problème est d'abord politique, moral et psychologique. Sur le terrain économique, la bataille dépend de la capacité de sacrifice de l'Allemand, de la technique de la guerre (mouvement ou immobilité sur les lignes), du rythme des importations. Enfin, dans la coulisse, les finances de guerre ont leur mot à dire, elles sont importantes pour la conduite de la guerre économique et de la guerre tout court.

Vis-à-vis de l'extérieur, une fois épuisées les réserves assez maigres d'or et de devises ainsi que les intérêts économiques à l'étranger (participations, filiales), la vente de brevets et de navires, l'Allemagne ne pourra plus faire jouer que le troc. Mais si, en échange de leurs fournitures à l'Allemagne, les neutres ne veulent plus recevoir les machines, produits chimiques, etc., que celle-ci leur offre? C'est ce qui arrivera si les Alliés se mettent sur le rang et offrent mieux à des prix plus avantageux. Voilà, par exemple, un sabotage du « clearing » qui pourra avoir son importance. Encore faut-il que la France pousse au maximum son potentiel de production en vue de l'exportation.

A l'intérieur, les finances de guerre allemandes seront difficiles à conduire. Les préparatifs ont été si coûteux qu'on a anticipé, par des bons d'impôt, le produit fiscal de 1940. Récemment les bons d'impôt ont dégénéré en monnaie fiduciaire. Sans doute on n'avait pas encore commencé l'inflation ; elle est en réserve, on y recourra, mais on connaîtra, après une période assez longue peut-être, le fin mot de cette expérience qui consiste à dépenser au delà de ses moyens.

HENRY LAUFENBURGER.

Les ponts à supports flottants, en dehors de leurs applications militaires, sont utilisés dans de nombreux pays, sur le Rhin, par exemple (ponts de bateaux) ou sur le Danube, ainsi qu'aux Indes anglaises, sur la Corne d'Or (à Constantinople), etc. On achève actuellement sur le lac Washington, aux Etats-Unis, un nouveau pont flottant long de 2 500 m, qui coûtera près de 140 millions de francs. Il comporte un certain nombre de pontons en béton armé ancrés sur le fond et réunis par des joints rigides, calculés pour résister à l'action de vagues verticales ou horizontales de 1 m 80 environ. Le pont portera quatre voies de circulation, deux pour les véhicules à marche lente, jusqu'à 20 tonnes, et deux pour les véhicules rapides.

LE BILAN MENSUEL DE LA GUERRE

(3 octobre - 3 novembre 1939)

Par le général Duval

Le général Duval présente ici, comme chaque mois, un bilan synthétique, limité volontairement dans le temps, des opérations terrestres, navales et aériennes. Nos lecteurs pourront ainsi comprendre et situer dans leur cadre stratégique général les événements de l'actualité militaire quotidienne.

LE premier mois de la guerre a été rempli par les opérations en Pologne; le deuxième a été à peu près vide. Cela répondait si peu à toutes les prévisions du temps de paix qu'il en est résulté un étonnement général. Une fois de plus, les prophètes ont été confondus.

Il est vrai qu'aucune guerre, depuis un siècle, n'a pris une telle forme. Le vieux Moltke avait dit que, de la concentration initiale, la manœuvre jaillirait comme l'éclair du nuage. Les épigones en avaient conclu que cette concentration devait être combattue par tous les moyens. Dès le premier jour de la mobilisation, et même avant, les avions de bombardement couvraient le territoire ennemi de leur ombre redoutable... Vers le treizième ou le quatorzième jour s'engageraient les grandes batailles décisives. Nous sommes au début du troisième mois; mobilisation et concentration se sont achevées sans qu'un avion ennemi ait paru dans le ciel; aucun engagement de quelque importance ne s'est encore produit.

Expliquons... après coup! Mieux vaut tard que jamais. Il y a d'abord ce fait que nous pouvons aujourd'hui considérer comme certain. Hitler n'a pas attribué de valeur aux déclarations de la France et de la Grande-Bretagne; il n'y a pas cru, même après qu'elles étaient suivies d'un commencement d'exécution. Il a conservé l'espoir que, la guerre une fois terminée en Pologne, France et Grande-Bretagne s'inclineraient devant le fait accompli. Aujourd'hui encore, il ne dissimule pas sa déconvenue. Cet homme n'a conscience que de sa propre politique: tout ce qui la sert est juste, tout ce qui l'entrave lui paraît monstrueux. L'Allemagne de Guillaume II ne concevait pas que nous ayons une politique marocaine sans son approbation; l'Allemagne de Hitler ne conçoit pas que nous ayons un

mot à dire lorsqu'elle s'agrandit de deux ou trois pays européens. La Russie lui fait écho, sans plus, d'ailleurs.

Hitler a été surpris par la guerre sur le front occidental: il ne l'avait pas préparée. Incapable d'improviser, il a temporisé.

Comment s'est posé le problème après la campagne polonaise

Français et Anglais n'avaient encore accompli aucun acte de guerre important. Les Français avaient, il est vrai, poussé une avant-garde en territoire allemand jusqu'à quelques kilomètres de la ligne Siegfried; cette avant-garde s'était établie sur une position d'où elle avait chassé les avant-postes allemands. Mais elle n'avait ensuite manifesté aucune activité. Il était évident que l'armée française avait préparé une bataille défensive sur la ligne Maginot et qu'elle ne la livrerait pas volontiers ailleurs.

Du côté de la Grande-Bretagne, la situation était moins menaçante encore, s'il est possible. La Home Fleet était mobilisée; la Royal Air Force l'était également. Mais ni l'une ni l'autre n'étaient agressives. Quant à l'armée terrestre, les quatre ou cinq divisions qu'elle comptait en temps de paix achevaient leur mobilisation. La Grande-Bretagne n'avait jamais fait mystère de ses projets. On savait que la pièce maîtresse de son plan de guerre, tout au moins au début, était le blocus de l'Allemagne; la Home Fleet y était tout entière occupée. Quant à la Royal Air Force, elle touchait au terme d'un programme de 2 370 avions de première ligne et ses ambitions n'avaient désormais plus de limites; aidée par les Dominions, elle devait devenir très redoutable, mais il lui fallait du temps.

L'armée terrestre, elle aussi, prétendait, si on lui en donnait le loisir, s'égaliser aux plus grandes armées du continent. La conscription avait été adoptée, et l'appel sous

les drapeaux des hommes de vingt à quarante ans décidé. Comme on estimait à 250 000 le nombre de recrues de chaque classe, vingt classes devaient donner 5 millions d'hommes. Il faudrait évidemment plusieurs années pour obtenir un pareil résultat, mais depuis un an déjà on travaillait à mettre sur pied trente-deux divisions et on estimait qu'en 1940 elles seraient en état de paraître sur le front.

L'armée française, dont le réarmement avait été entrepris avec deux ou trois années de retard sur l'armée allemande, disposait encore d'une marge importante de progrès, qu'elle allait certainement franchir, elle aussi, au cours de 1940.

Quant à son propre pays, Hitler en connaissait bien toutes les faiblesses. Elles résidaient surtout dans sa situation économique. Déjà les Allemands supportaient en temps de paix des restrictions assez sévères et ils devaient se plier au régime des cartes pour un certain nombre de denrées. Le blocus pouvait donc rapidement se faire durement sentir. En outre, le moral de la population était médiocre ; Hitler avait dans son ascendant sur le peuple allemand une confiance illimitée néanmoins un peuple se bat mal qui ne se bat que par obéissance. Il avait lui-même toujours affirmé qu'il saurait maintenir la paix ; les événements lui donnaient un cruel démenti. Déjà la campagne de Pologne avait été dure et les pertes très sensibles. Comment le peuple allemand allait-il accueillir la perspective d'une guerre probablement longue, entraînant avec elle d'importantes privations ?

La guerre sous-marine

Il semblait que la situation de l'Allemagne conseillât à Hitler de ne pas perdre un jour ; le temps travaillait pour ses adversaires plus que pour lui. Il n'a cependant pas paru jusqu'à présent tenir compte de cette considération. Il s'est surtout préoccupé de répondre par le blocus de la Grande-Bretagne au blocus de l'Allemagne.

Pendant la guerre mondiale, le Kaiser n'a consenti à la guerre sous-marine que la troisième année, en 1917. Hitler, fidèle à la mémoire de Tirpitz qui la réclamait dès 1914, n'a pas voulu la retarder d'un jour. Cette mesure est même la seule qu'il ait prévue avant le début de la guerre sur le front occidental. Les sous-marins furent répartis dès la fin d'août sur les routes du commerce britannique dans l'Atlantique et la mer du Nord.

Les mesures militaires prises par Hitler se sont inspirées jusqu'à présent de ce qui fut fait ou de ce qui, à son avis, aurait dû être fait entre 1914 et 1918. Il a entrepris la guerre de course avec les cuirassés de poche, *Deutschland*, *Admiral-Graf-Spee*, *Admiral-Scheer*, dans les mêmes conditions que Tirpitz avec les croiseurs légers. Hitler croit à la légende, qu'il a d'ailleurs contribué à propager, du coup de poignard dans le dos de l'armée allemande en 1918. Il a conservé pour cette armée, dans laquelle il a servi comme soldat, une admiration inaltérable. Elle n'a pas été battue. Elle a été victime d'un gouvernement faible.

Le commandement, l'état-major n'ont pas commis de fautes, mais on ne les a pas écoutés. L'armée a été constamment au-dessus de sa tâche, mais il ne lui a pas été permis de faire ce qu'elle voulait. Hitler est résolu à lui en donner le moyen ; il croit ainsi remporter la victoire.

Cependant, les succès de la guerre de course sont épisodiques, et, quant aux sous-marins, le tiers ou le quart d'entre eux ont déjà été détruits. Quelques marins affirment même que, dans la guerre sous-marine, la défense est aujourd'hui supérieure à l'attaque : le sous-marin serait condamné. Ce résultat serait dû à la perfection des appareils de détection, qui décèlent un sous-marin à d'énormes distances, et aux grenades sous-marines, qui détruisent ces petits bâtiments en tombant à plusieurs centaines de mètres d'eux.

Je n'ai aucune compétence en cette matière ; ce jugement me paraît néanmoins un peu prompt. La technique comme les méthodes d'emploi du sous-marin peuvent être améliorées. La plus grande faiblesse du sous-marin allemand me paraît être son isolement. C'est elle qui, tôt ou tard, le condamne. Il faut aux petits bâtiments l'appui des gros, comme, aux gros, l'aide subordonnée des petits. Quelques sous-marins dispersés ne font pas la victoire, pas plus que quelques avions. Les uns et les autres subissent la loi, aussi vieille que le monde, exprimée par les Romains, gens de guerre nés, à l'origine de leur histoire, dans le récit du combat plus ou moins légendaire des Horaces et des Curiaces. Un seul Horace, mais ayant conservé toutes ses forces, a battu trois Curiaces blessés et s'engageant successivement.

Cette loi, c'est celle de l'union des forces, de la combinaison des moyens. Hitler semble l'ignorer. Comme il engage ses sous-marins, il engage ses forces aériennes. Elles se sont,

jusqu'à présent, dépensées en une multitude de raids sur la mer du Nord et sur le littoral de l'Angleterre et de l'Ecosse. Certains de ces raids ont été de véritables prouesses, par exemple le bombardement de la rade de Scapa-Flow à 900 km environ des bases aériennes allemandes. Mais l'effet de ces efforts isolés et discontinus a été à peu près nul. Ils ont contribué à une mise au point de l'organisation britannique de la défense aérienne plus qu'ils ne lui ont nuï.

L'effort britannique

L'aviation britannique n'a pas pratiqué les mêmes méthodes. Après un bombardement massif de la rade de Wilhelmshafen, au cours duquel il se confirme qu'elle a détruit le *Gneisenau*, elle a repris une attitude d'attente et de préparation. Elle poursuit des vols d'entraînement et de reconnaissance sur le territoire allemand. Le lancement de tracts de propagande en est le prétexte déclaré ; un effet moral sur la population est ainsi obtenu par surcroît.

Le survol répété et constamment impuni des cocardes britanniques produit sur les villes allemandes une impression plus profonde encore que les tracts.

La Grande-Bretagne ne se hâte pas d'agir ; elle n'a pas commencé. Elle ne veut pas gaspiller ses ressources, dans une vaine agitation, au fur et à mesure de leur réalisation. Son heure viendra, quand existera

la force écrasante sur terre, sur mer, dans l'air, à la constitution de laquelle elle travaille sans bruit, mais sans relâche. Disons un mot du grand centre d'entraînement aérien qu'elle a décidé de créer au Canada pour tous les pilotes de l'Empire.

Seule jusqu'à présent ou à peu près, la Grande-Bretagne a complètement compris

l'importance majeure pour la victoire de la formation des pilotes. La production des avions est un problème matériel ; celle des pilotes est un problème spirituel. Il n'est, par suite, jamais complètement résolu ; il se heurte à des difficultés matérielles et morales constamment renouvelées. L'organisateur atteint plus vite une limitation dans le domaine des aptitudes humaines que dans celui de l'emploi de la matière. Ceci lui impose le sentiment de l'épargne et le souci du rendement. Le Canada, pays industriel déjà puissant, au voisinage des immenses res-

sources des Etats-Unis et hors de portée de l'atteinte allemande, se prête merveilleusement à cet effort de développement intellectuel et physique et de recueillement moral qu'exige l'adaptation de l'homme à la machine volante.

Les opérations terrestres

L'action terrestre sur notre front de Lorraine a particulièrement fixé l'attention des Français. Ils lui attribuent plus d'impor-

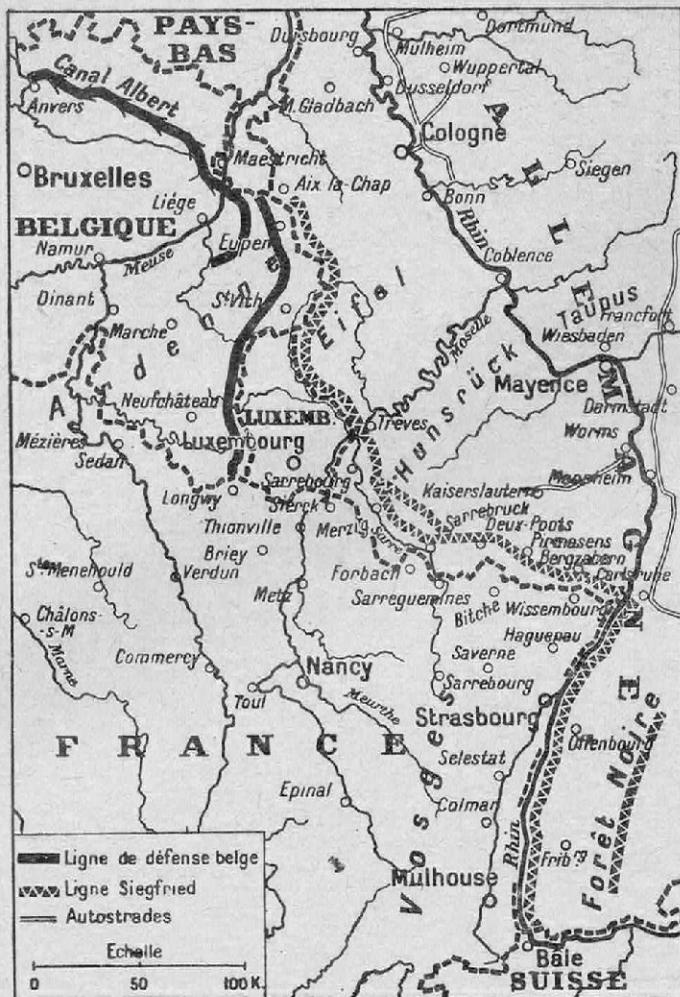


FIG. 1. — CARTE DE LA LIGNE SIEGFRIED ET DES LIGNES DE DÉFENSE BELGES

tance qu'elle n'en comporte, parce qu'ils se rendent mal compte de la neutralisation que s'imposent réciproquement, dans les conditions actuelles, la ligne Maginot et la ligne Siegfried. La portée des événements qui se produisent dans l'intervalle qui les sépare ne les dépasse pas.

La masse de l'armée allemande et la masse de l'armée française, grossie de quelques divisions britanniques, se font face. Ni l'une ni l'autre n'ont paru jusqu'à présent tentées par une action offensive. Le commandement français a décidé, dans les premiers jours d'octobre, de ramener au voisinage de la ligne Maginot l'avant-garde qu'il avait poussée au contact de la ligne Siegfried. Ce mouvement a été exécuté du 3 au 6 octobre sans éveiller l'attention des Allemands ; il était achevé quand ils s'en sont aperçus.

Ils ont alors multiplié les éléments de reconnaissance et les coups de main pour préciser la situation nouvelle. Notre retraite était-elle une feinte ? Ou avait-elle un caractère définitif ? Leur conduite semble démontrer qu'il ne songeaient pas à se porter en avant et que nous les y avons provoqués par notre départ.

Ils se sont décidés le 16 octobre, dix jours après que nous avons établi sur leur nouvelle position, au voisinage de la frontière, nos avant-postes. Une fois le contact repris, les Allemands n'ont pas poussé plus loin.

Entreprendront-ils contre la ligne Maginot une opération importante avant le printemps ? Il est permis d'en douter. Une telle opération exige de longs et laborieux préparatifs. Si elle échouait, l'impression produite en Allemagne serait désastreuse. Les Allemands savent bien qu'ils ne ravigneront pas à la Grand-Bretagne la maîtrise de la mer ; mais ils peuvent caresser l'espoir suprême de rompre le blocus par une victoire terrestre. L'insuccès d'une attaque de la ligne Maginot détruirait cet espoir.

Hitler se propose-t-il d'étendre son front jusqu'à la mer en pénétrant en Hollande et en Belgique ? Veut-il ainsi se donner une base aérienne à proximité du littoral anglais ? Ou pense-t-il à tourner la ligne Maginot en passant par la Suisse ? La Suisse et la Belgique sont les états de notre front de Lorraine et d'Alsace, front peu étendu où de tels effectifs sont accumulés qu'une rupture paraît bien difficile à réaliser. La Belgique et la Suisse sont en état d'alerte depuis déjà deux mois ; toutes leurs forces sont mobilisées ; l'heure de la surprise est depuis longtemps passée pour l'Allemagne. Il en

est d'ailleurs de même de la Hollande.

Hitler donne l'impression de n'avoir pas de dessein arrêté. Sa politique, dépouillée de toutes les apparences dont l'ont enveloppée depuis six ans ses vociférations, apparaît aujourd'hui dénuée de principes solides et de volonté clairvoyante. L'esprit de conquête a tué chez lui les sens de la mesure et de la réalité. Il a déchainé la boulimie pangermaniste dont l'Allemagne entretenait le germe depuis un demi-siècle. Et maintenant qu'il se voit menacé, il se sent repu et voudrait qu'on le laissât paisiblement digérer.

* * *

Hitler agit comme s'il doutait de ses armes et n'apercevait de salut possible que par la voie diplomatique et la propagande communiste. Mais y trouvera-t-il le salut ou la mort ? Déjà sa diplomatie l'a engagé sur une voie où il a commencé de prendre conscience de la défaite. Avec quel superbe il dominait l'axe Rome-Berlin ! Quel rôle effacé lui impose au contraire l'axe Moscou-Berlin ! Dans quels termes Hitler accusait l'Angleterre et la France, il y a quelques semaines, de vouloir encercler l'Allemagne ! Il s'est aujourd'hui encerclé lui-même entre le maître russe qui lui interdit l'accès de l'Europe Orientale et ses ennemis français et anglais qui lui barrent les routes de l'Occident et des mers.

Dans le concert de l'Europe, l'Allemagne disparaît aujourd'hui derrière la Russie et ce voisinage éveille la méfiance de ses anciens amis. La Russie a, depuis deux mois, gagné en importance tout ce qu'a perdu l'Allemagne ; ce n'est pas pour le bonheur de l'Europe. La Russie a repris la politique traditionnelle des tsars en Europe centrale et orientale et elle l'empoisonne de l'idéologie bolchevique.

Tôt ou tard, la trahison d'Hitler entraînera un regroupement des nations en Europe. Il est douteux que ce regroupement soit favorable à l'Allemagne.

Plus d'activité se dépensera cet hiver dans le domaine diplomatique que dans le domaine militaire ; plus de surprises peuvent également s'y produire. L'astre de l'Allemagne décline, mais que vaudra l'avenir ? Et quelle paix nous réserve cette guerre sur laquelle se penche Staline ? Nous serons, cette fois encore, les vainqueurs de la guerre, mais il se peut que cette fois encore la paix soit plus difficile à gagner que la guerre. Pensons-y et prenons-y garde !

Général DUVAL.

UN NOUVEAU RÉSERVOIR DE SÉCURITÉ POUR AVION

LE danger d'incendie est un des plus graves parmi ceux qui menacent les équipages et les passagers des avions civils et militaires. Il y a longtemps que les techniciens se sont préoccupés de réaliser des réservoirs de combustible rigoureusement imperméables en service normal, capables d'« encaisser » un ou plusieurs projectiles sans fuite grave et de supporter des chocs violents sans éclater lors d'une prise de contact avec le sol trop brutale. Il arrive, en effet, fréquemment que la chute d'un appareil soit suivie d'un incendie qui empêche les sauveteurs éventuels de porter secours à l'équipage ; il est dû à l'inflammabilité de l'essence qui s'échappe du réservoir défoncé et qui vient au contact des huiles, graisses et des parties métalliques du ou des moteurs portées à haute température.

La figure 1 montre un modèle nouveau de réservoir de combustible, récemment mis au point en Angleterre pour l'aviation et qui serait capable de supporter les chocs les plus violents sans se rompre et de résister à l'action du feu.

Il est constitué par une triple paroi d'environ 4,6 mm d'épaisseur. La paroi interne est en tôle de cuivre, avec tous les joints soudés, sans emploi d'aucun rivet. Elle est revêtue extérieurement d'une pellicule très mince d'une substance ayant les propriétés de la résine et appelée « Hencorite ». Ce revêtement est protégé à son tour par une troisième couche externe de cuivre, dont les joints sont soudés avec le même soin que

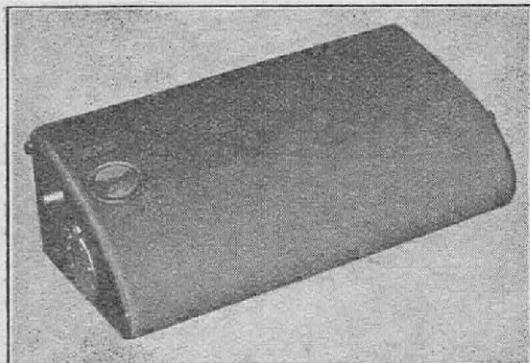


FIG. 1. — RÉSERVOIR DE SÉCURITÉ A TRIPLE PAROI TYPE « HENDERSON » POUR AVION
Ce réservoir de combustible est ici destiné à prendre place dans le bord d'attaque de l'aile.

pour la paroi interne. Chacun de ces revêtements constitue à lui seul une unité complètement imperméable. Les divisions intérieu-

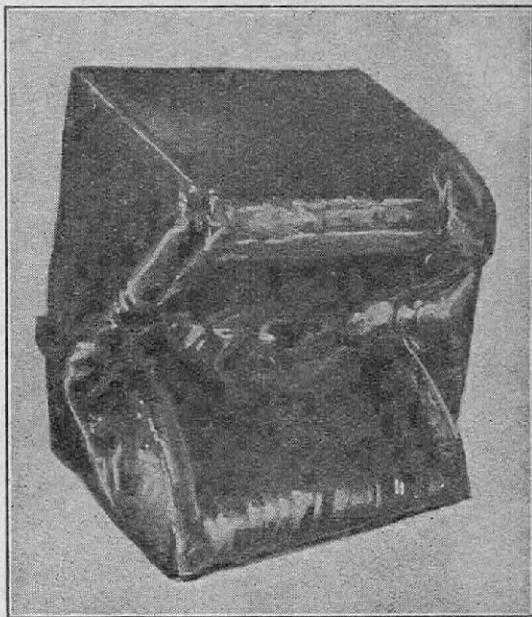


FIG. 2. — ASPECT D'UN RÉSERVOIR DE SÉCURITÉ « HENDERSON » AYANT SUBI UN SÉVÈRE ESSAI DE CHOC

res du réservoir sont maintenues par des dispositifs spéciaux qui, en cas de choc, libèrent le cloisonnement, ce qui augmente encore l'élasticité du réservoir pris dans son ensemble.

D'après son constructeur, ce réservoir résisterait à la corrosion, serait insensible aux variations climatiques (d'où son intérêt pour l'aéronautique coloniale et les appareils long-courriers) et serait facilement réparable en cas de dommage. Il conserverait ses propriétés d'étanchéité et de résistance à l'incendie même frappé par une balle de mitrailleuse ou un projectile incendiaire.

Malgré la robustesse de leur construction à triple paroi, le poids de ces réservoirs est très réduit, environ 100 grammes par litre de carburant pour une capacité totale d'environ 200 litres, poids à peine supérieur à celui des réservoirs actuellement en usage dans l'aviation. Ce réservoir de sécurité peut recevoir n'importe quelle forme. Il possède même une rigidité suffisante pour constituer le bord d'attaque de l'aile de l'appareil sur lequel il est installé.

LES A COTÉ DE LA SCIENCE

INVENTIONS, DÉCOUVERTES ET CURIOSITÉS

Par V. RUBOR

On fait appel aux explosifs pour ouvrir les noix

CASSER une coque de noix sans endommager le fruit qu'elle contient exige une certaine habileté et les ouvriers exercés qui exécutent ce travail ne peuvent traiter ainsi que 15 kg de noix par jour. Aussi, lorsqu'il s'agit de quantités énormes, comme

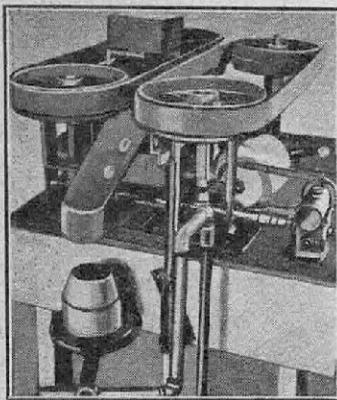


FIG. 1. — LA MACHINE A OUVRIR LES NOIX PAR EXPLOSION

Au premier plan, le récipient dans lequel tombent les fruits débarrassés de leur coque.

les 30 000 tonnes produites chaque année par la Californie et dont la majorité est achetée décortiquée par les Américains, la main-d'œuvre nécessaire devient-elle considérable et onéreuse. Deux Américains, MM. Bainer et Barbee, ont cherché une autre solution. Leur idée ingénieuse consiste à faire exploser à l'intérieur de la coque une quantité déterminée d'un gaz automatiquement introduit par une machine.

Il s'agit donc, successivement, de percer convenablement la coque, d'y faire pénétrer le gaz et d'enflammer celui-ci. C'est à l'acétylène que les inventeurs font appel. Les noix sont

entraînées par deux courroies parallèles (fig. 2) qui les amènent vers une scie circulaire qui y pratique une mince entaille. Une lame mince pénètre ensuite dans cette entaille, qu'elle remplit presque entièrement, et la noix glisse le long de cette lame. En un certain point du parcours, de fins orifices laissent passer un mélange d'acétylène et d'oxygène qui pénètre dans la noix. Enfin, suivant toujours ce guide, la coque arrive devant une flamme qui provoque l'explosion au moment où la noix quitte les courroies. Les morceaux de la coque sont projetés à l'extérieur, tandis que le fruit, intact, tombe dans un récipient.

Cette machine permet d'ouvrir 400 kg de noix à l'heure avec moins de 800 litres de mélange gazeux.

Extraordinaire effet des pluies diluviennes

L'INTENSE chaleur qui s'est fait sentir en Australie, au cours de l'été dernier, notamment dans le Sud où l'on a enregistré des températures de 47° C à Adélaïde, 45° C à Melbourne et à Sydney et les désastreux incendies de forêts ont été ensuite accompagnés d'une

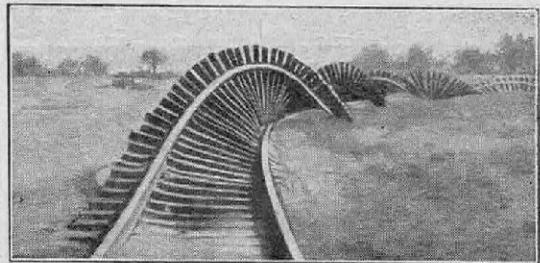


FIG. 3. — LA VOIE TORDUE EN HÉLICE SUR UNE LIGNE AUSTRALIENNE, A LA SUITE DE PLUIES DILUVIENNES

succession de véritables déluges d'une incomparable intensité dans le centre du continent australien. Les voies ferrées ont particulièrement souffert de ces intempéries, notamment la section centrale australienne du « Commonwealth Railways System » de Quorn à Alice Springs, fut, par trois fois, inondée pendant plus d'une semaine. La photographie ci-dessus montre la gravité des dommages subis sur la ligne, près de Pedrika (à 1 200 km environ au nord d'Adélaïde), qui reçoit les eaux de la rivière Hamilton et dont la voie, sur près de 200 m, fut mise littéralement en tire-bouchon comportant 4 spires complètes. D'après certains ingénieurs, cette déformation serait due à l'affouillement par les eaux de la partie aval du talus, provoquant le basculement des traverses, et ce mouvement se serait transmis de proche en

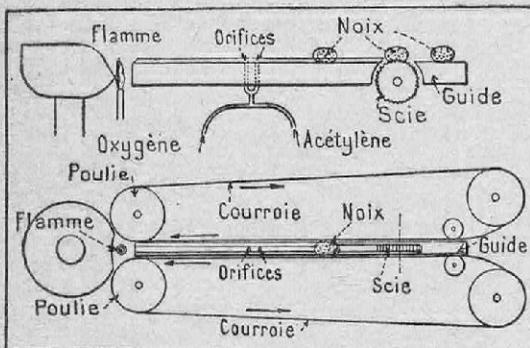


FIG. 2. — SCHÉMA EN ÉLÉVATION ET EN PLAN DE LA MACHINE A OUVRIR LES NOIX PAR EXPLOSION D'UN MÉLANGE D'ACÉTYLÈNE ET D'OXYGÈNE INTRODUIT DANS LA COQUE

proche. Certes, il n'est pas rare, sous les tropiques, de rencontrer des voies suspendues brusquement au-dessus de ravins creusés par la violence des eaux. C'est la première fois, cependant, que l'on constate une déformation en hélice. Il est à remarquer, d'ailleurs, que les rails, maintenus par les tire-fonds, n'ont pas été arrachés des traverses.

Pour tasser le ballast des voies ferrées

UNE des opérations exigées par l'entretien des voies ferrées consiste à refouler, sous les traverses qui supportent les rails, les cailloux formant le ballast, assise indispensable à une bonne stabilité du matériel roulant et que les vibrations produites par le passage des trains tendent à chasser. Ce travail est en général effectué à la main.

Un ingénieur suisse, M. A. Scheuchzer, a mis au point une machine capable d'accélérer notablement cette opération. Autonome, elle est montée sur un châssis à 4 roues propulsé par un moteur de 45 ch. Une boîte à 4 vitesses lui permet de se déplacer, dans les deux sens, à des vitesses variant de 6 à 45 km/h.

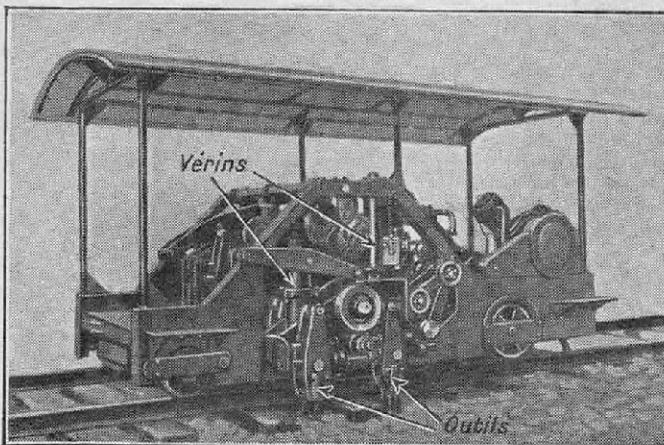


FIG. 4. — LA MACHINE A TASSER LE BALLAST

Les outils, animés d'un mouvement vibratoire qui facilite leur pénétration, se rapprochent ensuite pour comprimer le ballast sous la traverse.

Elle comporte essentiellement 8 outils montés deux par deux sur des cadres auxquels des vérins hydrauliques peuvent communiquer des déplacements verticaux, vers le bas ou vers le haut. Ces cadres reçoivent par ailleurs un mouvement vibratoire grâce à un excentrique commandé par le moteur au moyen d'une transmission par chaîne et d'un système de galets de renvoi assurant à la chaîne une tension constante et une action efficace, quelle que soit la hauteur à laquelle se trouve le cadre. En position de travail, chaque outil est situé dans l'un des 8 angles formés par la traverse et les rails. A ce moment, les vérins entrent en action pour enfoncer les outils dans le ballast et le mouvement vibratoire facilite leur pénétration. En même temps, le moteur commande la rotation d'un écrou, qui, en se vissant sur deux axes filetés en sens inverse, oblige les outils situés

de part et d'autre de la traverse à se rapprocher et à tasser ainsi le ballast. Dès qu'une certaine compression est obtenue, les mouvements s'inversent automatiquement, les outils remontent et s'écartent pour redescendre et se rapprocher immédiatement après. Au bout de deux ou trois mouvements de ce genre, le ballast se trouve régulièrement réparti et comprimé sous la traverse.

CHEZ LES ÉDITEURS ⁽¹⁾

Problèmes de la vision, par Armand de Gramont, de l'Académie des Sciences. Prix franco : France, 25 f ; étranger, 29 f.

Le volume que publie notre éminent collaborateur, qui est, depuis de nombreuses années, président du Conseil de l'Institut d'Optique, présente un intérêt exceptionnel à la fois pour l'homme de science, pour le praticien et pour le profane. Il expose, en effet, d'une manière accessible à tous et en même temps fort complète, les multiples problèmes que soulève l'interprétation des phénomènes expérimentaux pour l'explication des mécanismes grâce auxquels nous percevons les formes et les couleurs. Le moins que l'on puisse dire est que ces phénomènes, pour l'immense majorité d'entre eux, n'ont encore reçu que des ébauches d'explication et que, dans ce domaine, presque tout reste à faire. Rien n'est simple de ce qui touche à la matière vivante ; les problèmes de la vision ne le cèdent en rien en complexité aux autres problèmes biologiques.

(1) Les ouvrages annoncés peuvent être adressés par LA SCIENCE ET LA VIE au reçu de la somme correspondant aux prix indiqués, sauf majoration.

L'œil fonctionne à la façon d'une chambre photographique, mais cette analogie n'est que superficielle. Les images qui se forment sur la rétine sont inversées, déformées irrégulièrement, même lorsque la vision est normale ; leurs contours sont flous et diversement colorés par un chromatisme très prononcé (on entend par là qu'en traversant les divers milieux réfringents depuis la cornée jusqu'à la rétine, la lumière blanche est décomposée en diverses radiations qui s'écartent les unes des autres et se trouvent séparées dans l'image résultante). Et, cependant, nous interprétons le monde extérieur. Avec deux telles images imparfaites, et souvent avec une seule d'entre elles, nous entretenons l'illusion de percevoir réellement les trois dimensions des objets qui nous entourent ! Devant l'excellence du résultat obtenu, il faut sans doute rejeter l'opinion de Helmholtz qui aurait prétendu que « si un opticien lui avait livré un appareil optique aussi mal fait que l'œil, il se serait considéré comme étant dans son droit de le refuser en se servant d'expressions assez sévères » et même celle de Mascart, qui disait que « l'œil a tous les défauts optiques possibles, mais juste

assez prononcés pour qu'ils ne soient pas nuisibles », pour croire, au contraire, avec M. de Gramont, que certains de ces défauts (le chromatisme, par exemple), « loin d'être nuisibles, concourent au bon fonctionnement de l'organe ».

La partie de cet ouvrage, de beaucoup la plus originale, est celle qui a trait au mécanisme de la perception colorée qui est sans doute la plus complexe parmi toutes les opérations sensorielles et pose un des problèmes les plus obscurs de la physiologie. M. de Gramont émet l'ingénieuse hypothèse que la réaction de notre rétine aux radiations lumineuses est comparable, toutes proportions gardées, à la résonance d'un récepteur électrique frappé par une onde électromagnétique. En particulier, un cristal piézoélectrique (assimilable à un circuit électrique comprenant self, condensateur et résistance) subit au passage d'une onde des déformations périodiques. Existe-t-il dans la structure de la rétine des éléments susceptibles de jouer ce rôle de résonateur au passage d'une onde lumineuse, dont la nature est la même que celle des ondes électromagnétiques de la radio, à cela près que leur longueur d'onde est considérablement plus faible ? Il semble bien que l'étude morphologique des cônes et des bâtonnets confirme cette hypothèse dont la vérification expérimentale soulève encore cependant de nombreuses difficultés.

L'ouvrage de M. de Gramont constitue une synthèse remarquablement complète et mise à la portée de tous des connaissances actuelles sur le mécanisme de la vision.

La réception des ondes courtes, par Edouard Clignet. Prix : France, 22 f ; étranger, 26 f.

Pour ceux qui désirent réaliser un bon récepteur pour les ondes courtes, cet ouvrage contient, à l'intention des débutants, la description de quelques récepteurs simples dans leurs moindres détails. Pour les amateurs avertis, on y trouve exposés les montages utilisant les derniers progrès de la technique moderne (filtre

à quartz, étouffeur de parasites, etc.). Un chapitre complet est réservé aux antennes spéciales par ondes courtes, dont la technique s'est développée tout récemment.

Tables d'intégrales des différentielles usuelles, précédées des règles fondamentales de différentiation et l'intégration et suivies d'exercices et d'applications, par Hector Pêcheux, docteur es sciences. Prix franco : France, 27 fr. 50 ; étranger, 30 fr. 50.

Complément au cours élémentaire de mécanique industrielle, par Gouard, professeur à l'École nationale professionnelle de Saint-Ouen (Seine), et G. Hiernaux, sous-directeur honoraire de l'École nationale d'Arts et Métiers de Lille. Deuxième partie : Moteurs à explosion et à combustion interne ; automobile ; aéronautique. Prix : France, 22 f ; étranger, 25,10 f.

Le présent ouvrage décrit le fonctionnement et les types industriels de moteurs. Il étudie, d'autre part, les organes de l'automobile, les problèmes que soulève la construction des avions et des dirigeables et les solutions qui y ont été apportées.

La naissance de la vie, par Robert Tournaire. Prix franco : France, 31 francs ; étranger, 35 francs.

Livre très documenté et plein d'idées personnelles et originales sur le plus haut problème de métaphysique qui puisse hanter l'esprit humain : celui de la nature et du sens de la vie. Il dresse, en quelque sorte, la somme de nos connaissances positives dans le domaine du monde matériel et du monde vivant, et propose d'ingénieuses solutions au conflit perpétuel du matérialisme et du spiritualisme. S'il est permis de douter qu'elles soient définitives, on ne saurait méconnaître la compétence de leur auteur pour qui le professeur Urbain n'a pas dédaigné d'écrire une substantielle préface.

TARIF DES ABONNEMENTS A « LA SCIENCE ET LA VIE »

FRANCE ET COLONIES

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 55 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an..... 65 fr.
	{ 6 mois... 28 fr.		{ 6 mois... 33 fr.

BELGIQUE

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an... 75 f. (français)	Envois recommandés....	{ 1 an... 96 f. (français)
	{ 6 mois. 40 f. —		{ 6 mois. 50 f. —

ÉTRANGER

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

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an.... 100 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an.... 120 fr.
	{ 6 mois.. 52 fr.		{ 6 mois.. 65 fr.

Pour les autres pays :

Envois simplement affranchis.....	{ 1 an..... 90 fr.	Envois recommandés....	{ 1 an.... 110 fr.
	{ 6 mois... 46 fr.		{ 6 mois.. 56 fr.

Les abonnements partent de l'époque désirée et sont payables d'avance, par mandats, chèques postaux ou chèques tirés sur une banque quelconque de Paris. — Tout changement d'adresse doit être accompagné de la somme de 1 franc en timbres-poste.

« LA SCIENCE ET LA VIE » — Rédaction et Administration : 13, rue d'Enghien, Paris-X^e
CHÈQUES POSTAUX : 91-07 PARIS

LE PLUS MODERNE
DES JOURNAUX

Documentation la plus complète
et la plus variée

EXCELSIOR

GRAND
QUOTIDIEN
ILLUSTRÉ

ABONNEMENTS

FRANCE ET COLONIES ..	}	Trois mois..	40 fr.
		Six mois....	77 fr.
		Un an	150 fr.
BELGIQUE	}	Trois mois..	75 fr.
		Six mois.. ..	140 fr.
		Un an	220 fr.
ÉTRANGER (tarif postal réduit)..	}	Trois mois..	80 fr.
		Six mois.. ..	155 fr.
		Un an	300 fr.
ÉTRANGER (tarif postal augmenté)	}	Trois mois..	120 fr.
		Six mois.. ..	235 fr.
		Un an	460 fr.

Frais de chèque, mandat ou recouvrement à la charge de l'abonné. — Les abonnements partent du 1^{er} et du 15 de chaque mois. — L'envoi par chèque postal (compte n° 5.970) coûte 1 franc.

20, rue d'Enghien, Paris-X^e

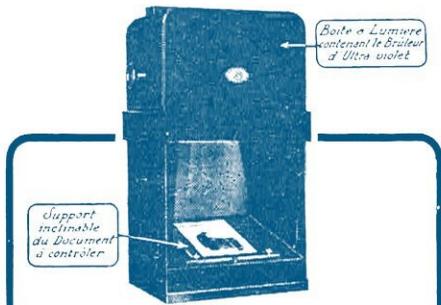
Téléphone : PROV. 15-22, 15-23, 15-24

21% de gagnants!



M.A. WILLARD-PUB.

LOTÉRIE
NATIONALE



Une nouvelle Lanterne de Contrôle à la Lumière de Wood

La nouvelle Lanterne de Contrôle à la Lumière de Wood, figurée ci-dessus, a été plus spécialement étudiée pour l'analyse et l'examen par fluorescence des Matières premières, Documents et Echantillons de toutes sortes. De forme et de dimension est munie d'une Plaque supportant les objets à examiner absolument étanche. Grâce à la puissance de son elle peut être utilisée de Lumière Ultra-Violette.

Pour tout ce qui demande renseignement

**LA VERRERIE
12. AV. DU MAINE. PA**

Des catalogues abondamment illustrés seront adressés franco, sur demande, aux lecteurs qui voudront bien nous signaler celles de nos fabrications qui les intéressent.

**AUTRES
FABRICATIONS**

- Ultra-violet
- Lampes à vapeur de mercure
- Rupteurs à mercure
- Redresseurs de courant
-
- Appareils Electro-médicaux
-

**MACHINES À TIRER LES BLEUS
À TIRAGE CONTINU**



L'ÉLECTROGRAPHE REX
s'est imposé
dans le Monde entier
par ses qualités exceptionnelles.
Il donne
dans le minimum de temps
et avec le minimum de dépense
des reproductions
d'une netteté incomparable

LA VERRERIE SCIENTIFIQUE
12. AV. DU MAINE. PARIS. XV^e T. Littré 90-13